PAN1080 开发套件使用手册

发布 0.5.0



磐启微电子 PAN1080 项目组

2022 年 09 月 26 日

Table of contents

1 **快速入门** 1
- 1.1 SDK 快速入门 . . . 1
  - 1.1.1 1 概述 . . . 1
  - 1.1.2 2 PAN108x EVB 硬件资源介绍 . . . 1
  - 1.1.3 3 PAN1080 SDK 开发环境确认 . . . 1
  - 1.1.4 4 创建自己的 App 工程 . . . 14
  - 1.1.5 5 更多相关文档 . . . 15
- 1.2 SDK 开发环境介绍 . . . 15
  - 1.2.1 1 命令行方式（Command Line） . . . 15
  - 1.2.2 2 图形化界面方式（VS Code） . . . 23
- 1.3 SDK 整体框架介绍 . . . 25
  - 1.3.1 1 简介 . . . 25
  - 1.3.2 2 zephyr . . . 26
- 1.4 Zephyr 简介 . . . 30
  - 1.4.1 1 Zephyr Project 概述 . . . 30
  - 1.4.2 2 Zephyr 主要特性 . . . 30
  - 1.4.3 3 关于 RTOS 的一些说明 . . . 31
  - 1.4.4 4 Zephyr For PAN1080 的特点 . . . 32

2 **硬件资料** 37
- 2.1 PAN108x EVB 介绍 . . . 37
  - 2.1.1 1 概述 . . . 37
  - 2.1.2 2 开发板硬件资源 . . . 37
  - 2.1.3 3 更多信息 . . . 59
- 2.2 PAN108x 硬件参考设计 . . . 59
  - 2.2.1 1 概述 . . . 59
  - 2.2.2 2 原理图设计建议 . . . 64
  - 2.2.3 3 PCB 设计建议 . . . 69
  - 2.2.4 4 板载天线 . . . 70

3 **演示例程** 81
- 3.1 例程介绍 . . . 81
  - 3.1.1 基础例程 . . . 81
  - 3.1.2 蓝牙例程 . . . 81
  - 3.1.3 外设驱动例程 . . . 82
  - 3.1.4 私有 2.4G 例程 . . . 83
  - 3.1.5 解决方案 . . . 83
  - 3.1.6 子系统例程 . . . 83
  - 3.1.7 ANT+ 例程 . . . 83
- 3.2 例程列表 . . . 84
  - 3.2.1 ANT+ 例程 . . . 84
  - 3.2.2 基础例程 . . . 112
  - 3.2.3 蓝牙例程 . . . 116
  - 3.2.4 外设驱动例程 . . . 192
  - 3.2.5 私有 2.4G 例程 . . . 266
  - 3.2.6 解决方案 . . . 284
  - 3.2.7 子系统例程 . . . 307

4 **开发指南** 325
4.1 SoC App 开发指南 . . . 325
4.1.1 1 概述 . . . 325
4.1.2 2 确认开发环境 . . . 326
4.1.3 3 参考相关例程 . . . 326
4.1.4 4 新建一个 App 工程 . . . 326
4.1.5 5 更多相关文档 . . . 336
4.2 BLE App 开发指南 . . . 337
4.2.1 1 基础指标 . . . 337
4.2.2 2 添加 GATT 服务 . . . 338
4.2.3 3 蓝牙相关的接口说明 . . . 348
4.3 Zephyr Devicetree 与 Kconfig 配置指南 . . . 362
4.3.1 1 概述 . . . 362
4.3.2 2 Devicetree 配置 . . . 364
4.3.3 3 Kconfig 配置 . . . 369
4.3.4 5 Devicetree 与 Kconfig 的关系 . . . 378
4.3.5 6 更多相关文档 . . . 378
4.4 Zephyr Board 配置指南 . . . 378
4.4.1 1 概述 . . . 379
4.4.2 2 PAN1080 Evaluation Board . . . 379
4.4.3 3 创建一个自己的 Board . . . 387
4.4.4 4 更多相关文档 . . . 388
4.5 BLE Mesh 开发指南 . . . 388
4.5.1 1 Mesh Introduce . . . 388
4.5.2 2 Reference . . . 417
4.6 Zephyr Bootloader 开发指南 . . . 420
4.6.1 1 功能说明 . . . 421
4.6.2 2 工程编译烧录 . . . 425
4.6.3 3 演示说明 . . . 428
4.6.4 4 总结说明 . . . 433
4.7 Zephyr RAM 使用情况分析指南 . . . 433
4.7.1 1 分析编译占用 RAM 资源 . . . 434
4.7.2 2 优化 RAM 资源 . . . 435
4.7.3 3 总结说明 . . . 438
4.8 Zephyr Tracing 追踪调试指南 . . . 438
4.8.1 1 Zephyr Tracing 输出模式 . . . 438
4.8.2 2 Tracing 不同目标 . . . 442
4.8.3 3 SystemView 使用介绍 . . . 446
4.8.4 4 Tracealyzer 使用介绍 . . . 453
4.9 SoC 底层驱动使用指南 . . . 456
4.9.1 1 概述 . . . 456
4.9.2 2 底层驱动架构 . . . 456
4.9.3 3 底层驱动调用方法 . . . 458
4.9.4 4 Troubleshooting . . . 463
4.10 ANT 开发指南 . . . 463
4.10.1 1 概述 . . . 463
4.10.2 2 功耗 . . . 463
4.10.3 3 API . . . 464
4.10.4 4 ANT+ 开发流程 . . . 466
4.11 如何添加 ANT+ Profile . . . 466
4.11.1 1 概述 . . . 466
4.11.2 2 Profile 的代码结构 . . . 466
4.11.3 3 创建一个新的 profile . . . 466
4.12 Zephyr Encrypt 开发指南 . . . 468
4.12.1 1 概述 . . . 468
4.12.2 2 配置文件介绍 . . . 468
4.12.3 3 加密流程介绍 . . . 469
4.13 常见问题（FAQs） . . . 470

4.13.1 Q1：为什么我的 PC 编译 PAN1080 App 程序的速度特别慢? 470
4.13.2 Q2：除了 JLink 以外，PAN1080 SDK 是否支持其他调试工具? 470
4.13.3 Q3：为什么我尝试复制编译工具链 Toolchain 目录到其他位置会报错? 470
4.13.4 Q4：为什么我编译 SDK 中的某些默认例程会出现错误? 471

5 更新日志 473
5.1 PAN1080 DK v0.5.0 473
5.1.1 1. SDK 473
5.1.2 2. HDK 475
5.1.3 3. DOC 476
5.1.4 4. TOOLS 477
5.1.5 5. ISSUES 477
5.2 PAN1080 DK v0.4.1 478
5.2.1 1. SDK 479
5.2.2 2. HDK 479
5.2.3 3. DOC 480
5.2.4 4. TOOLS 480
5.2.5 5. ISSUES 480
5.3 PAN1080 DK v0.4.0 481
5.3.1 1. SDK 481
5.3.2 2. HDK 483
5.3.3 3. DOC 483
5.3.4 4. TOOLS 484
5.3.5 5. ISSUES 484
5.4 PAN1080 DK v0.3.0 485
5.4.1 1. SDK 485
5.4.2 2. HDK 487
5.4.3 3. DOC 487
5.4.4 4. TOOLS 488
5.4.5 5. ISSUES 488
5.5 PAN1080 DK v0.2.0 490
5.5.1 1. SDK 490
5.5.2 2. DOC 491
5.5.3 3. ISSUES 491
5.6 PAN1080 DK v0.1.0 493
5.6.1 1. SDK 493
5.6.2 2. DOC 495
5.6.3 3. ISSUES 495
5.7 PAN1080 DK v0.0.0 496
5.7.1 1. SDK 496
5.7.2 2. HDK 498
5.7.3 3. DOC 498
5.7.4 4. TOOLS 498
5.7.5 5. 已知问题 499

Chapter 1

快速入门

1.1 SDK 快速入门

1.1.1 1 概述

本文是 PAN108x SoC 开发的快速入门指引，旨在帮助使用者快速入门 PAN1080 SDK 的开发，搭建软硬件环境，并编译、运行、调试一个例程。

1.1.2 2 PAN108x EVB 硬件资源介绍

在开始使用 PAN1080 SDK 之前，我们建议您先阅读PAN108x EVB 硬件资源介绍 文档，熟悉 EVB 开发板的基本使用方法。

1.1.3 3 PAN1080 SDK 开发环境确认

3.1 PC 环境检查

目前 PAN1080 提供的编译工具链只支持 Windows 7 及以上版本的 64 位操作系统，请确保您的开发环境满足此要求。

您可以按照如下操作快速确认您的 PC 是否满足要求：

1. 按快捷键 `Win + R`，在弹出的运行对话框中输入 `dxdiag` 并回车：
2. 稍等片刻，在弹出的 DirectX 诊断工具对话框中，可以看到当前 PC 的系统信息：

3.2 获取并配置 SDK 及编译工具链环境

1. 请确认您已经获取到如下 2 个必要的压缩包：
   - `pan1080-dk-v<x>.<y>.<z>.zip`：PAN1080 Development Kit 开发套件

     最新版本开发套件可以从这里下载：PAN1080 Development Kit
   - `SDK-Toolchain-v<a>.<b>.<c>.7z`：PAN1080 SDK 编译工具链

     最新版本编译工具链可以从这里下载：PAN1080 SDK Toolchian。**注意**：鉴于编译工具链的 Size 很大，我们使用了压缩率更高的 `7z` 格式对其进行压缩，为确保万无一失，我们建议您使用免费开源的 `7-Zip` 工具对其进行解压缩（使用其他解压工具可能会失败）。您可以直接从7-Zip 官网下载 `7-Zip` 软件。
2. 请确保 PC 上已经正常解压缩了 `PAN1080 Development Kit` 开发包：

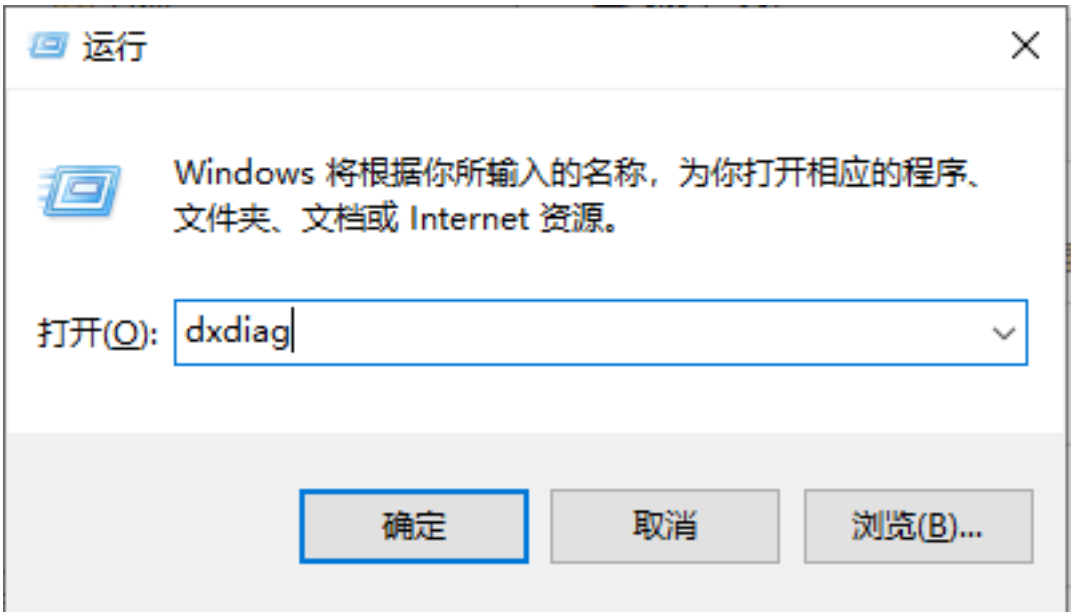


图 1: 运行 dxdiag

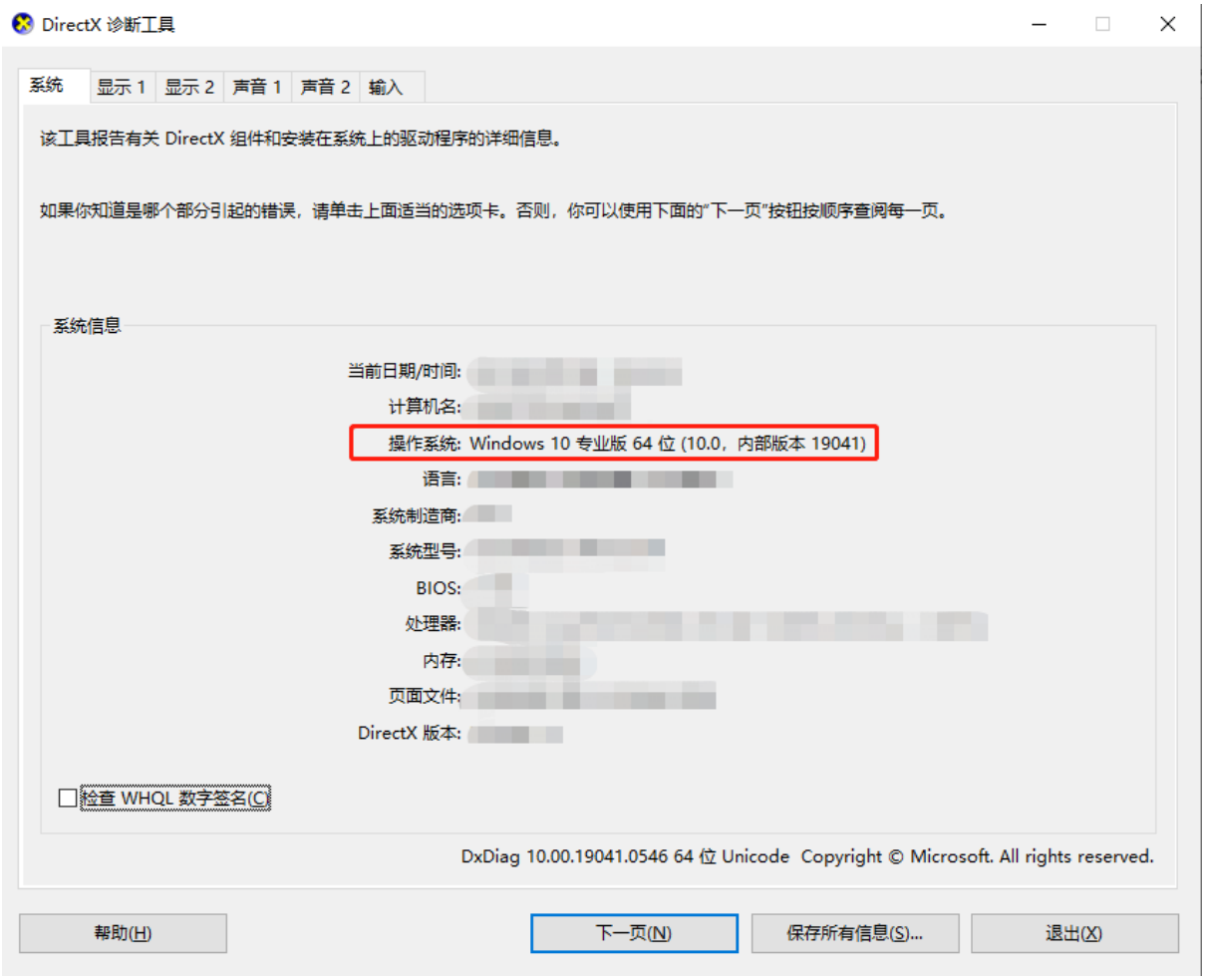


图 2: DirectX 诊断工具对话框

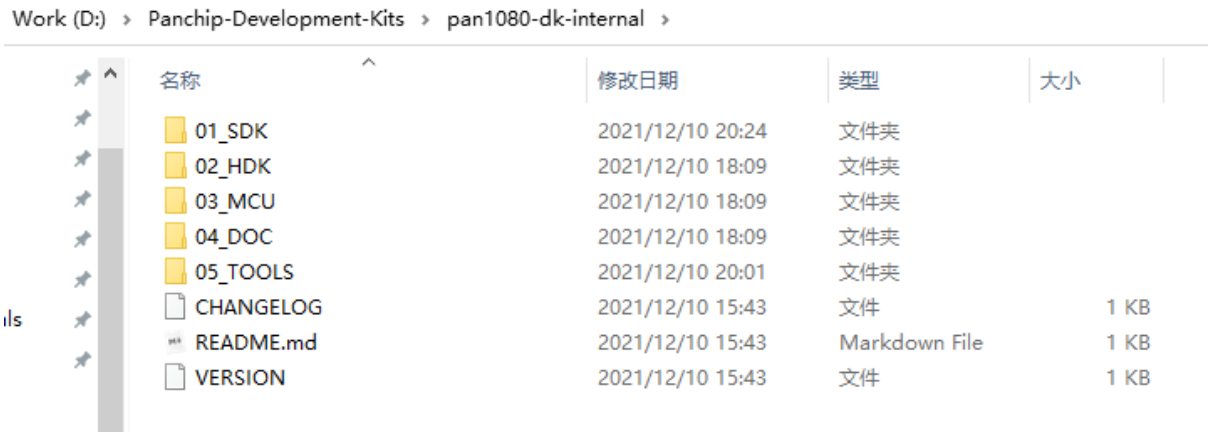


图 3: PAN1080 DK 开发包主目录结构

3. 请确认 PAN1080 Development Kit 开发包中，05_TOOLS 目录下正常解压缩了编译工具链，即存在 `Toolchain` 目录：

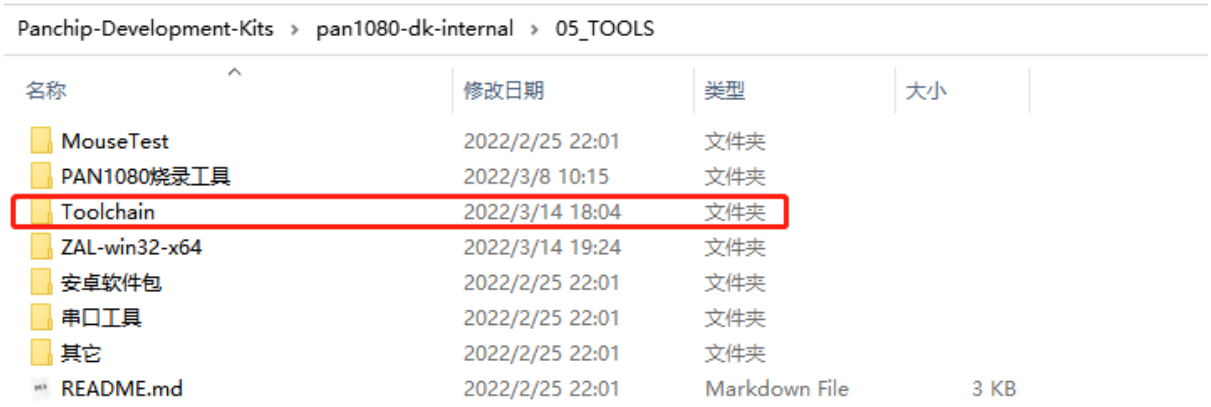


图 4: 确认 Toolchain 目录

4. 进入 01_SDK 目录，双击 PAN1080 SDK CLI 图标，如果弹出如下所示的信息，则说明环境配置成功：

   注意：开发环境搭建过程中，请一定确保以下 2 **个压缩包**都已经下载解压并按照上述步骤配置完成！其中：

   1. `PAN1080 Development Kit` 压缩包中含有 PAN1080 SDK 的核心文件，包括 OS 内核、蓝牙协议、示例程序等等
   2. `Toolchain` 压缩包中含有编译调试 PAN1080 SDK 所需的所有工具，包括 GCC-ARM、CMake、Ninja、Python、JLink、VS Code 等等

3.3 Zephyr App Luancher 工具

PAN1080-DK 提供了一个名为 Zephyr App Launcher（以下简称为 ZAL）的 Windows GUI 工具，可以用来快速编译烧录 SDK 中的演示例程、或用作打开 IDE（VS Code）的入口工具。

ZAL 工具可执行文件可在 `<PAN1080-DK>/05_TOOLS/ZAL-win32-64-vx.y.z` 目录中找到：

双击打开，其主界面如下所示：

第一次打开 ZAL 工具，可以看到 `Toolchain Path` 和 `PAN108x-DK Path` 两栏背景色被标记成了浅红色，表示路径错误；这里需要分别为它们指定正确的路径，其中 `Toolchain Path` 即为上一小节中介绍的编

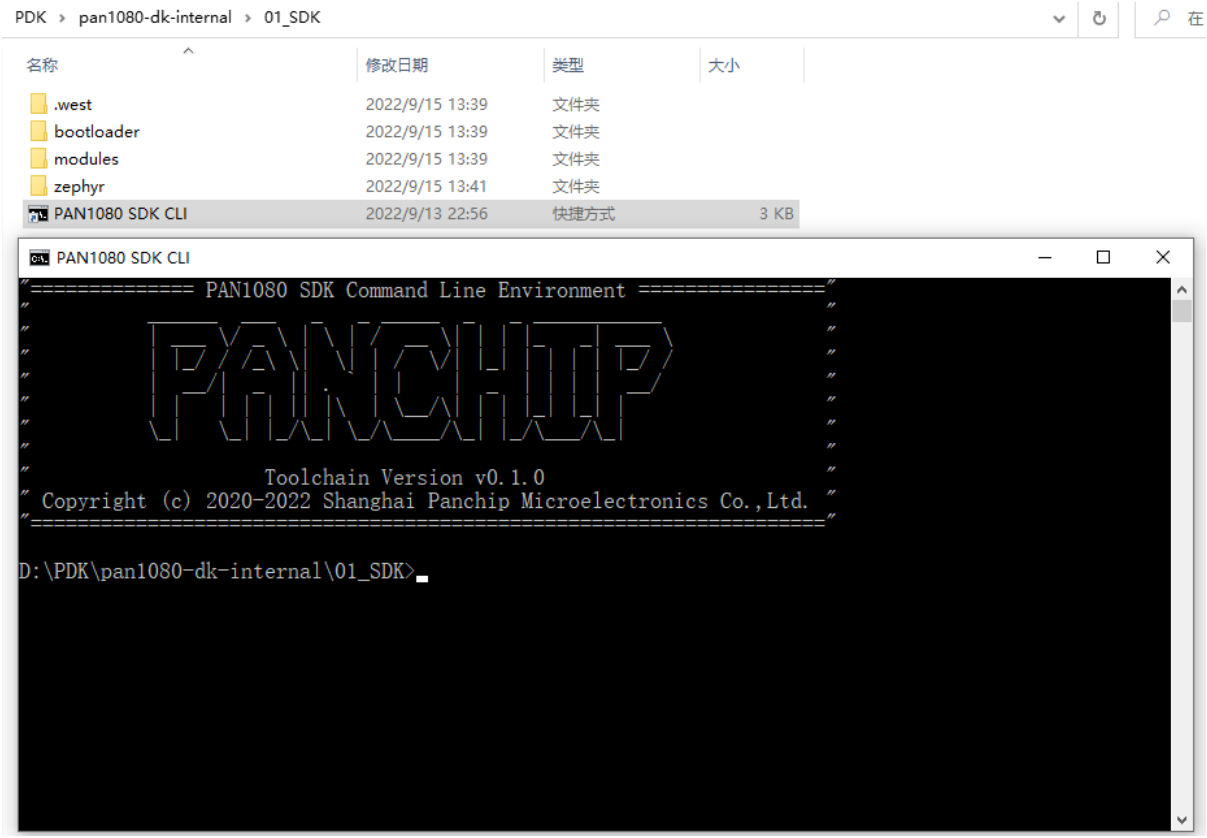


图 5: SDK 开发环境确认 OK



图 6: ZAL 默认存放路径

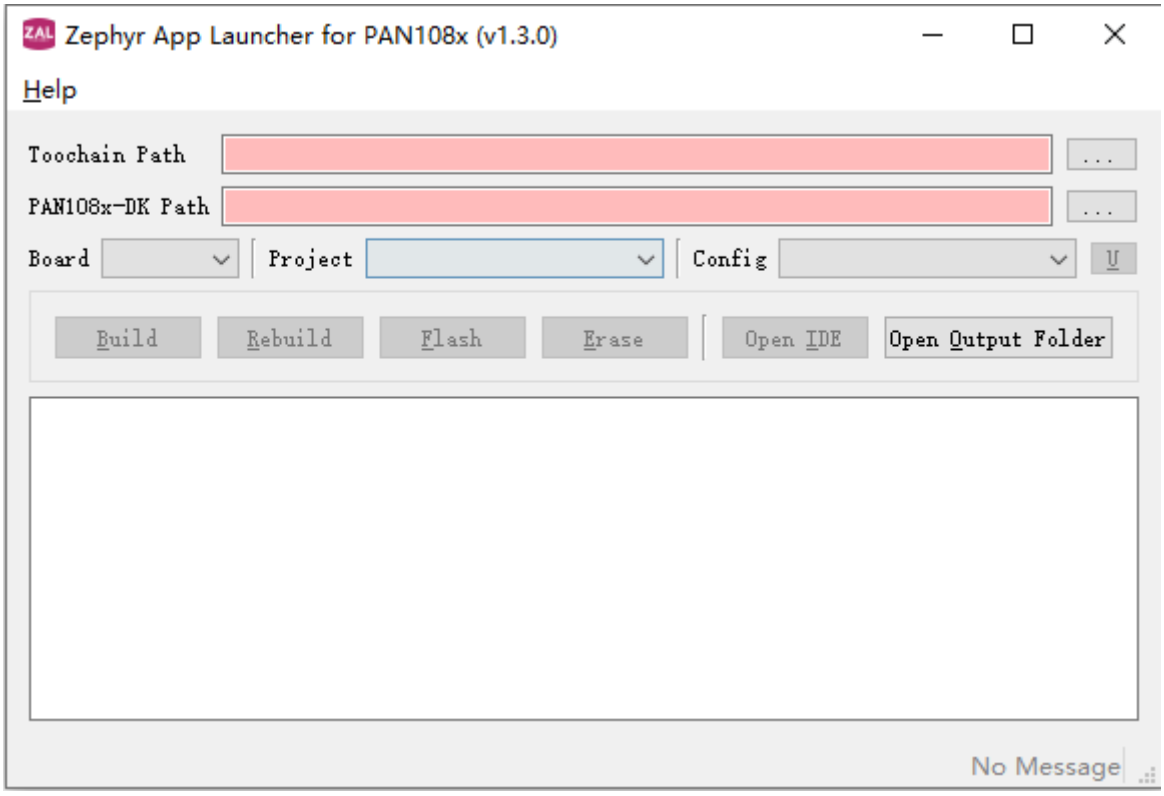


图 7: ZAL 工具主界面

译工具链 Toolchain 目录，`PAN108x-DK Path` 即为 PAN1080 Development Kit (pan1080-dk-vx.y.z) 目录的路径。

正确配置路径后：

- 路径文本框的背景会由浅红色变为白色
- Board / Project / Config 三个下拉菜单会分别列出当前 SDK 中支持的所有 Board、Sample Project 以及 Project 对应的 Config 文件
- 所有的按钮会变为使能状态

  关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

3.4 快速编译运行一个简单的例程

1. 硬件接线准备，请确认您已经将 PAN108x EVB 板的：
   1. SWD（P46：SWD_CLK，P47：SWD_DAT，GND：SWD_GND）接口通过 JLink 连接至 PC
   2. UART0（P00：Tx，P01：Rx）接口通过 USB 转串口模块连接至 PC
2. 下面我们以**多线程打印消息例程**为例，演示如何编译运行一个 Sample App 工程
3. 打开前面已经配置好的 ZAL 工具：
   1. 在 `Board` 下拉菜单中，选择与您当前使用的 EVB 硬件对应的 Board 配置，例如您的 EVB 硬件子板型号为 PAN1080LB5A（64-Pin，1MB Flash），则此处 Board 应选择 `pan108xxb5_evb`
   2. 在 `Project` 下拉菜单中，选择 `samples_panchip\basic\synchronization`（多线程打印消息例程）
   3. 在 `Config` 下拉菜单中，选择默认的 `prj.conf` 即可
4. 点击 `Build` 按钮，开始编译当前选择的例程，成功后如下所示：

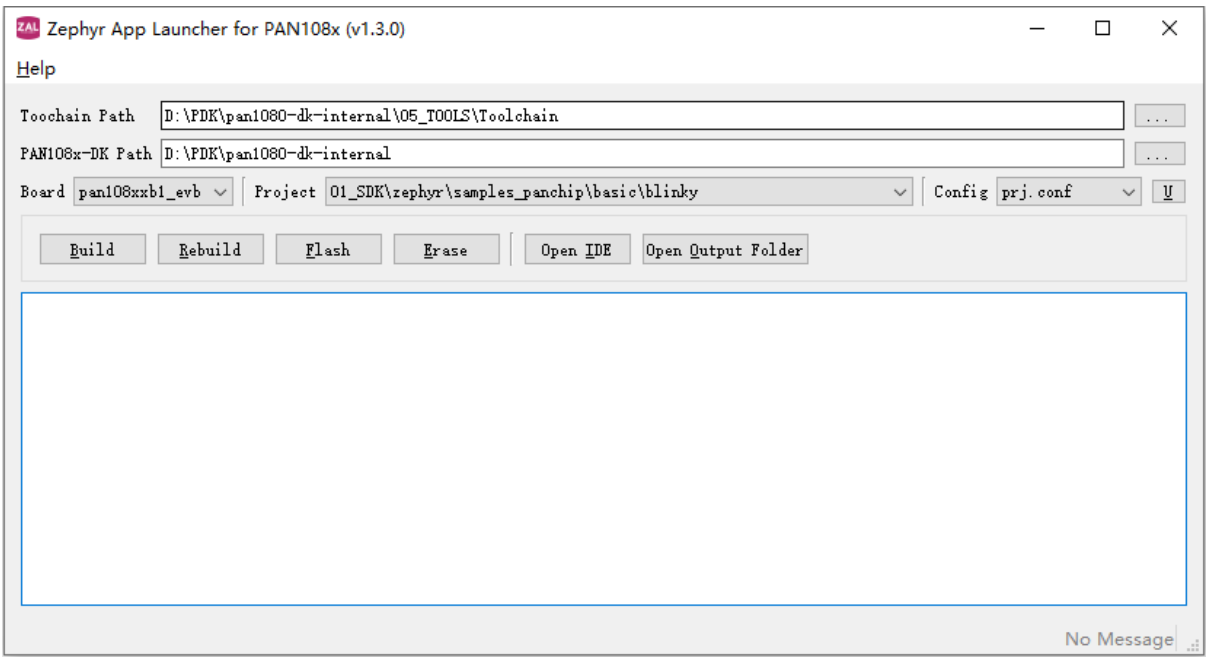


图 8: ZAL 配置成功

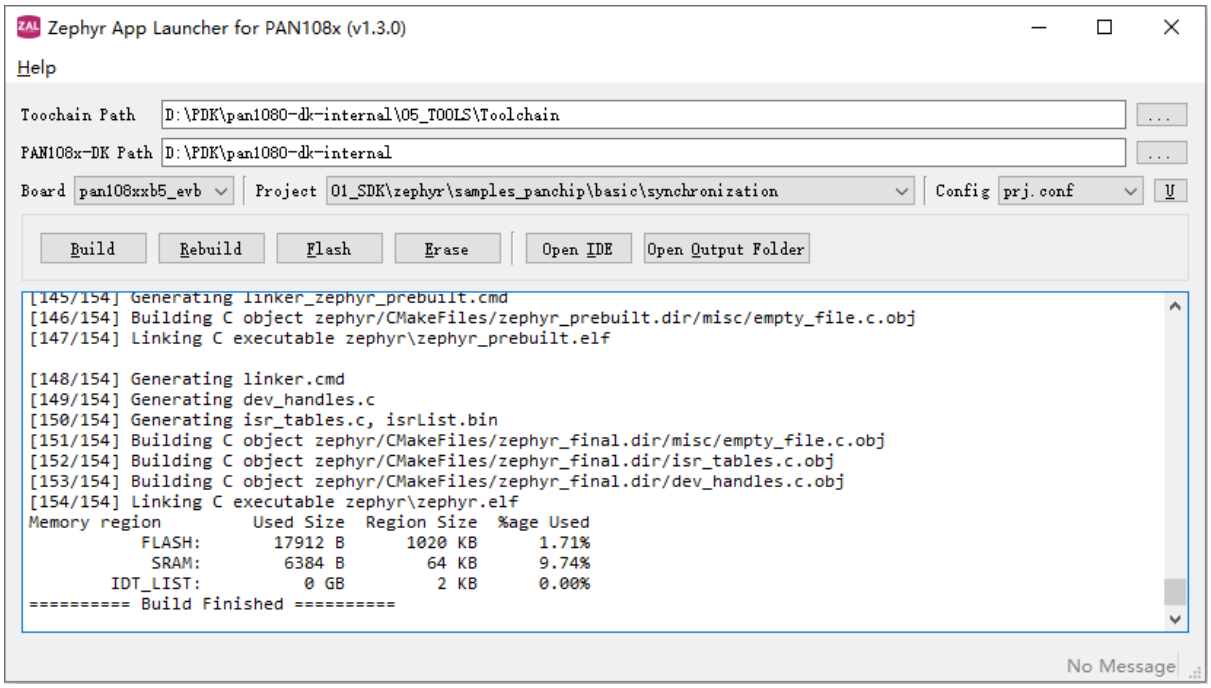


图 9: ZAL 开始编译 Synchronization 例程

5. 点击 `Open Output Folder` 按钮，即可打开当前例程的编译输出目录：

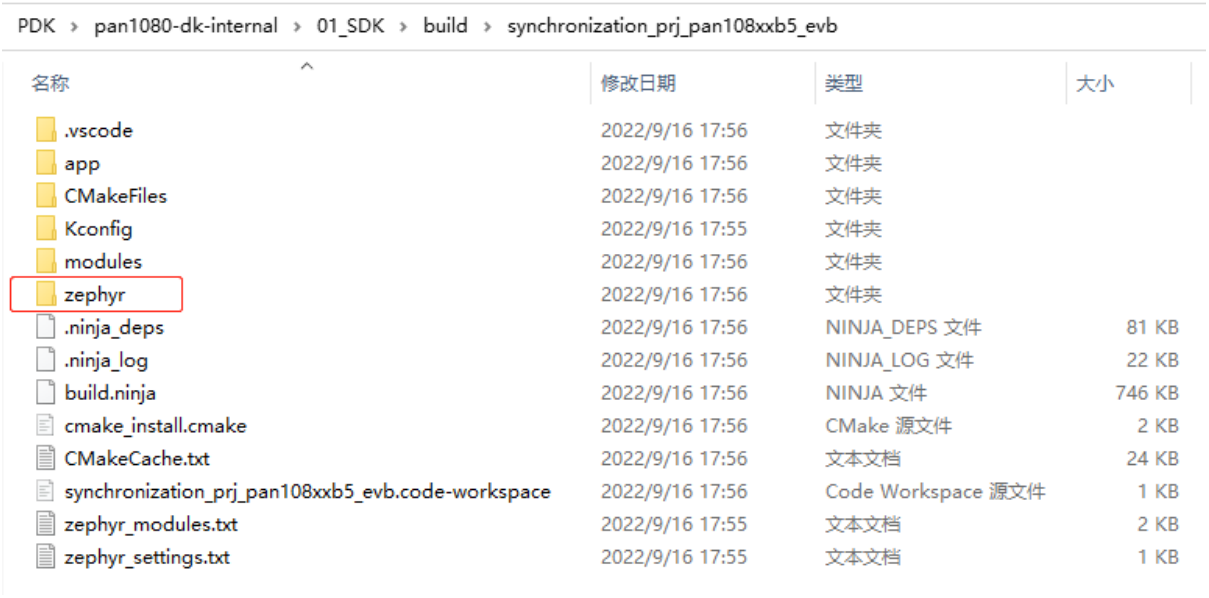


图 10: ZAL 打开 Synchronization 例程编译输出目录

Build 成功后，可以看到 01_SDK 目录下生成了 build/synchronization_prj_pan108xxb5_evb/zephyr 子目录，进入此目录下，可以看到一些关键的编译输出文件：

- `zephyr.bin`：编译输出的二进制格式 Image
- `zephyr.dts`：DeviceTree 最终配置
- `zephyr.elf`：编译输出的带调试信息的 Image
- `zephyr.hex`：编译输出的十六进制文本格式 Image
- `zephyr.lst`：反汇编文件
- `zephyr.map`：Map 文件

6. 点击 `Flash` 按钮，开始执行 JLink 烧录：
7. 烧录完成后，打开串口工具（如 SecureCRT），将波特率设置为 921600，看到两个线程交替打印的 Log，即表示程序烧录执行成功：

3.5 使用 VS Code 修改、编译、烧录程序

1. 使用 ZAL 编译成功 Sample 例程后，再点击 `Open IDE` 按钮，即可打开基于 VS Code 的 IDE 开发环境：
2. VS Code 在第一次打开时会自动做一些初始化配置工作，耐心等待片刻，即可看到 VS Code 主界面；第一次打开某个工程文件，会弹出信任对话框，点击 “Yest, I trust the authors” 按钮，进入主界面：
3. 在左侧 PROJECT 侧边栏中，找到并打开 `zephyr/samples_panchip/basic/synchronization/src/main.c` 文件，修改第 61 行的打印消息（例如将 Hello World from…修改为 Hello PAN1080 World from…）：
4. 修改完成后，点击 `Terminal` 菜单，选择 `Run Build Task...`（或直接快捷键 `Ctrl + Shift + B`）：

   各指令含义如下：

   1. `Build`：编译/增量编译
   2. `Rebuild`：重新编译，效果相当于先执行 `Pristine`，再执行 `Build`

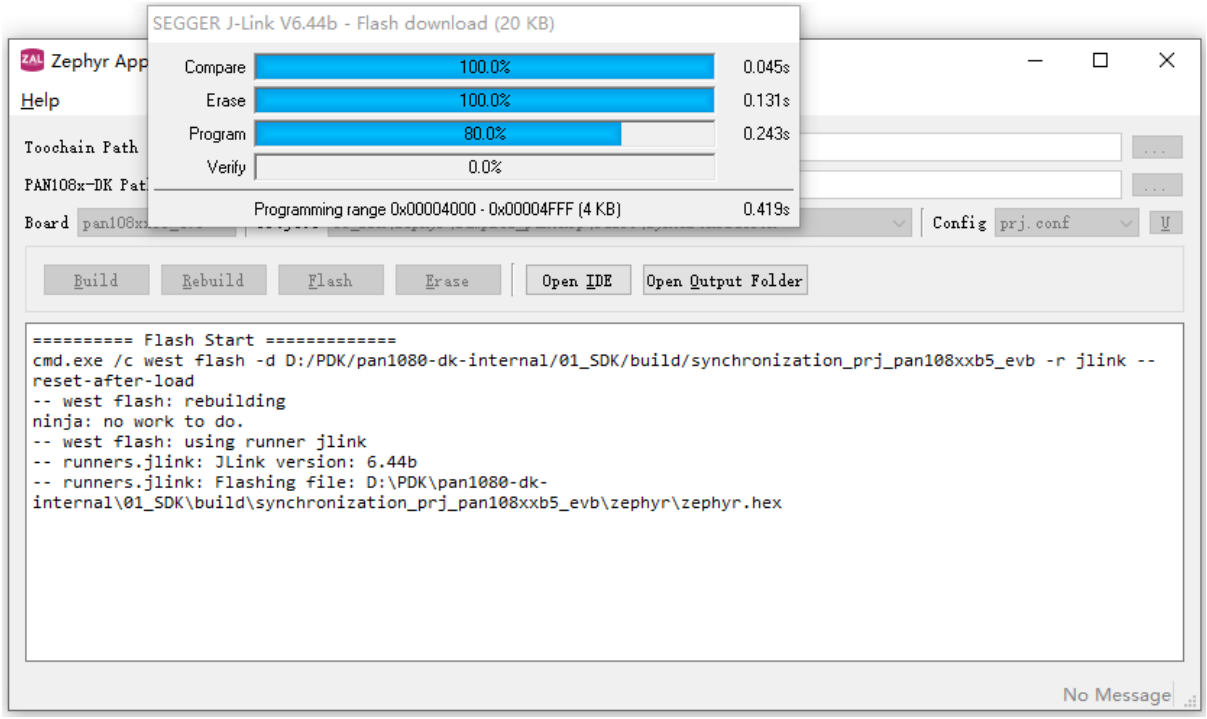


图 11: ZAL 烧录 Synchronization 例程

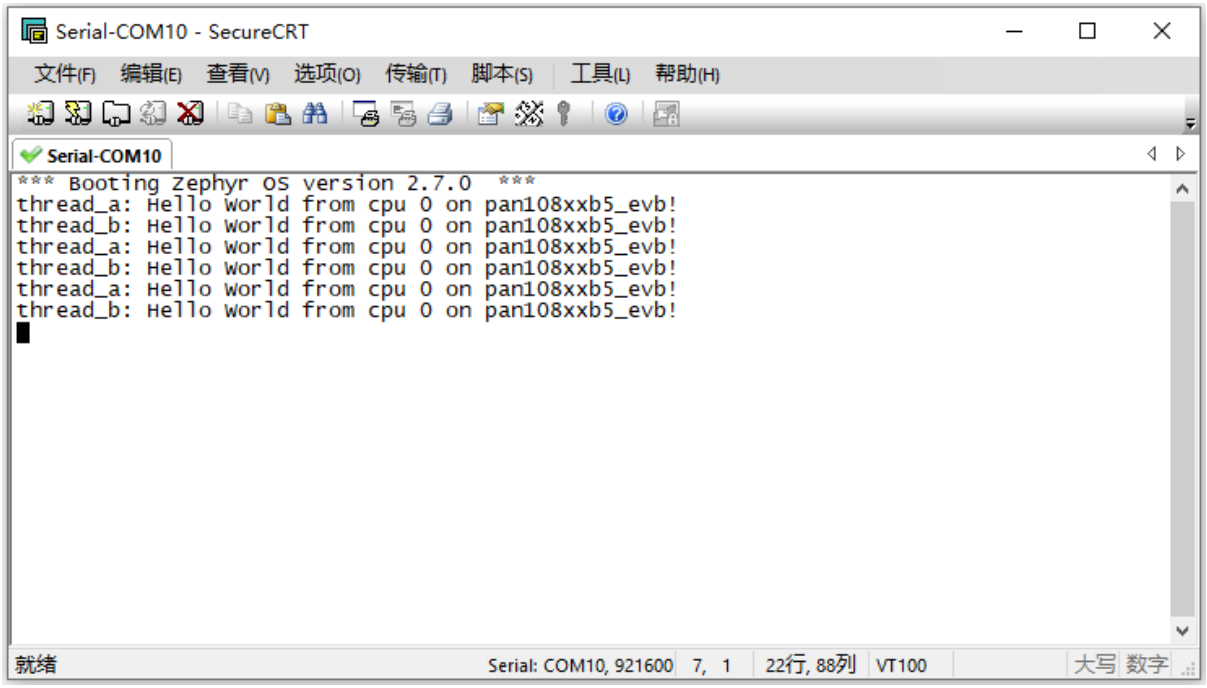


图 12: 成功运行 Synchronization 例程

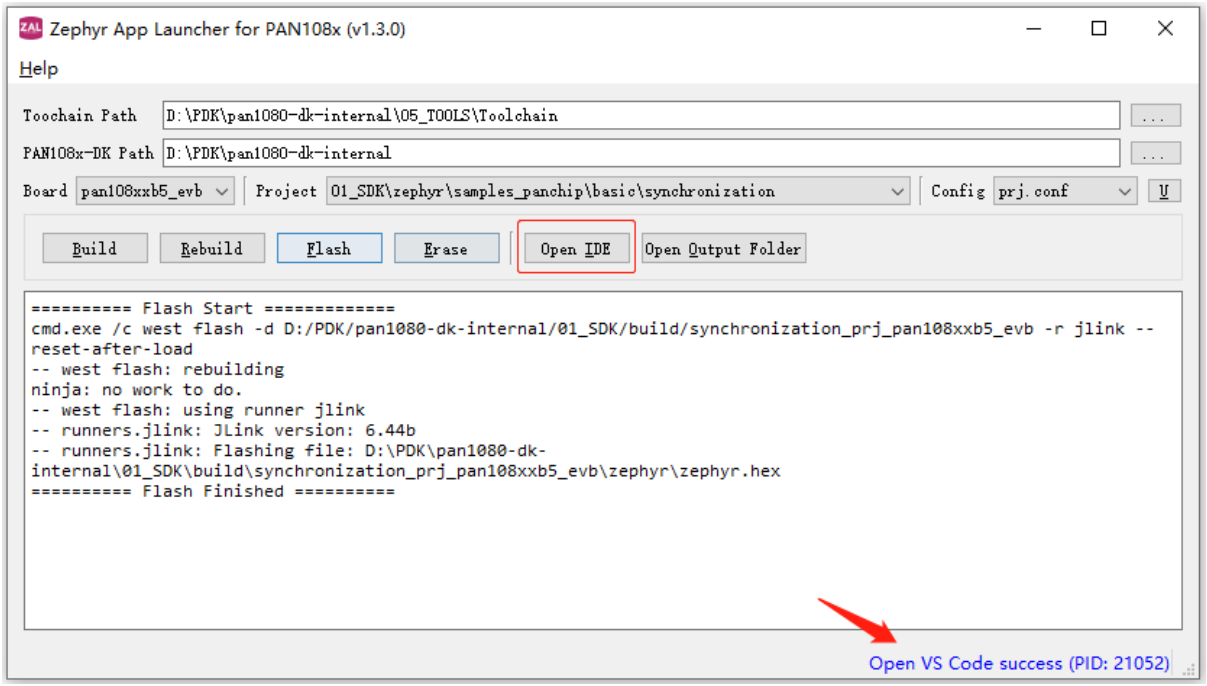


图 13: ZAL 打开 VS Code 集成开发环境

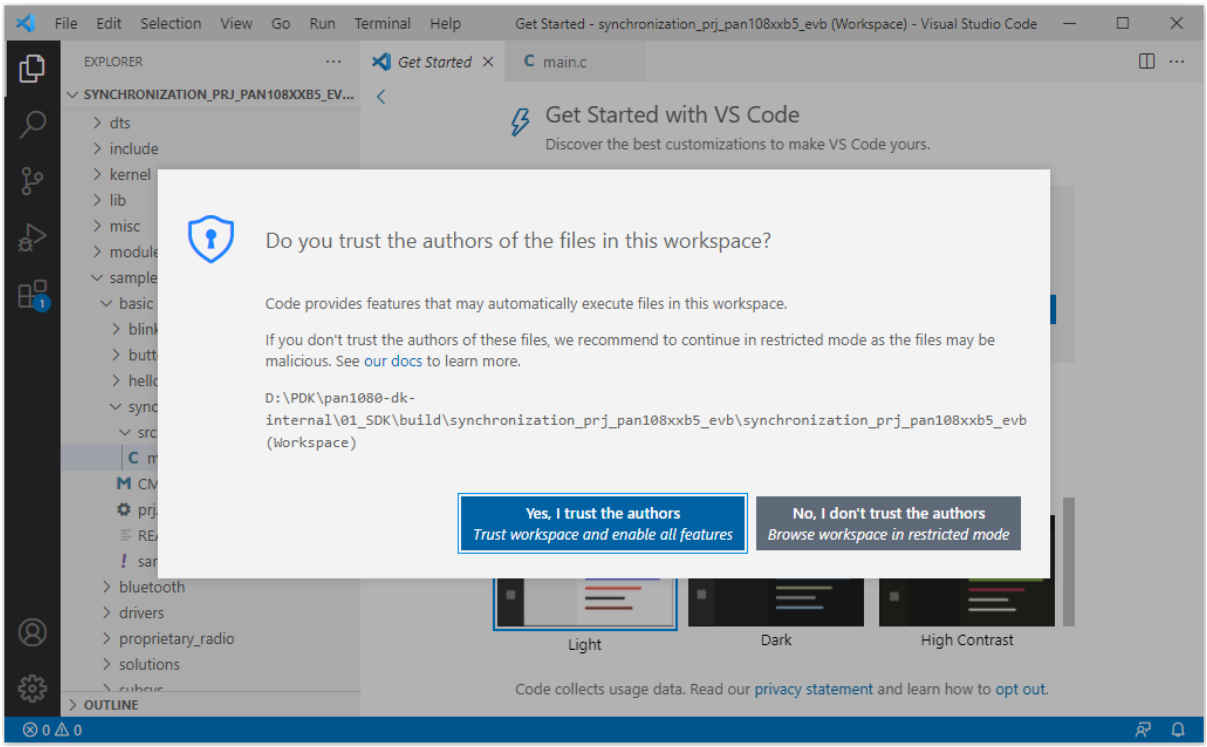


图 14: 成功打开 VS Code

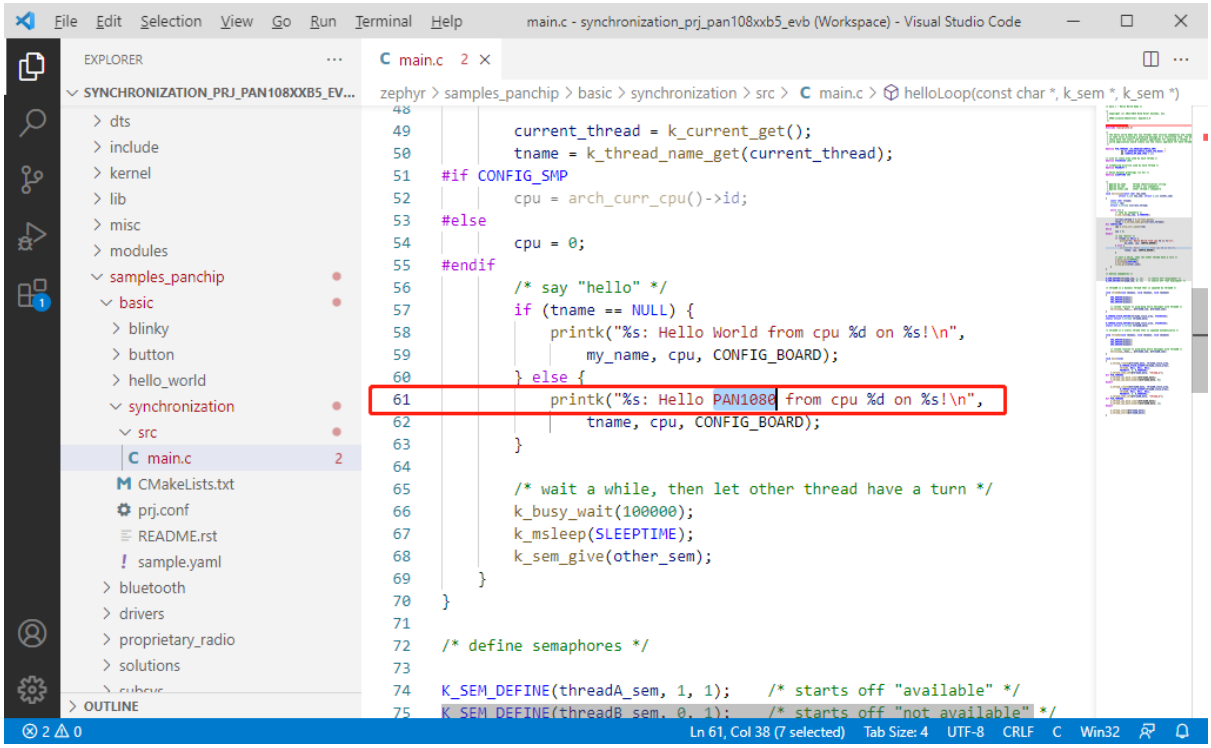


图 15: 使用 VS Code 修改例程代码

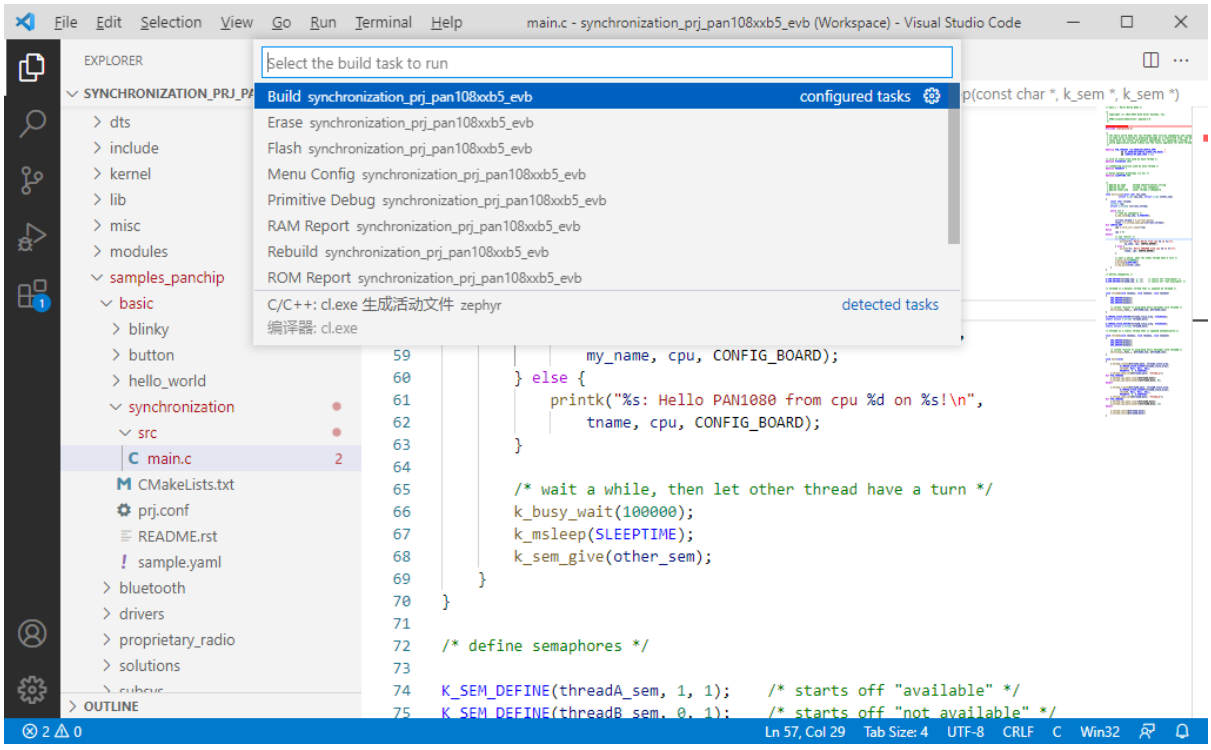


图 16: VS Code “Run Build Task” 菜单

3. `Flash`：烧录 Image
4. `Erase`：擦除整块 Flash（Jlink 方式）
5. `Menu Config`：在新的 CMD 窗口下打开 Zephyr menuconfig 配置菜单
6. `ROM Report`：生成 ROM (Flash) 使用情况报告
7. `RAM Report`：生成 RAM 使用情况报告
8. `Primitive Debug`：在新的 CMD 窗口下打开原始的 JLink-GDB 调试界面

5. 在弹出的 `Build Task` 菜单中，执行 Build 指令，增量编译修改后的程序；从 VS Code 底部的 TERMINAL 界面中可以看到当前的编译状态：

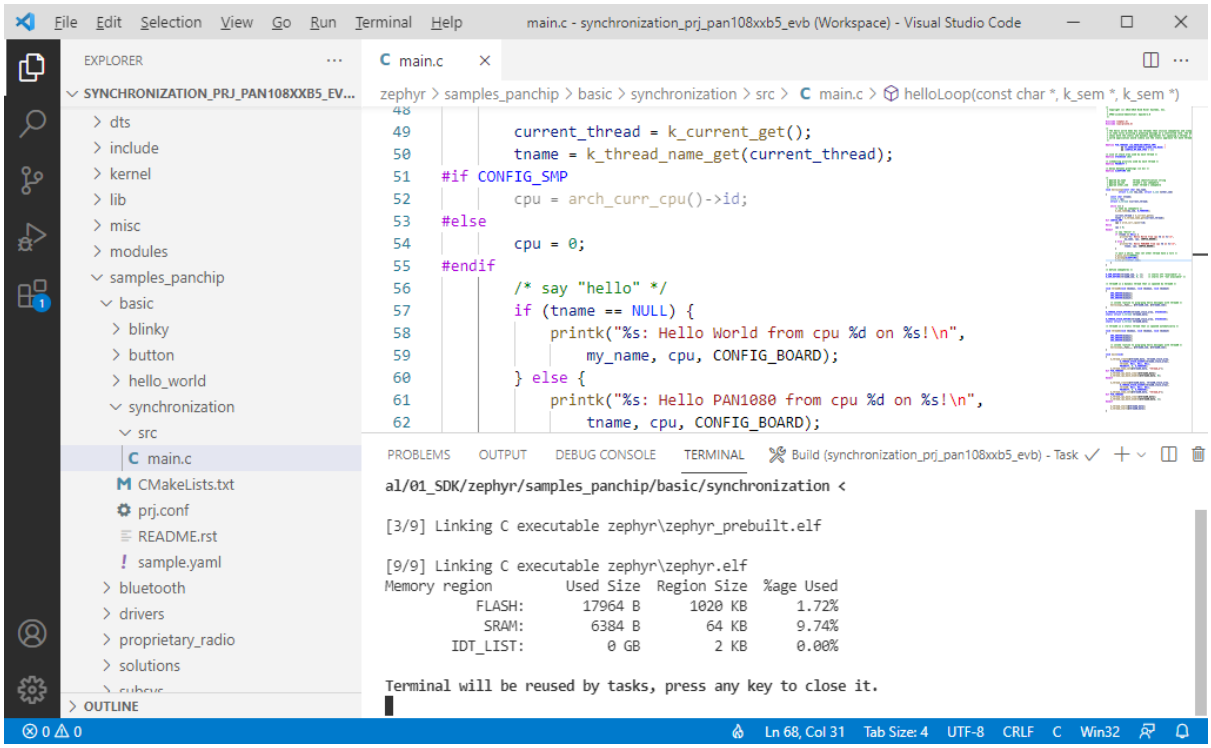


图 17: VS Code “Build” 指令

6. 编译成功后，再次点击 `Terminal` 菜单，选择 `Run Build Task...`（或直接快捷键 `Ctrl + Shift + B`），在弹出的 `Build Task` 菜单中，执行 Flash 指令，将修改后的程序烧录至开发板：
7. 烧录成功后，查看串口输出，可以看到刚才的修改已经生效：

3.6 使用 VS Code 调试程序

1. PAN1080 SDK 支持直接在 VS Code 中调试程序
   1. 在 VS Code 中可以使用一个名为 `Cortex-Debug` 的插件调试基于 ARM Cortex-M 的 SoC，PAN1080 的 CPU 为 ARM Cortex-M0，因此我们可以实现在 VS Code 中调试 PAN1080 程序
   2. `Cortex-Debug` 插件已经默认集成到 PAN1080 SDK Toolchain 自带的 VS Code 中，无需另外安装
2. 打开 VS Code 左侧的 Debug 侧边栏，可以看到左上角已经有配置好的 Debug 选项：
3. 点击绿色箭头（或按快捷键 `F5`），即可进入 Debug 界面：

   Cortex-Debug 插件支持的 Debug 功能包括：

   - 单步调试

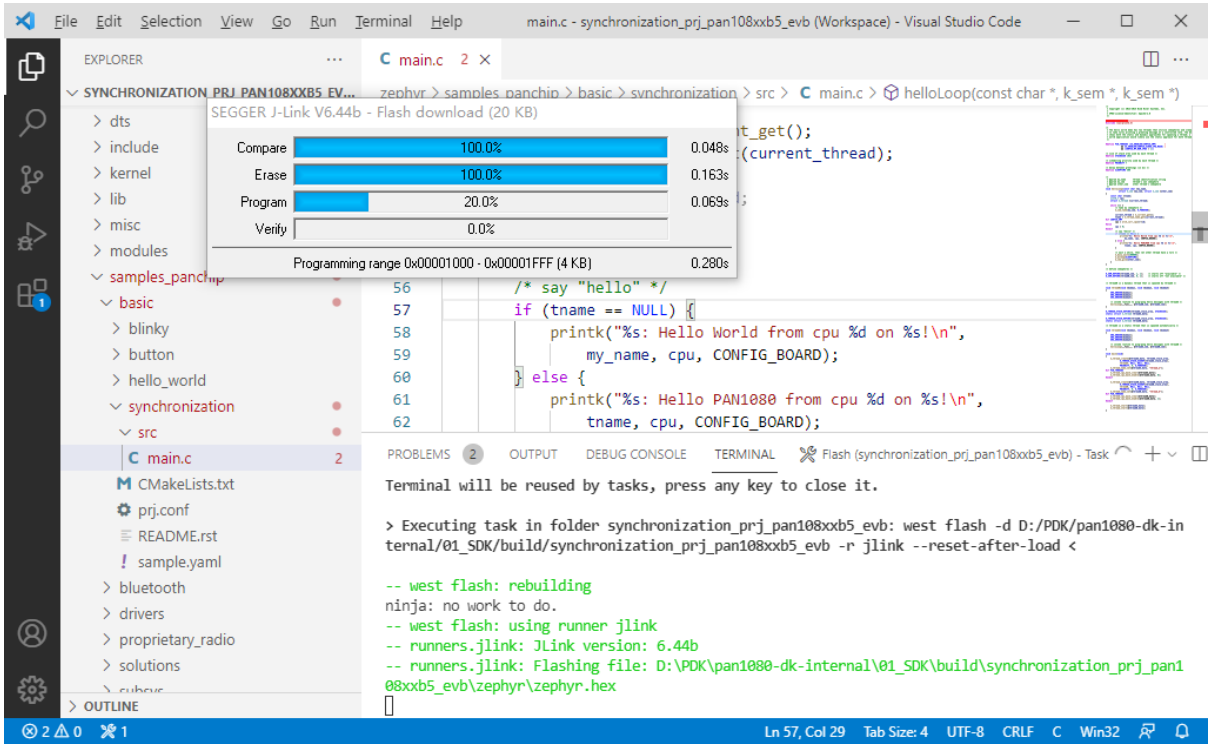


图 18: VS Code “Flash” 指令

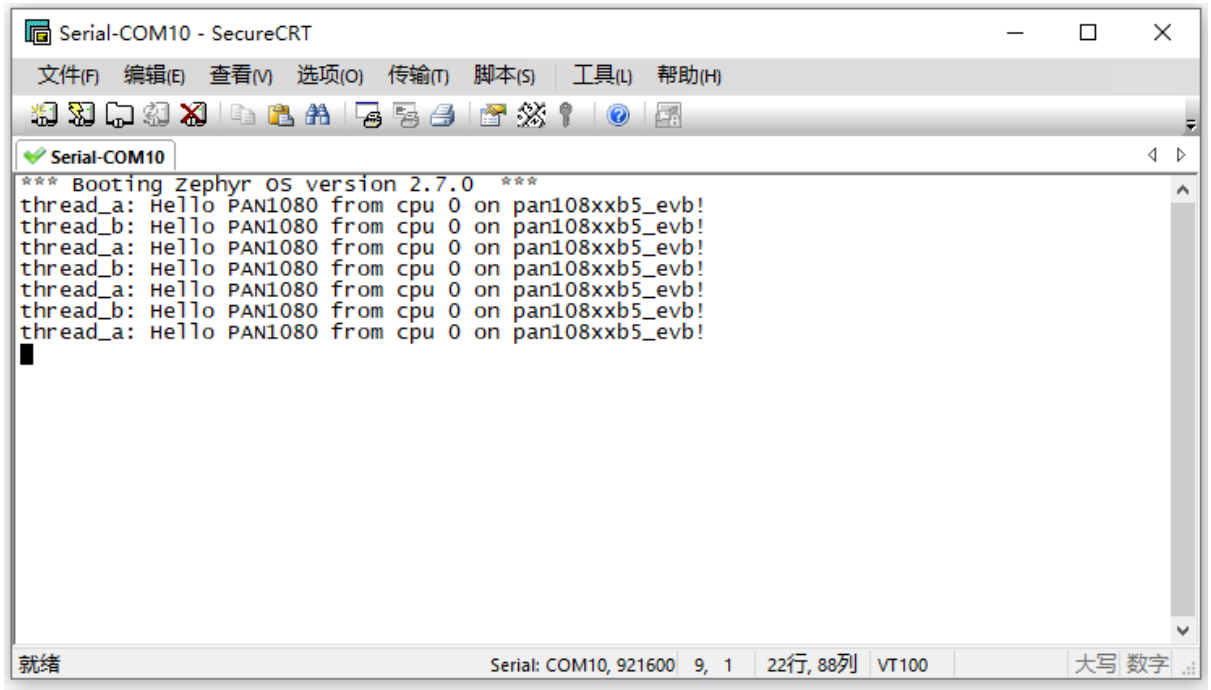


图 19: 成功运行修改后的 Synchronization 例程

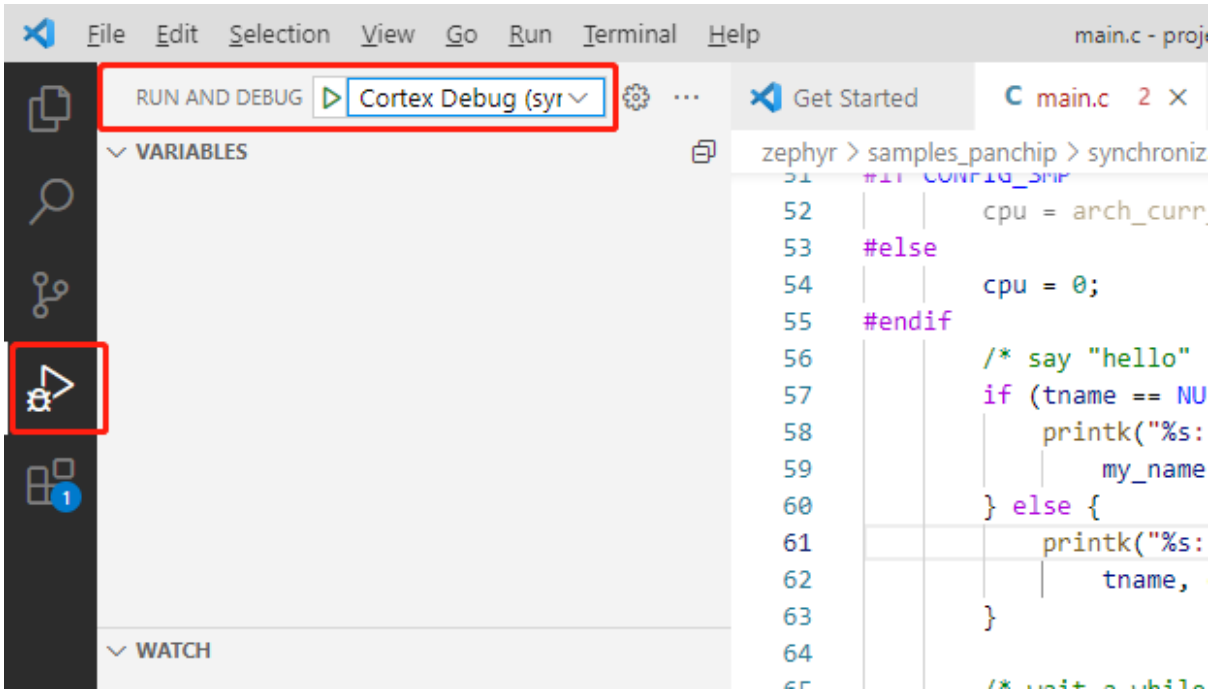


图 20: VS Code 调试界面

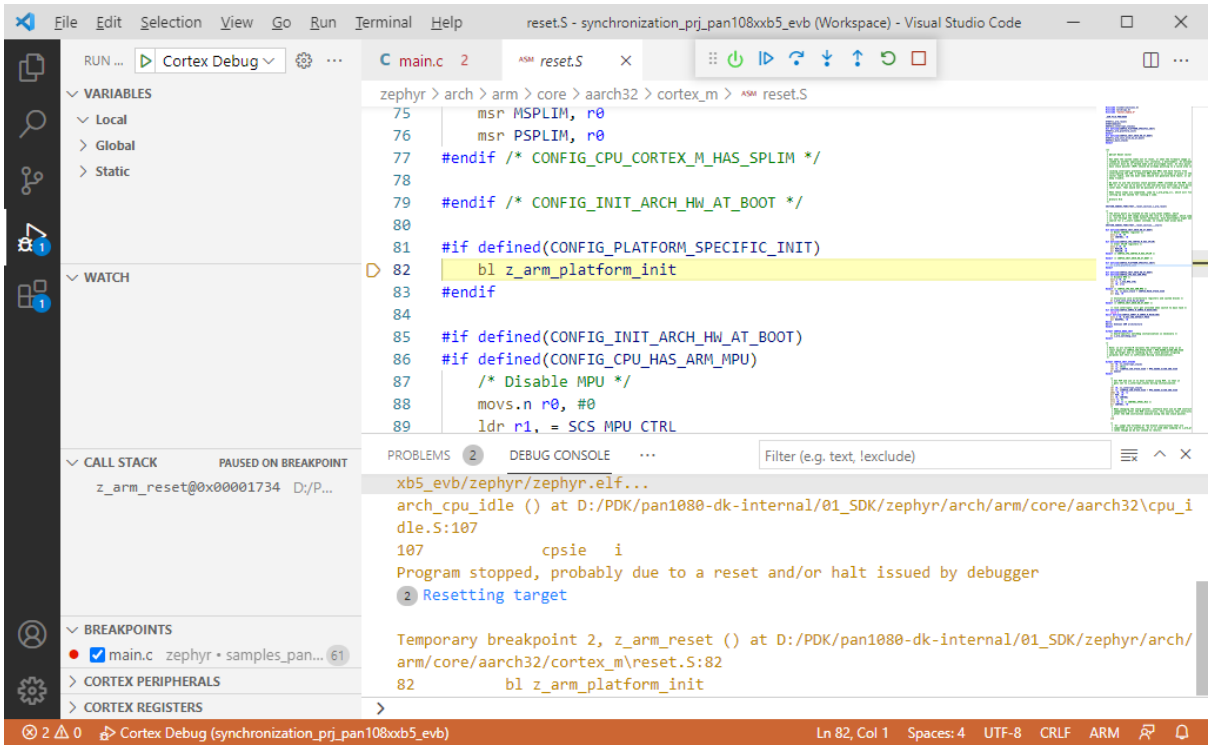


图 21: 使用 VS Code 调试程序

- 添加断点
- 查看变量
- 查看函数调用关系
- 查看 Core Register
- 查看某函数的反汇编代码：先按快捷键 `Ctrl + Shift + P`，然后输入指令 `Cortex-Debug: View Disassembly (Function)`
- 查看某段 RAM 的内容：先按快捷键 `Ctrl + Shift + P`，然后输入指令 `Cortex-Debug: View Memory`

更多 Debug 功能介绍可以参考 VS Code Debug 官方文档，以及 Cortex Debug 插件文档。

4. 打开 `main.c`，单击第 61 行**行号左边的空白处**（鼠标指针变为手型），即可在此处加入断点（红色实心圆点）：

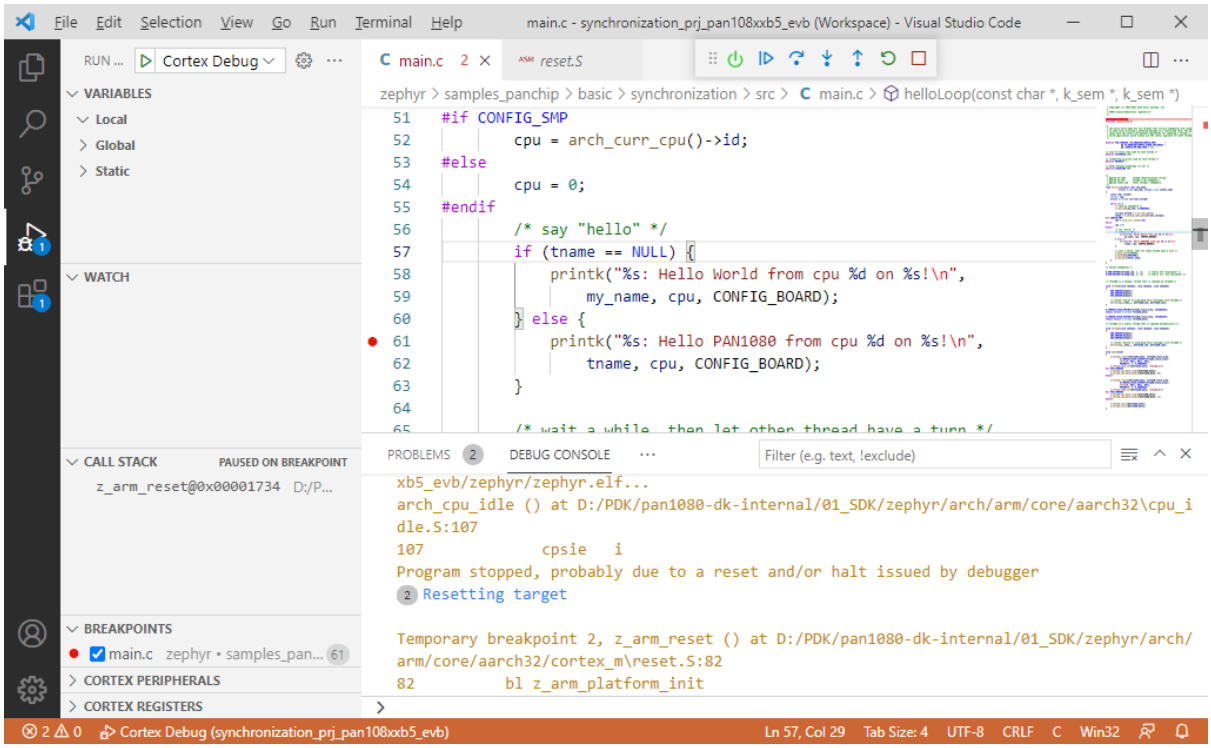


图 22: VS Code 新增断点

5. 点击 Debug 功能按钮区的 Continue 按钮（或按快捷键 `F5`），程序将执行到断点处并停止：

   程序暂停后，可以在左侧侧边栏中，查看变量（`VARIABLES` 栏）、增加监视变量（`WATCH` 栏）、查看调用堆栈（`CALL STACK` 栏）、查看断点信息（`BREAKPOINTS` 栏）、查看外设寄存器信息（`CORTEX PERIPHERALS` 栏）或 CPU 寄存器信息（`CORTEX REGISTERS` 栏）等。

1.1.4 4 创建自己的 App 工程

请参考：

1. SoC App 开发指南
2. BLE App 开发指南

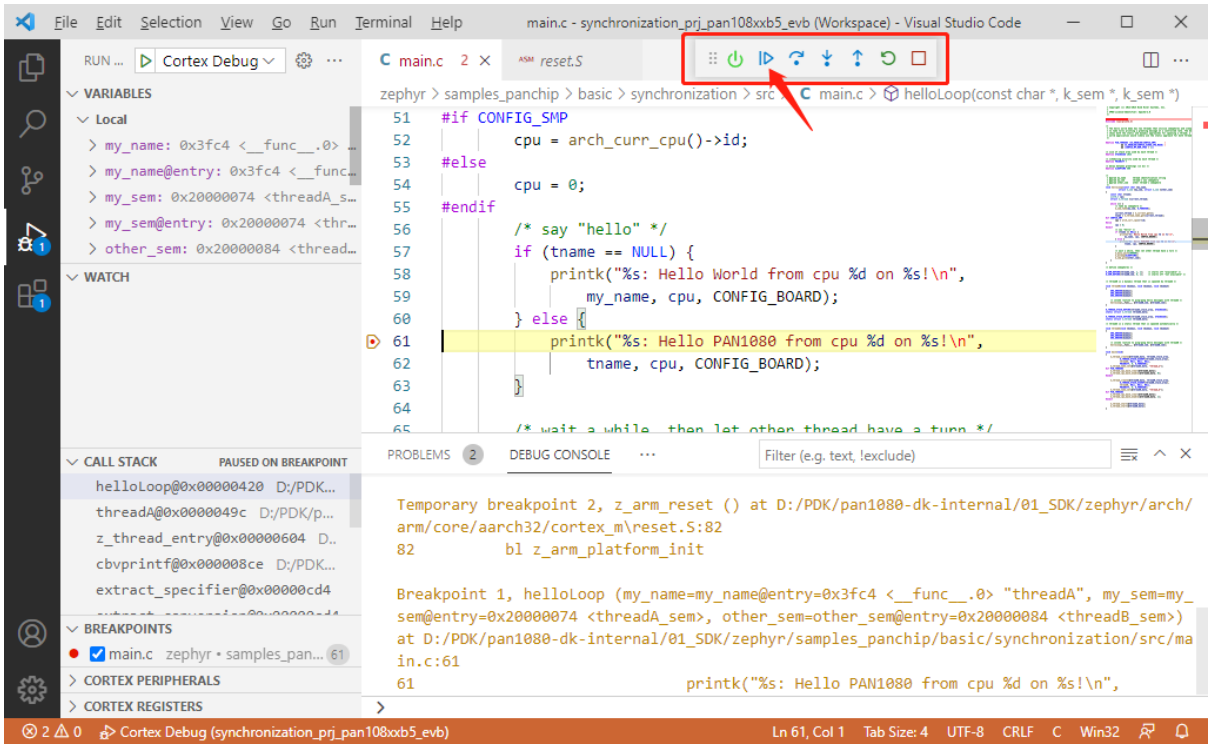


图 23: VS Code 调试中…

1.1.5 5 更多相关文档

下面这些文档有助于您进一步了解 PAN1080 SoC 开发的相关知识：

1. Zephyr 简介：简要介绍 Zephyr，以及基于 Zephyr 的 PAN1080 SDK 有哪些特性和优势
2. PAN1080 SDK 架构介绍：介绍 PAN1080 SDK 整体软件框架
3. SDK 开发环境介绍：介绍 PAN1080 SDK 的基本开发环境
4. 常见问题（FAQs）：介绍 PAN1080 SDK 使用过程中的常见问题及解答

1.2 SDK 开发环境介绍

PAN1080 SDK 为开发者提供了 2 种开发环境：

- 命令行方式（Command Line）
- 图形化界面方式（Zephyr App Launcher + VS Code）

在 PAN1080 SDK 实际开发过程中，经常需要将两种方式结合起来使用，下面对 2 种开发环境分别做简单的介绍。

1.2.1 1 命令行方式（Command Line）

PAN1080 SDK 使用一个名为 `west` 的命令行工具来执行编译、烧录、调试等操作。

`west` 是一个 “Meta Tool”，在执行 `west` 支持的子命令过程中，不同的命令会调用不同的工具来执行具体的操作。例如：

- 执行 `west build` 子命令后，`west` 会自动调用 CMake、ninja、dtc、Kconfig、gcc 等工具进行配置和编译；
- 执行 `west flash` 子命令后，`west` 会自动调用相关烧录工具（如 JLink）进行烧录；

- 执行 `west debug` 子命令后，`west` 会自动调用相关调试工具（如 JLink-GDB-Sever + ARM-Embedded-GDB）进行调试。

  实际上，PAN1080 SDK 基于开源实时操作系统 Zephyr Project 扩展而来，其基础的命令行工具 `west` 也是 Zephyr 提供的；关于此工具的更多信息，可以参考 zephyr 官方文档：West (Zephyr’s meta-tool)。

1.1 使用演示：编译、烧录、调试一个 Sample

1. 打开 PAN1080 Development Kit 文件夹，进入 01_SDK 子目录，可以看到一个名为 PAN1080 SDK CLI 的快捷方式：



图 24: SDK 命令行方式入口快捷方式

1. 双击 PAN1080 SDK CLI 快捷方式，打开命令行界面：

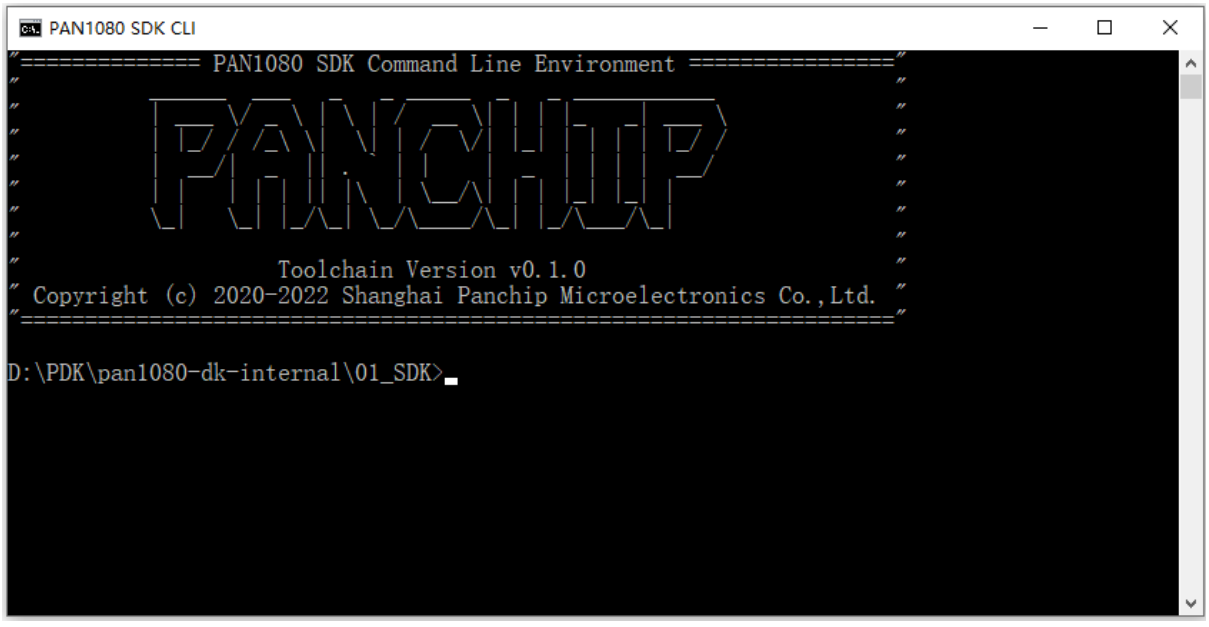


图 25: SDK 命令行（CLI）界面

2. 使用 `west build` 命令，编译 Synchronization Sample：

```
west build -d build/synchronization_pan108xxb5_evb -b pan108xxb5_evb ./zephyr/samples_
↪panchip/basic/synchronization -p
```

参数解释：

- `build`：执行 build 子命令；
- `-d build/synchronization_pan108xxb5_evb`：设置 build 输出文件目录为 build/synchronization_pan108xxb5_evb，所有编译过程中生成的文件均存此目录中，目录名可以任意指定；另外，此参数可以省略，若省略则等价于`-d build`；
- `-b pan108xxb5_evb`：将 board 配置为 PAN108X-XB5 EVB，于是编译工具链会自动从 `zephyr/boards/arm/pan108xxb5_evb` 目录下搜索需要的 board 配置文件；
- `./zephyr/samples_panchip/basic/synchronization`：程序源码目录，此处为演示多线程同步的例程 synchronization；
- `-p`：重新编译（Rebuild）；如果`-d` 参数指定的目录中存在之前编译的信息，则：
  - 若不指定`-p` 参数，则 `west` 执行默认的**增量编译**操作；
  - 若指定`-p` 参数，则 `west` 执行**重新编译**操作；

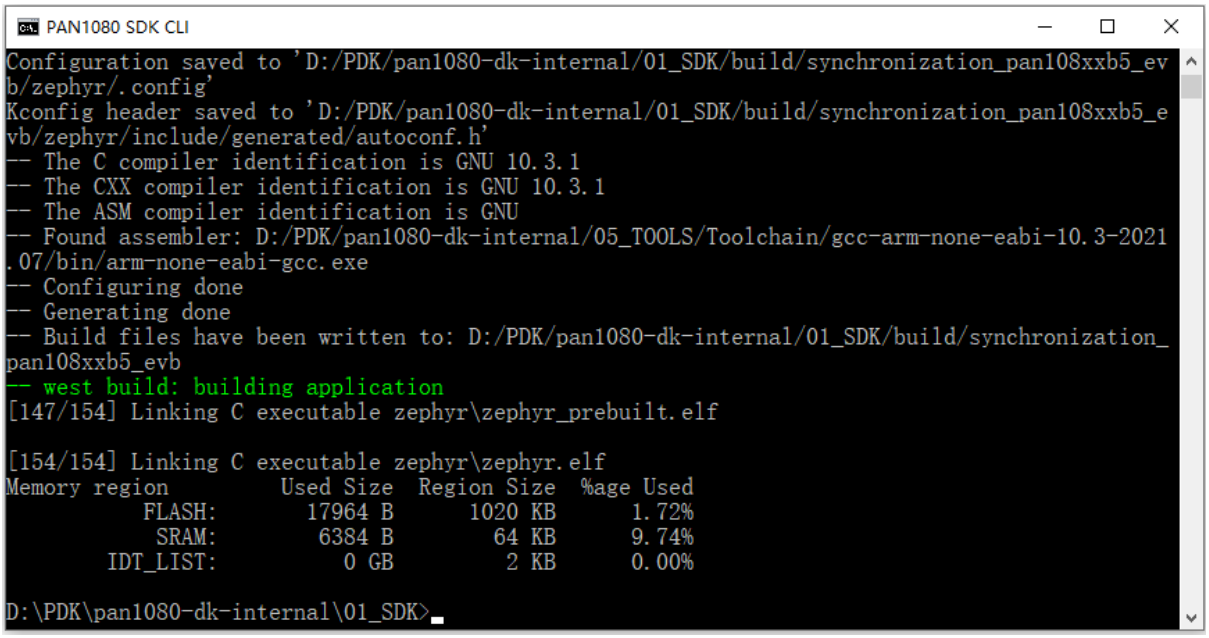


图 26: SDK 命令行（CLI）方式编译

3. 使用 `west flash` 命令，烧录 Synchronization Sample：

```
west flash -d build/synchronization_pan108xxb5_evb -r jlink --reset-after-load
```

参数解释：

- `flash`：执行**烧录**子命令；
- `-d build/synchronization_pan108xxb5_evb`：在目录 build/synchronization_pan108xxb5_evb 内查找待烧录文件；
- `-r jlink`：将烧录工具指定为 JLink，于是 west 将会调用 `JLink.exe` 进行 image 烧录；
- `--reset-after-load`：指定此参数后，目标板将会在烧录完成后自动 Reset 并执行烧录后的程序；

注：程序烧录执行前，请确认已经将 EVB 板的：

- SWD（P46：SWD_CLK；P47：SWD_DAT）接口通过 JLink 连接至 PC
- UART（P00：Tx；P01：Rx；Baudrate：921600）接口通过 USB 转串口模块连接至 PC

1. 烧录过程：

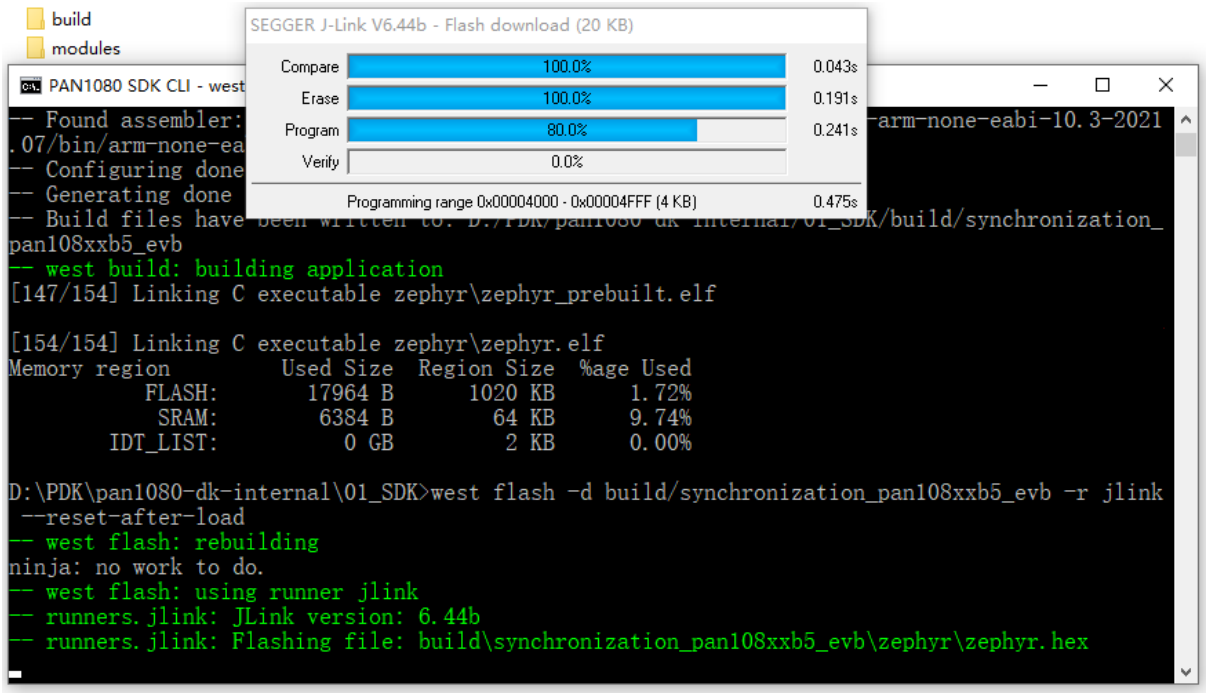


图 27: SDK 命令行（CLI）方式烧录

2. 程序执行：

4. 使用 `west debug` 命令，调试 Synchronization Sample：

```
west debug -d build/synchronization_pan108xxb5_evb -r jlink
```

参数解释：

- `debug`：执行**调试**子命令；
- `-d build/synchronization_pan108xxb5_evb`：在目录 build/synchronization_pan108xxb5_evb 内查找待调试文件；
- `-r jlink`：将调试工具指定为 JLink + GDB，于是 west 将会调用 `JLinkGDBServer.exe` + `arm-none-eabi-gdb.exe` 进行调试；

1. 启动 JLink GDB Server，并进入调试准备界面：
2. 将 GDB Server 界面最小化（请勿关闭），并在命令行界面按回车键，进入调试命令等待界面：
3. 输入 GDB 调试命令，开始调试：

   调试支持通用的 GDB **调试指令**：

   - `s`：单步，Step In
   - `n`：单步，Step Over
   - `b <func_name>`：设置断点，Breakpoint
   - `d break <index>`：删除断点，Delete Breakpoint
   - `c`：继续执行，Continue
   - `<Ctrl+C>`：暂停执行，Halt
   - `p <param_name>`：打印变量值，Print
   - `bt`：查看调用堆栈，Backtrace

   更多的 GDB 命令行调试介绍请查阅：

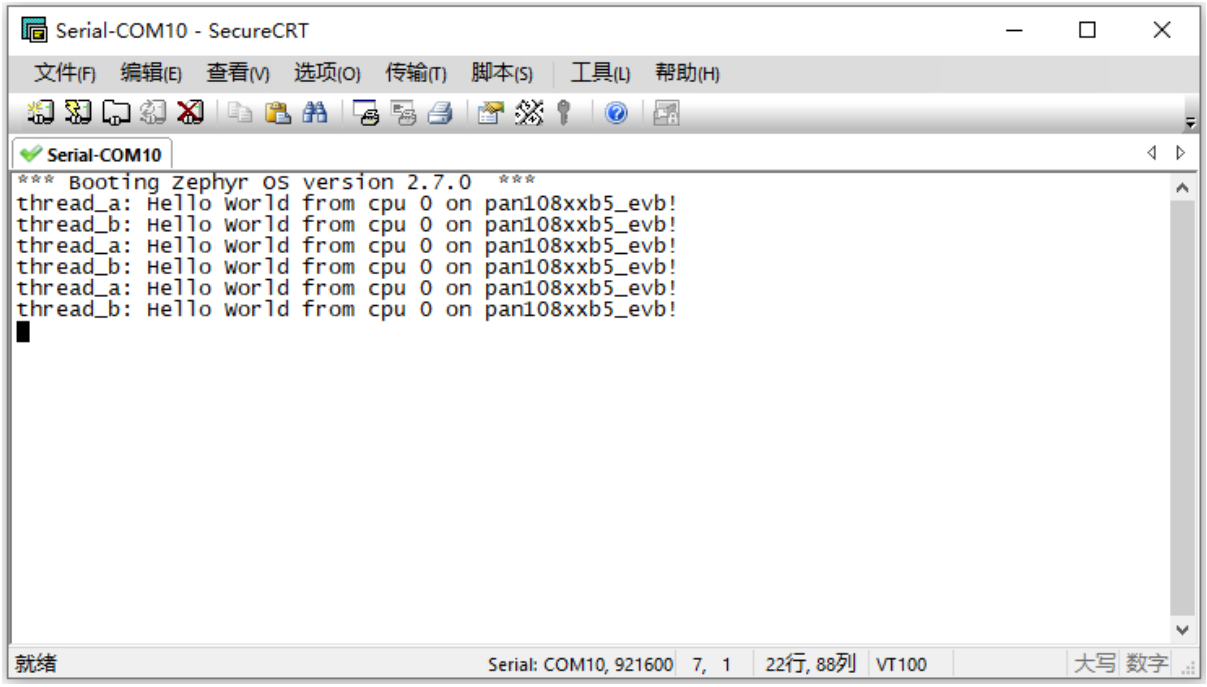


图 28: 程序运行成功

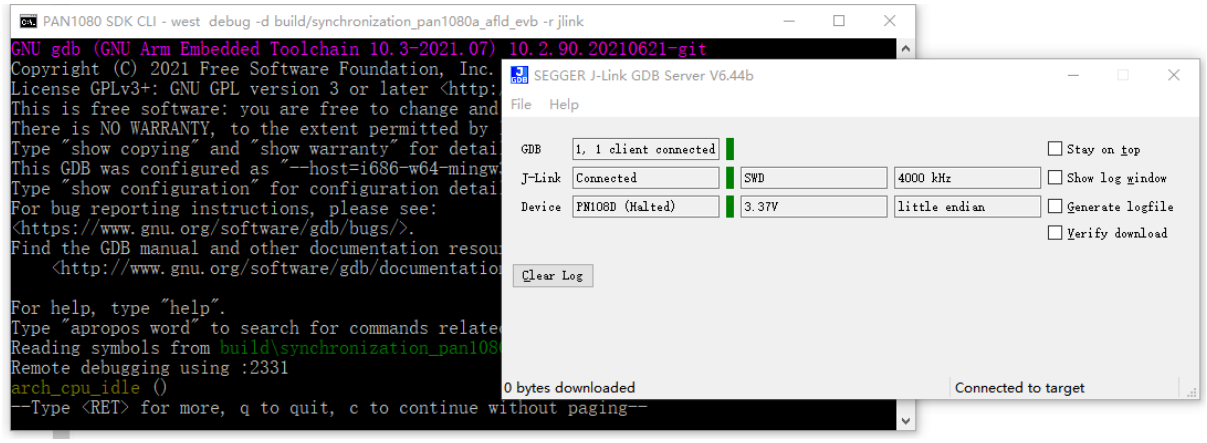


图 29: SDK 命令行（CLI/GDB）方式调试准备

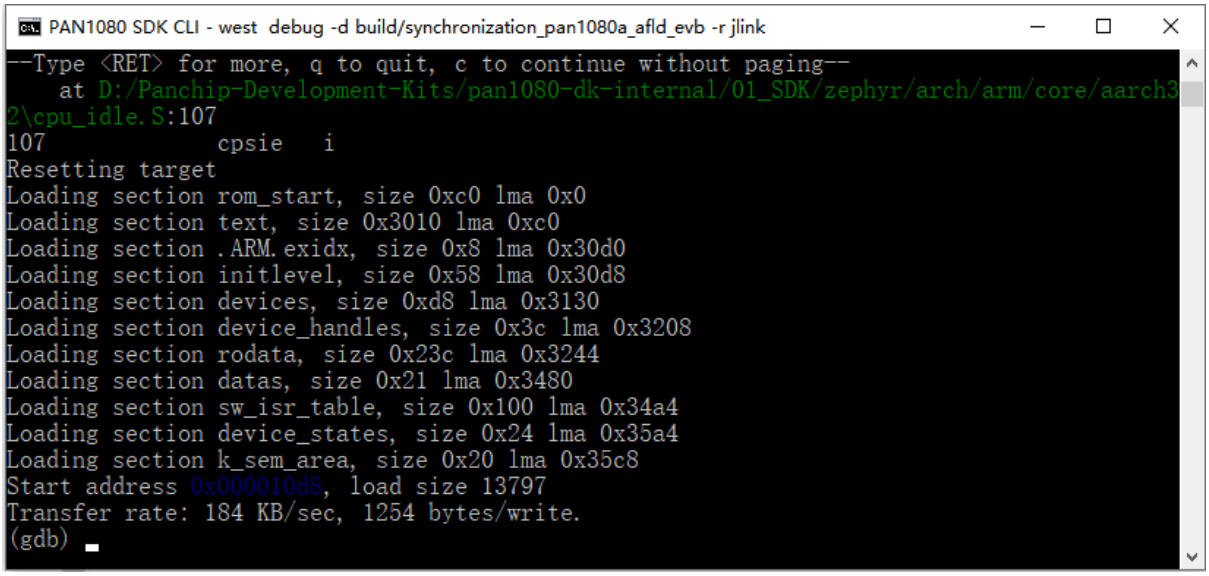


图 30: SDK 命令行（CLI/GDB）方式调试开始

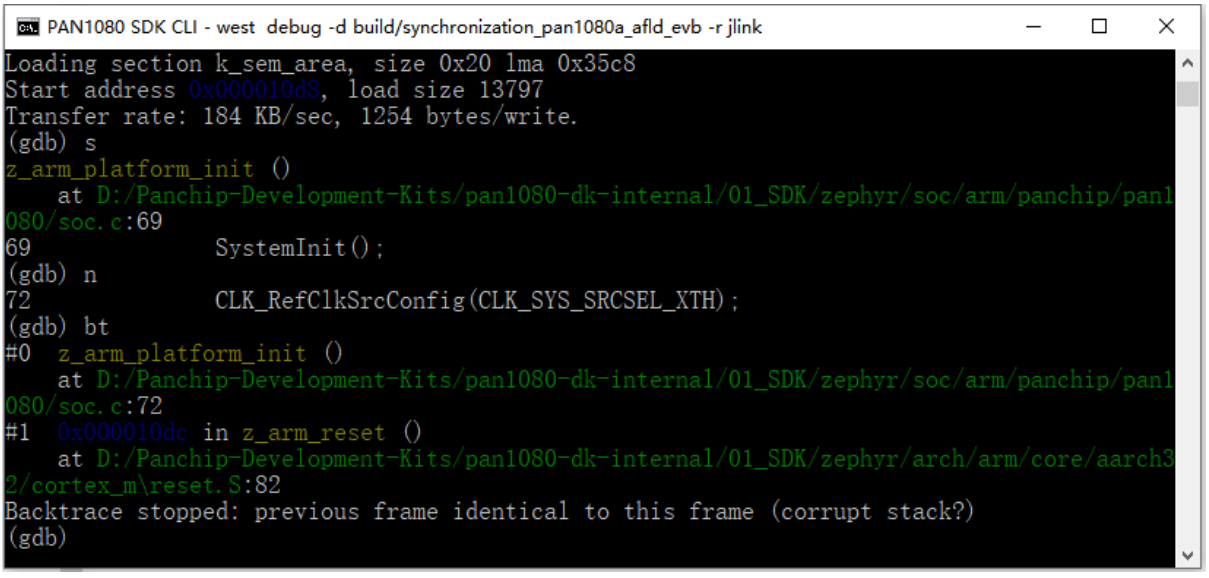


图 31: SDK 命令行（CLI/GDB）方式调试演示

- GDB 官方文档：https://sourceware.org/gdb/current/onlinedocs/gdb/
- JLink GDB Server 官方文档：https://www.segger.com/downloads/jlink/UM08001, Chapter 4

1.2 其他常用命令

1. 某个曾经编译过的 Sample（如 Synchronization Sample）代码有改动，对其执行增量编译：

```
west build -d build/synchronization_pan108xxb5_evb
```

> **注**：某些情况下，使用此方式可能无法自动识别到改动的文件；例如，若改动到了某个 Kconig 的默认配置（如某个 `Kconfg.defconfig` 文件），则执行增量编译是无法检测到此改动的，此时需要使用`-p` 参数对目标做 Rebuild。

2. 编译时，通过传入 `CONF_FILE` 参数，载入某个 Sample 的特殊配置：

```
west build -d build/sample_xxx -b pan108xxb5_evb ./zephyr/samples_panchip/yyy -- -DCONF_
↪FILE="prj_zzz.conf"
```

> **注**：若不指定 `CONF_FILE` 参数，则 `west build` 过程中，会应用**默认的配置文件**`"prj.conf"`；若明确指定 `CONF_FILE` 参数，则 `west build` 过程中，会应用**新指定的配置文件**。

3. 编译时，通过传入 `OVERLAY_CONFIG` 参数，覆盖某个 Sample 的默认配置：

```
west build -d build/sample_xxx -b pan108xxb5_evb ./zephyr/samples_panchip/yyy -- -
↪DOVERLAY_CONFIG="overlay-zzz.conf"
```

> **注**：若不指定 `OVERLAY_CONFIG` 参数，则 `west build` 过程中，会应用默认的配置文件`"prj.conf"`；若指定 `OVERLAY_CONFIG` 参数，则 `west build` 过程中，会先应用默认的配置文件`"prj.conf"`，然后再应用指定的 Overlay 配置文件，如果 Overlay 配置文件中存在与默认配置文件中相同的 Config 选项，则覆盖掉默认配置文件中的配置。

4. 部分清理（Clean），删除 Build Phase 下生成的文件（如.obj/.elf/.hex 等），但保留 Configuration Phase 下生成的文件（如.config 文件等）：

```
west build -d build/synchronization_pan108xxb5_evb -t clean
```

> 关于 Build Phase 与 Configuration Phase 的含义，请参阅 Zephyr 官方文档：Build Overview。

5. 完整清理（Pristine），同时删除 Build Phase 与 Configuration Phase 下生成的文件：

```
west build -d build/synchronization_pan108xxb5_evb -t pristine
```

6. ROM 报告（ROM Report），列出 ROM 空间占用信息：

```
west build -d build/synchronization_pan108xxb5_evb -t rom_report
```

执行结果：

> **注**：ROM Report 中统计结果与编译后的 Image Size 并不等价，如果需要精确了解编译后的 Image 大小，请至 Map 文件（zephyr.map）中查看。

7. RAM 报告（RAM Report），列出 RAM 空间占用信息：

```
west build -d build/synchronization_pan108xxb5_evb -t ram_report
```

执行结果：

8. 打开 Menu Config 菜单：

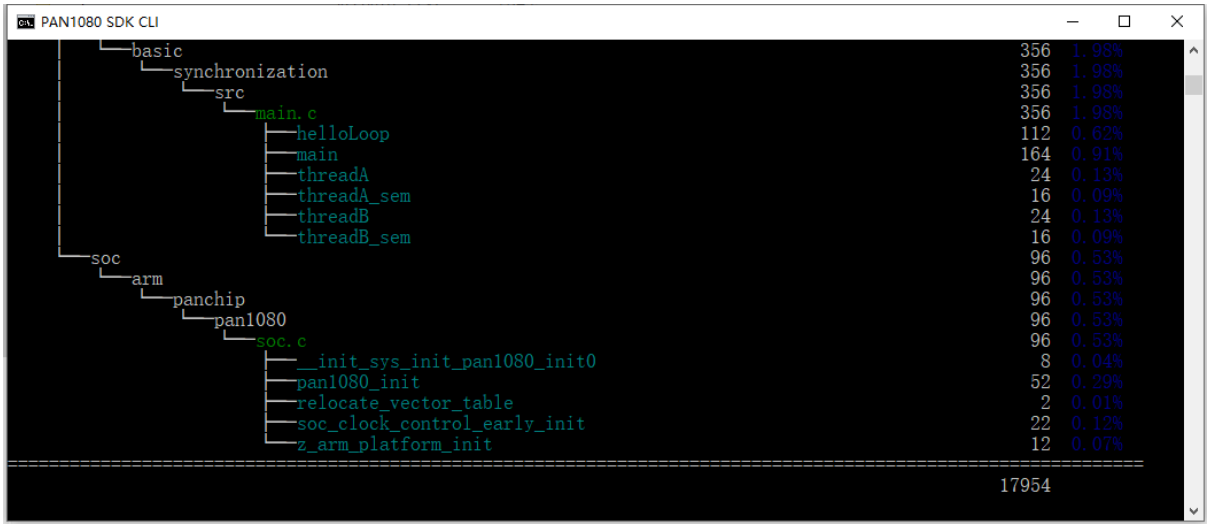


图 32: 生成 ROM Report

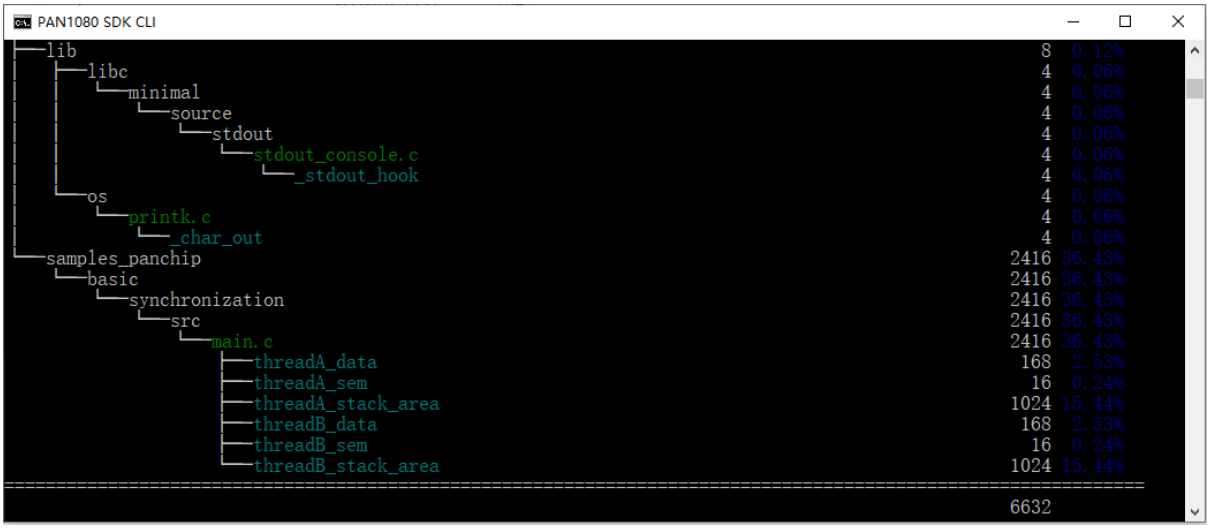


图 33: 生成 RAM Report

```
west build -d build/synchronization_pan108xxb5_evb -t menuconfig
```

执行结果：

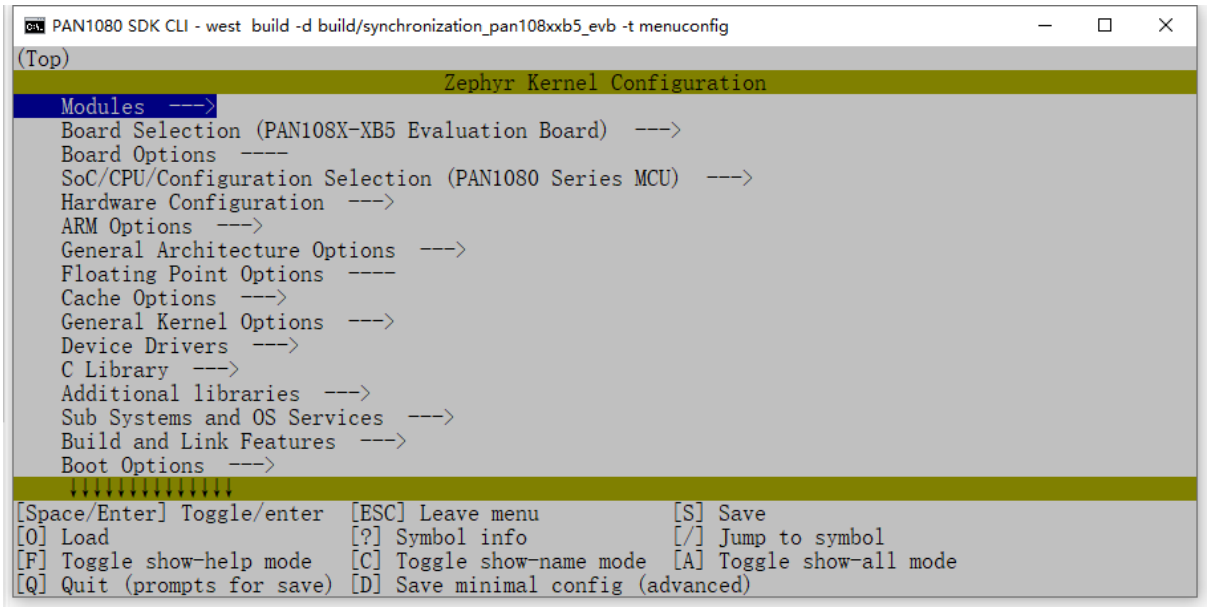


图 34: 打开 Menu Config 菜单

9. 打开 GUI Config 菜单：

```
west build -d build/synchronization_pan108xxb5_evb -t guiconfig
```

1.2.2 2 图形化界面方式（VS Code）

PAN1080 SDK 使用 VS Code 作为图形化集成开发环境（IDE）。

VS Code 是一个轻量级的代码编辑器，其优秀的可扩展性使得 PAN1080 SDK 有机会将 zephyr 的 west 命令行编译环境迁移到图形界面环境中来：

- 利用 VS Code 的构建任务特性，PAN1080 SDK 将常用的 `west` 命令集成到 Build Tasks 中；
- 利用 VS Code 的插件特性，PAN1080 SDK 将 `Cortex-Debug` 插件集成进来并进行适配，使其可以调试 zephyr 编译生成的 Image；

PAN1080 SDK 的编译工具链 Toolchain 目录下自带一个配置好的 VS Code，其有两种打开方式：

- 通过 ZAL 工具的 `Open IDE` 按钮打开，此方式可以在 VS Code 内编译各个 App 工程

  打开 VS Code 后的简单使用方法，请参考SDK 快速入门。

- 直接双击 VS Code 目录下的 `code.exe`，此方式可以查看或修改代码，但无法正确编译各个 App 工程

  注 1：目前 PAN1080 SDK 只支持使用 SDK Toolchain 中自带的 VS Code 进行编译和调试；如果您的 PC 上有自己的 VS Code，是无法直接用于编译调试 PAN1080 SDK 程序的。

  注 2：除了通过 ZAL 工具打开特定 Project 的 VS Code 界面外，还可以在 PAN1080 SDK CLI 命令行界面中直接输入 `code` 直接打开 VS Code，然后通过 `File - Open Workspace from File` 菜单打开某个 Project，用此方法打开的 App 工程，可以正常在 VS Code 界面中编译烧录 App 工程。

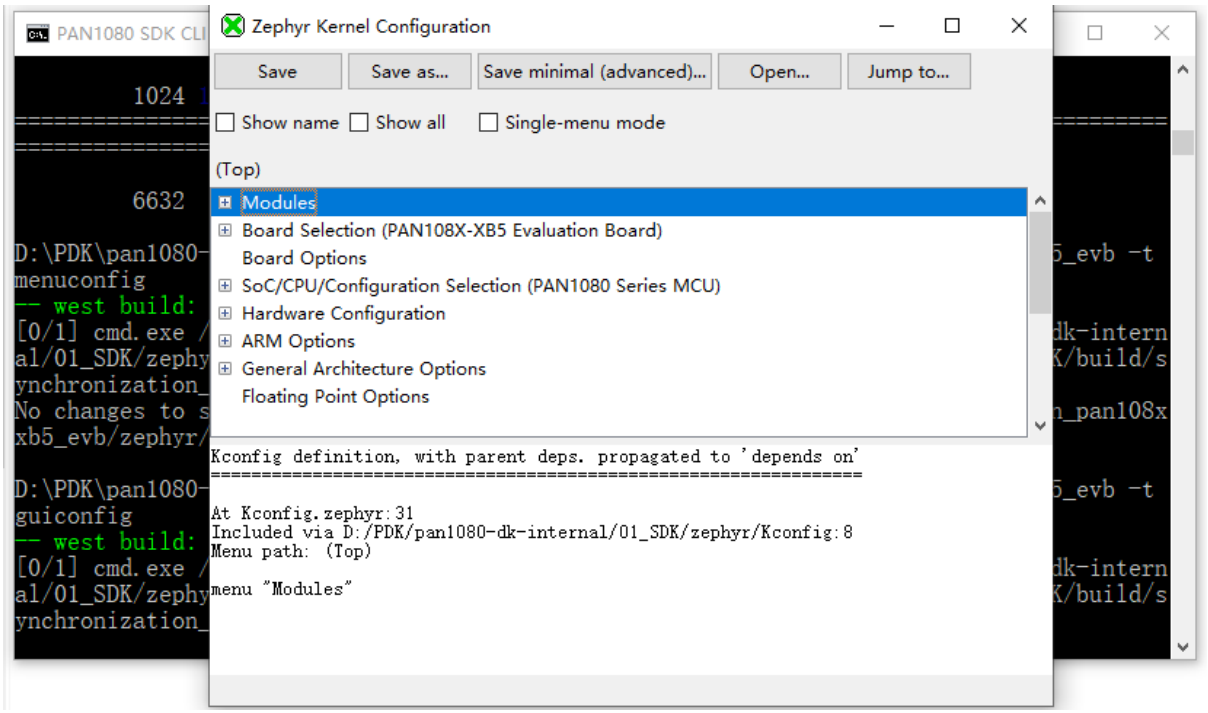


图 35: 打开 GUI Config 菜单

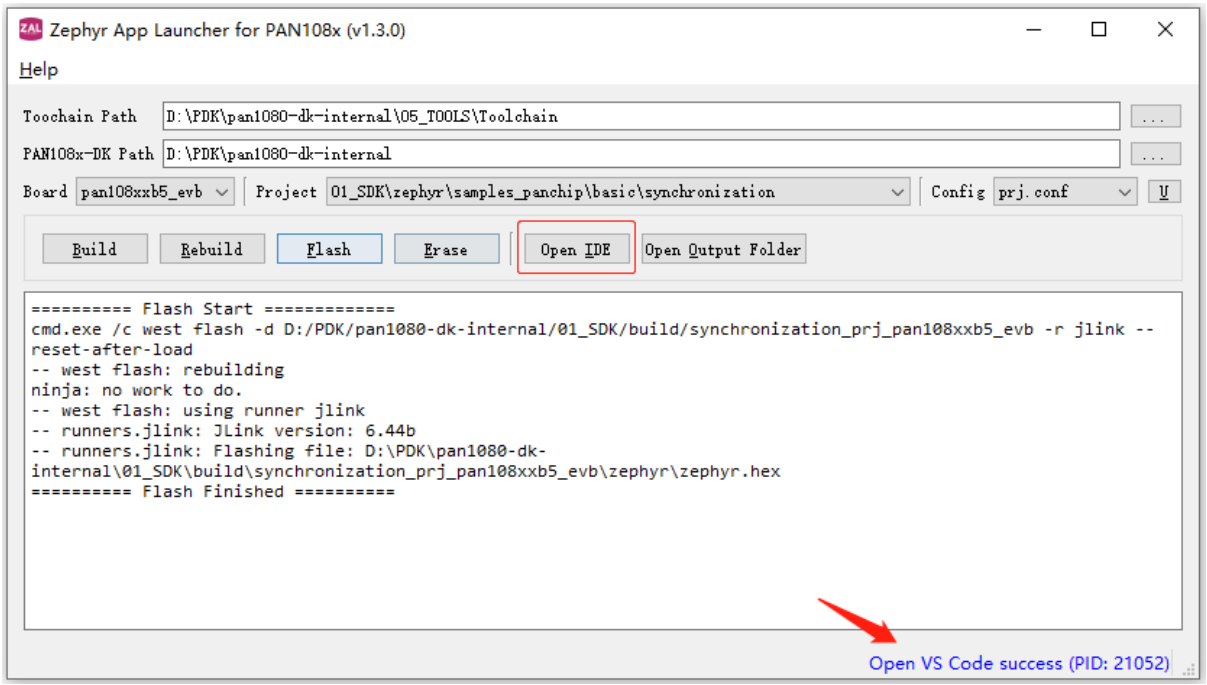


图 36: 打开 GUI Config 菜单

1.3 SDK 整体框架介绍

1.3.1 1 简介

PAN1080 SDK 基于开源实时操作系统 Zephyr OS 修改而来（目前使用的 Zephyr 内核版本为 `v2.7.0-lts`）。

Zephyr OS 是一个内存占用极低的内核，它主要设计用于资源受限系统：从简单的嵌入式环境传感器、LED 可穿戴设备，到复杂的智能手表、IoT 无线网关。有关 Zephyr-v2.7.0 的详细介绍，请参考官方文档：Zephyr Project Documentation。

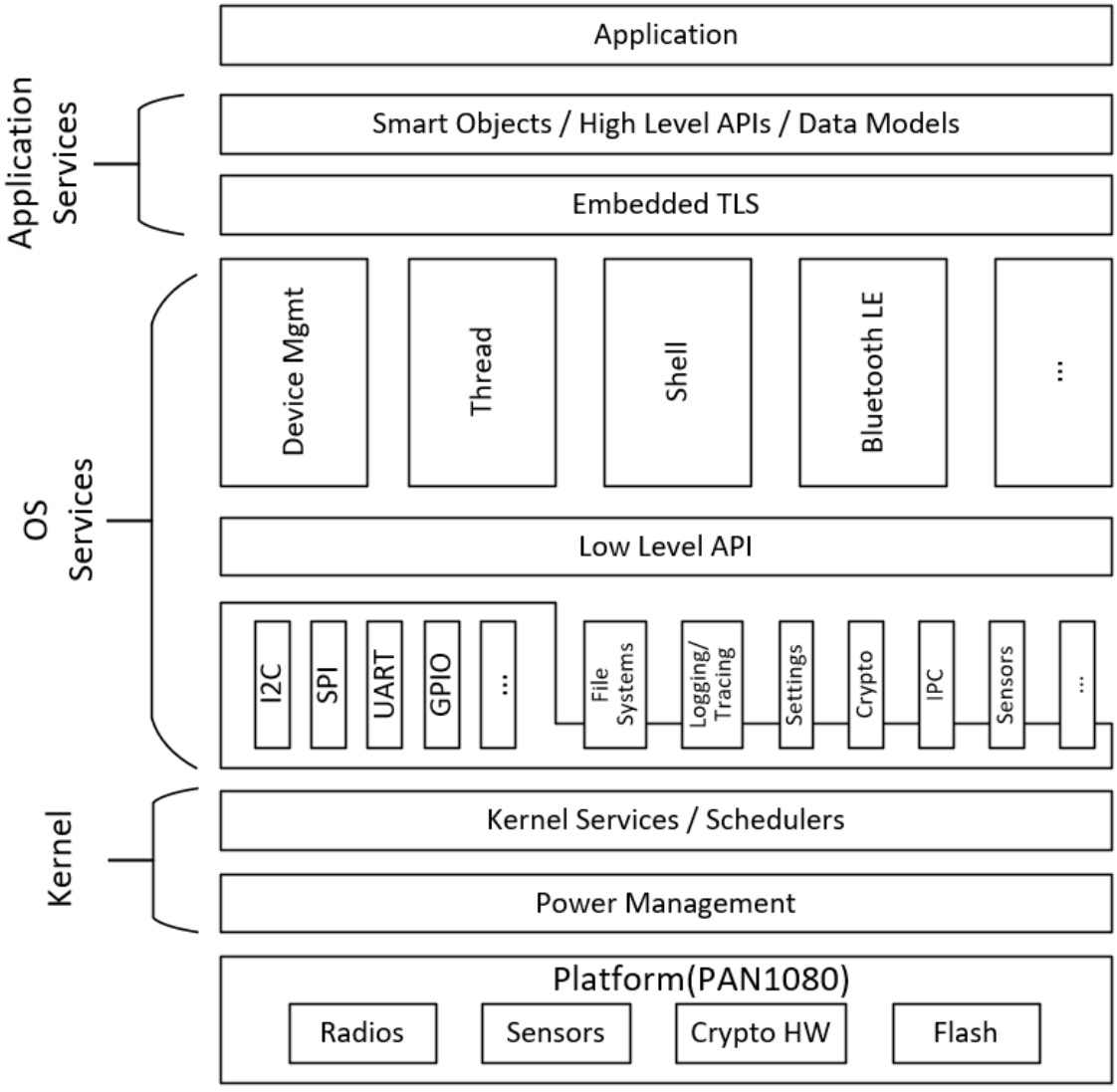


图 37: Zephyr OS 整体框架

为了方便开发，我们对 Zephyr 进行了裁剪，只保留了 arm 架构，去掉了 PAN1080 不支持的子系统，添加了 PAN1080 BLE Controller 支持等，并适配了 VS Code 集成开发环境。

PAN1080 SDK 源码树结构如下：

```
<home>/01_SDK
 .west
 bootloader
 build
```

（下页继续）

(续上页)

```
modules
zephyr
PAN1080 SDK CLI
```

- `.west`：west 配置文件
- `bootloader`：bootloader 程序源码（mcuboot）
- `build`：编译时自动生成，包含 VS Code 的 `.code-workspace` 工程文件及 zephyr 子目录下载烧录相关的 `.bin`、`.elf`、`.hex` 文件
- `modules`：必要的一些模组，包括：PAN1080 外设驱动库、BLE Controller 库等
- `zephyr`：zephyr 主文件夹，包括：zephyr OS Kernel、板级适配、演示例程、测试用例等
- `PAN1080 SDK CLI`：快捷方式，用以启动 PAN1080 SDK 命令行终端

1.3.2 2 zephyr

PAN1080 SDK zephyr 源码树结构如下：

```
<home>/01_SDK/zephyr
 arch
 boards
 cmake
 doc
 drivers
 dts
 include
 kernel
 lib
 misc
 modules
 samples_panchip
 scripts
 share
 soc
 subsys
 tests_panchip
```

- `arch`：存放芯片 CPU 架构级信息，由于 PAN1080 是 ARM 架构，因此其中只保留了 ARM 架构信息
- `boards`：存放板级信息，比如 PAN1080 各种 EVB 开发板
- `cmake`：存放 CMake 构建 Zephyr App 所需的相关配置和脚本文件
- `doc`：Zephyr 官方文档，其内容与 Zephyr 文档官网 中的内容一致
- `drivers`：存放设备驱动代码，例如 pan1080 spi 驱动文件
- `dts`：存放 DeviceTree（芯片硬件初始化配置）信息
- `include`：存放 Zephyr 公开的 API 头文件
- `kernel`：存放 Zephyr OS 内核代码
- `lib`：存放库文件，包含一个简单的标准 C 语言库等
- `misc`：其他一些不便分类的文件
- `modules`：存放关联第三方文件和目录的 modules 目录，提供第三方模块 Kconfig 相关定义途径
- `samples_panchip`：存放 Panchip 提供的 PAN1080 官方例程
- `scripts`：存放编译测试相关的脚本文件

- share：存放一些额外的架构无关的数据，目前包含 Zephyr CMake Package
- soc：存放芯片 SoC 级信息及一些默认配置
- subsys：Zephyr 子系统，包括：USB Device Stack（USB 设备栈）、File System（文件系统）、Bluetooth Host and Controller（低功耗蓝牙 Host 端与 Controller 端）等实现代码
- tests_panchip：存放 Panchip 提供的适配 zephyr 公开的 API 测试 case

2.1 boards

目前 PAN1080 SDK 提供了 2 种板级信息，用于适配不同型号的 EVB 开发板，其结构树如下：

```
<home>/01_SDK/zephyr/boards
   arm
     pan108xxb1_evb
     pan108xxb5_evb
```

- pan108xxb1_evb：存放 32 PIN 封装，Flash 大小为 1MB 的 PAN108x SoC 板级配置信息
- pan108xxb5_evb：存放 64 PIN 封装，Flash 大小为 1MB 的 PAN108x SoC 板级配置信息

有关 PAN1080 板级信息配置的更多内容请参考：Zephyr Board 配置指南。

2.2 drivers

PAN1080 SDK 适配的 zephyr 驱动结构树如下：

```
<home>/01_SDK/zephyr/drivers
 acc
 adc
 console
 counter
 flash
 gpio
 i2c
 pinmux
 pwm
 qdec
 serial
 spi
 timer
```

2.3 dts

pan1080 SDK DeviceTree 初始化配置信息结构树如下：

```
<home>/01_SDK/zephyr/dts
 arm
   panchip
     pan1080
 bindings
```

- arm/panchip/pan1080：存放 PAN1080 芯片硬件初始化配置信息
- bindings：bindings 中包含一系列.yaml 格式的文件，其中描述了 dts 各个节点中各个属性的实际含义

有关 DeviceTree 的更多内容请参考：Zephyr 配置系统指南的 Devicetree 配置部分介绍。

2.4 samples_panchip

PAN1080 SDK 提供驱动及应用相关例程的官方源码，其结构树如下：

```
<home>/01_SDK/zephyr/samples_panchip
 ant_plus
 basic
 bluetooth
 drivers
 proprietary_radio
 solutions
 subsys
```

- `ant_plus`：存放 ANT+ 相关例程源码
- `basic`：存放基础例程源码
- `bluetooth`：存放蓝牙相关例程源码
- `drivers`：存放外设驱动相关例程源码
- `proprietary_radio`：存放 Panchip 2.4G 相关例程源码
- `solutions`：存放应用方案相关例程源码
- `subsys`：存放 Zephyr 子系统（如 USB）相关例程源码

以 `basic\blinky` 为例：

```
blinky
   CMakeLists.txt
   prj.conf
   README.rst
   src
       main.c
```

- `src\main.c`： 工程源码
- `prj.conf`： 工程配置文件
- `README.rst`：工程说明文档

有关例程的更多内容请参考：PAN1080 例程介绍。

2.5 subsys

2.5.1 bluetooth Controller

源码路径：`<home>/01_SDK/zephyr/subsys/bluetooth/controller_panchip`。

通过 HCI 控制 Controller，启动了两个线程：

- `controller_thread_data`：controller 中断处理函数
- `recv_thread_data`：接收 controller 上报的 L2CAP、HCI Events 数据

Host

源码路径：`<home>/01_SDK/zephyr/subsys/bluetooth/host`。

GATT Services

源码路径：`<home>/01_SDK/zephyr/subsys/bluetooth/host`。

GATT Service	File	Configuration
GAP Service	gatt.c	CONFIG_BT_GAP_SERVICE=y (default)
GATT Service Changed	gatt.c	CONFIG_BT_GATT_SERVICE=y (default)CONFIG_BT_GATT_SERVICE_CHANGE (default)

源码路径：<home>/01_SDK/zephyr/subsys/bluetooth/services。

GATT Service	File	Configuration
BAS (Battery Service)	bas.c	CONFIG_BT_BAS=y
TPS (TX Power Service)	tps.c	CONFIG_BT_TPS=y
HRS (Heart Rate Service)	hrs.c	CONFIG_BT_HRS=y
DIS (Device Information Service)	dis.c	CONFIG_BT_DIS=y

Mesh

源码路径：<home>/01_SDK/zephyr/subsys/bluetooth/mesh。

TBD

Mesh Models

源码路径：<home>/01_SDK/zephyr/subsys/bluetooth/mesh。

Mesh Model	File	Configuration
Configuration Client model	cfg_cli.c	CONFIG_BT_MESH_CFG_CLI=y
Configuration Server model	cfg_srv.c	-
Health Client model	health_cli.c	CONFIG_BT_MESH_HEALTH_CLI=y
Health Server model	health_srv.c	-

源码路径：<home>/01_SDK/zephyr/subsys/bluetooth/mesh_models/sig_models。

Mesh Model	File	Configuration
SIG OTA Server model	blob_srv.c	CONFIG_BT_MESH_SIG_OTA_SRV=y
PB Remote Server model	remote_srv.c	CONFIG_BT_MESH_PB_REMOTE_SRV=y

Vendor Models

源码路径：<home>/01_SDK/zephyr/subsys/bluetooth/mesh_models/vendor_models。

Mesh Model	File	Configuration
Packet Test Vendor Server model	ptv_srv.c	CONFIG_BT_PAN_MESH_MODELS=yCONFIG_BT_MESH_PTV_SRV=

2.6 tests_panchip

PAN1080 SDK 提供 Zephyr 相关接口 API 的测试例程，其结构树如下：

```
<home>/01_SDK/zephyr/tests_panchip
 benchmarks
 bluetooth
 drivers
 kernel
 subsys
```

- benchmarks：存放 OS 内核相关 API 的性能评估测试代码
- bluetooth：存放 Bluetooth API 测试代码

- `drivers`：存放外设驱动 API 测试代码
- `kernel`：存放 OS 内核 API 测试代码
- `subsys`：存放 Zephyr 子系统（如 power management、storage 等）API 测试代码

1.4 Zephyr 简介

1.4.1 1 Zephyr Project 概述

Zephyr™ 项目是一个采用 Apache 2.0 协议许可，Linux 基金会托管的协作项目。为所有资源受限设备，构建了针对低功耗、小型内存微处理器设备而进行优化的物联网嵌入式小型、可扩展的实时操作系统（RTOS），支持多种硬件架构及多种开发板。由于 IoT 领域需要部署大量的联网设备，因此每个设备的成本必须得到控制。控制成本第一个有效方法是降低昂贵组件的标准，例如使用 RAM 更低、ROM 更低的芯片。Zephyr 就是专为这样的芯片而生的，它可运行在只有 8 Kb 内存的 MCU 之上，甚至能在只有 2 Kb 内存的 MCU 上演示 Hello World。

1.4.2 2 Zephyr 主要特性

- **高度可配置**

  降低成本的另一个方式是按需裁剪硬件。物联网设备一般都是专用设备，因此在面对某个特定市场时只需要特定的硬件。

- **多个架构的支持**

  目前支持种芯片架构：ARM，X86，MIPS，ARC，RISC-V 等等，便于后续产品端跨不同的平台适配和使用。

- **可移植性强**

  用户可以很方便的将自己的平台移植到 Zephyr 系统（目前已经有 350+ 个芯片和 board 已经完成了 Zephyr 平台的适配），用户只需专注于应用层的软件开发和使用。同时已有的产品的上层应用程序，可以无缝对接，而不需要重新的开发。目前我们 pan1080 已经全面适配到该系统了。

- **强大的社区支持**

  Zephyr 受到几大厂商/基金会的支持，包括 Linux 基金会、Linaro 组织（成员包括 ARM、飞思卡尔、IBM、三星、ST、TI、华为海思等）、Intel、NXP、新思科技等，开发者众多。

- Shell **支持**

  想要查看设备内部的运行情况？Zephyr 提供了一个 shell 接口，您可以将您的应用程序的部分接口暴露给 shell，这样您就能与设备进行人机交互了。当然，更高大上的做法是使用 APP 控制设备，直接在 APP 上与设备进行交互，不过这样的开发成本会增加很多。此外，该功能也是可裁剪的，您可以在开发测试阶段使用该功能，正式投入产品后将其裁剪掉。

- **丰富的组件**
  - SEGGER IDE/Debug Tool：用户可以方便的基于现有的 Jlink 配套的工具进行烧录调试
  - GNU Compiler/Debug Tools：丰富的开源工具链
  - IDE **的支持**：eclipse/VS code
  - memfault：允许开发人员远程监控、调试和更新固件，对于复杂系统长时间异常稳定性分析非常有帮助
  - MCUboot：安全的 BootLoader
  - Mbed TLS：嵌入式平台的最小编码的加解密算法库

  - **丰富的应用例程**：完整的应用例程供开发者参考，可以快速搭建应用程序，不需要从 0 开始编写应用程序
  - mcumgr：支持 SMP（simple management protocol）作为 OTA 协议（手机 APP 端有标准的协议支持）
  - ...

- **电源管理**

  很多物联网设备都是用纽扣电池供电的，经常更换电池的成本是非常高的。当然，这里说的高并非电池本身昂贵，而是指更换电池时的人力成本。要想一颗小小的纽扣电池运行数年可不是一件简单的事儿，Zephyr 早已考虑到了这一点，它提供了一个电源管理子系统，管理外设的功耗，以达到省电的目的。此外，该功能也是可裁剪的，如果您的设备没有低功耗要求，可以将其裁剪掉。

- **非易失存储子系统**

  Zephyr 提供一套完善易用的 flash 管理机制，提供经过长期验证 NVS （Non-Volatile Storage）存储机制，可以最大可能的延迟 flash 的存储寿命。Zephyr 同时提供便捷的应用操作接口（settings），对应用层使用提供简单的键值对的使用接口。用户只需要专注应用数据的读取和写入使用，不需要关心其它的 flash 底层细节，进而提升应用开发的效率。

- **日志系统**

  Zephyr 包含了一个非常强大的日志系统。输出日志时的执行时间对程序的逻辑会产生影响，导致不可预期的后果。而 Zephyr 强大的 logging 系统，输出一行日志，因为缓冲区的存在，几乎不占用执行时间 (只占用数据拷贝的时间)，日志先缓存到缓冲区中，然后在系统空闲时，将缓冲区的数据输出到后端设备 (如串口，网络，rtt 等)。

1.4.3 3 关于 RTOS 的一些说明

嵌入式开发人员通常习惯于裸机编程，或者对使用实时操作系统 (RTOS) 有所保留。这里谈谈 RTOS 的作用，以及为什么应该考虑使用它们。

现今的产品开发周期变得越来越复杂。开发时间越来越短，但所需功能集日益扩展，使得繁忙的开发人员需要千方百计在更短的时间内完成更多工作。通常，使用 RTOS 可以提高任务管理和资源共享的效率。

- **什么是实时操作系统** (RTOS)

  简而言之，RTOS 是一款旨在有效管理中央处理器 (CPU) 时间的软件。当时间是应用的重点时，这对于嵌入式系统尤为重要。Windows 等操作系统与嵌入式系统中常用的 RTOS 的主要区别，在于对外部事件的响应时间。Windows 等普通 OS 提供对事件的不确定性响应，即使试图保持响应速度也无法保证何时处理事件。使得用户认为操作系统响应灵敏，比处理基础任务更为重要。另一方面，RTOS 则提供了实时响应和高度确定性的反应。习惯使用 Windows 或 Linux 等操作系统的开发人员将会非常熟悉嵌入式 RTOS 的特性。它们经设计在内存有限的系统中运行，并且可以无限期运行而无需重置。由于 RTOS 旨在快速响应事件并在重负载下执行，RTOS 在执行大型任务时可能会较其他 OS 慢。

- RTOS **调度**

  RTOS 的价值在于很高的响应速度，而高级调度算法是其中的关键组件。嵌入式系统的时间要求各有不同，从软实时洗衣机控制系统到硬实时飞机安全系统等等。在后者的情况下，只有能够准确预测 OS 调度程序的行为，才能满足实时要求的基础需求。许多操作系统给人以一次执行多个程序的印象，但是这种多任务处理其实只是一种错觉。单个处理器内核在任一时间只能运行单个执行线程。操作系统的调度程序决定何时运行哪个程序或线程。通过在线程之间快速切换，它带来了同时执行多项任务的错觉。灵活的 RTOS 调度程序允许采用广泛的方法来处理优先级，尽管 RTOS 通常主要用于非常狭窄的应用程序集。RTOS 调度程序应提供最小的中断延迟和最小的线程切换开销。这是使得 RTOS 与重视时间的嵌入式系统如此密切相关的原因。

- **在嵌入式设计中使用** RTOS

许多嵌入式设计编程人员避免使用 RTOS，因为他们怀疑 RTOS 给其应用程序增加了太多的复杂性，或者 RTOS 其实是一个未知的领域。RTOS 通常需要最多占用 5% 的 CPU 资源来执行其任务。尽管总会有一些资源上的损失，但 RTOS 可以在简化的确定性，通过硬件抽象的易用性，减少的开发时间以及更便利的调试等等方面弥补这一不足。使用 RTOS 意味着你可以同时运行多项任务，并在需要时引入基本的连接性、隐私、安全性等。RTOS 允许针对项目的特定需求创建优化的解决方案。

1.4.4 4 Zephyr For PAN1080 的特点

目前 PAN1080 已经全面适配了 Zephyr 2.7.0 LTS2，并进行了深度裁剪和优化，整体框架如下：

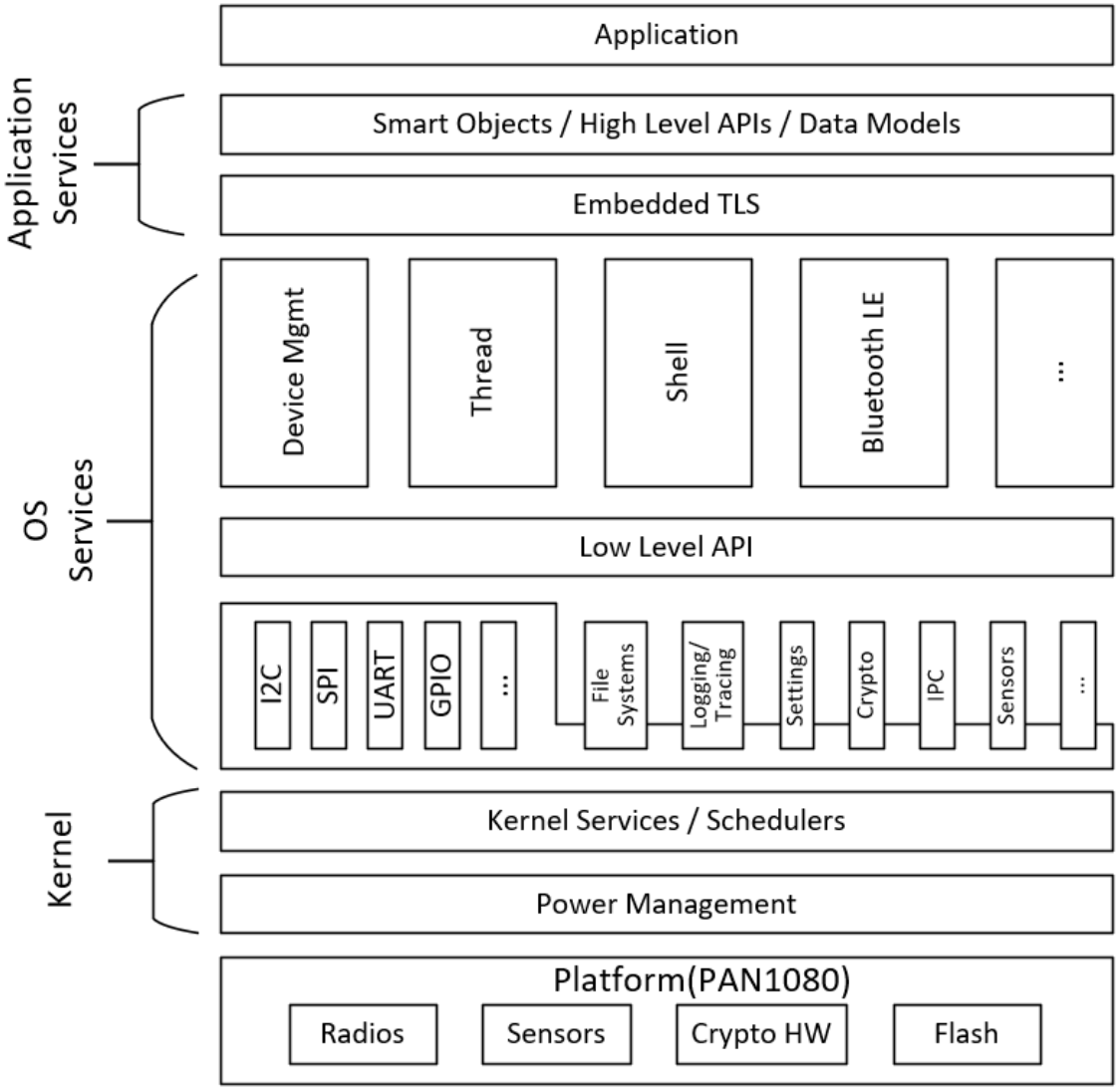


图 38: Zephyr OS 整体框架

4.1 Zephyr 特性说明

- Kernel & OS Services
- Bluetooth LE Core v5.1
  - Bluetooth Low Energy Controller support (LE Link Layer)

        * Unlimited role and connection count, all roles supported
        * Concurrent multi-protocol support ready
        * Intelligent scheduling of roles to minimize overlap
        * Portable design to any open BLE radio, currently supports Nordic Semiconductor nRF51 and nRF52, as well as proprietary radios
        * Supports little and big endian architectures and abstracts the hard real-time specifics so that they can be encapsulated in a hardware-specific module
        * Support for Controller (HCI) builds over different physical transports
    - Bluetooth Host support
        * Generic Access Profile (GAP) with all possible LE roles
            · Peripheral & Central
            · Observer & Broadcaster
        * GATT (Generic Attribute Profile)
            · Server (to be a sensor)
            · Client (to connect to sensors)
        * Pairing support, including the Secure Connections feature from Bluetooth 4.2
        * Non-volatile storage support for permanent storage of Bluetooth-specific settings and data
    - Bluetooth mesh support
        * Relay, Friend Node, Low-Power Node (LPN) and GATT Proxy features
        * Both Provisioning bearers supported (PB-ADV & PB-GATT)
        * Highly configurable, fits as small as 16k RAM devices
    - Clean HCI driver abstraction
- OS Abstraction
- File System / Storage
- Debugging
- Power Management
- Device Firmware Upgrade / Device Management
- Cryptography
- USB Device Stack
- Test Framework

4.2 特色说明

- **集成独立的开发环境**

  只需要下载我们的开发包，一键解压即可使用，不需要繁杂的开发环境搭建和适配

- **可视化的开发环境**

  基于可视化的编辑工具 VS Code，构建图形化的编译，开发，调试和下载环境，用户不需要使用命令行也可以进行开发

- **源代码开源**

  除 Bluetooth LE Controller（这部分代码与硬件涉及强相关，由 PANCHIP 维护）以外，其余所有源代码都开源

- Bluetooth LE 5.1 **全功能运行支持**

  基于强大的资源，PAN1080 支持单芯片运行所有的功能（BLE 和 Mesh 以及一些外设都可以在一个程序上运行），可以适用于更多的应用场景

4.3 补充说明

此处补充介绍一下 PAN1080 Bluetooth LE 和 Proprietary Radio 2.4G 的相关特性。

4.3.1 Bluetooth Features

4.3.1.1 Bluetooth Low Energy Controller The PAN1080 Bluetooth Low Energy Controller supports all low-energy features required by Bluetooth specification version 5.0. it also supports Constant Tone Extension defined in Bluetooth specification version 5.1. The controller supports the following:

- Support 1M PHY, 2M PHY and Coded PHY (s2 and s8)
- Support Advertising, Scanning, Initiating and Connection (both of Central and Peripheral) role
- Up to 10 Link Layer state machines concurrently:
  - 1 * Passive Scanning
  - 1 * non-connectable advertising
  - 8 * any other combinations (Legacy/Extended/Periodic Adverstising, Scanning and Connection)
- Support LE Features:
  - LL Encryption
  - LE Data Packet Length Extension
  - LL Privacy
  - Extended Scanner Filter Policies
  - Multiple PHYs
  - LE Extended and Periodic Adverstising
  - Channel Selection Algorithm #2
  - Minimum Number of Used Channels
  - Constant Tone Extension
  - and etc
- Support Update Channel Statistics

4.3.1.2 Bluetooth Host

- Generic Access Profile (GAP) with all possible LE roles
  - Peripheral & Central
  - Observer & Broadcaster
- GATT (Generic Attribute Profile)
  - Server (to be a sensor)
  - Client (to connect to sensors)
- Pairing support, including the Secure Connections feature from Bluetooth 4.2
- Non-volatile storage support for permanent storage of Bluetooth-specific settings and data

- IPSP/6LoWPAN for IPv6 connectivity over Bluetooth LE
  - IPSP node sample application
- Clean HCI driver abstraction
  - 3-Wire (H:5) & 5-Wire (H:4) UART
  - SPI
  - Local controller support as a virtual HCI driver

4.3.1.3 Bluetooth Mesh

- Compatible with Bluetooth SIG Mesh Profile 1.0.1
- Support Mesh Provisioning
- Provisioner: PB-ADV
- Provisionee: PB-ADV, PB-GATT and PB-Remote
- Support Mesh Node Feature : Relay, Proxy, Friend, LPN
- Support Mesh Models
  - SIG Models: Config Model, Health Model and Generic Models (Onoff and Light Control Models)
  - SIG Developing Models: PB-Remote Model and SIG OTA Model
- Support multiple smart speakers control concurrently for BaiDu Xiaodu, Alibaba Aligenie and Amazon Echo
- Support network control: HeartBeat, Subnet, Secure Beacon and Group Control
- Support switch control for over 256 nodes without delay
- Mesh Security
  - Provisioning：FIPS P-256 Elliptic Curve
  - Message：AES-CCM Encrytion
  - Network：SEQ Control, IV Index and Key Fresh

4.3.2 Proprietary Radio 2.4G Features

- Support 1M and 2M PHY
- XN297L, nRF24L01, and nRF52832 2.4 GHz Transceiver protocol compliant
- Support No Acknowledge, Acknowledge and Acknowledge with payload
- Support CRC8, CRC16 and CRC24
- Support whitening

Chapter 2

硬件资料

2.1 PAN108x EVB 介绍

2.1.1 1 概述

本文是 PAN108x Evaluation Board V2.0 EVB 开发板介绍，包括相关板级硬件模块、各模块在 EVB 板的位置、以及对应电路原理图，旨在帮助开发者快速了解 PAN108x EVB 开发板。

PAN108x EVB 开发板由核心板、以及底板两大部分组成，其中：

- 核心板提供了 PAN108x SoC 的最小系统，主要包含有 PAN108x SoC 芯片、32MHz 高速晶振、32768Hz 低速晶振、复位按钮、板载天线以及一些必要的无源器件。

  核心板目前有四个型号：

  - PAN1080LB5A Development Kit Core Std V3.0：其主控 SoC 型号为 PAN1080LB5（LQFP 封装、1MB Flash、64 Pin）
  - PAN1080UB1A Development Kit Core Std V3.0：其主控 SoC 型号为 PAN1080UB1（QFN 封装、1MB Flash、32 Pin）
  - PAN1081UB1A Development Kit Core Std V3.0：其主控 SoC 型号为 PAN1080UB1（QFN 封装、1MB Flash、32 Pin、ANT 专用版）
  - PAN1082UA1C Development Kit Core Std V3.0：其主控 SoC 型号为 PAN1080UB1（QFN 封装、512KB Flash、32 Pin）
- 底板上提供了诸多 PAN108x SoC 支持的外设模块，其中包含：
  - 电源管理系统、USB_Type-C 转串口模块、电机驱动模块、RGB 三色灯、三轴加速度传感器、外部 SPI FLASH、无源蜂鸣器、独立按键、可调电阻、红外模块，模式切换开关等；
  - USB-Type-C 接口、USB_Type-C 转串口接口、鼠标接口，矩阵按键接口、音频接口、OLED 显示屏接口、电机驱动接口、全 GPIO 测试接口等。

2.1.2 2 开发板硬件资源

2.1 PAN108x 最小系统

PAN108x 最小系统由核心板和转接板组成。芯片目前仅提供了 LQFP64 和 QFN32 两种封装，最小系统以模块形式嵌入开发板底板中，可分离式设计方便单独调试及应用于其它场景，如下图所示：

核心板搭载 PAN108x 主控芯片、外部 32M 晶振、板载天线等，通过标准间距 2.54mm 双排针引出了所有 GPIO，PAN108x 核心板原理图如下所示：

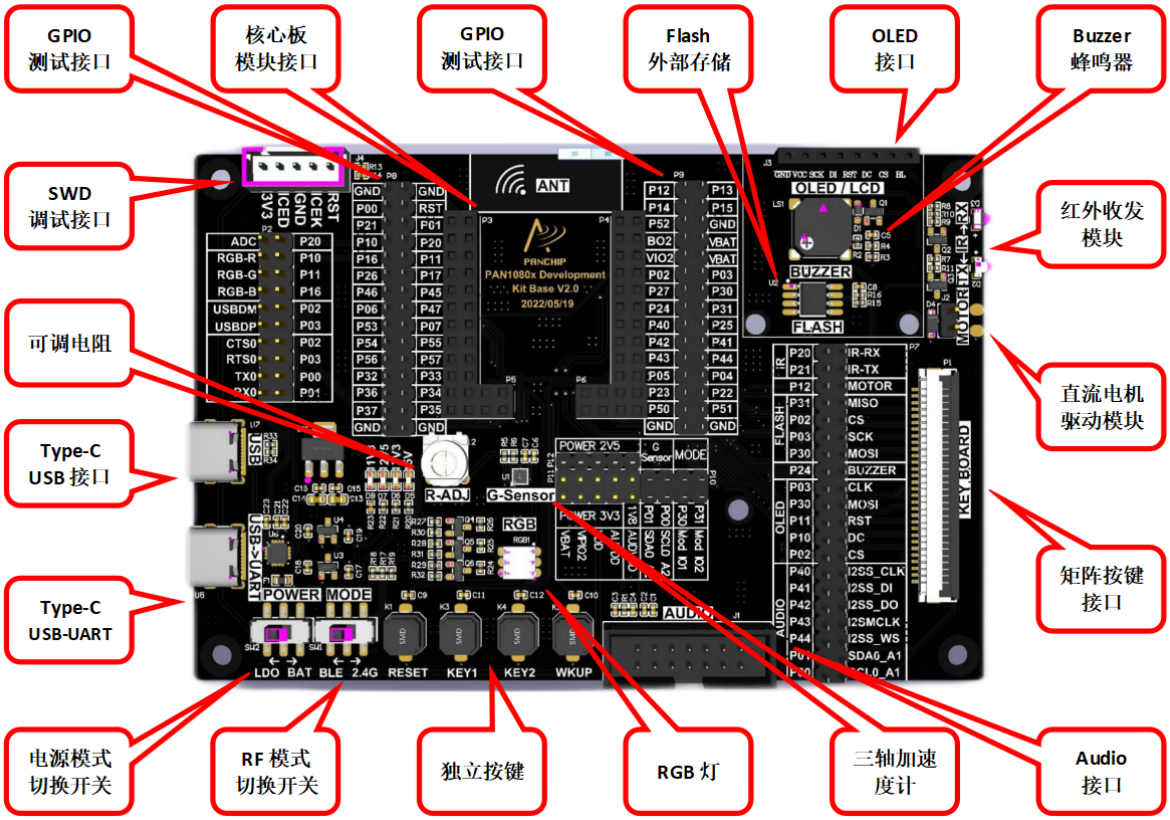


图 1: PAN108x EVB V2.0 实物图

2.2 电源模块

PAN108x EVB 开发板可选择使用以下两种供电方式之一:

- 5V 的 USB 供电;
- 3V 的 CR2032 纽扣电池供电;

EVB 开发板电源模块原理图如下:

EVB 开发板左侧有两个 USB-Type-C 接口 `U5` 与 `U7`, 它们的电源引脚均与 EVB 的 5V 电源网络连在一起; 除此之外, 二者还有以下区别:

- `U7` 为普通 USB 接口, 使用跳线帽将 EVB 底板的 `USBDM/USBDP` 分别与 SoC 的 `P02/P03` 引脚相连, 即可使用 PAN108x SOC 的 USB 模块;
- `U5` 为 USB 转 UART 模块的 USB 端接口, 使用跳线帽将 EVB 底板的 `TX0/RX0` 分别与 SoC 的 `P00/P01` 引脚相连, 即可通过 USB 转串口模块, 实现 PAN1080 SOC 的 UART0 与 PC 进行通信;

> **注**: 在实际使用过程中, 选用任意一个 USB 口供电即可, 但需注意, 板载电源切换开关应拨动至 LDO 档位, 此时稳压芯片 VR1、U3、U4 工作, 电源指示灯 D5、D6、D7、D8 常亮。另外, 还需要将 VBAT、VIPIO2、VDD 用跳线帽与 POWER_3V3 短接。

一种典型的供电方法如下图所示:

其中:

1. `U5` 连接至 PC (**图注** 1);
2. 拨动开关 `SW2` 往左拨到 LDO 档位 (**图注** 2), 可以看到红灯亮 (LED-D7, 5V), 绿灯亮 (LED-D8, LDO3.3V), 蓝灯亮 (LED-D8, LDO2.5V 输出), 黄灯亮 (LED-D8, LDO2.5V 输出);
3. 使用跳线帽短接图右侧排针 `P11`, 作用是 VCC3V3 分别连接至 VBAT、VIPIO2、VDD (**图注** 3)。

正面　　背面

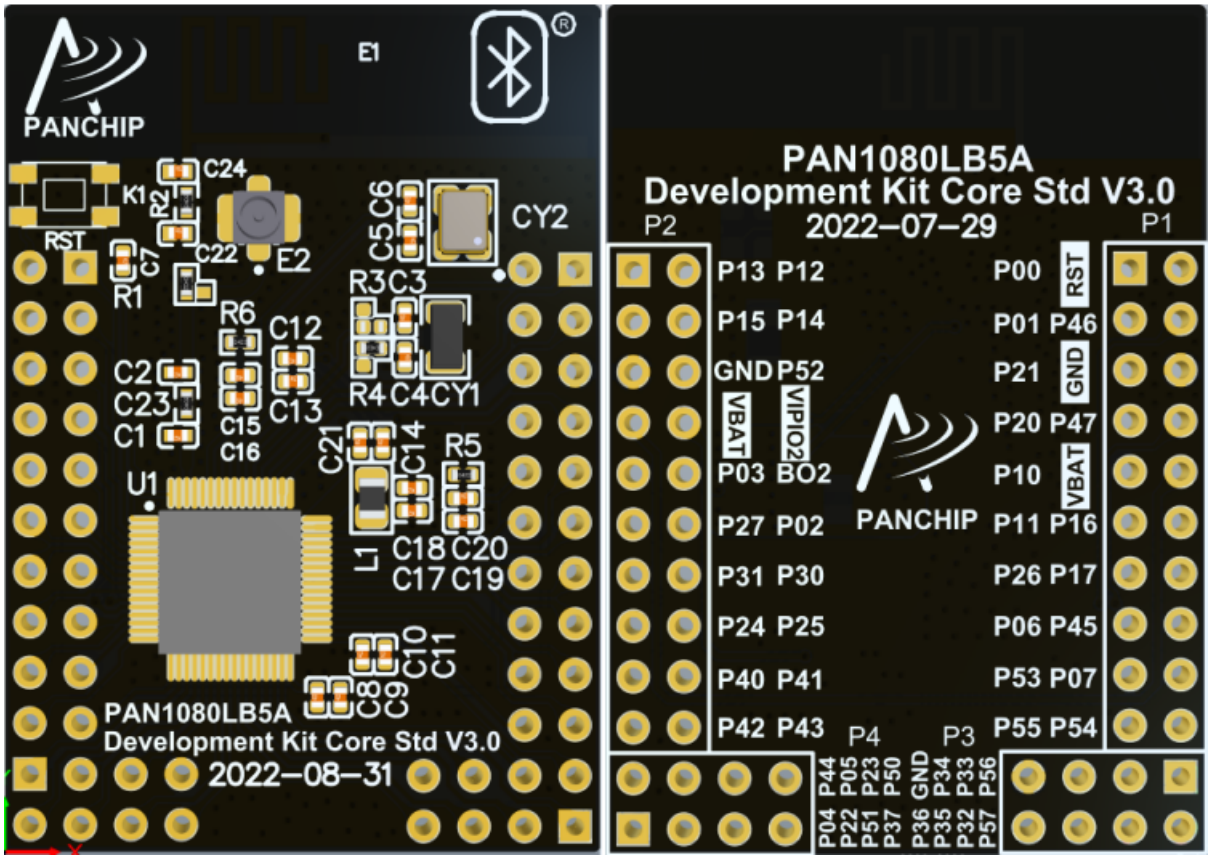


图 2: 最小系统板三维图

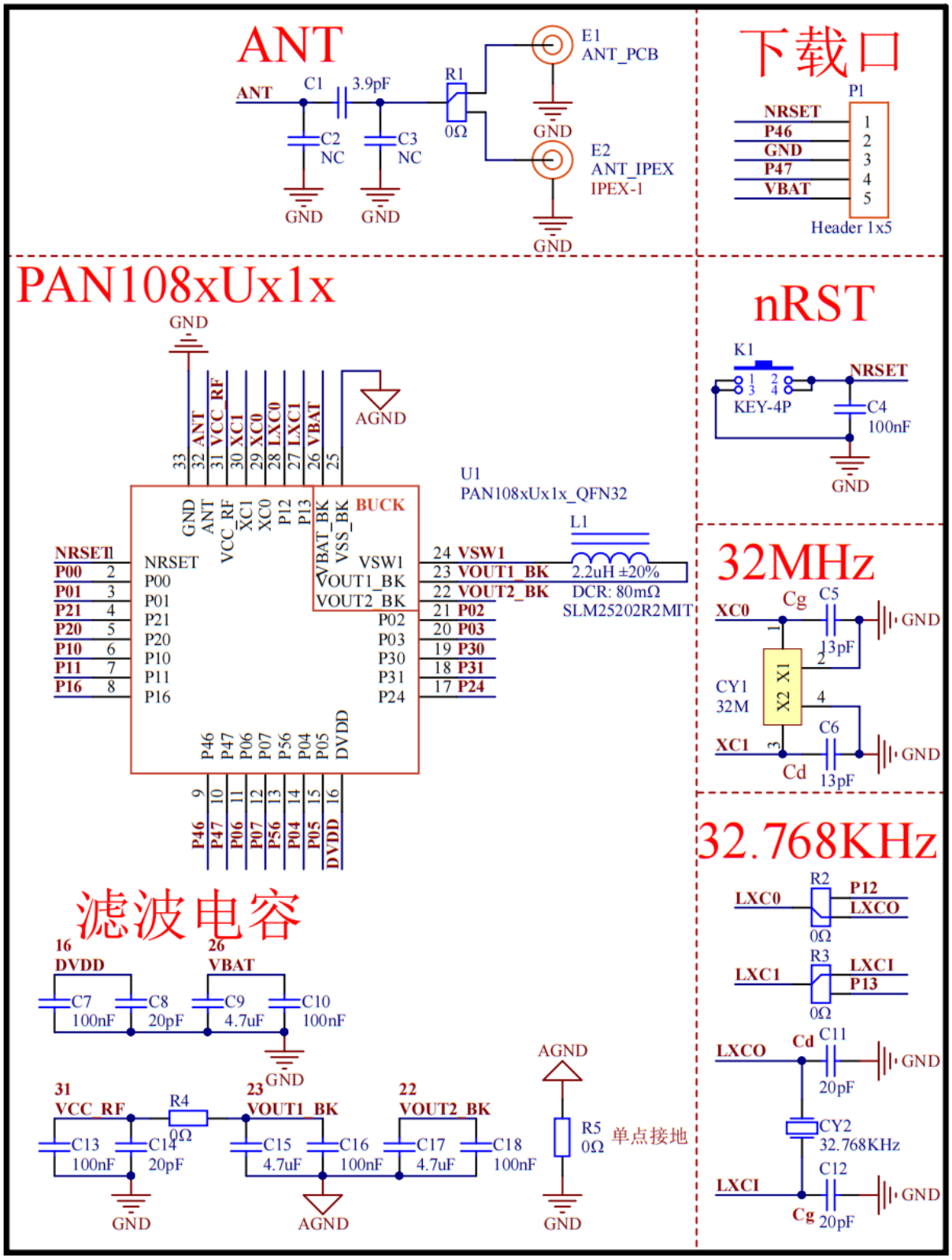


图 3: QFN32 封装核心板原理图

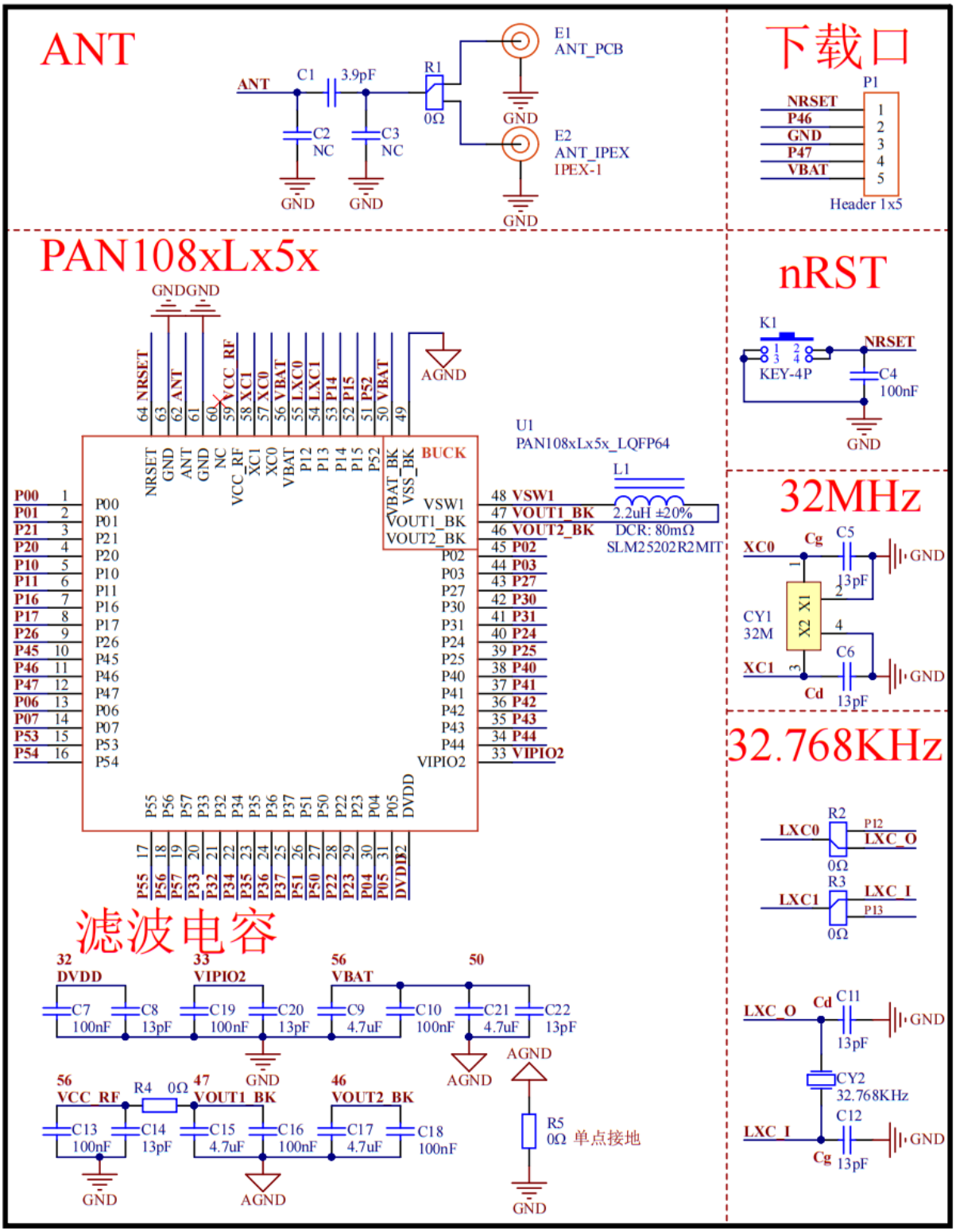


图 4: LQFP64 封装核心板原理图

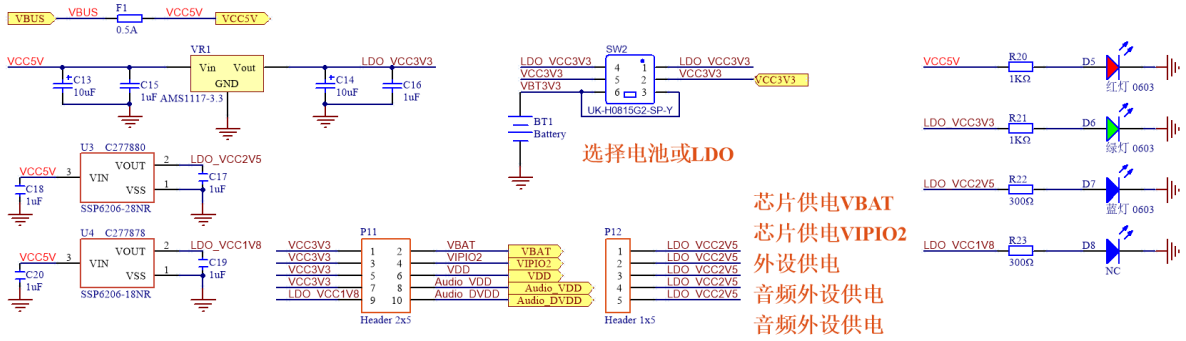


图 5: 电源模块原理图

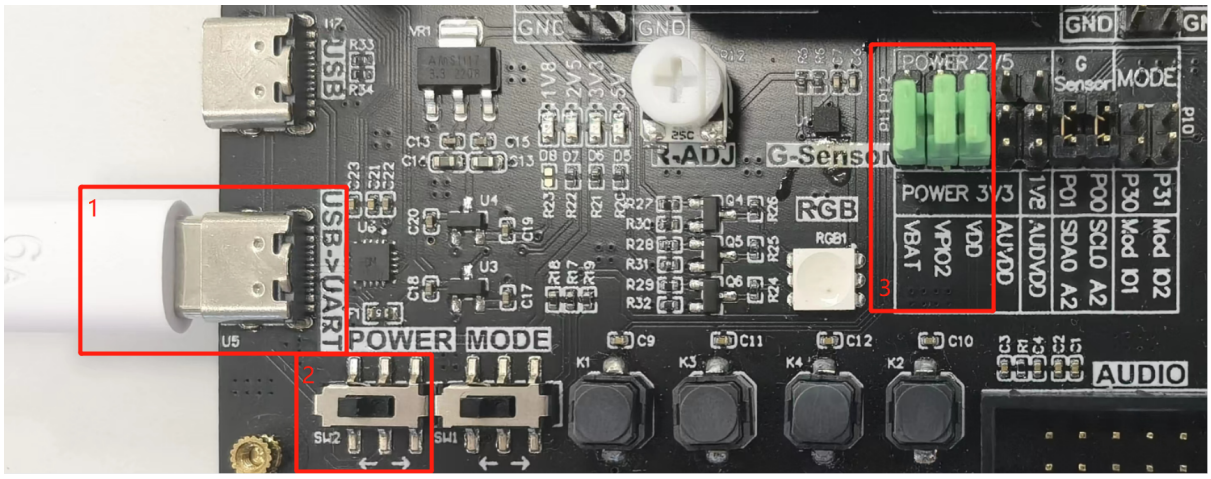


图 6: 供电方式示意图

电源网络的三个 LDO 模块，分别输出 3.3V、2.5V、1.8V，其中 3.3V 或 2.5V 用于给 PAN108x SoC 芯片供电，1.8V 用于给音频外设供电。

另外，若希望开发板由左下角纽扣电池供电，则拨动开关 `SW2` 往右拨到 BAT 档位即可。

2.3 SWD **调试接口**

开发板提供了单排针接口用于连接 J-LINK 实现 SWD 调试和程序下载功能，该排针接口位于整板左上方。

一种典型的使用方法如下图所示：

1. JLINK 下载器插到左上方 SWD 接口 `J4`；
2. 供电方式参考上文。

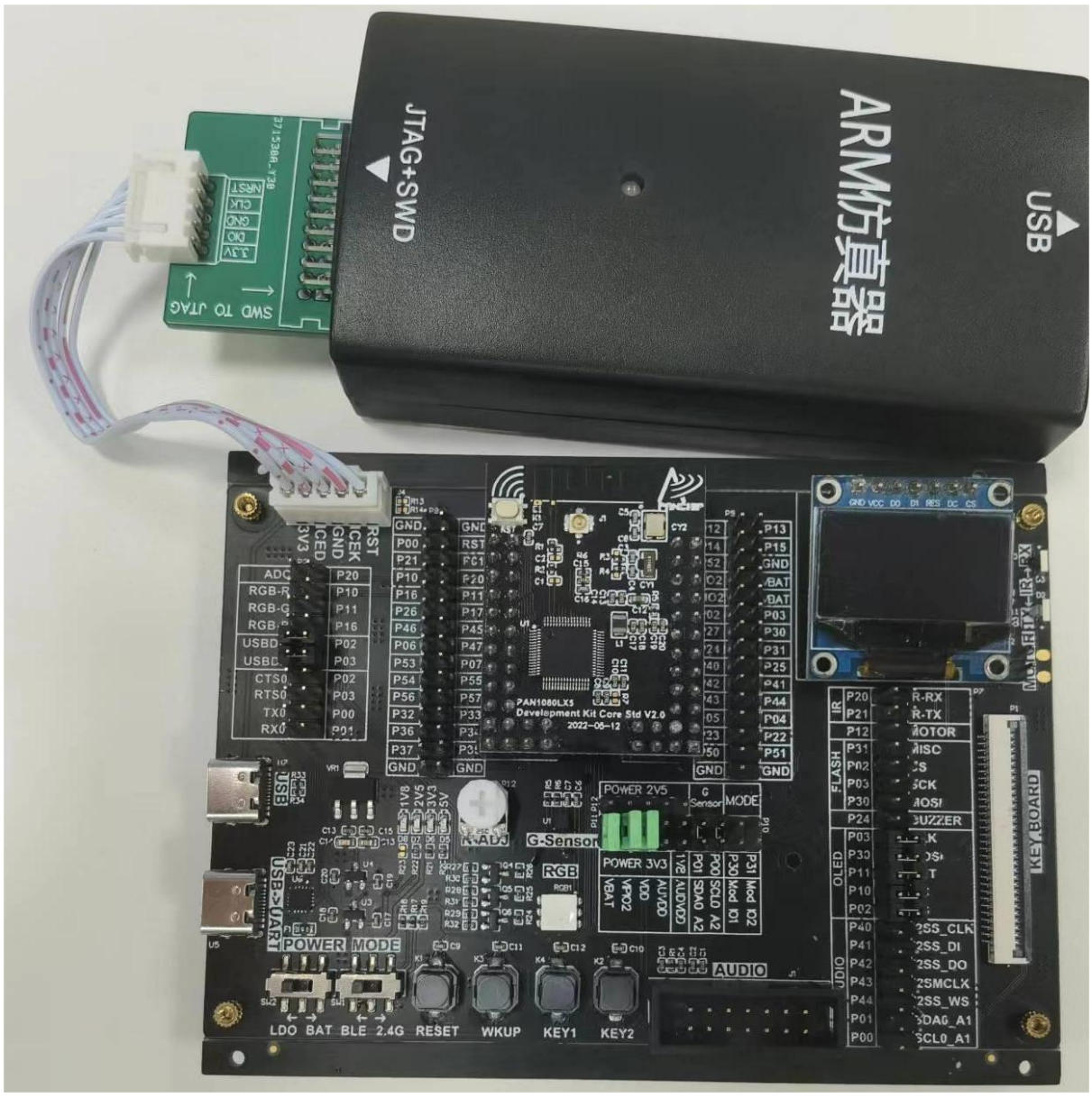


图 7: JLink 连线

2.4 USB 转串口模块

PAN108x SoC 的 P00、P01 引脚可通过软件配置成 UART 串口功能，然后通过 CH343 模块转为 USB_Type-C 接口。

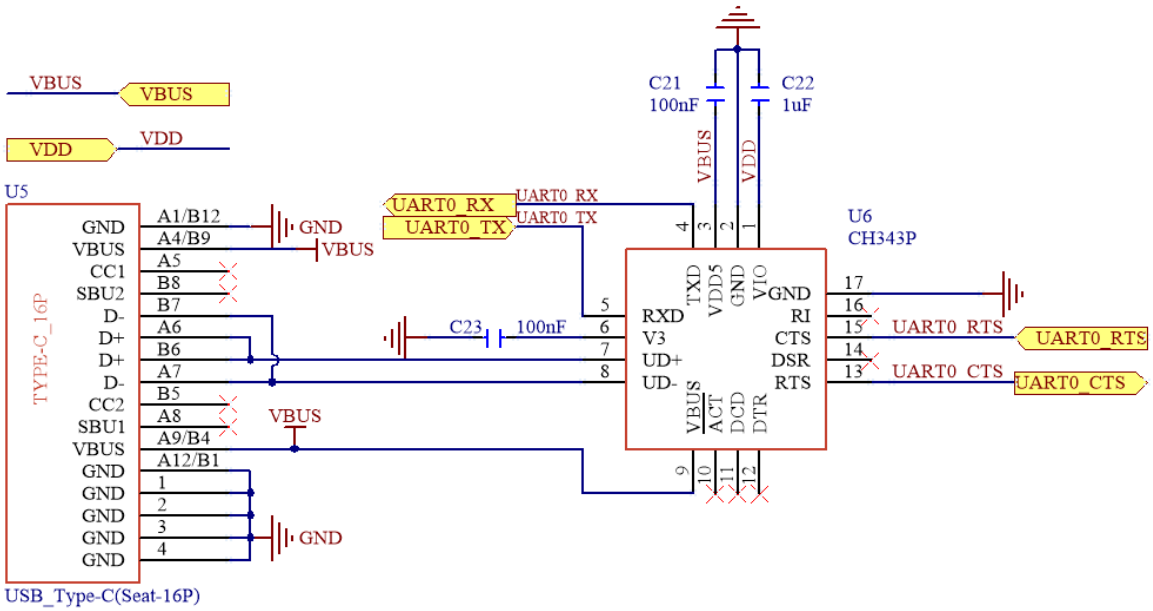


图 8: USB 转 UART 模块原理图

USB 转 UART 模块使用 U5 USB_Type-C 接口，需要使用跳线帽短接排针 P2 的两对引脚：TX0 连接到 P00、RX0 连接到 P01(**流控还需将 CTS0 连接到 P02，RTS0 连接到 P03**)，如下图所示：

2.5 RGB 灯

开发板搭载单颗 5050 封装的 RGB 灯，可由芯片 P10/P11/P16 三个 IO 通过晶体管控制，实现亮灭或渐变等效果。

为使用此模块，需要使用跳线帽短接排针 P2 的三对引脚：RGBR 连接到 P10、RGBG 连接到 P11、RGBB 连接到 P16，如下图所示：

2.6 USB 模块

开发板提供一个 USB_Type-C 接口，原理图如下:

为使用此模块，需要使用跳线帽短接排针 P2 的两对引脚：USBDM 连接到 P02，USBDP 连接到 P03，如下图所示：

2.7 运动传感器

开发板搭载了三轴加速度计传感器 SC7A20，提供了 IIC 接口与主控芯片进行通信，IIC 通信地址为：0X18，原理图如下：

为使用此模块，需要使用跳线帽短接排针 P10 的两对引脚：P01 连接到 SDA0 A2、P00 连接到 SCL0 A2，如下图所示：

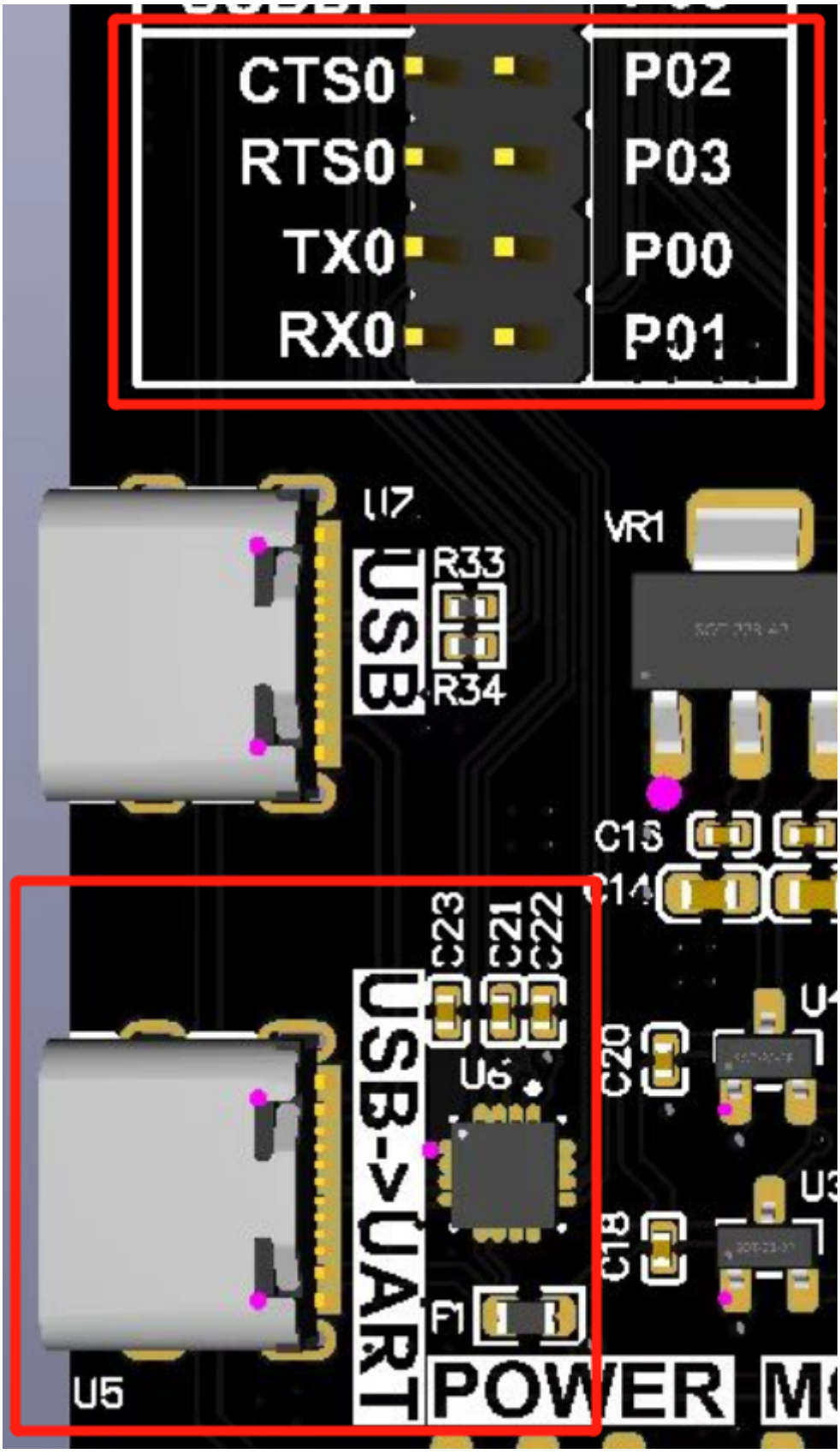


图 9: USB 转 UART 模块实物接线图

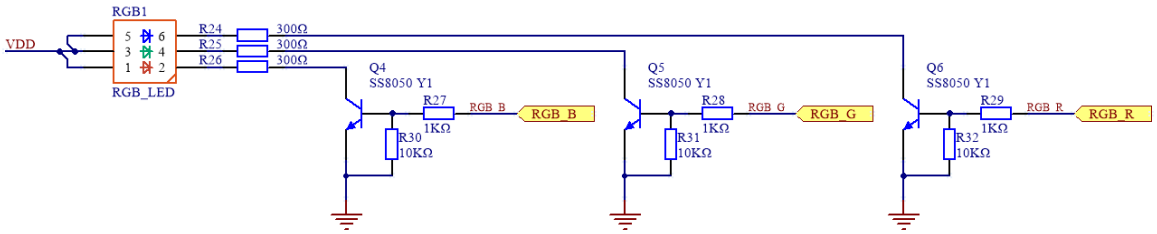


图 10: RGB 灯原理图

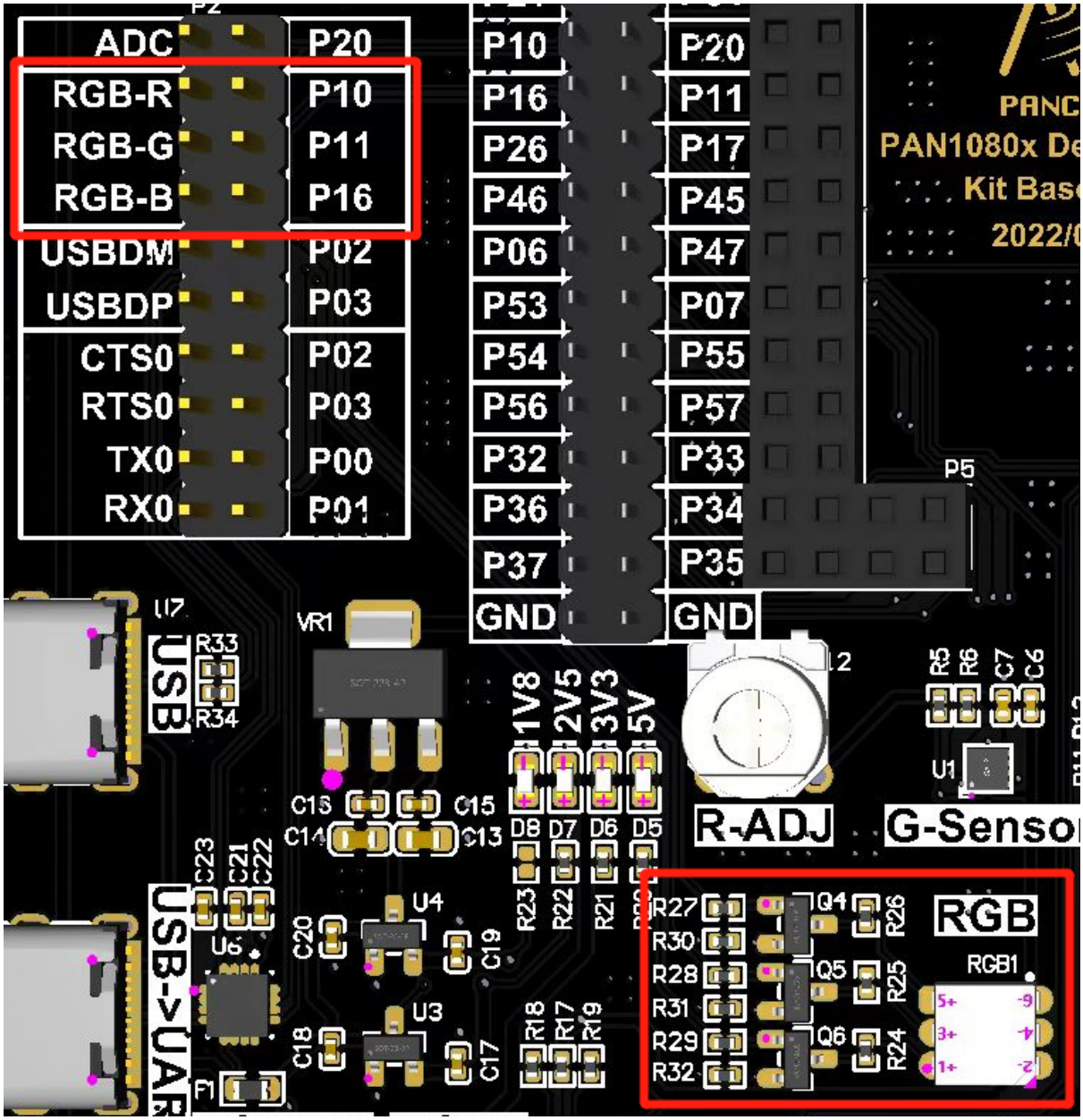


图 11: RGB 灯实物图

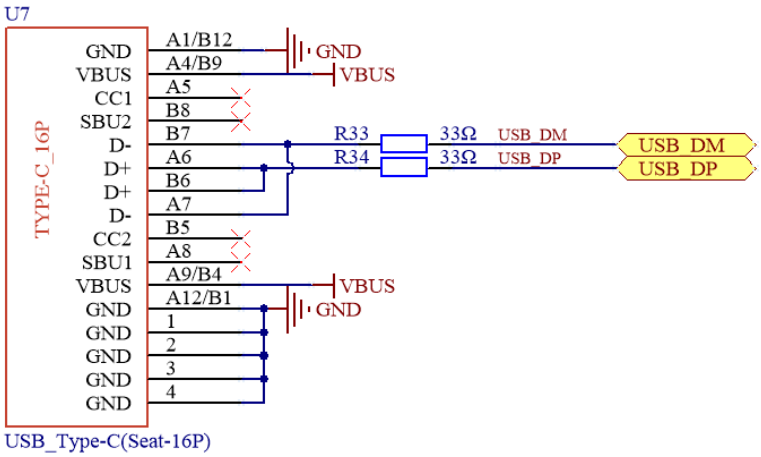


图 12: USB 模块外围电路原理图

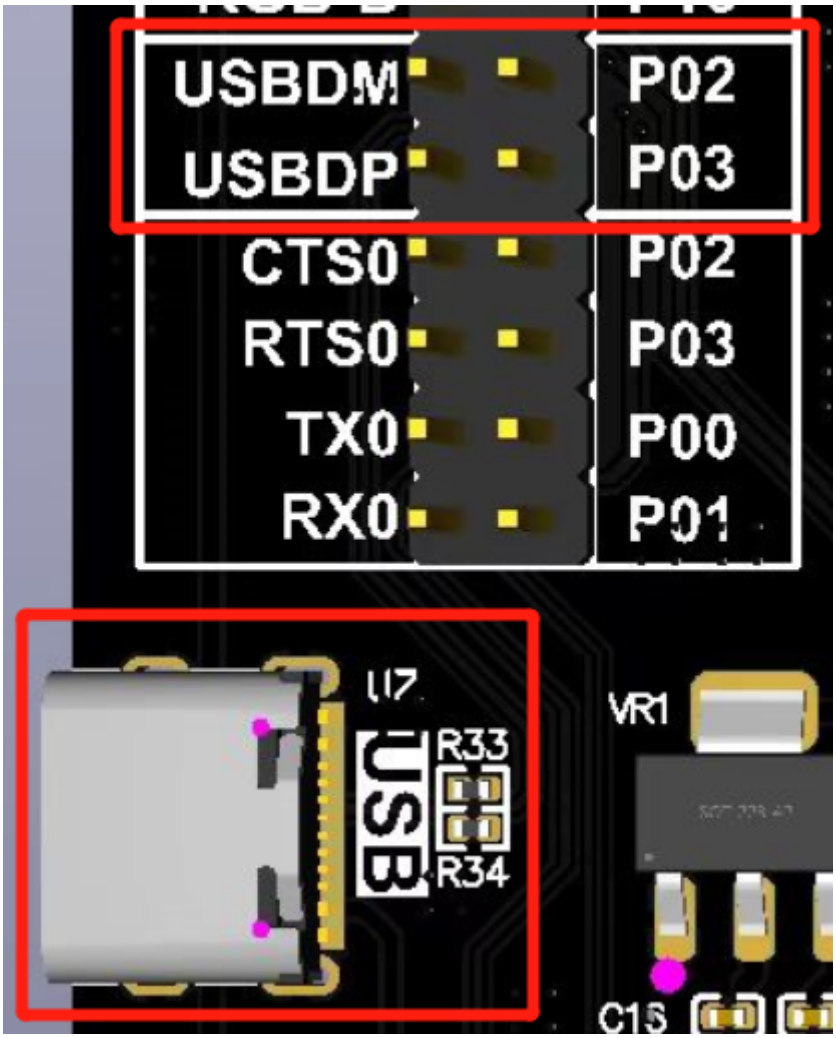


图 13: USB 模块外围电路实物图

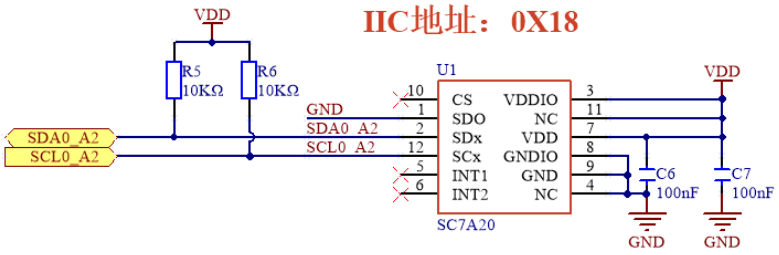


图 14: G-Sensor 模块原理图

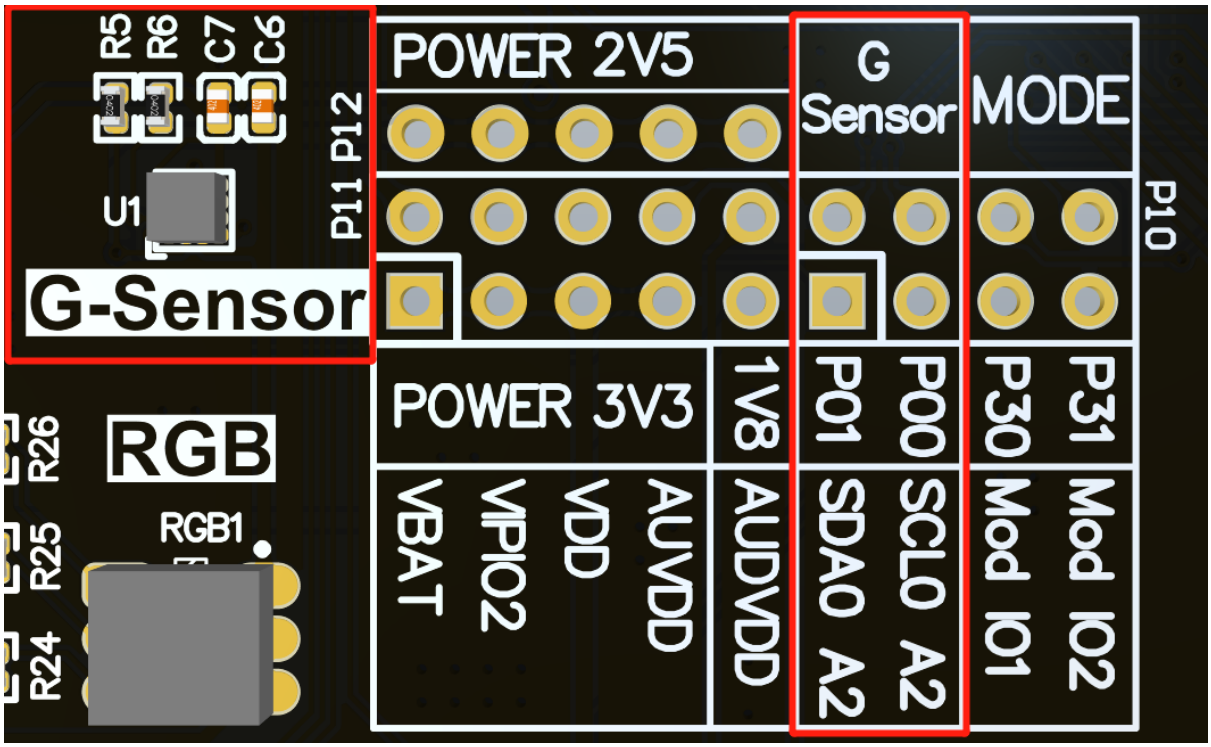


图 15: G-Sensor 模块实物接线图

2.8 OLED 显示屏

开发板搭载了常见的 0.96 寸、七针接口、128*64 分辨率的 OLED 显示屏模块接口，OLED 模块使用 SSD1306 显示驱动芯片进行控制，具备内部升压，对外默认提供三线 SPI 接口与主控芯片进行通信，其原理图如下：

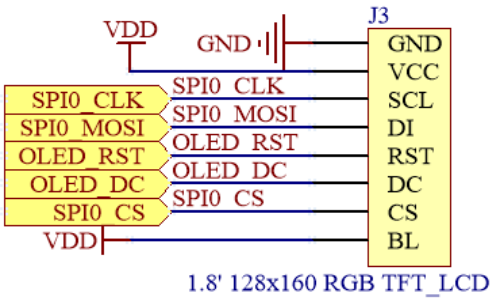


图 16: OLED 模块原理图

为使用此模块，需要使用跳线帽短接排针 P7 的 5 对引脚：P03 连接到 CLK、P30 连接到 MOSI、P11 连接到 RST、P10 连接到 DC、P02 连接到 CS，如下图所示：

注：OLED 显示屏模块与板载 SPI FLASH 芯片共用主控芯片的 SPI 接口。

2.9 外部 SPI FLASH

开发板搭载了具备 1MB 存储空间的外部 FLASH 芯片 GD25WQ80，该芯片与板载显示屏模块共用主控芯片的 SPI 接口，其原理图如下：

为使用时此模块，需要使用跳线帽短接排针 P7 的 4 对引脚：P31 连接到 MISO、P02 连接到 CS、P03 连接到 SCK、P30 连接到 MOSI，如下图所示：

注意：某些 EVB 底板上实际焊接的可能是 SPI 接口的外部 SRAM 芯片，使用时请注意区分。

2.10 蜂鸣器

开发板搭载了贴片无源蜂鸣器电路用于声音提示、报警等功能，可由 PAN108x SoC 通过 PWM 输出 2KHz~3KHz 频率的方波控制发声，其原理图如下：

为使用此模块，需要使用跳线帽短接排针 P7 的一对引脚：P24 连接到 BUZAER，如下图所示：

2.11 可调电阻

开发板搭载了一个最大阻值为 10K 的可调电阻与 0 欧姆精密电阻串联接入电源电路，在 LDO 提供 VDD 电源的系统中，可在 ADC 采样点产生 0V~ VDDV 的可调电压，用于测试 PAN108x SoC 的 ADC（模数转换器）采样功能，其原理图如下：

为使用此模块，需要使用跳线帽短接排针 P2 的一对引脚：P20 连接到 ADC，如下图所示：

2.12 轻触按键

开发板底板配备了 4 个按键：2 个普通 GPIO 按键、1 个低功耗唤醒按键和 1 个复位按键。其中：

- 按键 K1 可通过跳线帽连接至 PAN108x SoC 的 RST 引脚，用于控制芯片复位；
- 按键 K2 可通过跳线帽连接至 PAN108x SoC 的 P56 引脚，在 PAN108x SoC 处于待机（Standby）模式下时，P56 引脚可被配置为低功耗唤醒引脚。
- 按键 K3、K4 连接至 PAN108x SoC 的 GPIO 口 P04、P05，当做普通按键使用；

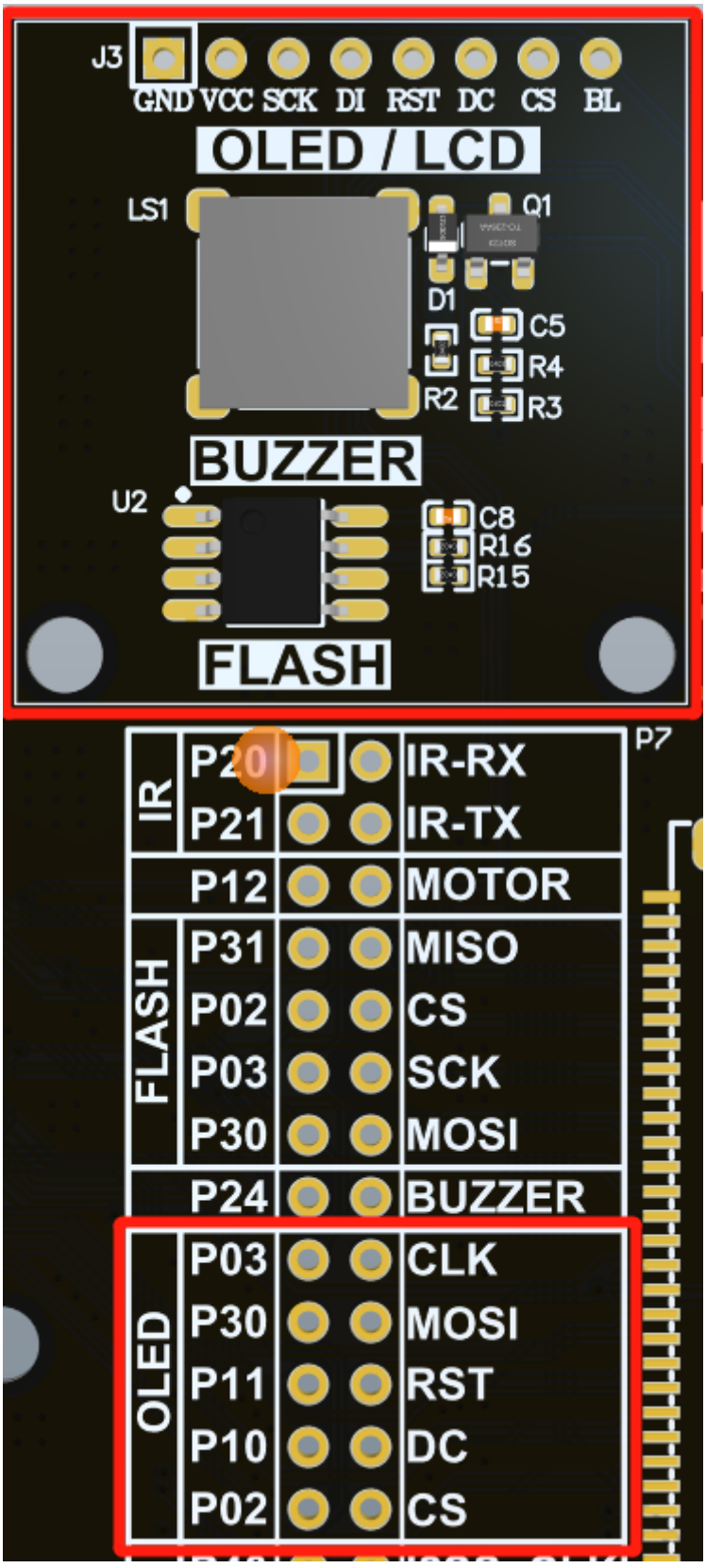


图 17: OLED 模块接线实物图

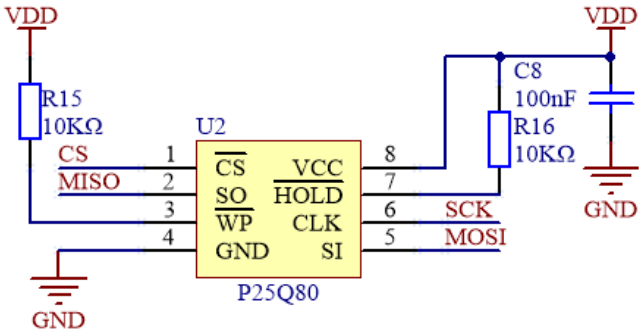


图 18: 外部 SPI Flash 模块原理图

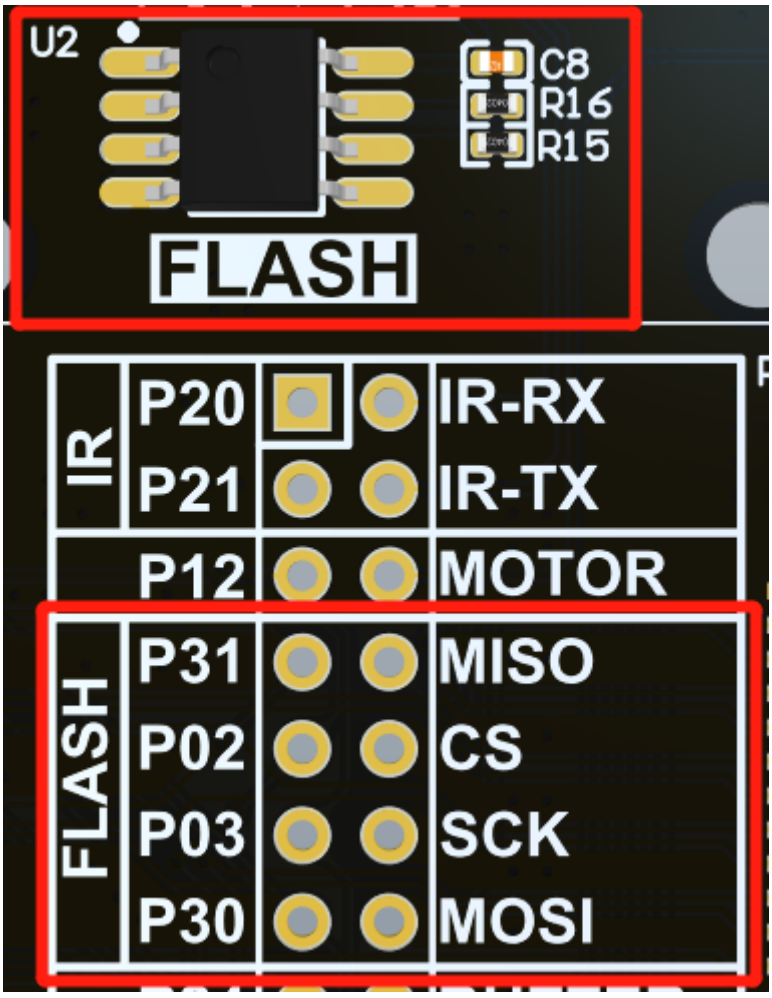


图 19: 外部 SPI Flash 模块实物接线图

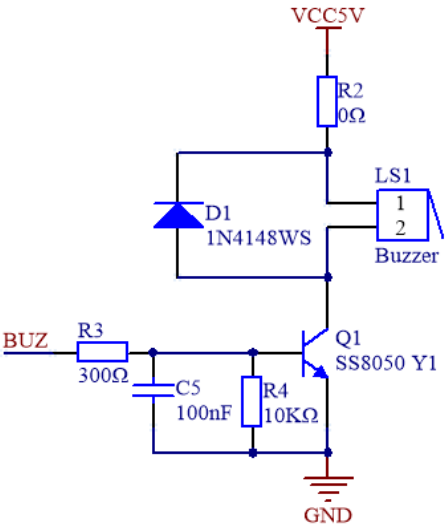


图 20: 蜂鸣器模块原理图

按键，原理图如下：

为正常使用所有按键，需要将 GPIO 内部上拉电阻开关打开，PCBA 如下图所示：

2.13 电机驱动

开发板搭载一颗 N 沟道 MOSFET 做驱动，可用于驱动一个直流电机或其他负载，能够提供 2A 以上的驱动电流，其原理图如下：

为使用此模块，需要使用跳线帽短接排针 P7 的一对引脚：P10 连接到 MOTOR，并在 J2 或 T1、T2 连接诸如直流电机或螺线管等负载器件，然后在程序中使用 GPIO 或 PWM 等控制驱动器的输出，如下图所示：

注意：

该器件仅可在 USB 供电方式下使用。

2.14 音频接口

开发板预留 I2S Slave 和 I2C 接口，用于接入第三方 CODEC 芯片进行音频应用的开发，其原理图如下：

为使用此模块，需要使用跳线帽短接排针 P72 的 7 对引脚：P40 连接到 I2SS_CLK、P41 连接到 I2SS_DI、P42 连接到 I2SS_DO、P43 连接到 I2SS_MCLK、P44 连接到 I2SS_WS、P01 连接到 SDA0_A1、P00 连接到 SCL0_A1，如下图所示：

需要注意的是，CODEC 芯片一般需要 1.8V 供电，为此还需要使能 EVB 上的 1.8V 电源，方法是将 P11 使用跳线帽短接，将 1V8 电源灌入 AUDVDD。

2.15 模式切换开关

开发板支持多模（USB/BLE/2.4G）HID 开发，为此搭载有一个拨动开关，其中 P30、P31 可通过拨动开关可以切换（BLE/2.4G）2 个状态，模拟 HID 切换模式，其原理图如下：

为使用此模块，需要使用跳线帽短接排针 P10 的 4 对引脚：P30 连接到 MOD IO1、P31 连接到 MOD IO2、P40 连接到 SDA0 B、P41 连接到 SCL0 B，如下图所示：

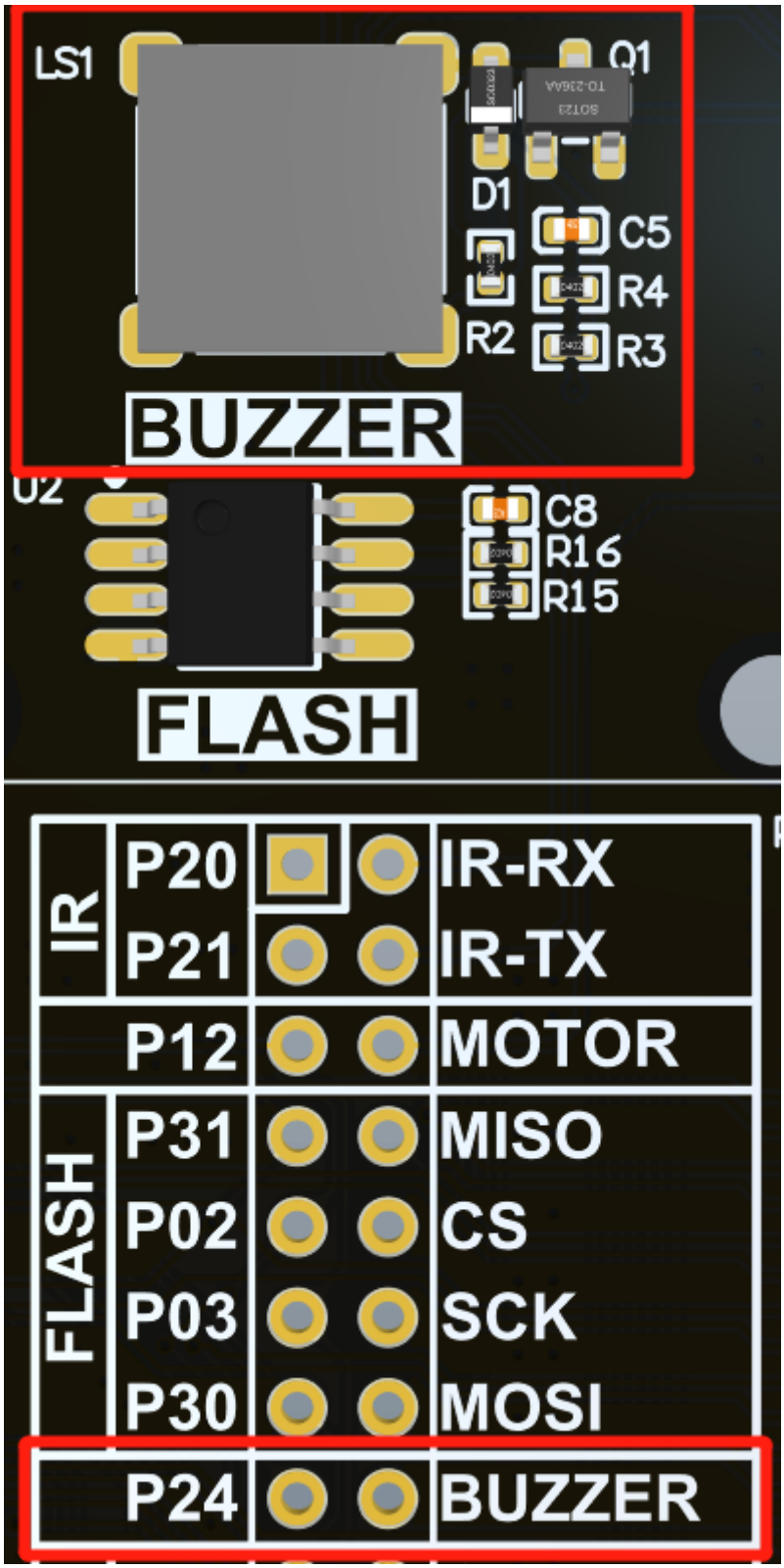


图 21: 蜂鸣器模块实物接线图

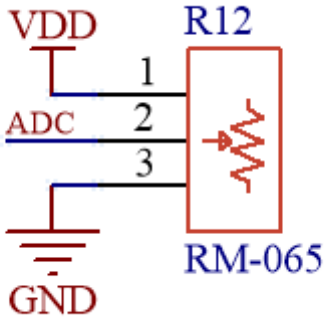


图 22: 可调电阻原理图

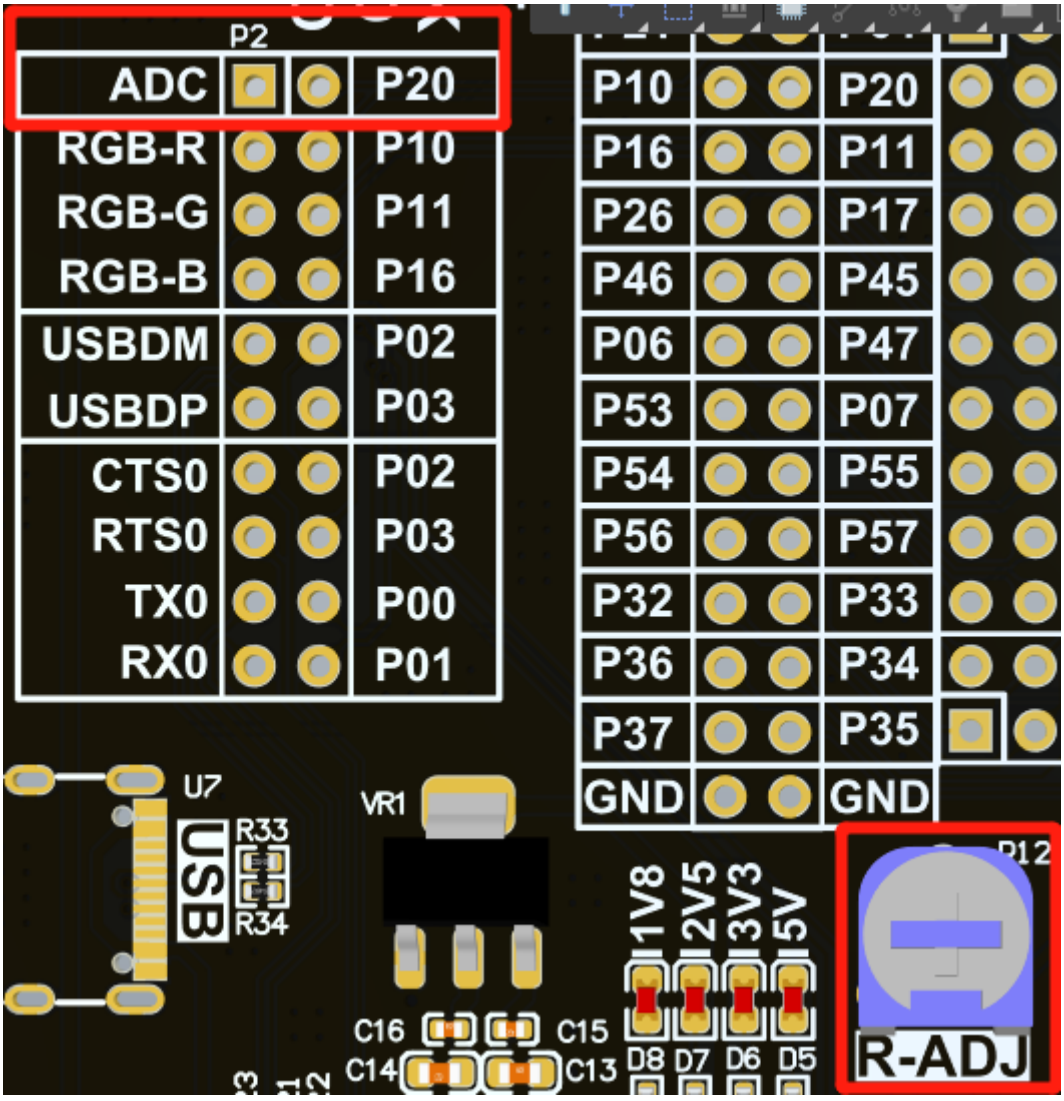


图 23: ADC 模块示例接线图

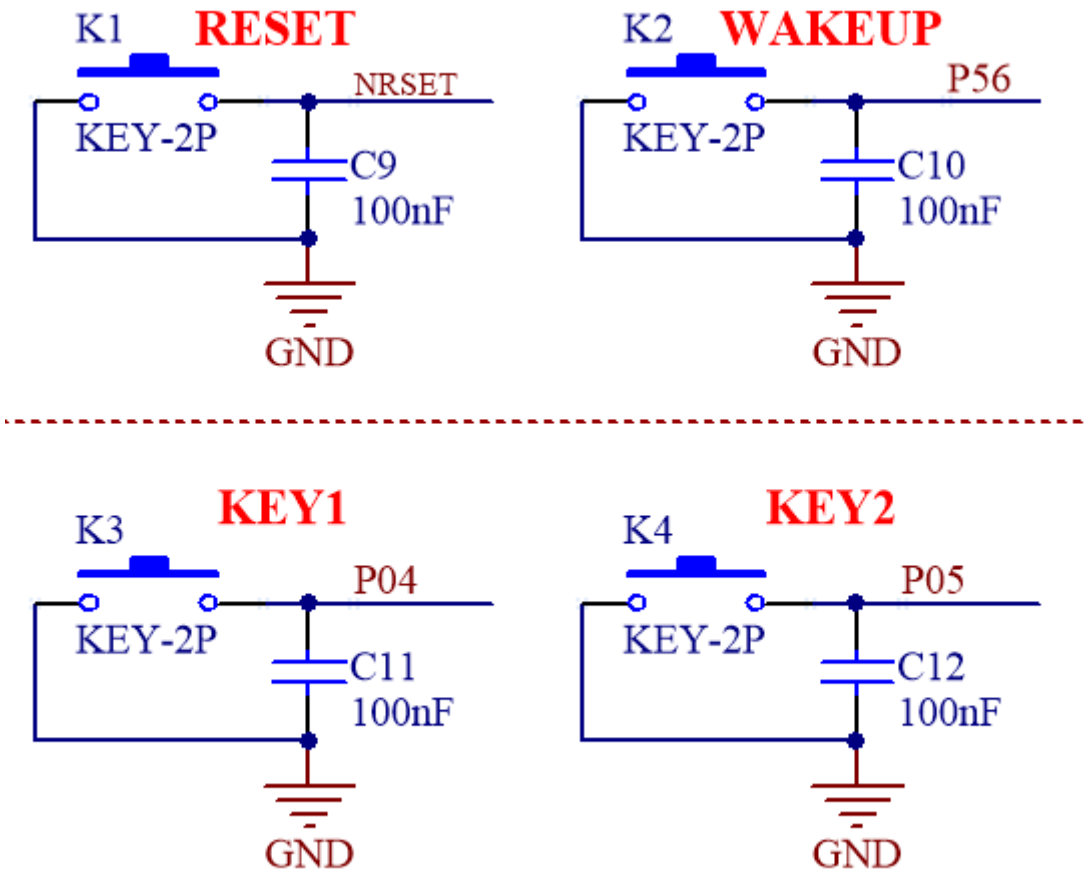


图 24: 按键原理图

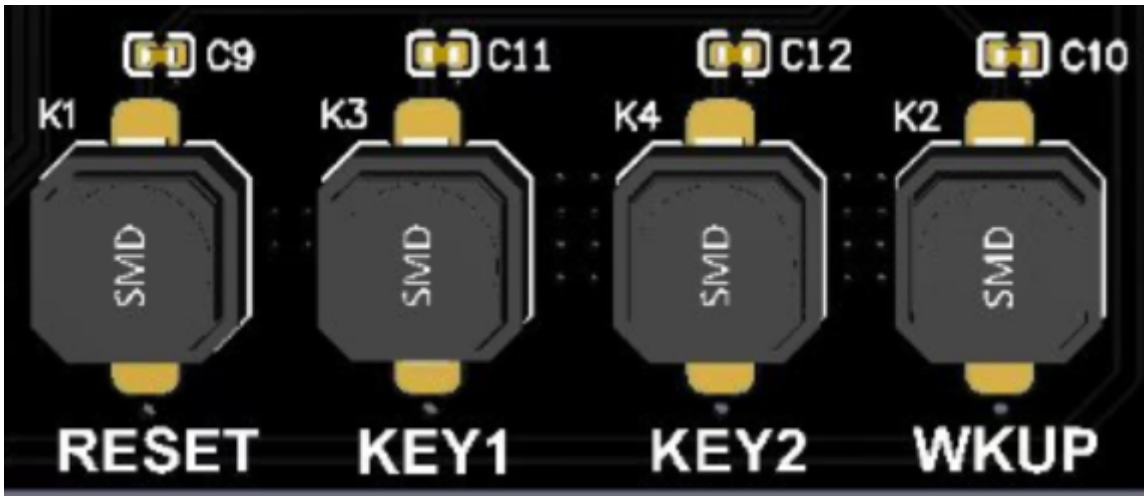


图 25: 按键图

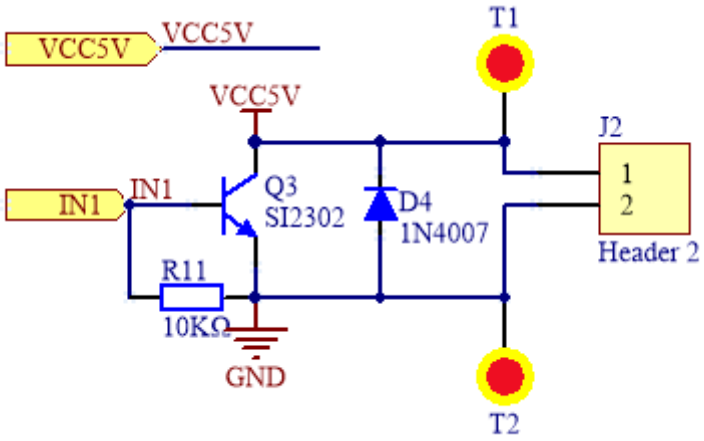


图 26: 电机驱动模块原理图

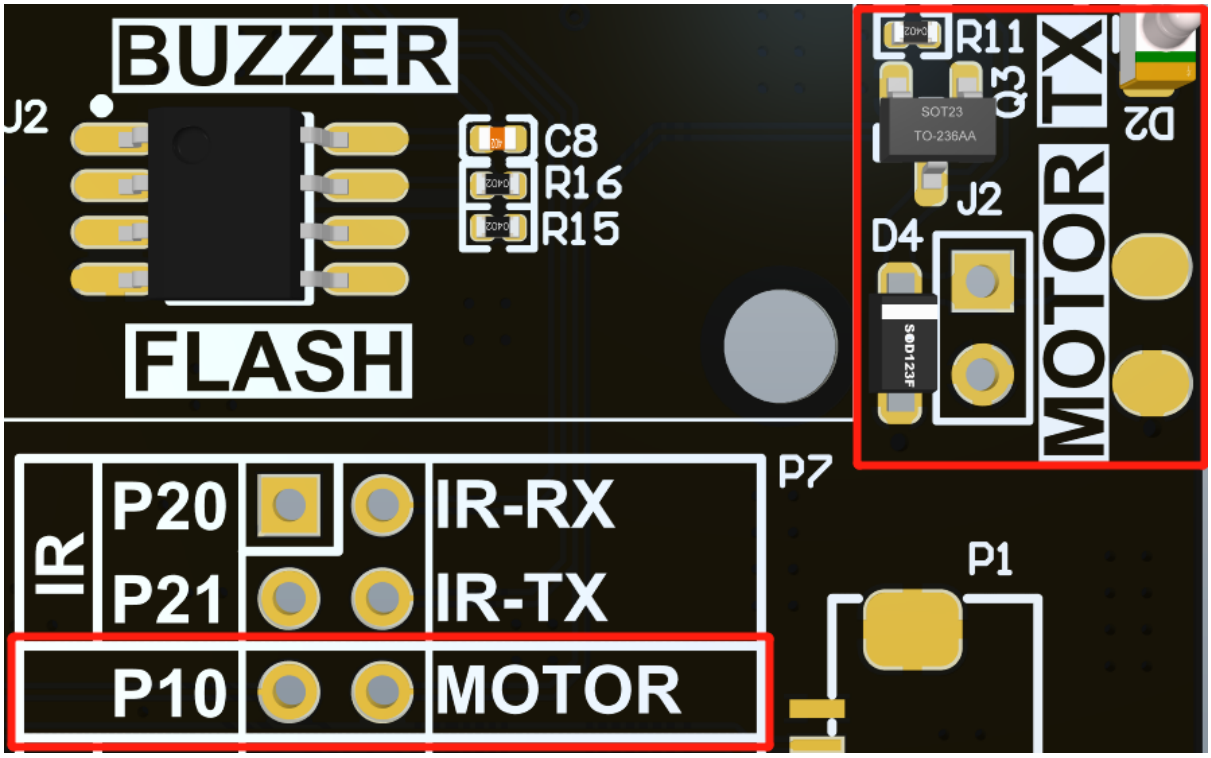


图 27: 电机驱动模块实物接线图

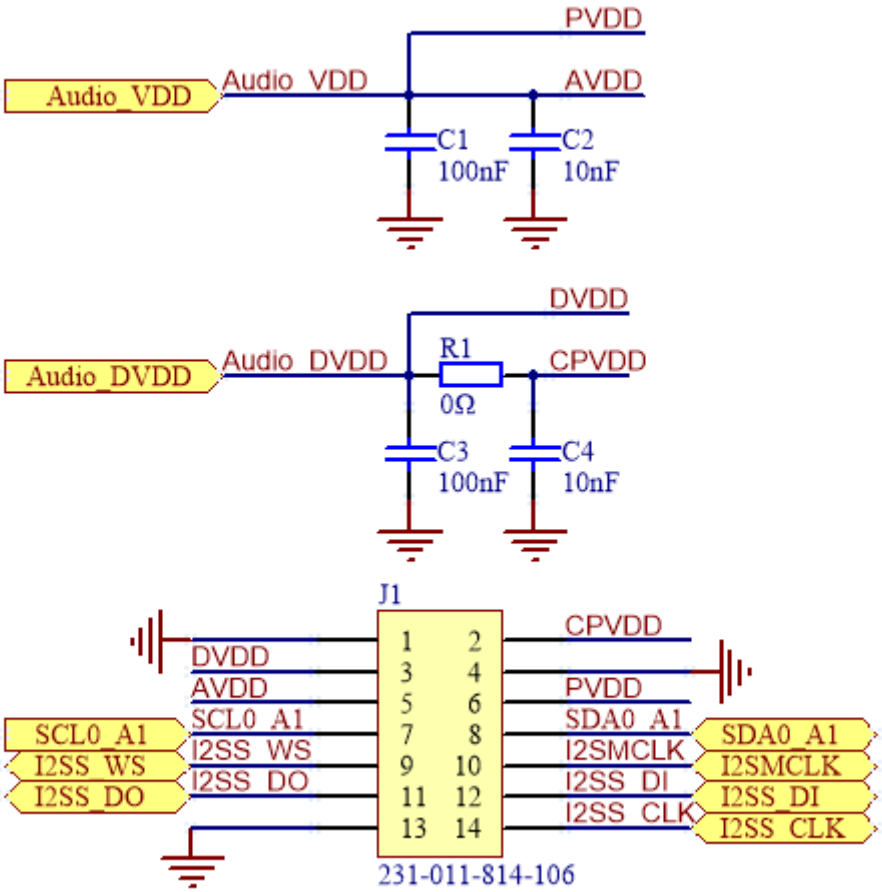

PVDD
Audio_VDD
Audio_VDD
AVDD
C1
100nF
C2
10nF
DVDD
Audio_DVDD
Audio_DVDD
R1
0Ω
CPVDD
C3
100nF
C4
10nF
J1
DVDD
AVDD
SCL0_A1
I2SS_WS
I2SS_DO
SCL0_A1
I2SS_WS
I2SS_DO
1 2
3 4
5 6
7 8
9 10
11 12
13 14
CPVDD
PVDD
SDA0_A1
I2SMCLK
I2SS_DI
I2SS_CLK
SDA0_A1
I2SMCLK
I2SS_DI
I2SS_CLK
231-011-814-106

图 28: 音频接口原理图

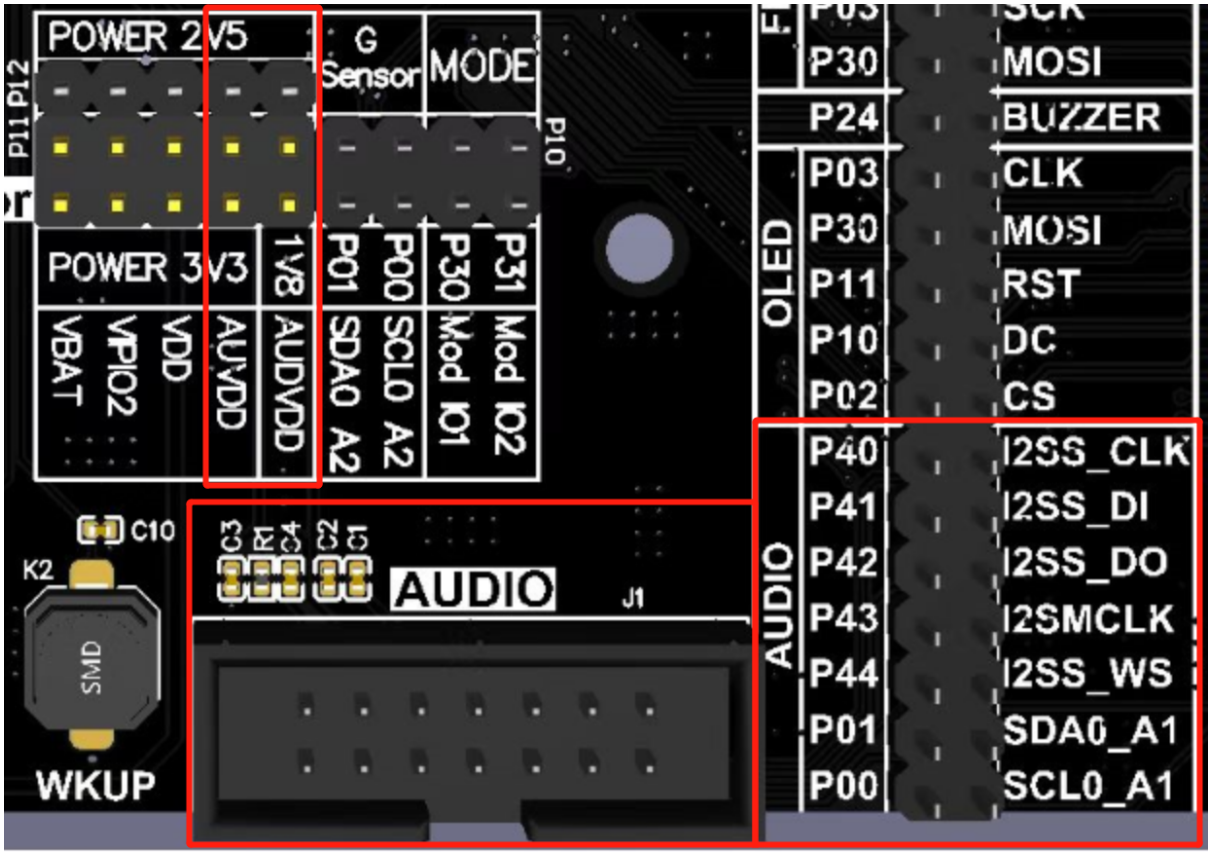


图 29: 音频接口实物接线图

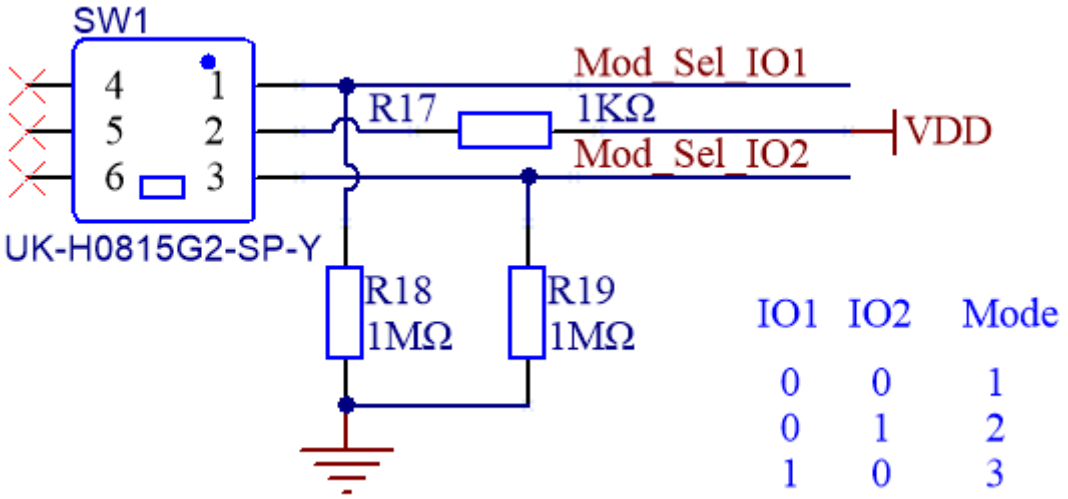


图 30: 模式切换开关原理图

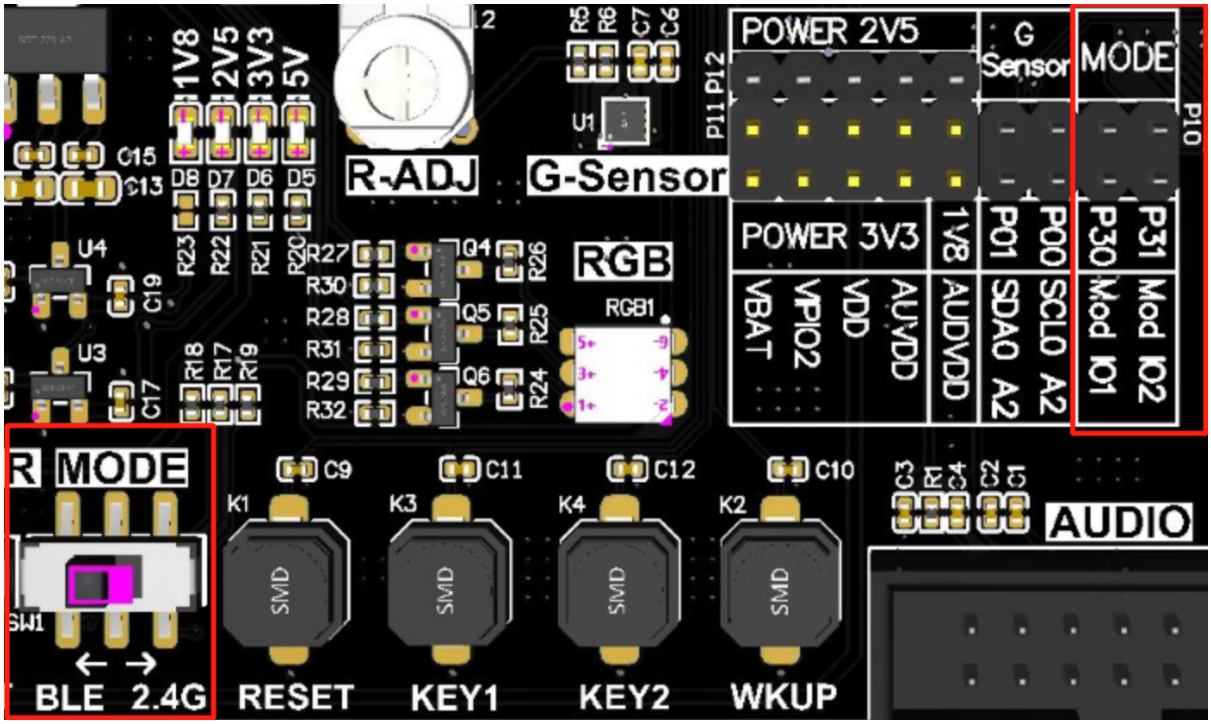


图 31: 模式切换开关实物接线图

2.16 键盘接口

开发板支持多模（USB/BLE/2.4G）键盘开发，为此预留 1 个 8x8 LED 矩阵键盘接口，可通过 SoC 硬件 KeyScan 模块实现矩阵按键扫描，通过 SoC 硬件 PWM 模块实现 LED 呼吸灯灯效，其原理图如下：

此模块接口直接将 PAN108x SoC 通过 MATRIX BUTTON 插座与外部矩阵键盘模块连接，因此无需跳线，使用前只需保证无引脚冲突即可，如下图所示：

2.17 红外模块

开发板搭载了一个红外收发模块，包括一个发射电路和一个接收电路，其原理图如下：

为使用此模块，需要使用跳线帽短接排针 P7 的两对引脚：P20 连接 IR-RX，P21 连接 IR-TX，如下图所示：

2.1.3 3 更多信息

1. PAN108x SoC 产品说明书，请查阅 PAN108x Development Kit `04_DOC/06_others` 目录下的相关内容；
2. PAN108x SoC 板级硬件参考设计，请查阅PAN108x 硬件参考设计；
3. PAN108x EVB 开发板电路图，请查阅 PAN108x Development Kit `02_HDK` 目录下的相关内容；

2.2 PAN108x 硬件参考设计

2.2.1 1 概述

本文档主要介绍 PAN108xUx1x/PAN108xLx5x 芯片方案的硬件原理图设计、PCB 设计建议、天线设计。本文档提供 PAN108xUx1x/PAN108xLx5xA 芯片的硬件设计方法。

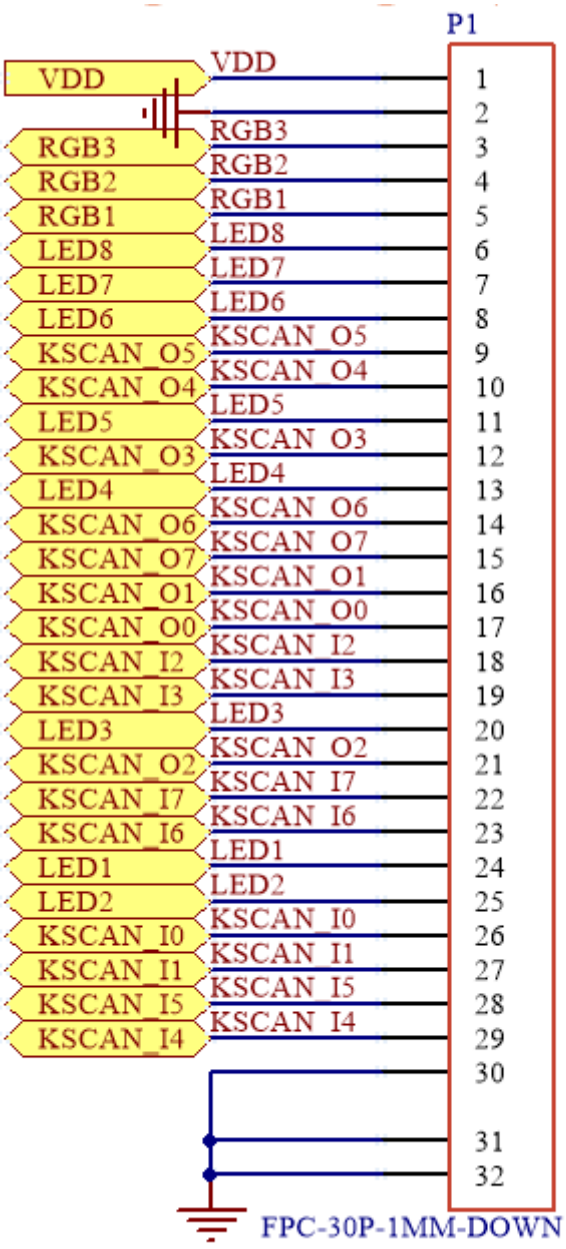


图 32: 键盘接口引脚定义

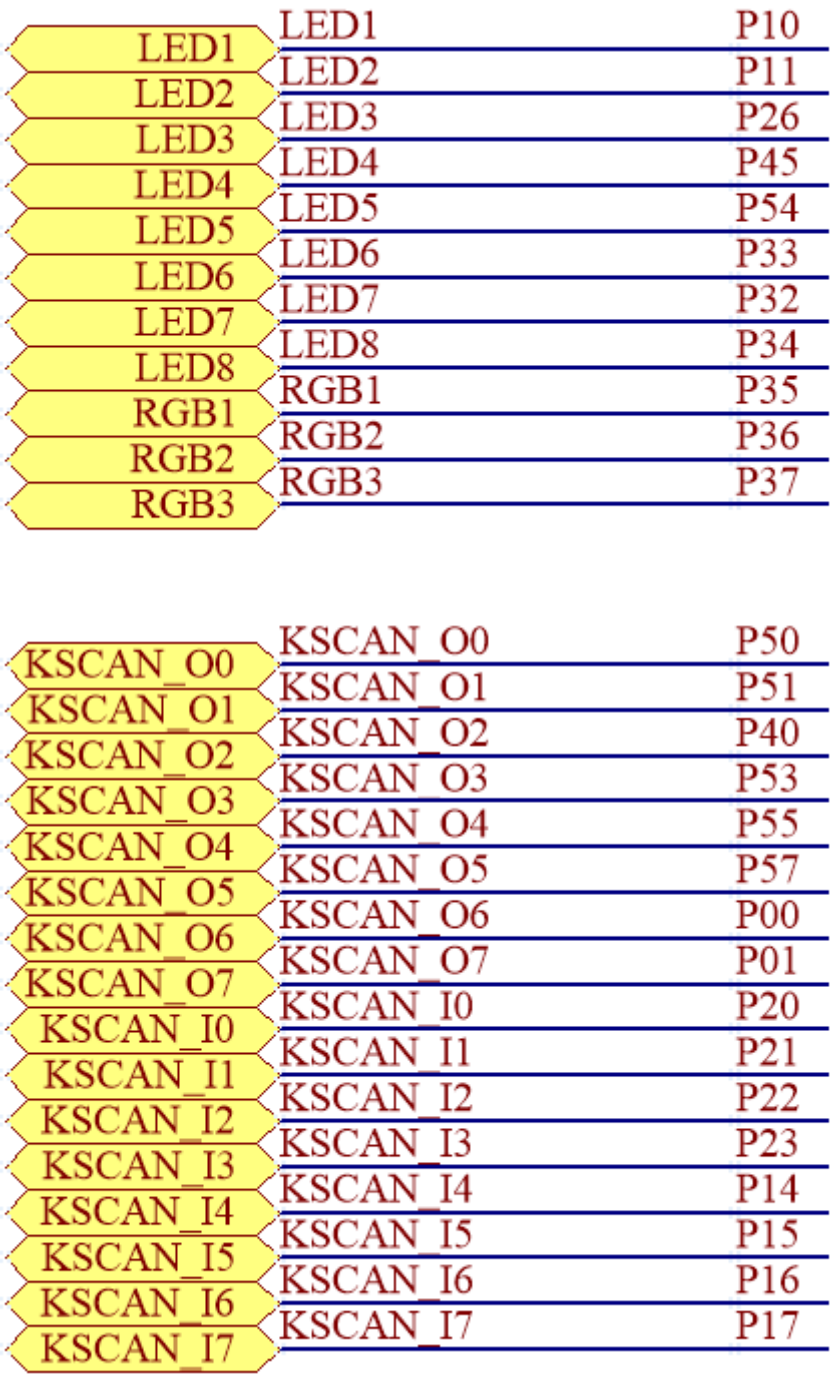

LED1
LED2
LED3
LED4
LED5
LED6
LED7
LED8
RGB1
RGB2
RGB3
LED1
LED2
LED3
LED4
LED5
LED6
LED7
LED8
RGB1
RGB2
RGB3
P10
P11
P26
P45
P54
P33
P32
P34
P35
P36
P37
KSCAN_O0
KSCAN_O1
KSCAN_O2
KSCAN_O3
KSCAN_O4
KSCAN_O5
KSCAN_O6
KSCAN_O7
KSCAN_I0
KSCAN_I1
KSCAN_I2
KSCAN_I3
KSCAN_I4
KSCAN_I5
KSCAN_I6
KSCAN_I7
KSCAN_O0
KSCAN_O1
KSCAN_O2
KSCAN_O3
KSCAN_O4
KSCAN_O5
KSCAN_O6
KSCAN_O7
KSCAN_I0
KSCAN_I1
KSCAN_I2
KSCAN_I3
KSCAN_I4
KSCAN_I5
KSCAN_I6
KSCAN_I7
P50
P51
P40
P53
P55
P57
P00
P01
P20
P21
P22
P23
P14
P15
P16
P17

图 33: 键盘接口原理图

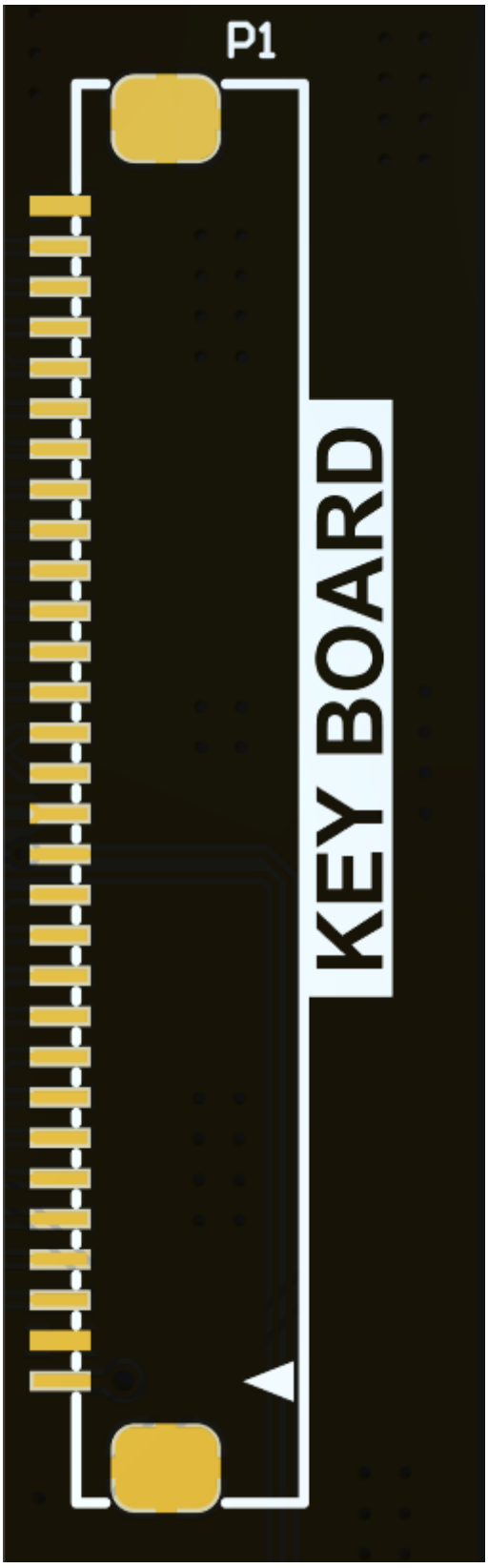


图 34: 键盘接口实物图

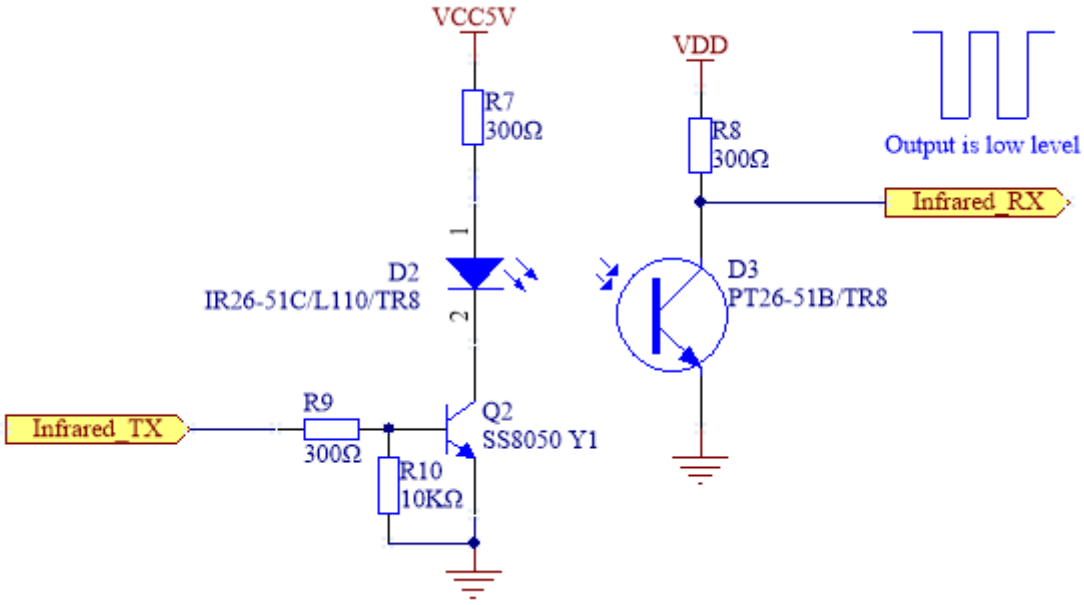


图 35: 红外模块原理图

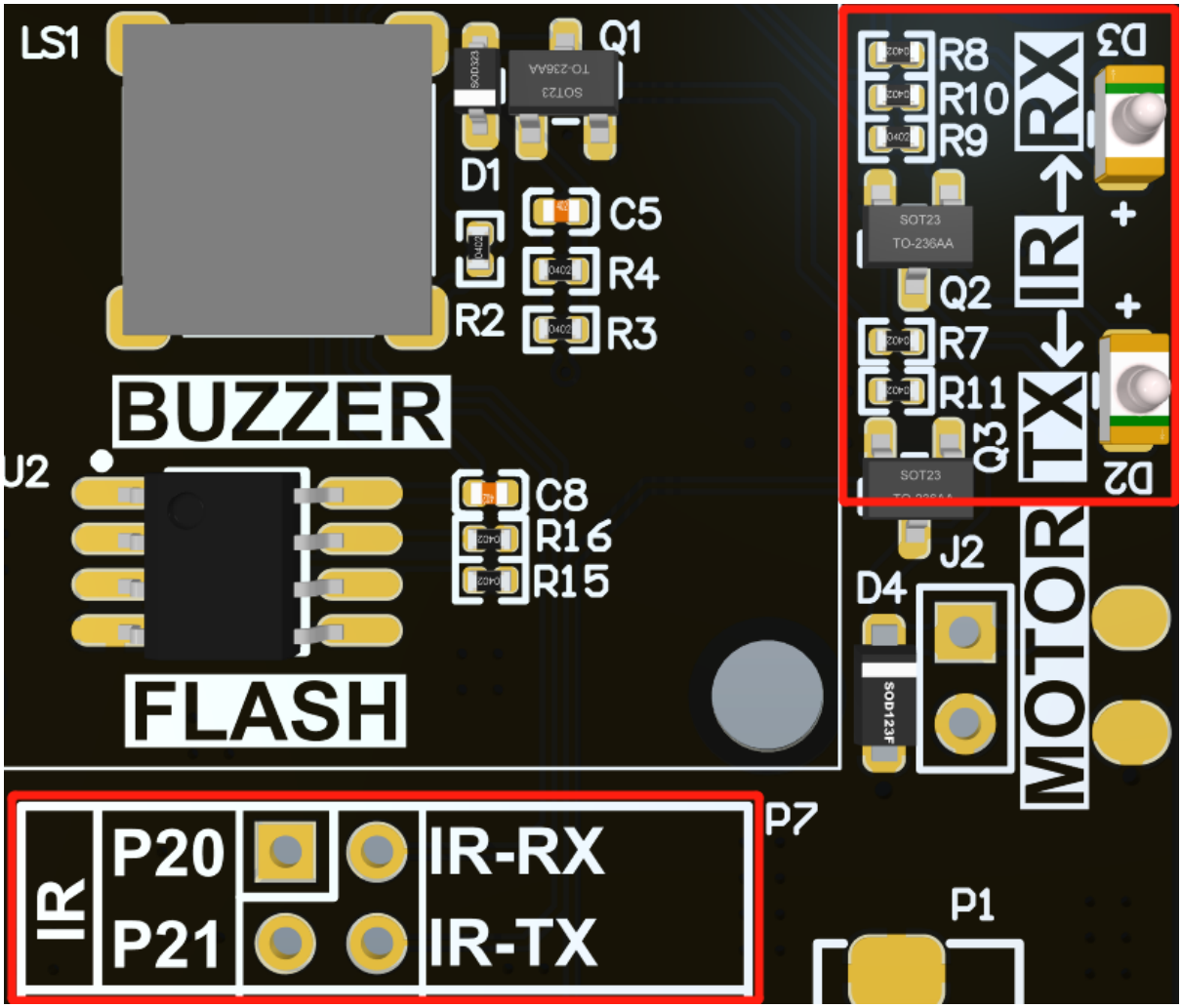


图 36: 红外模块实物接线图

2.2.2 2 原理图设计建议

2.1 PAN108xUx1 参考设计原理图

如上图电路系统由电源去耦电容、DC-DC 降压、晶振电路、天线匹配网络组成。

2.2 PAN108xLx5x 参考设计原理图

2.3 电源

- VBAT 为芯片电源脚，要求供电能力不小于 60mA，供电范围为 1.8V–3.6V 。
- VCC_RF、VBAT、VBAT_BK、VIPIO2、VOUT1_BK、VOUT2_BK 至少预留两个电容，靠近芯片管脚。

2.4 DC-DC

DC-DC 电路外围为 L1、C15、C16。要求 L1 DCR 小于 80mΩ，峰值电流至少为 150mA。芯片电源有两种工作模式，DC-DC 模式和内部 LDO 模式。开启 DC-DC 可以节省功耗。开启 LDO 模式后芯片内部将 VBAT 连接到 VOUT1_BK，这时 VOUT1_BK 处的一个电感和两个电容可以不焊接。

2.5 DVDD

DVDD 需要**外挂** 100nF **和** 10pF **电容**。外挂电容不超过 1uF，否则会影响芯片正常启动。

2.6 VIPIO2

- VIPIO2 电源脚在 LQFP64 封装上有独立的 PIN 脚。因此 PAN108xLx5x 可配置两组不同的 IO 输出电平。P40、P41、P42、P43、P44 的输出电平等于电源 VIPIO2 的供电电压。VIPIO2 输入电压范围为 1.8V–VBAT。其余 IO 的输出电平等于 VBAT 供电电压。
- VIPIO2 电源脚在 QFN32 封装上和 VBAT 脚绑定在一起。因此 PAN108xUx1x GPIO 输出高电平近似于 VBAT。

2.7 32M 晶振

- 上图这种振荡器，晶体和负载电容器构成　型电容三点式电路，为内部放大器提供 180° 相移，同时使振荡器一直锁定在指定的频率。为了使该频率正确，必须根据晶体的容性负载 (CL) 参数正确地确定负载电容的尺寸。可以通过相对于晶体的所需负载电容 CL 正确确定负载电容器的尺寸来设置 32MHz 晶体振荡器的频率。从晶体的角度而言，两个电容器串联放置，这意味着必须使用用于计算最终总电容的“电阻器并联”方程。还要注意 PCB 迹线和焊盘会增加一些寄生电容。可以通以下公式来计算正确的负载电容值。

  最后的简化要求 C1 和 C2 相等，Cparasitic =7pF 。
- 上图中 C1、C2 为高速晶振的负载电容。其参数将影响晶振频率，负载电容的选择请参考所选晶振的规格书。
- 晶振推荐如下：

  1）晶体频率 32MHz；

  2）ESR 小于等于 60ohm；

  3）晶体负载电容小于等于 20pF；

  4）晶体频率精度高于 ±20ppm；

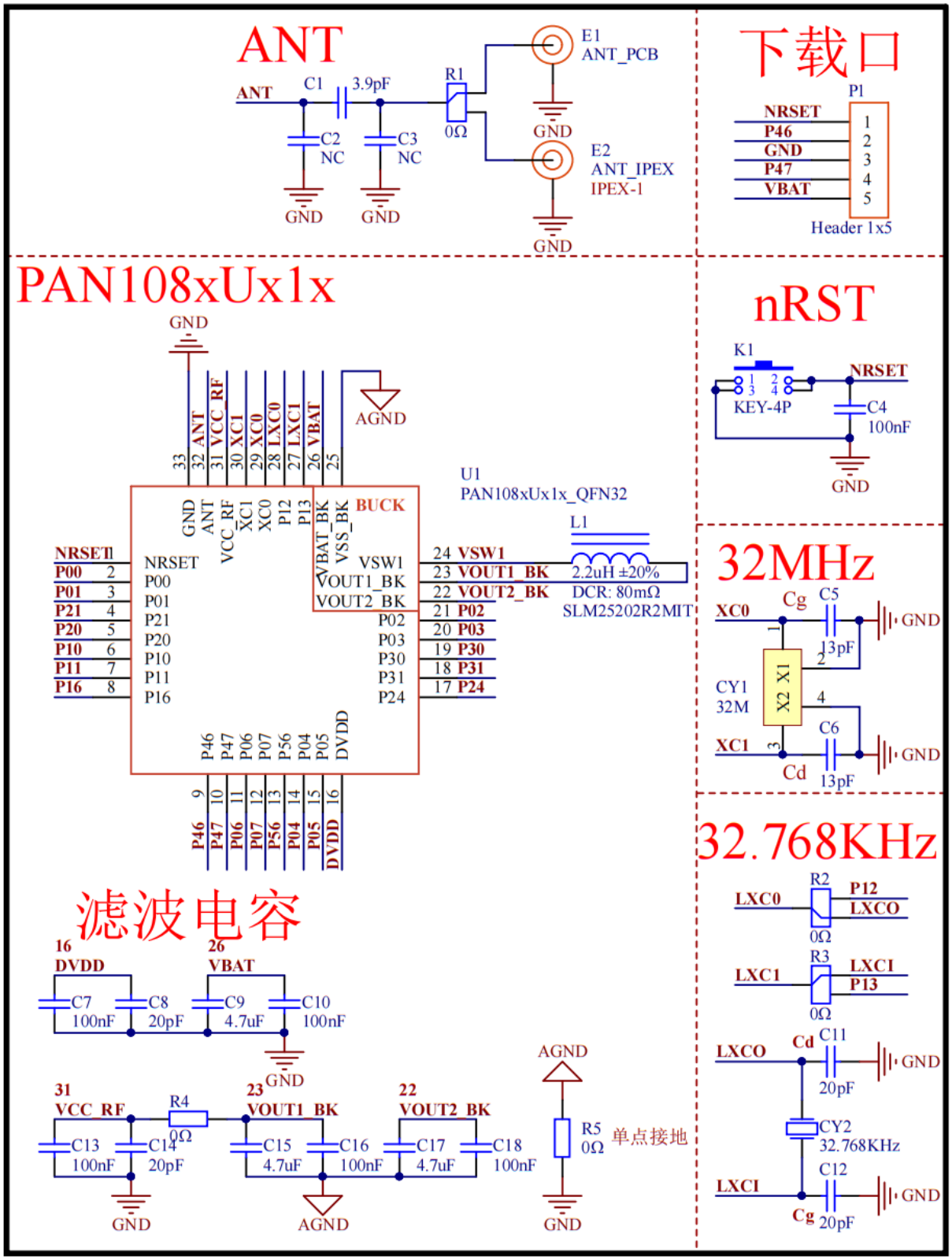


图 37: PAN108xUx1x 最小系统参考设计原理图

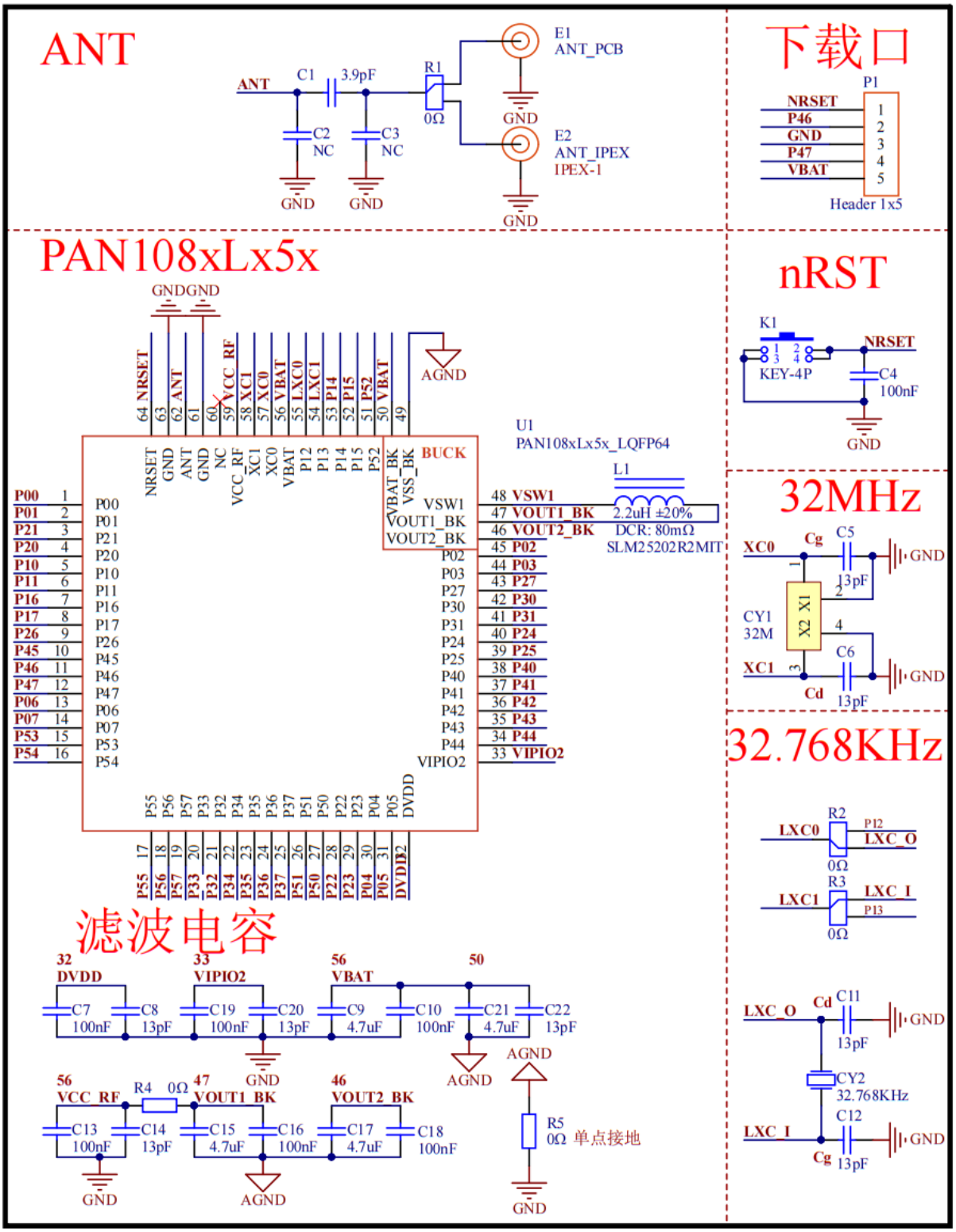


图 38: PAN108xLx5x 最小系统参考设计原理图

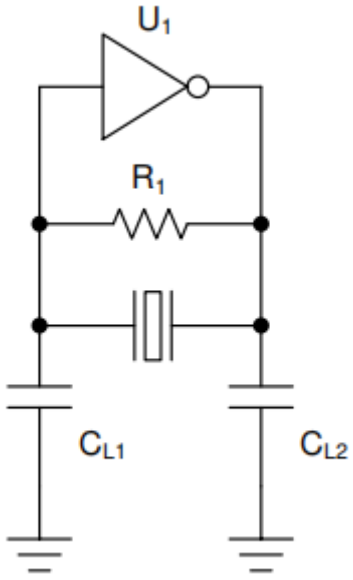


图 39: 32MHz 晶振外围电路示意图

$$CL = \frac{C1 \times C2}{C1 + C2} + C_{parasitic} \approx \frac{load\ capacitor\ value}{2} + C_{parasitic}$$

图 40: 负载电容计算公式

晶振封装形式	晶振负载电容/pF	焊接电容值/pF
3225	9	10
	12	12
	30	30
圆柱	9	10
	12	12
	20	30
49S	9	10
	12	15
	20	30

注：在对性能有极高要求的情况下请务必在设备端调整负载电容，进行频率校准。

2.8 32K 晶振

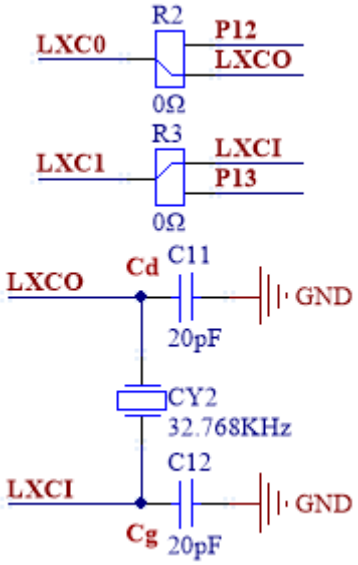


图 41: 32KHz 晶振外围电路原理图

- 低速晶振电路支持外部 32.768KHz 无源晶振。C11、C12 为低速晶振的负载电容；低速晶振推荐用户选择 ESR<80KΩ 的晶振。
- 由于部分用户需要使用外部 32K 的芯片管脚复用为 GPIO，所以做以下电路进行预留接口。通过两个 0 欧姆电阻将 P1.2、P1.3 复用为晶振接口和普通 GPIO。

2.9 天线匹配

- 由于芯片内部已做射频前端匹配电路，所以此处预留射频前端匹配网络电路，其中 C1、C2、C3 预留元件位置，C1 为 3.9pF 电容，R1 为 0Ω 电阻。如果客户设计 PCB 不合理导致射频前端失配，那么可以通过 C1、C2、C3、R1 组成匹配网络进行调整匹配。
- 通过电阻 R1 位置可选择 PCB 天线或 IPEX 座子。

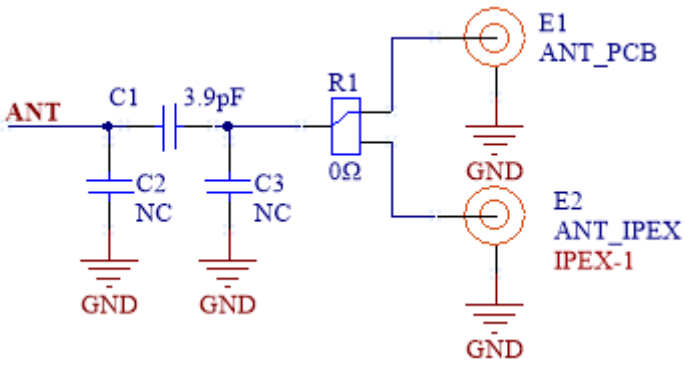


图 42: 天线匹配电路

2.10 复位电路

复位电路如图图 1-4 所示，在应用中必须有电容，参数为 100nF。加电容的作用是在系统受到强干扰时，稳定复位脚的状态。

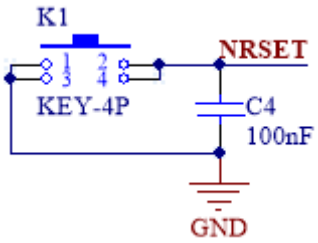


图 43: 复位电路

注意：为避免电路异常，该电容容值请不要随意更改！

2.2.3 3 PCB 设计建议

3.1 制版工艺

- 本 Guide 主要针对二层板并且单面贴设计，叠层如下图所示。PCB 具体厚度根据实际情况和阻抗要求适当调整。

	Layer Name	Type	Material	Thickness (mil)	Dielectric Material	Dielectric Constant
	Top Overlay	Overlay				
	Top Solder	Solder Mask/Coverlay	Surface Material	0.4	Solder Resist	3.5
1	Top Layer	Signal	Copper	1.8		
	Dielectric1	Dielectric	None	59.4	FR-4	4.6
2	Bottom Layer	Signal	Copper	1.8		
	Bottom Solder	Solder Mask/Coverlay	Surface Material	0.4	Solder Resist	3.5
	Bottom Overlay	Overlay				

图 44: 制版工艺说明

* 线宽推荐如下：

板材属性	参数
PCB 板材	FR4
PCB 板厚	1.6mm
50 欧姆 RF 线宽	20mil
接地铺铜与 RF 走线间距	5mil

3.2 PAN108xUx1x PCB **顶层布局**

3.3 PAN108xUx1x PCB **底层布局**

3.4 PAN108xLx5x PCB **顶层布局**

3.5 PAN108xLx5x PCB **底层布局**

3.6 **射频走线注意事项**

- 射频匹配链路按照 50Ω 走线，可以参考 TOP 和 BOTTOM 层的 GND 平面，RF 线与焊盘宽度一致，天线的 型匹配电路要走顺，并联元件焊盘和走线重合为佳，阻抗无突变。
- RF 线有完整的参考地，从 IC 端出来就进行包地处理，两边均匀的打 GND 过孔，底层到芯片底部地平面尽量宽，如标签 1；
- 芯片 E-PAD 多打过孔，如标签 2；
- 晶振要远离天线和天线匹配链路，晶振走线和其他走线垂直布线，减少晶振对 RF 的干扰，晶振底部铺铜挖空，周围包地，以降低对电源和 RF 的干扰，如标签 3；
- 天线辐射区域尽量保证没有金属器件。

  射频链路走线参考如下：
- 天线匹配链路底层不走线，天保证线地回路到芯片最短。天线匹配链路的地和芯片 EPAD 是一块完整平滑的地。如标签 4，橙色方框；
- 芯片底层不要走线，如标签 5；

  射频地线走线如下：

3.7 **电源部分注意事项如下**。

- VADR，VBAT，DVDD 管脚就近放置电容，走线尽量短粗。**电源去耦电容布局如下图：**
- DC-DC 电感靠近 VSW1 放置，走线尽量短粗，并且底部挖空，DC-DC 相关电容靠近电感放置，如标签 4。
- DC-DC 地和芯片地要分开，通过 0Ω 电阻单点接地, 如标签 5。
- DC-DC 地线和芯片地在底层进行分隔，如标签 6。

DC-DC **单点接地顶层布局如下：**

DC-DC **单点接地底层布局如下：**

2.2.4 4 板载天线

PCB Layout 参考中 MIFA 天线尺寸如图所示。

天线设计尺寸参考

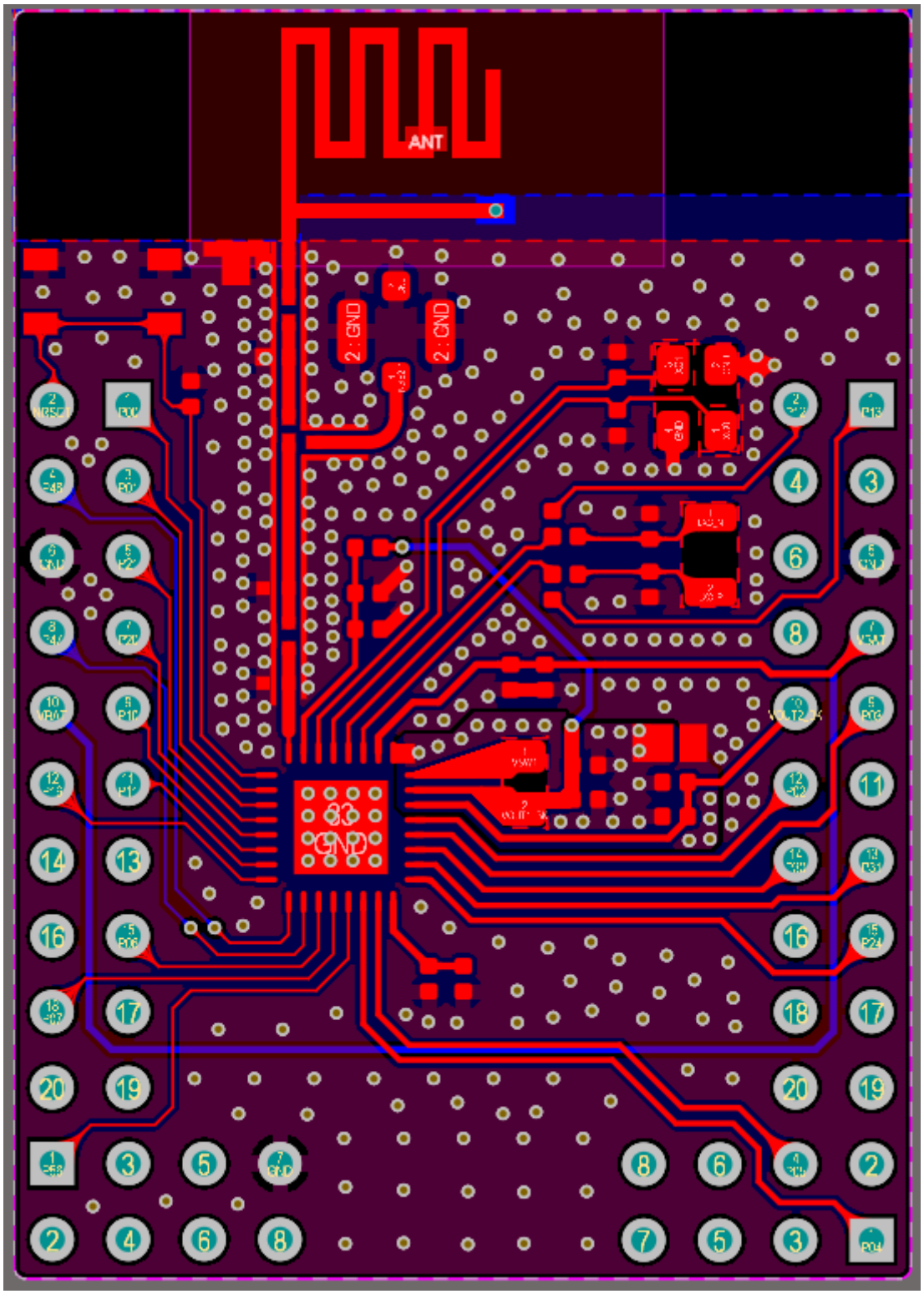


图 45: PAN1080UX1 PCB 顶层布局

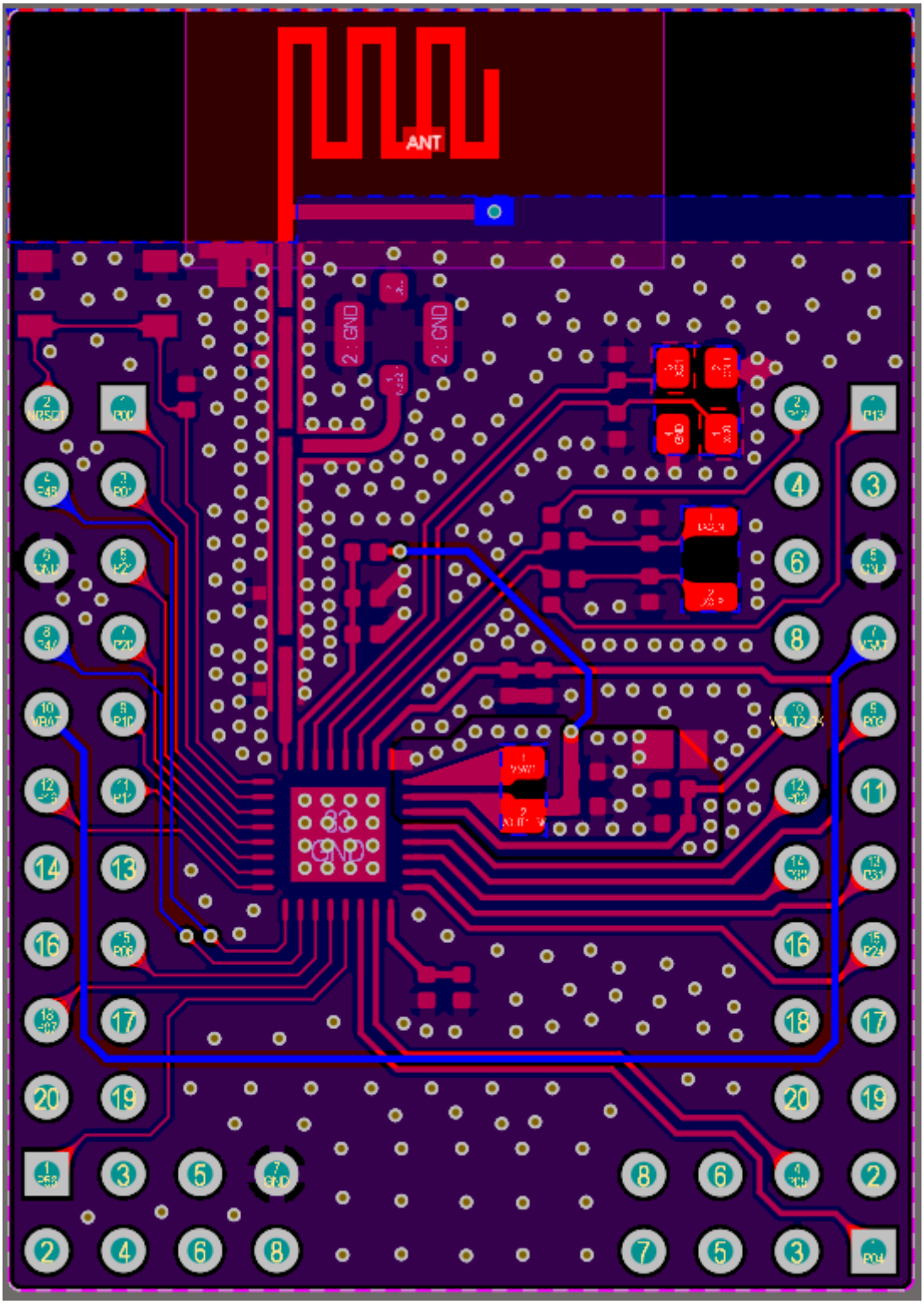


图 46: PAN108xUx1x PCB 底层布局

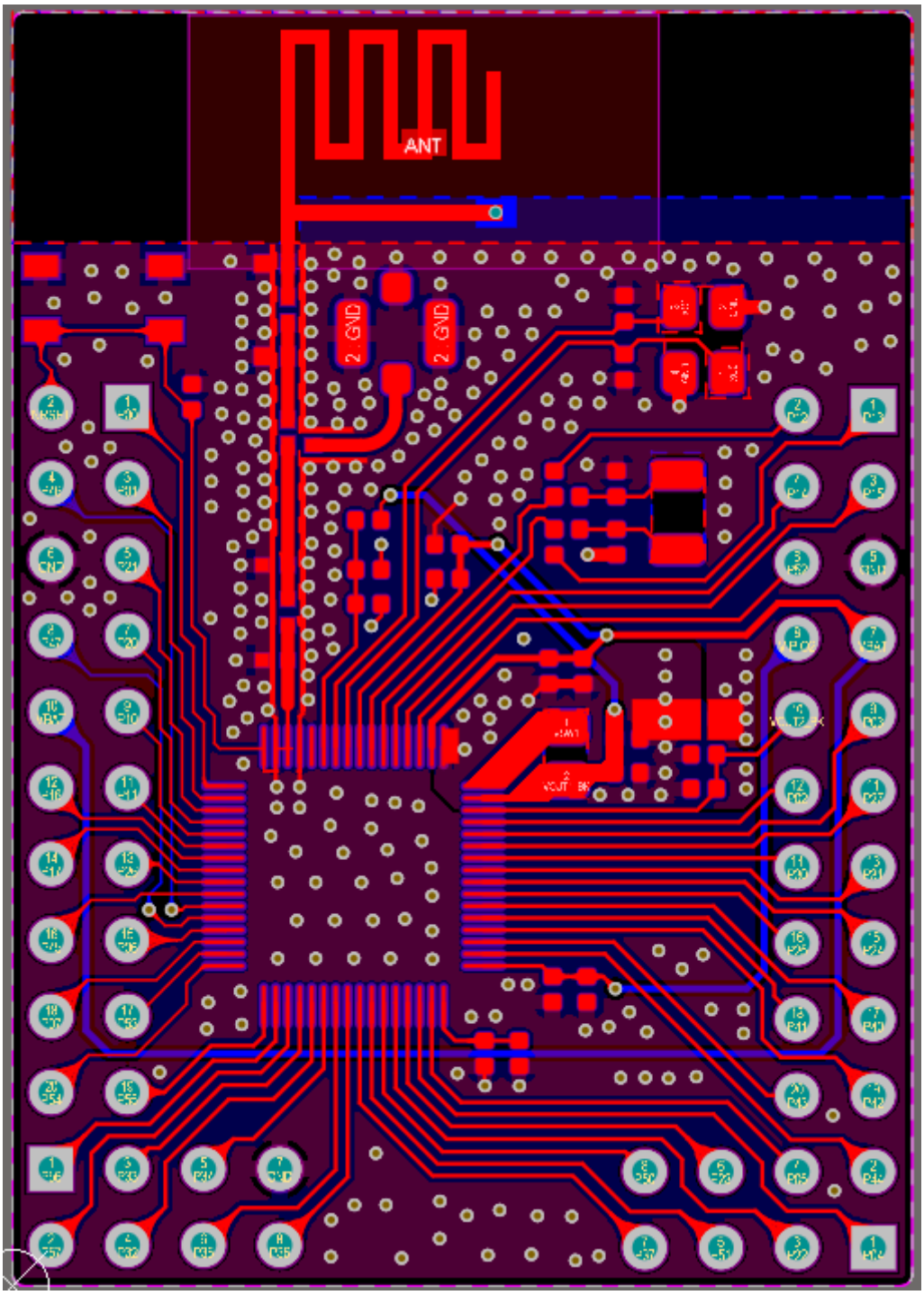


图 47: PAN108xLx5x PCB 顶层布局

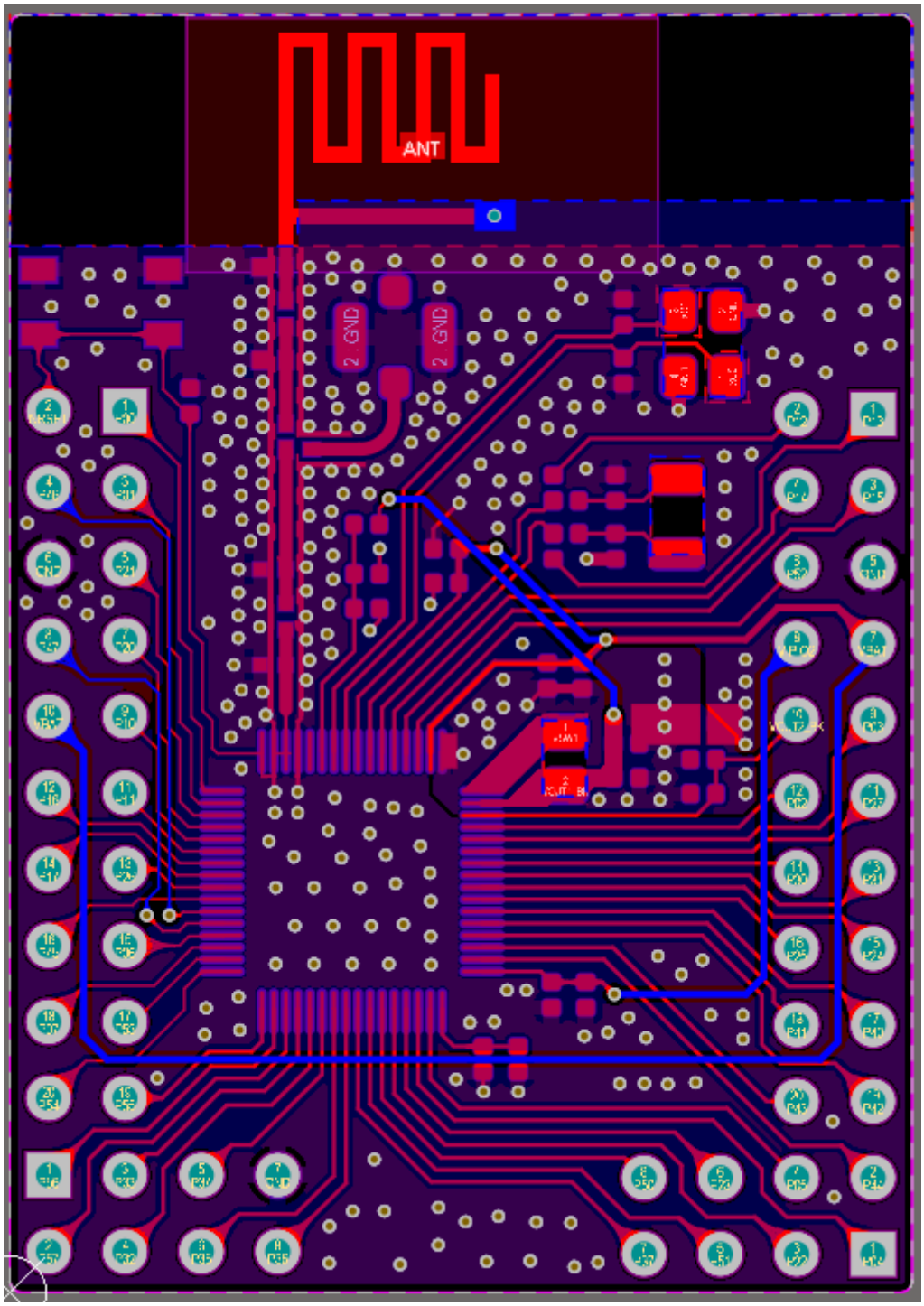


图 48: PAN108xLx5x PCB 底层布局

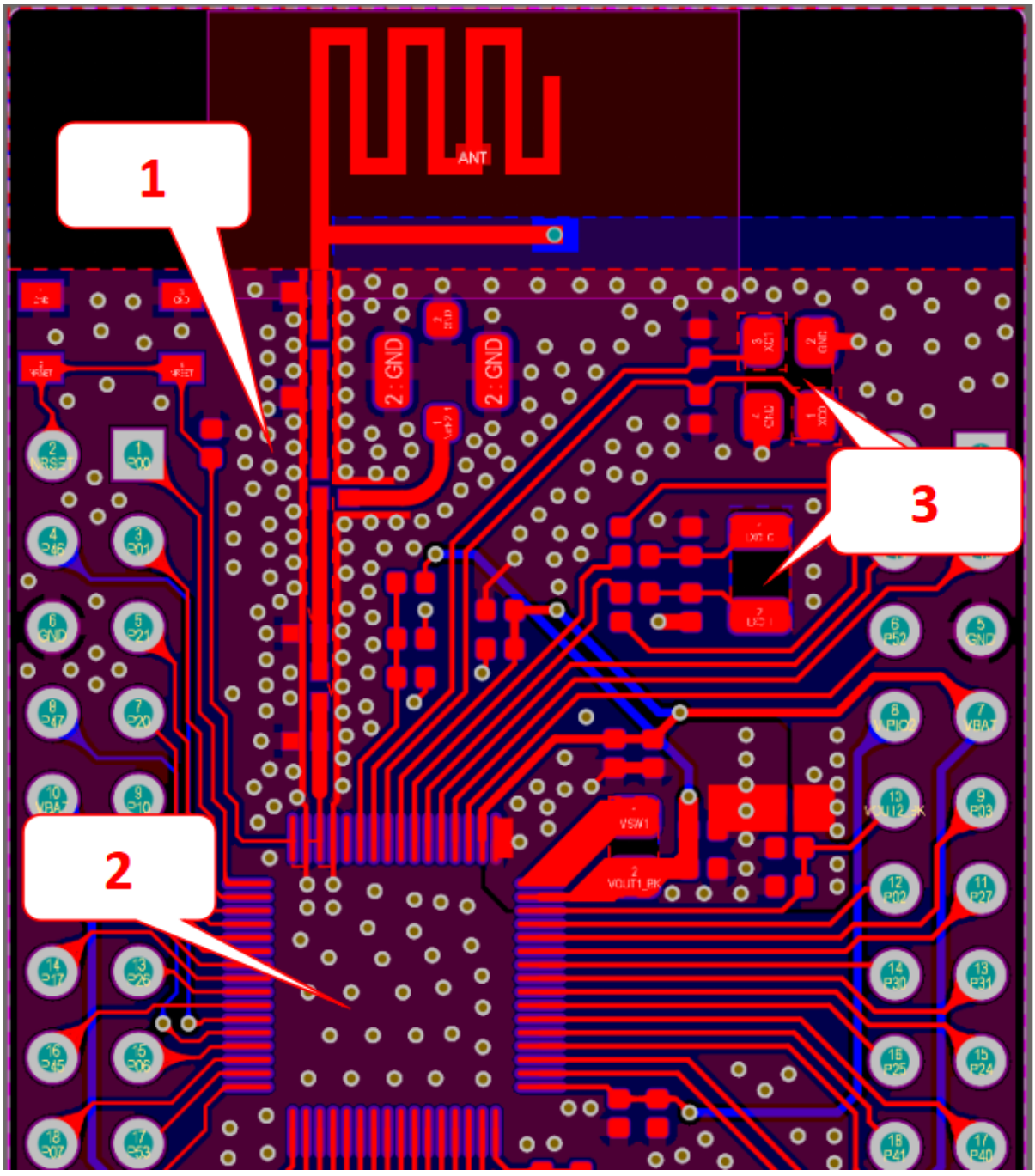


图 49: 射频链路走线示意图

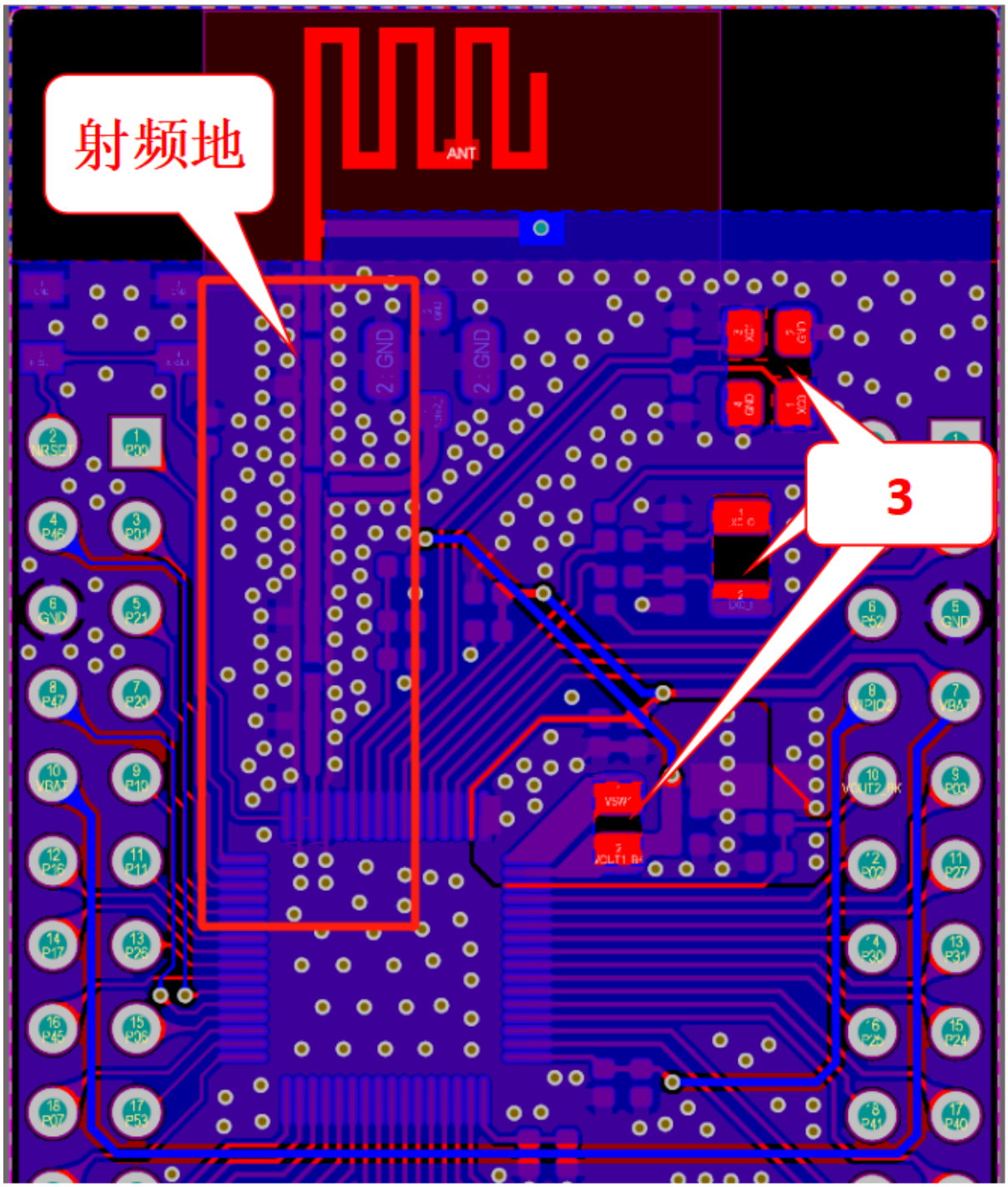


图 50: 射频地线走线示意图

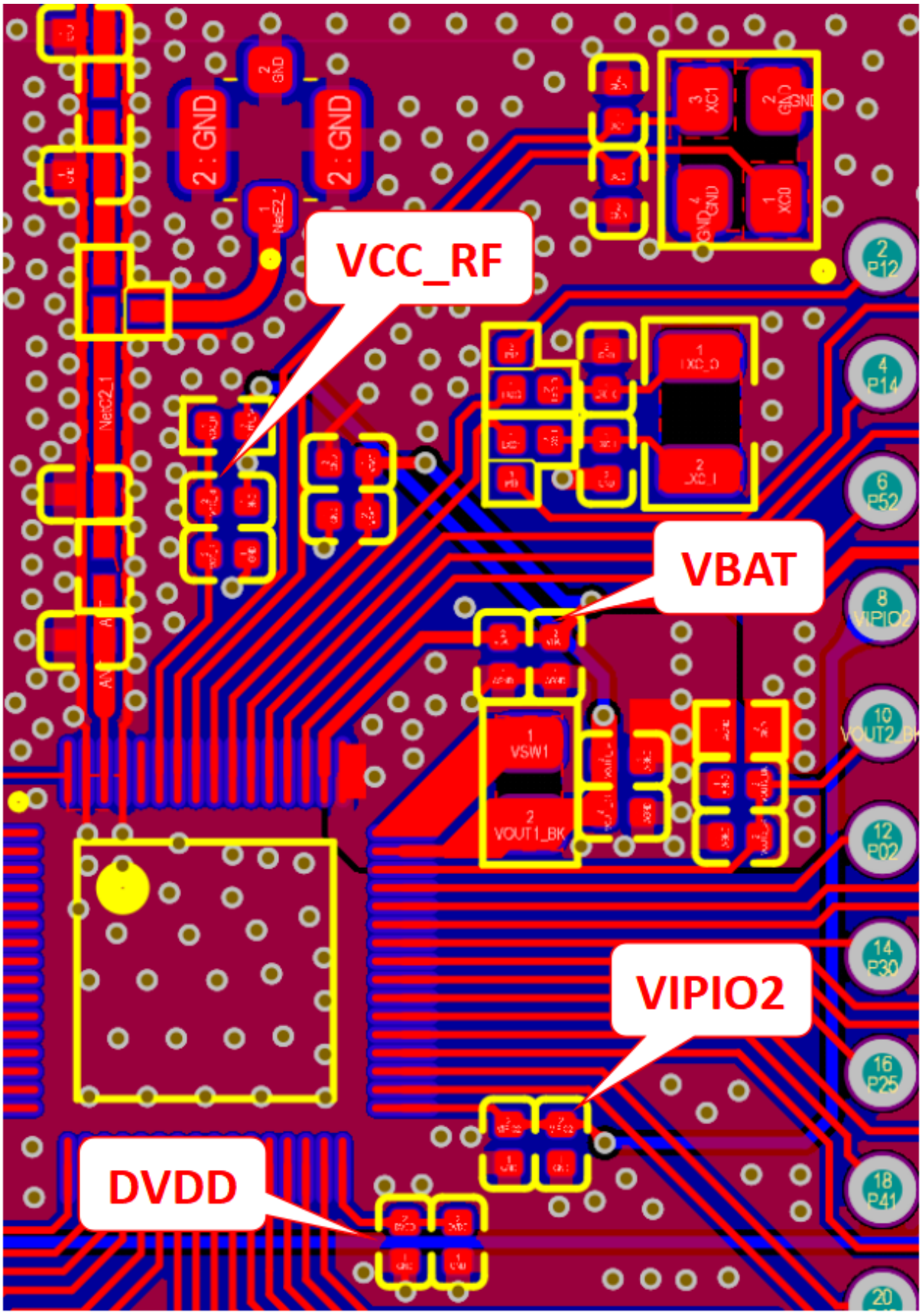


图 51: 电源去耦电容布局示意图

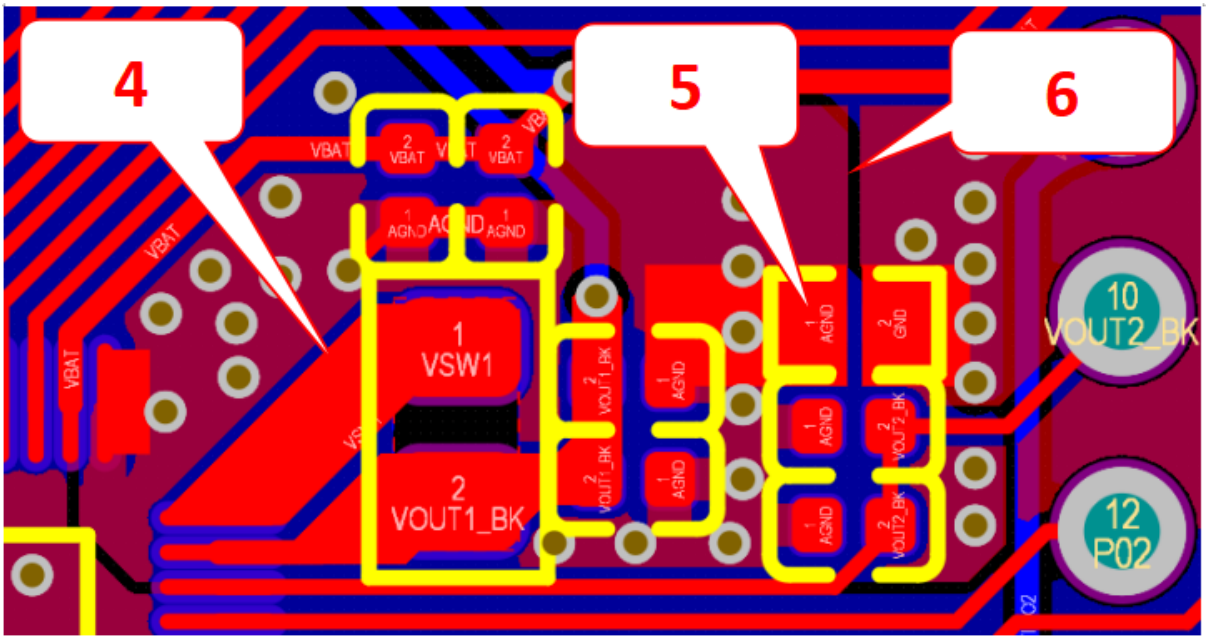


图 52: DC-DC 单点接地顶层布局示意图

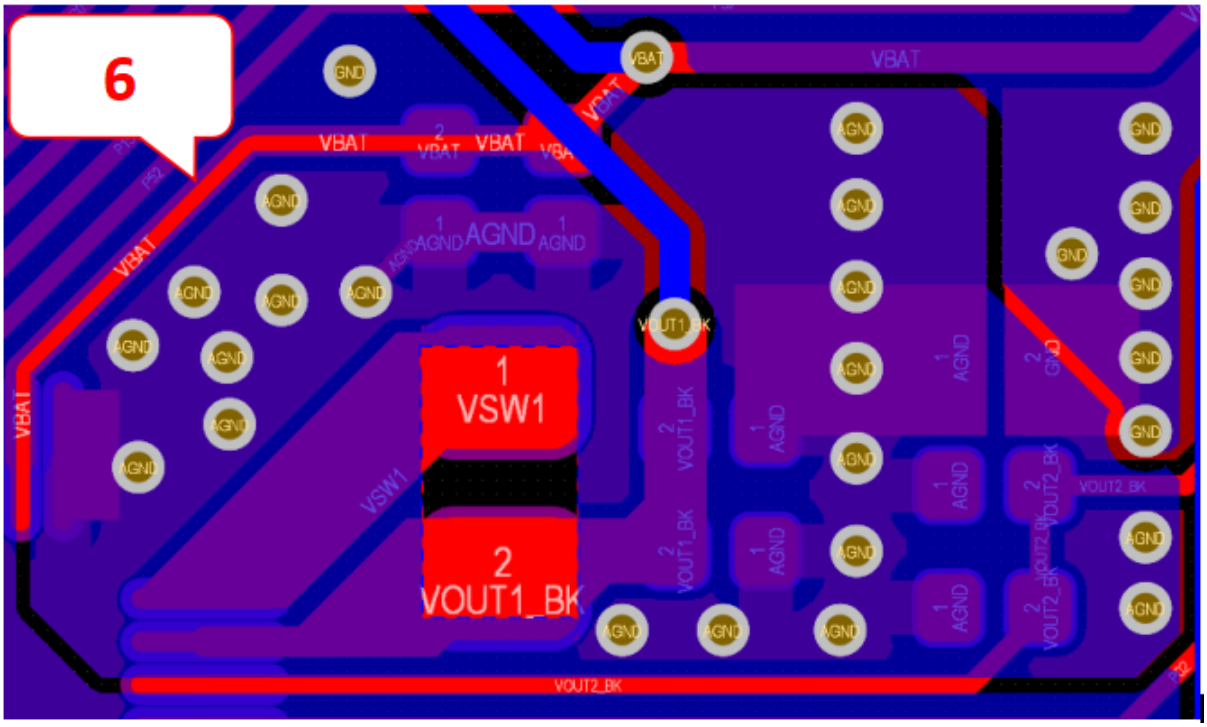


图 53: DC-DC 单点接地底层布局示意图

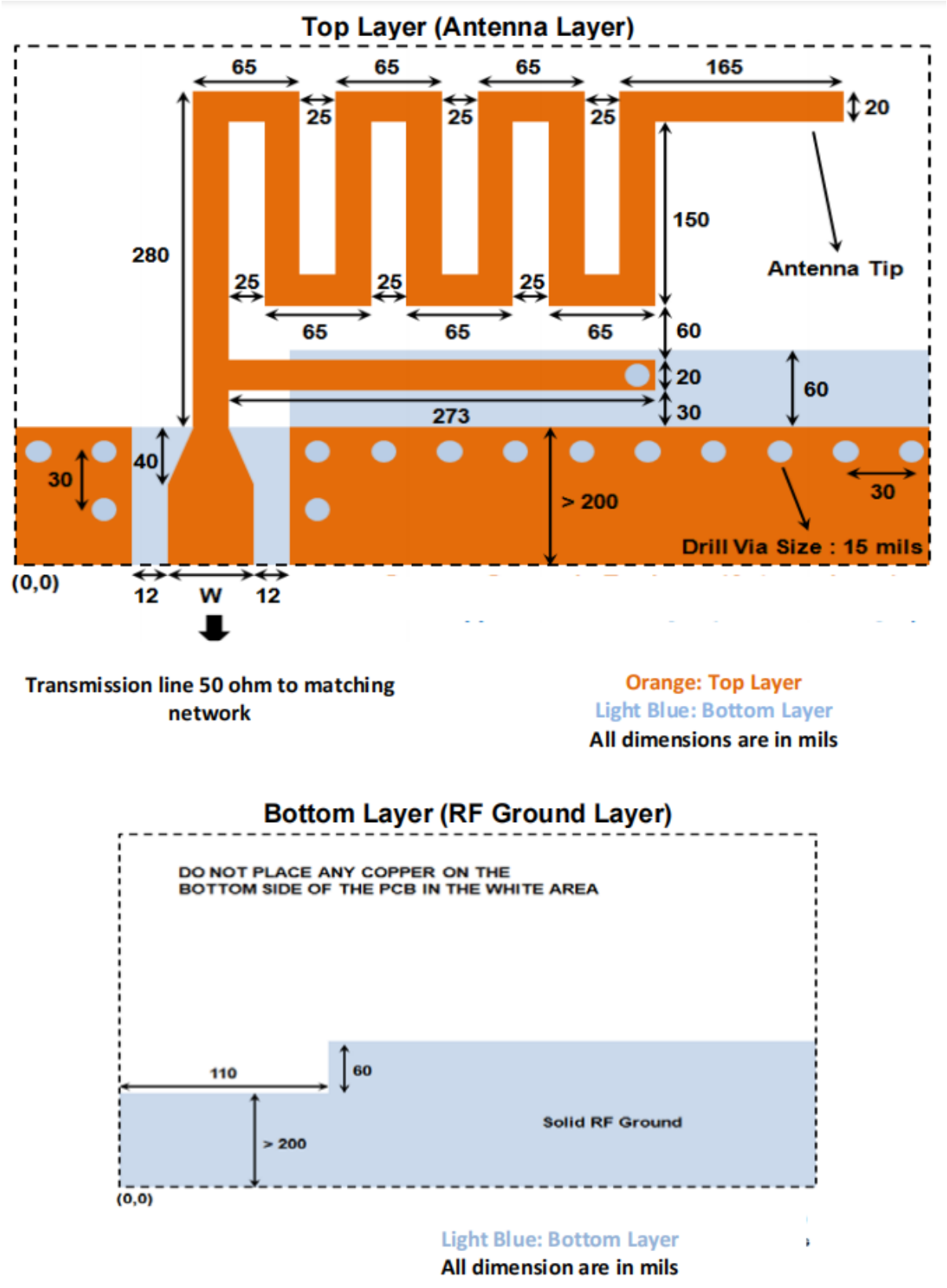
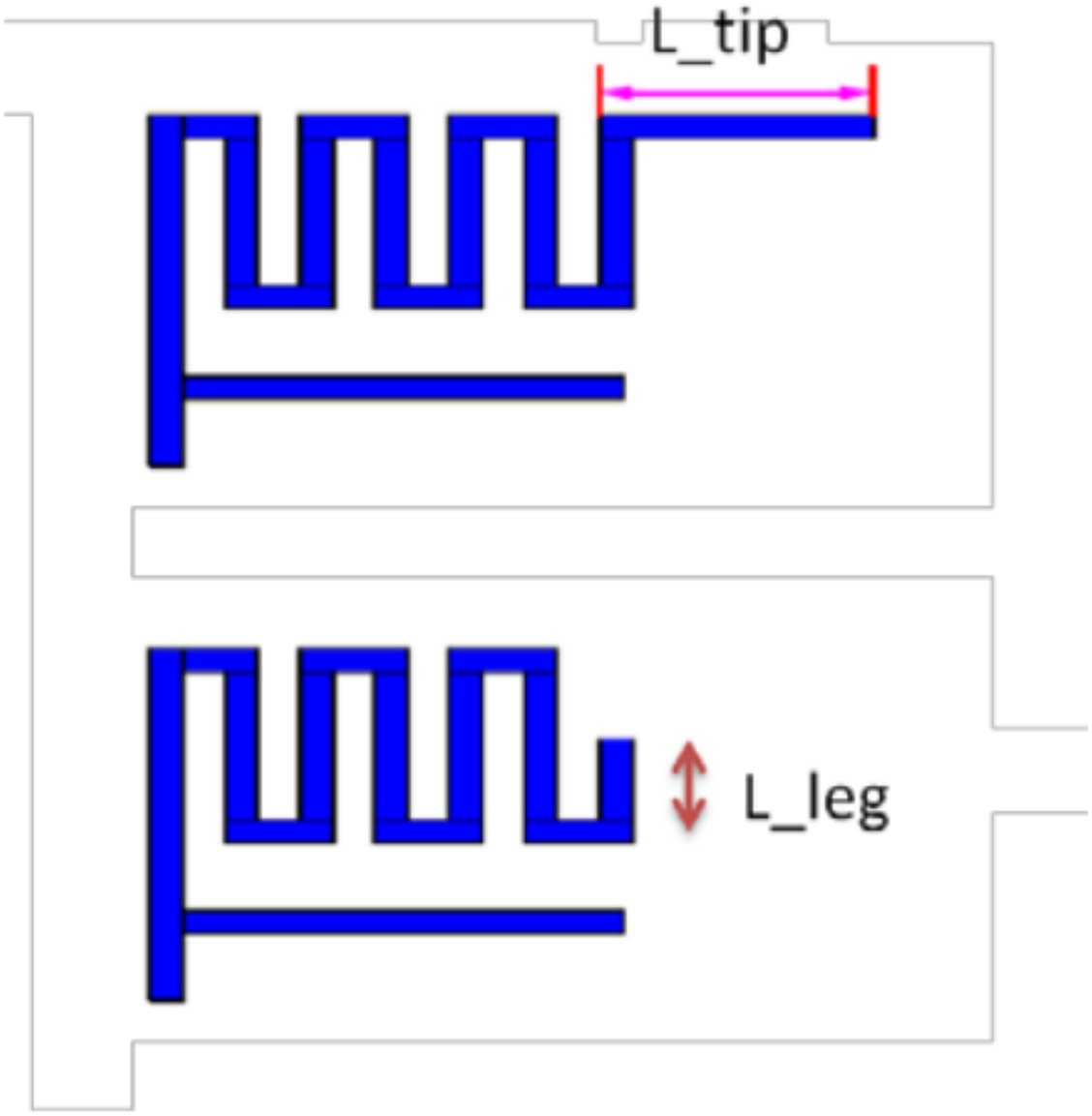


图 54: 天线设计尺寸参考示意图



PCB Thickness	Antenna L_Tip / L_leg
16 mils	L_tip= 353 Mils
31 mils	L_tip= 165 Mils
47 mils	L_tip= 125 Mils
62 mils	L_leg= 115 Mils

图 55: 天线设计匹配参考示意图

Chapter 3

演示例程

3.1 例程介绍

3.1.1 基础例程

源码路径: `zephyr\samples_panchip\basic`。

- Basic: Blinky: 演示 LED 闪灯，`led0` 以一秒为周期亮灭。
- Basic: Button: 演示 Zephyr 对按键的支持功能，当按键按下时向 Console 打印 Log 的同时 `led0` 亮，松开后 `led0` 灭。
- Basic: Synchronization: 演示内核基本功能，系统启动两个线程交替向 `Console` 打印消息。
- Basic: Hello World: 演示打印功能，支持 `mcu boot`。

3.1.2 蓝牙例程

源码路径: `zephyr\samples_panchip\bluetooth`。

- Bluetooth: Beacon: 演示蓝牙 beacon。
- Bluetooth: Central: 演示蓝牙主机功能，发现设备并与设备建立连接和断连。
- Bluetooth: Central Audio: 演示蓝牙语音传输主机端。
- Bluetooth: Central Heart-rate Monitor: 演示蓝牙主机功能，主要是 HR (heart-rate) 服务相关，包括：发现设备, 解析广播数据并与包含 HR 服务的设备建立连接；查找并订阅 HR 服务。
- Bluetooth: Central Health Thermometer sensor: 演示蓝牙主机功能，主要是 HT (health thermometer) 服务相关，包括：发现设备, 解析广播数据并与包含 HT 服务的设备建立连接；查找并订阅 HT 服务。
- Bluetooth: Central Multilink: 演示主机多连接功能，可以发现设备并与最多 8 个从机设备建立连接。
- Bluetooth: Eddystone: 演示 Google `Eddystone Configuration Service` 和 `Eddystone beacon` 功能。
- Bluetooth: HCI UART: 单 BLE Controller，可以通过串口发送 HCI 命令，用于 DTM，或者配合外部 Host 使用。
- Bluetooth: iBeacon: 演示 Apple iBeacon 功能，在支持 iBeacon 的应用上，可以粗略的显示距离信息。
- Bluetooth: IoT WeChat: 演示微信硬件开发平台的 `AirSync` 协议。
- Bluetooth: Mesh Demo: 演示 MESH 组网，friend-LPN，heartbeat publish 等。

- Bluetooth: Mesh Echo: 演示蓝牙 MESH 功能，可与 Google ECHO 音响进行绑定，并进行开关灯控制。
- Bluetooth: Mesh Provisioner: 演示蓝牙 MESH Provisioner 功能，先进行自我配置 netkey，存储，然后通过 pb adv 对其他待入网设备广播进行扫描，建立 link，入网的流程，并包括后续的配置流程。
- Bluetooth: Mesh Speaker: 演示蓝牙 MESH 功能，可与天猫精灵、百度小度音响进行绑定，并进行开关灯控制。
- Bluetooth: Multi-roles: 演示蓝牙多角色（主从一体）功能，可以通过 `shell` 进行广播、扫描和连接，支持最多 8 组连接。
- Bluetooth: Peripheral: 演示蓝牙从机功能，包含 GATT 服务: CTS/BAS/HRS。
- Bluetooth: Peripheral Audio: 演示蓝牙语音传输从机端。
- Bluetooth: Peripheral CSC: 演示蓝牙从机功能，包含 GATT 服务：CSC (Cycling Speed and Cadence)。
- Bluetooth: Peripheral DIS: 演示蓝牙从机功能，包含 GATT 服务: DIS (Device Information)。
- Bluetooth: Peripheral ESP: 演示蓝牙从机功能，包含 GATT 服务: ESP (Environmental Sensing Profile)。
- Bluetooth: Peripheral HIDs: 演示蓝牙从机功能，包含 GATT 服务：HID，通用鼠标。
- Bluetooth: Peripheral Heart-rate Monitor: 演示蓝牙从机功能，包含 GATT 服务：HR (Heart Rate)，连接订阅服务后，会上报虚拟的心率值。
- Bluetooth: Peripheral Health Thermometer sensor: 演示蓝牙从机功能，包含 GATT 服务：HT (Health Thermometer)，连接订阅服务后，会上报虚拟的温度数据。
- Bluetooth: Peripheral Identity: 演示从机多连接功能，可以与最多 8 个主机设备建立连接。
- Bluetooth: Peripheral OTA: 演示蓝牙从机 OTA (Over-The-Air) 无线升级功能。
- Bluetooth: Scan & Advertise: 演示蓝牙广播和扫描功能，将扫描到的设备个数，放在特定的广播数据中发出去。

3.1.3 外设驱动例程

源码路径: `zephyr\samples_panchip\drivers`。

- Driver: ACC: 演示硬件乘法器除法器功能。
- Driver: ADC: 演示 adc 单次转换与多次转换功能。
- Driver: Clock Control: 演示 Clock Control API 使用方法及切换系统时钟的方法。
- Driver: Counter: 演示硬件计数器循环计数功能。
- Driver: DMA M2M: 演示 DMA 的 Memory to Memory 功能。
- Driver: DMA M2P&P2M: 演示 DMA 的 Memory to Peripheral 和 Peripehral to Memory 功能。
- Driver: Flash Shell: 演示 flash 读写擦功能。
- Driver: GPIO: 演示 gpio 输入输出及中断功能。
- Driver: I2C Master: 演示 i2c master 读写功能。
- Driver: I2C Slave: 演示 i2c slave 读写功能。
- Driver: Kscan: 演示 Kscan API 使用方法及演示。
- Driver: Pinmux: 演示开启或关闭 SoC 内部上拉或下拉电阻及切换引脚功能。
- Driver: Power Management: 演示 Zephyr 低功耗流程。
- Driver: PWM & RGB: 演示用 PWM 控制 rgb 灯的功能。

- Driver: QDEC & PWM: 演示 qdec 计数功能。
- Driver: SPI Master: 演示 spi master 读写功能。
- Driver: UART FIFO: 演示 uart 收发功能。
- Driver: Watchdog: 演示 Watchdog 看门狗功能。

3.1.4 私有 2.4G 例程

源码路径: `zephyr\samples_panchip\proprietary_radio`。

- PRF: IO Pulse Receiver: 演示脉冲传输功能，接收发送端的 2.4G 信号，并恢复出波形，通过 IO 口输出。
- PRF: IO Pulse Transmitter: 演示脉冲传输功能，通过 IO 口接收将外部的 PWM 波形，并通过 2.4G 传输给接收端设备。
- PRF: 2.4G Receiver: 演示 2.4G 接收端功能。
- PRF: 2.4G Transmitter: 演示 2.4G 发送端功能。

3.1.5 解决方案

源码路径: `zephyr\samples_panchip\solutions`。

- Solution: BLE Google Light: 谷歌灯解决方案，通过谷歌音响控制灯。
- Solution: BLE HID Selfie: 自拍解决方案，通过蓝牙 HID 控制手机拍照。
- Solution: BLE Panchip-CTE Beacon: 磐启定位标签解决方案，通过广播发送特定的定位数据。
- Solution: BLE RGB Light: 蓝牙 RGB 三色灯解决方案，可以用小程序连接并进行控制。
- Solution: Mesh Panchip: 蓝牙 MESH 解决方案，支持远程入网，OTA 灯。
- Solution: Multi Model Mouse: 鼠标解决方案，支持 BLE、2.4G、USB 三种模式。
- Solution: PRF Model Dongle: PRF Model Dongle 接收器，配合鼠标使用，支持 2.4G。

3.1.6 子系统例程

源码路径: `zephyr\samples_panchip\subsys`。

- Subsys: USB HID Mouse: 演示 usb 作为鼠标的驱动识别和控制
- Subsys: USB DFU: 演示 usb 作为 DFU Device 的识别和升级流程

3.1.7 ANT+ 例程

源码路径: `zephyr\samples_panchip\ant_plus`。

- ANT+: ANT HRM: 演示 ANT+ 心率传感器
- ANT+: ANT BSC: 演示 ANT+ 踏频速度传感器
- ANT+: ANT BPWR: 演示 ANT+ 功率传感器
- ANT+: ANT BRADAR: 演示 ANT+ 雷达传感器
- ANT+: ANT PM: 演示 ANT+ 低功耗心率传感器
- ANT&BLE: ANT BLE HRM: 演示 ANT+&BLE 双模心率传感器

注解: SDK 中的所有例程均已适配了 PAN1080 EVB 开发板，我们可在 `zephyr\boards\arm\` 路径下找到当前支持的开发板配置文件。

开发版的配置信息存储在各自目录下的 `*.dts` 中。

- pan108xxb5_evb
  - console, shell-uart, bt-c2h-uart
    - uart0: TX: P00, RX: P01, 8N1, baudrate: 921600
  - LEDs
    - led_blue (led0): P16, active high
  - PWM LEDs
    - pwm_led_red: pwm0_ch4, P10
    - pwm_led_green: pwm0_ch5, P11
    - pwm_led_blue: pwm0_ch6, P16
  - Buttons
    - key1: P04, active low, pull-up enable
    - key2: P05, active low, pull-up enable

3.2 例程列表

3.2.1 ANT+ 例程

ANT&BLE: ANT BLE BPWR

重要: 此例程仅存在于特殊版本的 SDK 中，如有需要请联系 Panchip。

1 **功能概述** `ant_ble_bpwr` 演示了 ANT+ Bicycle power profile 和 ble 双模在 PAN1081 SoC 上的使用方法，主要包括：

- ANT+ 功率传感器例程
- BLE 功率传感器例程

此例程是 ANT+ 和 BLE 双模应用，支持 ANT+ 和 BLE 同时工作。

2 **环境准备**

- PAN1081 EVB 一块
- Type-C USB 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- 硬件接线：
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB Type-C USB（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**或者**跳线帽**将 EVB 上的:
    - TX0 与 P00 相连
    - RX0 与 P01 相连

- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600
- 码表或者其他 ANT 接收设备，手机（nrf connect）

3 编译和烧录 例程位置：`<PAN1080-DK>\01_SDK\zephyr\samples_panchip\ant_plus\ant_ble_bpwr`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明 本例程中：

1. 例程按照 ANT+ 协议上报功率数据。
2. 例程按照 BLE 协议上报功率数据。
3. 例程自带的模拟器支持手动模式和自动模式改变发送数据

   手动和自动模式切换需要在 `sdk_config.h` 文件修改以下宏，1 代表自动模式，0 代表手动模式

```
#define BPWR_SIMULATOR_AUTO_UPDATE          1
```

   - 自动模式

     自动模式下心率数据会自动变化并上报，此时观察码表或其他接收设备会看到功率项的显示在变化。

   - 手动模式

     手动模式需要按键控制数据的变化，EVB 板的 Key1 实现功率值增加，Key2 实现功率值数减少。

4.1 例程日志： 低功耗例程默认不开日志，如打开日志，运行正常，会持续输出如下日志：

```
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0-528-ga1bfaee13973  ***
*** libble-v1.1.0-950c3eb ***
*** libant-v1.0.0-5745a878 ***
ANT+ and BLE Bicycle power TX sample started.
Bluetooth initialized
Advertising successfully started
[00:00:00.002,000] <wrn> bt_hci_core: Failed to set device name (-12)
[00:00:00.106,000] <inf> bt_hci_core: Identity: EF:1D:A6:F8:32:0F (random)
[00:00:00.106,000] <inf> bt_hci_core: HCI: version 5.1 (0x0a) revision 0x0003, manufacturer␣
↪0x07d1
[00:00:00.106,000] <inf> bt_hci_core: LMP: version 5.1 (0x0a) subver 0x0000
[00:00:00.110,000] <inf> bt_adv: Start Advertising as EF:1D:A6:F8:32:0F (random)
instant power: 1000
accumul power: 1000

instant power: 1000
accumul power: 2000
......
```

4.2 三种模式切换 本例程支持 standard、wheel torque、Crank torque 三种模式，切换模式需要在 `sdk_config.h` 文件修改以下宏

```
/* <0=> Power Only Sensor    */
/* <1=> Wheel Torque Sensor  */
/* <2=> Crank Torque Sensor  */
#define SENSOR_TYPE                     0
```

4.3 **电量检测** 如果需要打开并电量检测并上报，则修改 sdk_config.h 中的如下宏为 1 即可

```
/* Battery power detection enable */
#define BPWR_BATTERY_POWER_ENABLE        1
```

5 开发者说明

1. 启用 ANT 模块，需要在 prj.conf 文件中添加" CONFIG_USE_PANPLAT_ANT=y" 和" CONFIG_USE_BLE_PRF_DUAL_MODE=y"

```
CONFIG_USE_PANPLAT_ANT=y
CONFIG_USE_BLE_PRF_DUAL_MODE=y
```

2. 启用 BLE 模块，需要在 prj.conf 文件中添加以下宏定义

```
CONFIG_BT=y
CONFIG_BT_SMP=n
CONFIG_BT_PERIPHERAL=y
CONFIG_BT_DIS=y
CONFIG_BT_DIS_PNP=n
CONFIG_BT_BAS=y
CONFIG_BT_DEVICE_NAME="bpwr peripheral"
CONFIG_BT_DEVICE_APPEARANCE=833
CONFIG_USE_BLE_PRF_DUAL_MODE=y
CONFIG_BT_AUTO_PHY_UPDATE=n
CONFIG_BT_USER_DEFINED_PUBLIC_MAC=y
CONFIG_BT_DEBUG_LOG=y
```

3. 初始化 ANT

- 通道配置

  ANT 通信是基于通道的，所以配置通道是必不可少的步骤。下列是通道配置的参数

```
ant_channel_config_t channel_cfg = {
        .channel_num = BPWR_CHANNEL_NUMBER,           // 通道号，默认为 0
        .channel_type = BPWR_CHANNEL_TYPE,            // 通道类型，Master or slave
        .ext_assign = 0,                              // 暂不支持，填 0 即可
        .rf_frequency = BPWR_RF_FREQ,                 // 通信频率，ANT+ 固定为 2457
        .transmission_type = BPWR_TRANSMISSION_TYPE,  // 传输类型，按照协议规定设置
        .device_type = BPWR_DEVICE_TYPE,              // 设备类型，按照协议规定设置
        .device_num = BPWR_DEVICE_NUMBER,             // 设备编号 16bit，自定义
        .channel_period = BPWR_MSG_PERIOD,            // 通道周期，按照协议固定设置
        .network_number = BPWR_NETWORK_NUMBER         // 网络号，必须设置为 0，不支持其
他网络号
};
```

- 设置网络

  下列接口实现设置 ANT+ 网络

```
ant_plus_key_set(channel_cfg.channel_num);
```

- 启动 ANT

  下列接口实现启动 ANT 协议

```
ant_stack_init();
```

4. 初始化 profile

- 下列接口实现功率传感器的初始化

```
err_code = ant_bpwr_sensor_init(&bpwr_profile, &channel_cfg);
```

- 下列接口实现打开功率传感器

```
err_code = ant_bpwr_sensor_open(&bpwr_profile);
```

- 下列接口实现注册 bpwr 的 handler 函数，handler 函数需要处理 ANT 栈返回的一些消息，比如发送成功消息，发送失败消息，接收到数据的消息等等。

```
ant_evt_handle_register(&evt);
```

5. 初始化 BLE

```
ble_init();
```

重要: 注：接口调用顺序必须严格按照 sample 中的调用顺序，否则可能会有错误!

6. 初始化 simulator

   SDK 为 bpwr 提供了一个 simulator，以便于实例程序可以模拟实际数据进行测试。

   下列接口实现初始化 bpwr simulator。参数 BPWR_SIMULATOR_AUTO_UPDATE 为 1 表示 simulator 自动改变发送数据，为 0 表示需要人工按键改变发送数据。

```
ant_bpwr_simulator_init(&bpwr_profile, BPWR_SIMULATOR_AUTO_UPDATE);
```

7. 更新数据

   下列接口实现更新发送数据。实际使用根据需要可以实现自己的更新函数

```
ant_bpwr_update_simulator(&bpwr_profile, 0);
```

8. 发送数据

   下列接口实现推送发送数据的事件。实际使用中根据是否需要更新发送数据的情况调用

```
ant_bpwr_sensor_evt_handler(&ant_evt, &bpwr_profile);
```

9. BLE 发送数据接口

```
ble_send(power);
```

10. OTA

    此例程支持 OTA，如需 OTA 需要在 `prj.conf` 中打开如下宏定义

```
######################  OTA CONFIG  ############################
# Allow for large Bluetooth data packets.
CONFIG_BT_L2CAP_TX_MTU=252
CONFIG_BT_BUF_ACL_RX_SIZE=256

# Enable the Bluetooth (unauthenticated) and shell mcumgr transports.
CONFIG_MCUMGR_SMP_BT=y
CONFIG_MCUMGR_SMP_BT_AUTHEN=n

# Enable the LittleFS file system.
CONFIG_FILE_SYSTEM=y
CONFIG_FILE_SYSTEM_LITTLEFS=y

# Add 256 bytes to accommodate upload command (lfs_stat overflows)
CONFIG_SYSTEM_WORKQUEUE_STACK_SIZE=2304
```

(下页继续)

(续上页)

```
# Enable mcumgr.
CONFIG_MCUMGR=y

# Ensure an MCUboot-compatible binary is generated.
CONFIG_BOOTLOADER_MCUBOOT=y

# Required by the `taskstat` command.
CONFIG_THREAD_MONITOR=y

# Enable statistics and statistic names.
CONFIG_STATS=y
CONFIG_STATS_NAMES=y

# Enable most core commands.
CONFIG_MCUMGR_CMD_IMG_MGMT=y
CONFIG_MCUMGR_CMD_OS_MGMT=y
CONFIG_MCUMGR_CMD_STAT_MGMT=y
#############################################################################
```

11. ANT+ 和 BLE 的参数获取

    我们在实际应用中，如果需要自行设置每个芯片的 BLE 广播名称和 MAC 地址以及 ANT+ 的设备编号等等参数，目前我们支持使用 PanLink 烧录这些参数，sample 中演示了读取这些参数的方法，如未烧录参数则使用系统默认的参数。

    目前支持烧录的参数如下所示：

```
BLE 广播名称
BLE MAC 地址
ANT+ 设备编号
ANT+ 序列号
ANT+ 拓展设备编号
ANT+ 制造商编号
ANT+ 软件版本号
ANT+ 硬件版本号
ANT+ 设备型号
```

```
/* 此接口实现了获取参数 */
uint8_t load_info_config(uint8_t *data)
```

小技巧: 更多 BLE 开发指南请参考 BLE 相关文档。

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      223016 B      1020 KB     21.35%
SRAM:        35148 B        52 KB     66.01%
```

ANT&BLE: ANT BLE BRADAR

重要: 此例程仅存在于特殊版本的 SDK 中，如有需要请联系 Panchip。

1 功能概述 `ant_ble_bradar` 演示了 ANT+ Bike radar profile 和 ble 双模在 PAN1081 SoC 上的使用方法，主要包括：

- ANT+ 雷达传感器例程
- BLE 雷达传感器例程

此例程是 ANT+ 和 BLE 双模应用，支持 ANT+ 和 BLE 同时工作。

2 环境准备

- PAN1081 EVB 一块
- Type-C USB 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- 硬件接线：
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB Type-C USB（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**或者**跳线帽**将 EVB 上的:
    - TX0 与 P00 相连
    - RX0 与 P01 相连
- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600
- 码表或者其他 ANT 接收设备，手机（nrf connect）

3 编译和烧录

例程位置：`zephyr\samples_panchip\ant_plus\ant_ble_bradar`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

本例程中：

1. 例程按照 ANT+ 协议上报雷达数据。
2. 例程按照 BLE 协议上报雷达数据。
3. 例程自带的模拟器支持手动模式和自动模式改变发送数据

   手动和自动模式切换需要在 `sdk_config.h` 文件修改以下宏，1 代表自动模式，0 代表手动模式

   ```
   #define BRADAR_SIMULATOR_AUTO_UPDATE          1
   ```

   - 自动模式

     自动模式下心率数据会自动变化并上报，此时观察码表或其他接收设备会看到雷达目标在变化。

   - 手动模式

     手动模式需要按键控制数据的变化，EVB 板的 Key1 实现雷达目标在加速，Key2 实现雷达目标在减速。

4.1 例程日志：

低功耗例程默认不开日志，如打开日志，运行正常，会持续输出如下日志：

```
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0-528-ga1bfaee13973  ***
*** libble-v1.1.0-950c3eb ***
*** libant-v1.0.0-5745a878 ***
ANT+ and BLE Bike Radar TX sample started.
Bluetooth initialized
Advertising successfully started
[00:00:00.002,000] <wrn> bt_hci_core: Failed to set device name (-12)
[00:00:00.106,000] <inf> bt_hci_core: Identity: EF:1D:A6:F8:32:0F (random)
[00:00:00.106,000] <inf> bt_hci_core: HCI: version 5.1 (0x0a) revision 0x0003, manufacturer␣
↪0x07d1
[00:00:00.106,000] <inf> bt_hci_core: LMP: version 5.1 (0x0a) subver 0x0000
```

(下页继续)

(续上页)

```
[00:00:00.110,000] <inf> bt_adv: Start Advertising as EF:1D:A6:F8:32:0F (random)
TX success
TX success
TX success
TX success
......
```

4.2 **电量检测** 如果需要打开并电量检测并上报，则修改 sdk_config.h 中的如下宏为 1 即可

```
/* Battery power detection enable */
#define BRADAR_BATTERY_POWER_ENABLE        1
```

5 开发者说明

1. 启用 ANT 模块，需要在 prj.conf 文件中添加" CONFIG_USE_PANPLAT_ANT=y" 和" CONFIG_USE_BLE_PRF_DUAL_MODE=y"

   ```
   CONFIG_USE_PANPLAT_ANT=y
   CONFIG_USE_BLE_PRF_DUAL_MODE=y
   ```

2. 启用 BLE 模块，需要在 prj.conf 文件中添加以下宏定义

   ```
   CONFIG_BT=y
   CONFIG_BT_SMP=n
   CONFIG_BT_PERIPHERAL=y
   CONFIG_BT_DIS=y
   CONFIG_BT_DIS_PNP=n
   CONFIG_BT_BAS=y
   CONFIG_BT_DEVICE_NAME="radar peripheral"
   CONFIG_BT_DEVICE_APPEARANCE=833
   CONFIG_USE_BLE_PRF_DUAL_MODE=y
   CONFIG_BT_AUTO_PHY_UPDATE=n
   CONFIG_BT_USER_DEFINED_PUBLIC_MAC=y
   CONFIG_BT_DEBUG_LOG=y
   ```

3. 初始化 ANT

   - 通道配置

     ANT 通信是基于通道的，所以配置通道是必不可少的步骤。下列是通道配置的参数

     ```
     ant_channel_config_t channel_cfg = {
             .channel_num = BRADAR_CHANNEL_NUMBER,            // 通道号，默认为 0
             .channel_type = BRADAR_CHANNEL_TYPE,             // 通道类型，Master or slave
             .ext_assign = 0,                                 // 暂不支持，填 0 即可
             .rf_frequency = BRADAR_RF_FREQ,                  // 通信频率，ANT+ 固定为 2457
             .transmission_type = BRADAR_TRANSMISSION_TYPE,   // 传输类型，按照协议规定设置
             .device_type = BRADAR_DEVICE_TYPE,               // 设备类型，按照协议规定设置
             .device_num = BRADAR_DEVICE_NUMBER,              // 设备编号 16bit，自定义
             .channel_period = BRADAR_MSG_PERIOD,             // 通道周期，按照协议固定设置
             .network_number = BRADAR_NETWORK_NUMBER          // 网络号，必须设置为 0，不支持
     其他网络号
     };
     ```

   - 设置网络

     下列接口实现设置 ANT+ 网络

     ```
     ant_plus_key_set(channel_cfg.channel_num);
     ```

- 启动 ANT

  下列接口实现启动 ANT 协议

```
ant_stack_init();
```

4. 初始化 profile

   - 下列接口实现心率传感器的初始化

```
err_code = ant_bradar_sensor_init(&bradar_profile, &channel_cfg);
```

   - 下列接口实现打开心率传感器

```
err_code = ant_bradar_sensor_open(&bradar_profile);
```

   - 下列接口实现注册 bradar 的 handler 函数，handler 函数需要处理 ANT 栈返回的一些消息，比如发送成功消息，发送失败消息，接收到数据的消息等等。

```
ant_evt_handle_register(&evt);
```

5. 初始化 BLE

```
ble_init();
```

重要: 注：接口调用顺序必须严格按照 sample 中的调用顺序，否则可能会有错误!

6. 初始化 simulator

   SDK 为 bradar 提供了一个 simulator，以便于实例程序可以模拟实际数据进行测试。

   下列接口实现初始化 bradar simulator。参数 BRADAR_SIMULATOR_AUTO_UPDATE 为 1 表示 simulator 自动改变发送数据，为 0 表示需要人工按键改变发送数据。

```
ant_bradar_simulator_init(&bradar_profile, BRADAR_SIMULATOR_AUTO_UPDATE);
```

7. 更新数据

   下列接口实现更新发送数据。实际使用根据需要可以实现自己的更新函数

```
ant_bradar_update_simulator(&bradar_profile, 0);
```

8. 发送数据

   下列接口实现推送发送数据的事件。实际使用中根据是否需要更新发送数据的情况调用

```
ant_bradar_sensor_evt_handler(&ant_evt, &bradar_profile);
```

9. BLE 发送数据接口

```
ble_send(&radar_data);
```

10. OTA

    此例程支持 OTA，如需 OTA 需要在 `prj.conf` 中打开如下宏定义

```
######################  OTA CONFIG  ############################
# Allow for large Bluetooth data packets.
CONFIG_BT_L2CAP_TX_MTU=252
CONFIG_BT_BUF_ACL_RX_SIZE=256

# Enable the Bluetooth (unauthenticated) and shell mcumgr transports.
CONFIG_MCUMGR_SMP_BT=y
```

(下页继续)

(续上页)

```
CONFIG_MCUMGR_SMP_BT_AUTHEN=n

# Enable the LittleFS file system.
CONFIG_FILE_SYSTEM=y
CONFIG_FILE_SYSTEM_LITTLEFS=y

# Add 256 bytes to accommodate upload command (lfs_stat overflows)
CONFIG_SYSTEM_WORKQUEUE_STACK_SIZE=2304

# Enable mcumgr.
CONFIG_MCUMGR=y

# Ensure an MCUboot-compatible binary is generated.
CONFIG_BOOTLOADER_MCUBOOT=y

# Required by the `taskstat` command.
CONFIG_THREAD_MONITOR=y

# Enable statistics and statistic names.
CONFIG_STATS=y
CONFIG_STATS_NAMES=y

# Enable most core commands.
CONFIG_MCUMGR_CMD_IMG_MGMT=y
CONFIG_MCUMGR_CMD_OS_MGMT=y
CONFIG_MCUMGR_CMD_STAT_MGMT=y
###############################################################################
```

11. ANT+ 和 BLE 的参数获取

    我们在实际应用中，如果需要自行设置每个芯片的 BLE 广播名称和 MAC 地址以及 ANT+ 的设备编号等等参数，目前我们支持使用 PanLink 烧录这些参数，sample 中演示了读取这些参数的方法，如未烧录参数则使用系统默认的参数。

    目前支持烧录的参数如下所示：

```
BLE 广播名称
BLE MAC 地址
ANT+ 设备编号
ANT+ 序列号
ANT+ 拓展设备编号
ANT+ 制造商编号
ANT+ 软件版本号
ANT+ 硬件版本号
ANT+ 设备型号
```

```
/* 此接口实现了获取参数 */
uint8_t load_info_config(uint8_t *data)
```

小技巧: 更多 BLE 开发指南请参考 BLE 相关文档。

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      221356 B      1020 KB     21.19%
SRAM:        34764 B        52 KB     65.29%
```

ANT&BLE: ANT BLE BSC

重要: 此例程仅存在于特殊版本的 SDK 中，如有需要请联系 Panchip。

1 **功能概述** `ant_ble_bsc` 演示了 ANT+ bicycle speed and cadence profile 和 ble CSC 双模在 PAN1081 SoC 上的使用方法，主要包括:

- ANT+ 踏频速度传感器例程
- BLE 踏频速度传感器例程

此例程是 ANT+ 和 BLE 双模应用，支持 ANT+ 和 BLE 同时工作。

2 **环境准备**

- PAN1081 EVB 一块
- Type-C USB 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- 硬件接线:
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB Type-C USB（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**或者**跳线帽**将 EVB 上的:
    - TX0 与 P00 相连
    - RX0 与 P01 相连
- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600
- 码表或者其他 ANT 接收设备，手机（nrf connect）

3 **编译和烧录** 例程位置: `zephyr\samples_panchip\ant_plus\ant_ble_bsc`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考: Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 **演示说明** 本例程中:

1. 例程按照 ANT+ 协议上报踏频速度数据。
2. 例程按照 BLE 协议上报踏频速度数据。
3. 例程自带的模拟器支持手动模式和自动模式改变发送数据

   手动和自动模式切换需要在 `sdk_config.h` 文件修改以下宏，1 代表自动模式，0 代表手动模式

   ```
   #define BSC_SIMULATOR_AUTO_UPDATE          1
   ```

   - 自动模式

     自动模式下心率数据会自动变化并上报，此时观察码表或其他接收设备会看到踏频速度项的显示在变化。
   - 手动模式

     手动模式需要按键控制数据的变化，EVB 板的 Key1 实现数值增加，Key2 实现数值减少。

4.1 **例程日志:** 低功耗例程默认不开日志，如打开日志，运行正常，会持续输出如下日志:

```
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0-528-ga1bfaee13973  ***
*** libble-v1.1.0-950c3eb ***
*** libant-v1.0.0-5745a878 ***
ANT+ and BLE Bicycle Speed and Cadence TX sample started.
Bluetooth initialized
Advertising successfully started
[00:00:00.002,000] <wrn> bt_hci_core: Failed to set device name (-12)
[00:00:00.106,000] <inf> bt_hci_core: Identity: EF:1D:A6:F8:32:0F (random)
[00:00:00.106,000] <inf> bt_hci_core: HCI: version 5.1 (0x0a) revision 0x0003, manufacturer␣
↪0x07d1
[00:00:00.106,000] <inf> bt_hci_core: LMP: version 5.1 (0x0a) subver 0x0000
[00:00:00.110,000] <inf> bt_adv: Start Advertising as EF:1D:A6:F8:32:0F (random)
rev count: 0
event time: 1024

rev count: 60
event time: 2048
......
```

4.2 **电量检测** 如果需要打开并电量检测并上报，则修改 `sdk_config.h` 中的如下宏为 1 即可

```
/* Battery power detection enable */
#define BSC_BATTERY_POWER_ENABLE        1
```

5 开发者说明

1. 启用 ANT 双模，需要在 `prj.conf` 文件中添加" CONFIG_USE_PANPLAT_ANT=y" 和" CONFIG_USE_BLE_PRF_DUAL_MODE=y"

   ```
   CONFIG_USE_PANPLAT_ANT=y
   CONFIG_USE_BLE_PRF_DUAL_MODE=y
   ```

2. 启用 BLE 模块，需要在 `prj.conf` 文件中添加以下宏定义

   ```
   CONFIG_BT=y
   CONFIG_BT_SMP=n
   CONFIG_BT_PERIPHERAL=y
   CONFIG_BT_DIS=y
   CONFIG_BT_DIS_PNP=n
   CONFIG_BT_BAS=y
   CONFIG_BT_DEVICE_NAME="CSC peripheral"
   CONFIG_BT_DEVICE_APPEARANCE=833
   CONFIG_USE_BLE_PRF_DUAL_MODE=y
   CONFIG_BT_AUTO_PHY_UPDATE=n
   CONFIG_BT_USER_DEFINED_PUBLIC_MAC=y
   CONFIG_BT_DEBUG_LOG=y
   ```

3. 初始化 ANT

   - 通道配置

     ANT 通信是基于通道的，所以配置通道是必不可少的步骤。下列是通道配置的参数

     ```
     ant_channel_config_t channel_cfg = {
             .channel_num = BSC_CHANNEL_NUMBER,          // 通道号，默认为 0
             .channel_type = BSC_CHANNEL_TYPE,           // 通道类型，Master or slave
             .ext_assign = 0,                            // 暂不支持，填 0 即可
             .rf_frequency = BSC_RF_FREQ,                // 通信频率，ANT+ 固定为 2457
             .transmission_type = BSC_TRANSMISSION_TYPE, // 传输类型，按照协议规定设置
             .device_type = BSC_DEVICE_TYPE,             // 设备类型，按照协议规定设置
     ```

(下页继续)

(续上页)

```
        .device_num = BSC_DEVICE_NUMBER,              // 设备编号 16bit，自定义
        .channel_period = BSC_MSG_PERIOD,             // 通道周期，按照协议固定设置
        .network_number = BSC_NETWORK_NUMBER          // 网络号，必须设置为 0，不支持其
他网络号
};
```

- 设置网络

  下列接口实现设置 ANT+ 网络

```
ant_plus_key_set(channel_cfg.channel_num);
```

- 启动 ANT

  下列接口实现启动 ANT 协议

```
ant_stack_init();
```

4. 初始化 profile

   - 下列接口实现踏频速度传感器的初始化

```
err_code = ant_bsc_sensor_init(&bsc_profile, &channel_cfg);
```

   - 下列接口实现打开踏频速度传感器

```
err_code = ant_bsc_sensor_open(&bsc_profile);
```

   - 下列接口实现注册 BSC 的 handler 函数，handler 函数需要处理 ANT 栈返回的一些消息，比如发送成功消息，发送失败消息，接收到数据的消息等等。

```
ant_evt_handle_register(&evt);
```

5. 初始化 BLE

```
ble_init();
```

重要: 注：接口调用顺序必须严格按照 sample 中的调用顺序，否则可能会有错误!

6. 初始化 simulator

   SDK 为 BSC 提供了一个 simulator，以便于实例程序可以模拟实际数据进行测试。

   下列接口实现初始化 bsc simulator。参数 BSC_SIMULATOR_AUTO_UPDATE 为 1 表示 simulator 自动改变发送数据，为 0 表示需要人工按键改变发送数据。

```
ant_bsc_simulator_init(&bsc_profile, BSC_SIMULATOR_AUTO_UPDATE);
```

7. 更新数据

   下列接口实现更新发送数据。实际使用根据需要可以实现自己的更新函数

```
ant_bsc_update_simulator(&bsc_profile, 0);
```

8. 发送数据

   下列接口实现推送发送数据的事件。实际使用中根据是否需要更新发送数据的情况调用

```
ant_bsc_sensor_evt_handler(&ant_evt, &bsc_profile);
```

9. BLE 发送数据接口

```
ble_send(event_time, rev_count);
```

10. OTA

    此例程支持 OTA，如需 OTA 需要在 `prj.conf` 中打开如下宏定义

```
######################  OTA CONFIG  ############################
# Allow for large Bluetooth data packets.
CONFIG_BT_L2CAP_TX_MTU=252
CONFIG_BT_BUF_ACL_RX_SIZE=256

# Enable the Bluetooth (unauthenticated) and shell mcumgr transports.
CONFIG_MCUMGR_SMP_BT=y
CONFIG_MCUMGR_SMP_BT_AUTHEN=n

# Enable the LittleFS file system.
CONFIG_FILE_SYSTEM=y
CONFIG_FILE_SYSTEM_LITTLEFS=y

# Add 256 bytes to accommodate upload command (lfs_stat overflows)
CONFIG_SYSTEM_WORKQUEUE_STACK_SIZE=2304

# Enable mcumgr.
CONFIG_MCUMGR=y

# Ensure an MCUboot-compatible binary is generated.
CONFIG_BOOTLOADER_MCUBOOT=y

# Required by the `taskstat` command.
CONFIG_THREAD_MONITOR=y

# Enable statistics and statistic names.
CONFIG_STATS=y
CONFIG_STATS_NAMES=y

# Enable most core commands.
CONFIG_MCUMGR_CMD_IMG_MGMT=y
CONFIG_MCUMGR_CMD_OS_MGMT=y
CONFIG_MCUMGR_CMD_STAT_MGMT=y
#############################################################################
```

11. ANT+ 和 BLE 的参数获取

    我们在实际应用中，如果需要自行设置每个芯片的 BLE 广播名称和 MAC 地址以及 ANT+ 的设备编号等等参数，目前我们支持使用 PanLink 烧录这些参数，sample 中演示了读取这些参数的方法，如未烧录参数则使用系统默认的参数。

    目前支持烧录的参数如下所示：

```
BLE 广播名称
BLE MAC 地址
ANT+ 设备编号
ANT+ 序列号
ANT+ 拓展设备编号
ANT+ 制造商编号
ANT+ 软件版本号
ANT+ 硬件版本号
ANT+ 设备型号
```

```
/* 此接口实现了获取参数 */
uint8_t load_info_config(uint8_t *data)
```

小技巧: 更多 BLE 开发指南请参考 BLE 相关文档。

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      220872 B      1020 KB     21.15%
SRAM:        34740 B        52 KB     65.24%
```

ANT&BLE: ANT BLE HRM

重要: 此例程仅存在于特殊版本的 SDK 中，如有需要请联系 Panchip。

1 功能概述 `ant_ble_hrm` 演示了 ANT+ hreat rate profile 和 ble hreat rate 双模在 PAN1080 SoC 上的使用方法，主要包括：

- ANT+ 心率传感器例程
- BLE 心率传感器例程

此例程是 ANT+ 和 BLE 双模应用，支持 ANT+ 和 BLE 同时工作。

2 环境准备

- PAN1081 EVB 一块
- Type-C USB 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- 硬件接线：
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB Type-C USB（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**或者**跳线帽**将 EVB 上的:
    - TX0 与 P00 相连
    - RX0 与 P01 相连
- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600
- 码表或者其他 ANT 接收设备，手机（nrf connect）

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\ant_plus\ant_ble_hrm`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明 本例程中：

1. 例程按照 ANT+ 协议上报心率数据。
2. 例程按照 BLE 协议上报心率数据。
3. 例程自带的模拟器支持手动模式和自动模式改变发送数据

   手动和自动模式切换需要在 `sdk_config.h` 文件修改以下宏，1 代表自动模式，0 代表手动模式

   ```
   #define HRM_SIMULATOR_AUTO_UPDATE          1
   ```

- 自动模式

  自动模式下心率数据会自动变化并上报，此时观察码表或其他接收设备会看到心率项的显示在变化。

- 手动模式

  手动模式需要按键控制数据的变化，EVB 板的 Key1 实现心率数增加，Key2 实现心率数减少。

4.1 **例程日志：** 低功耗例程默认不开日志，如打开日志，运行正常，会持续输出如下日志：

```
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0-528-ga1bfaee13973  ***
*** libble-v1.1.0-950c3eb ***
*** libant-v1.0.0-5745a878 ***
ANT+ and BLE Heart Rate TX sample started.
Bluetooth initialized
Advertising successfully started
[00:00:00.002,000] <wrn> bt_hci_core: Failed to set device name (-12)
[00:00:00.106,000] <inf> bt_hci_core: Identity: EF:1D:A6:F8:32:0F (random)
[00:00:00.106,000] <inf> bt_hci_core: HCI: version 5.1 (0x0a) revision 0x0003, manufacturer␣
↪0x07d1
[00:00:00.106,000] <inf> bt_hci_core: LMP: version 5.1 (0x0a) subver 0x0000
[00:00:00.110,000] <inf> bt_adv: Start Advertising as EF:1D:A6:F8:32:0F (random)
Hreat rate: 50
beat time: 1024

Hreat rate: 50
beat time: 1024
......
```

4.2 **电量检测** 如果需要打开并电量检测并上报，则修改 `sdk_config.h` 中的如下宏为 1 即可

```
/* Battery power detection enable */
#define HRM_BATTERY_POWER_ENABLE        1
```

5 开发者说明

1. 启用 ANT 模块，需要在 `prj.conf` 文件中添加” CONFIG_USE_PANPLAT_ANT=y” 和” CONFIG_USE_BLE_PRF_DUAL_MODE=y”

   ```
   CONFIG_USE_PANPLAT_ANT=y
   CONFIG_USE_BLE_PRF_DUAL_MODE=y
   ```

2. 启用 BLE 模块以及心率服务，需要在 `prj.conf` 文件中添加以下宏定义

   ```
   CONFIG_BT=y
   CONFIG_BT_SMP=n
   CONFIG_BT_PERIPHERAL=y
   CONFIG_BT_DIS=y
   CONFIG_BT_DIS_PNP=n
   CONFIG_BT_BAS=y
   CONFIG_BT_HRS=y  #BLE hreat rate service
   CONFIG_BT_DEVICE_NAME="Panchip_HRM"   #BLE broadcast name
   CONFIG_BT_DEVICE_APPEARANCE=833
   CONFIG_USE_BLE_PRF_DUAL_MODE=y
   CONFIG_BT_AUTO_PHY_UPDATE=n
   CONFIG_BT_USER_DEFINED_PUBLIC_MAC=y
   CONFIG_BT_DEBUG_LOG=y
   ```

3. 初始化 ANT

- 通道配置

  ANT 通信是基于通道的，所以配置通道是必不可少的步骤。下列是通道配置的参数

```
ant_channel_config_t channel_cfg = {
        .channel_num = HRM_CHANNEL_NUMBER,          // 通道号，默认为 0
        .channel_type = HRM_CHANNEL_TYPE,           // 通道类型，Master or slave
        .ext_assign = 0,                            // 暂不支持，填 0 即可
        .rf_frequency = HRM_RF_FREQ,                // 通信频率，ANT+ 固定为 2457
        .transmission_type = HRM_TRANSMISSION_TYPE, // 传输类型，按照协议规定设置
        .device_type = HRM_DEVICE_TYPE,             // 设备类型，按照协议规定设置
        .device_num = HRM_DEVICE_NUMBER,            // 设备编号 16bit，自定义
        .channel_period = HRM_MSG_PERIOD,           // 通道周期，按照协议固定设置
        .network_number = HRM_NETWORK_NUMBER        // 网络号，必须设置为 0，不支持其
他网络号
};
```

- 设置网络

  下列接口实现设置 ANT+ 网络

```
ant_plus_key_set(channel_cfg.channel_num);
```

- 启动 ANT

  下列接口实现启动 ANT 协议

```
ant_stack_init();
```

4. 初始化 profile
   - 下列接口实现心率传感器的初始化

```
err_code = ant_hrm_sensor_init(&hrm_profile, &channel_cfg);
```

   - 下列接口实现打开心率传感器

```
err_code = ant_hrm_sensor_open(&hrm_profile);
```

   - 下列接口实现注册 HRM 的 handler 函数，handler 函数需要处理 ANT 栈返回的一些消息，比如发送成功消息，发送失败消息，接收到数据的消息等等。

```
ant_evt_handle_register(&evt);
```

5. 初始化 BLE

```
ble_init();
```

重要: 注：接口调用顺序必须严格按照 sample 中的调用顺序，否则可能会有错误!

6. 初始化 simulator

   SDK 为 HRM 提供了一个 simulator，以便于实例程序可以模拟实际数据进行测试。

   下列接口实现初始化 hrm simulator。参数 HRM_SIMULATOR_AUTO_UPDATE 为 1 表示 simulator 自动改变发送数据，为 0 表示需要人工按键改变发送数据。

```
ant_hrm_simulator_init(&hrm_profile, HRM_SIMULATOR_AUTO_UPDATE);
```

7. 更新数据

   下列接口实现更新发送数据。实际使用根据需要可以实现自己的更新函数

```
ant_hrm_update_simulator(&hrm_profile, 0);
```

8. 发送数据

   下列接口实现推送发送数据的事件。实际使用中根据是否需要更新发送数据的情况调用

```
ant_hrm_sensor_evt_handler(&ant_evt, &hrm_profile);
```

9. BLE 发送数据接口

```
ble_send(hreat_rate);
```

10. OTA

    此例程支持 OTA，如需 OTA 需要在 prj.conf 中打开如下宏定义

```
######################  OTA CONFIG  ############################
# Allow for large Bluetooth data packets.
CONFIG_BT_L2CAP_TX_MTU=252
CONFIG_BT_BUF_ACL_RX_SIZE=256

# Enable the Bluetooth (unauthenticated) and shell mcumgr transports.
CONFIG_MCUMGR_SMP_BT=y
CONFIG_MCUMGR_SMP_BT_AUTHEN=n

# Enable the LittleFS file system.
CONFIG_FILE_SYSTEM=y
CONFIG_FILE_SYSTEM_LITTLEFS=y

# Add 256 bytes to accommodate upload command (lfs_stat overflows)
CONFIG_SYSTEM_WORKQUEUE_STACK_SIZE=2304

# Enable mcumgr.
CONFIG_MCUMGR=y

# Ensure an MCUboot-compatible binary is generated.
CONFIG_BOOTLOADER_MCUBOOT=y

# Required by the `taskstat` command.
CONFIG_THREAD_MONITOR=y

# Enable statistics and statistic names.
CONFIG_STATS=y
CONFIG_STATS_NAMES=y

# Enable most core commands.
CONFIG_MCUMGR_CMD_IMG_MGMT=y
CONFIG_MCUMGR_CMD_OS_MGMT=y
CONFIG_MCUMGR_CMD_STAT_MGMT=y
#############################################################################
```

11. ANT+ 和 BLE 的参数获取

    我们在实际应用中，如果需要自行设置每个芯片的 BLE 广播名称和 MAC 地址以及 ANT+ 的设备编号等等参数，目前我们支持使用 PanLink 烧录这些参数，sample 中演示了读取这些参数的方法，如未烧录参数则使用系统默认的参数。

    目前支持烧录的参数如下所示：

```
BLE 广播名称
BLE MAC 地址
ANT+ 设备编号
ANT+ 序列号
```

(下页继续)

(续上页)

```
ANT+ 拓展设备编号
ANT+ 制造商编号
ANT+ 软件版本号
ANT+ 硬件版本号
ANT+ 设备型号
```

```
/* 此接口实现了获取参数 */
uint8_t load_info_config(uint8_t *data)
```

小技巧: 更多 BLE 开发指南请参考 BLE 相关文档。

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      220220 B      1020 KB     21.08%
SRAM:        34684 B        52 KB     65.14%
```

ANT+: ANT BPWR

重要: 此例程仅存在于特殊版本的 SDK 中，如有需要请联系 Panchip。

1 功能概述 `ant_bpwr` 演示了 ANT+ Bicycle power profile 在 PAN1080 SoC 上的使用方法，主要包括:

- 自行车功率传感器例程，包含三种模式（standard、wheel torque、Crank torque）。

2 环境准备

- PAN1081 EVB 一块
- Type-C USB 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- 硬件接线:
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB Type-C USB（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**或者**跳线帽**将 EVB 上的:
    - TX0 与 P00 相连
    - RX0 与 P01 相连
- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600
- 码表或者其他 ANT 接收设备

3 编译和烧录 例程位置: `zephyr\samples_panchip\ant_plus\ant_bpwr`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考: Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明 本例程中:

1. 例程默认 Standard Power-Only 模式上报数据。
2. 例程自带的模拟器支持手动模式和自动模式改变发送数据

   手动和自动模式切换需要在 `sdk_config.h` 文件修改以下宏，1 代表自动模式，0 代表手动模式

```
#define BPWR_SIMULATOR_AUTO_UPDATE          1
```

- 自动模式

  自动模式下功率数据会自动变化并上报，此时观察码表或其他接收设备会看到功率项的显示在变化。

- 手动模式

  手动模式需要按键控制数据的变化，EVB 板的 Key1 实现功率数增加，Key2 实现功率数减少。

4.1 **例程日志：** 如果运行正常，会持续输出如下日志：

```
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0-528-ga1bfaee13973  ***
*** libprf-v1.1.0-fa77ba3 ***
*** libant-v1.0.0-5745a878 ***
ANT+ Bicycle power TX sample started.
instant power: 1000
accumul power: 1000

instant power: 1000
accumul power: 2000
......
```

4.2 **三种模式切换** 本例程支持 standard、wheel torque、Crank torque 三种模式，切换模式需要在 `sdk_config.h` 文件修改以下宏

```
/* <0=> Power Only Sensor    */
/* <1=> Wheel Torque Sensor  */
/* <2=> Crank Torque Sensor  */
#define SENSOR_TYPE                     0
```

5 开发者说明

1. 启用 ANT 模块，需要在 `prj.conf` 文件中添加” CONFIG_USE_PANPLAT_ANT=y” 和” CONFIG_ENABLE_PANCHIP_PRF=y”

   ```
   CONFIG_USE_PANPLAT_ANT=y
   CONFIG_ENABLE_PANCHIP_PRF=y
   ```

2. 初始化 ANT

   - 通道配置

     ANT 通信是基于通道的，所以配置通道是必不可少的步骤。下列是通道配置的参数

     ```
     ant_channel_config_t channel_cfg = {
             .channel_num = BPWR_CHANNEL_NUMBER,           // 通道号，默认为 0
             .channel_type = BPWR_CHANNEL_TYPE,            // 通道类型，Master or slave
             .ext_assign = 0,                              // 暂不支持，填 0 即可
             .rf_frequency = BPWR_RF_FREQ,                 // 通信频率，ANT+ 固定为 2457
             .transmission_type = BPWR_TRANSMISSION_TYPE,  // 传输类型，按照协议规定设置
             .device_type = BPWR_DEVICE_TYPE,              // 设备类型，按照协议规定设置
             .device_num = BPWR_DEVICE_NUMBER,             // 设备编号 16bit，自定义
             .channel_period = BPWR_MSG_PERIOD,            // 通道周期，按照协议固定设置
             .network_number = BPWR_NETWORK_NUMBER         // 网络号，必须设置为 0，不支持其
     他网络号
     };
     ```

- 设置网络

  下列接口实现设置 ANT+ 网络

```
ant_plus_key_set(channel_cfg.channel_num);
```

- 启动 ANT

  下列接口实现启动 ANT 协议

```
ant_stack_init();
```

3. 初始化 profile

- 下列接口实现功率传感器的初始化

```
err_code = ant_bpwr_sensor_init(&bpwr_profile, &channel_cfg);
```

- 下列接口实现打开功率传感器

```
err_code = ant_bpwr_sensor_open(&bpwr_profile);
```

- 下列接口实现注册 BPWR 的 handler 函数，handler 函数需要处理 ANT 栈返回的一些消息，比如发送成功消息，发送失败消息，接收到数据的消息等等。

```
ant_evt_handle_register(&evt);
```

4. 初始化 simulator

   SDK 为 BPWR 提供了一个 simulator，以便于实例程序可以模拟实际数据进行测试。

   下列接口实现初始化 bpwr simulator。参数 BPWR_SIMULATOR_AUTO_UPDATE 为 1 表示 simulator 自动改变发送数据，为 0 表示需要人工按键改变发送数据。

```
ant_bpwr_simulator_init(&bpwr_profile, BPWR_SIMULATOR_AUTO_UPDATE);
```

5. 更新数据

   下列接口实现更新发送数据。实际使用根据需要可以实现自己的更新函数

```
ant_bpwr_update_simulator(&bpwr_profile, 0);
```

6. 发送数据

   下列接口实现推送发送数据的事件。实际使用中根据是否需要更新发送数据的情况调用

```
ant_bpwr_sensor_evt_handler(&ant_evt, &bpwr_profile);
```

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       29496 B      1020 KB      2.82%
SRAM:         9464 B        64 KB     14.44%
```

ANT+: ANT BRADAR

重要: 此例程仅存在于特殊版本的 SDK 中，如有需要请联系 Panchip。

1 功能概述 `ant_bradar` 演示了 ANT+ bike radar profile 在 PAN1080 SoC 上的使用方法，主要包括：

- 雷达传感器的例程

2 环境准备

- PAN1081 EVB 一块
- Type-C USB 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- 硬件接线：
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB Type-C USB（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**或者**跳线帽**将 EVB 上的:
    * TX0 与 P00 相连
    * RX0 与 P01 相连
- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600
- 码表或者其他 ANT 接收设备

3 编译和烧录　例程位置：`zephyr\samples_panchip\ant_plus\ant_bradar`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明　本例程中：

1. 例程按照 ANT+ 协议上报雷达数据。
2. 例程自带的模拟器支持手动模式和自动模式改变发送数据

   手动和自动模式切换需要在 `sdk_config.h` 文件修改以下宏，1 代表自动模式，0 代表手动模式

   ```
   #define BRADAR_SIMULATOR_AUTO_UPDATE          1
   ```

   - 自动模式

     自动模式下雷达数据会自动变化并上报，此时观察码表或其他接收设备会看到雷达监测的目标在变化。
   - 手动模式

     手动模式需要按键控制数据的变化。

4.1 例程日志：　如果运行正常，日志会持续输出“TX success”

```
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0-528-ga1bfaee13973  ***
*** libprf-v1.1.0-fa77ba3 ***
*** libant-v1.0.0-5745a878 ***
ANT+ Bike Radar TX sample started.
TX success
TX success
TX success
TX success
......
```

5 开发者说明

1. 启用 ANT 模块，需要在 `prj.conf` 文件中添加” CONFIG_USE_PANPLAT_ANT=y” 和” CONFIG_ENABLE_PANCHIP_PRF=y”

   ```
   CONFIG_USE_PANPLAT_ANT=y
   CONFIG_ENABLE_PANCHIP_PRF=y
   ```

2. 初始化 ANT

- 通道配置

  ANT 通信是基于通道的，所以配置通道是必不可少的步骤。下列是通道配置的参数

```
ant_channel_config_t channel_cfg = {
        .channel_num = BRADAR_CHANNEL_NUMBER,           // 通道号，默认为 0
        .channel_type = BRADAR_CHANNEL_TYPE,            // 通道类型，Master or slave
        .ext_assign = 0,                                // 暂不支持，填 0 即可
        .rf_frequency = BRADAR_RF_FREQ,                 // 通信频率，ANT+ 固定为 2457
        .transmission_type = BRADAR_TRANSMISSION_TYPE,  // 传输类型，按照协议规定设置
        .device_type = BRADAR_DEVICE_TYPE,              // 设备类型，按照协议规定设置
        .device_num = BRADAR_DEVICE_NUMBER,             // 设备编号 16bit，自定义
        .channel_period = BRADAR_MSG_PERIOD,            // 通道周期，按照协议固定设置
        .network_number = BRADAR_NETWORK_NUMBER         // 网络号，必须设置为 0，不支持
其他网络号
};
```

- 设置网络

  下列接口实现设置 ANT+ 网络

```
ant_plus_key_set(channel_cfg.channel_num);
```

- 启动 ANT

  下列接口实现启动 ANT 协议

```
ant_stack_init();
```

3. 初始化 profile

   - 下列接口实现雷达传感器的初始化

```
err_code = ant_bradar_sensor_init(&bradar_profile, &channel_cfg);
```

   - 下列接口实现打开雷达传感器

```
err_code = ant_bradar_sensor_open(&bradar_profile);
```

   - 下列接口实现注册 BRADAR 的 handler 函数，handler 函数需要处理 ANT 栈返回的一些消息，比如发送成功消息，发送失败消息，接收到数据的消息等等。

```
ant_evt_handle_register(&evt);
```

4. 初始化 simulator

   SDK 为 BRADAR 提供了一个 simulator，以便于实例程序可以模拟实际数据进行测试。

   下列接口实现初始化 bradar simulator。参数 BRADAR_SIMULATOR_AUTO_UPDATE 为 1 表示 simulator 自动改变发送数据，为 0 表示需要人工按键改变发送数据。

```
ant_bradar_simulator_init(&bradar_profile, BRADAR_SIMULATOR_AUTO_UPDATE);
```

5. 更新数据

   下列接口实现更新发送数据。实际使用根据需要可以实现自己的更新函数

```
ant_bradar_update_simulator(&bradar_profile, 0);
```

6. 发送数据

   下列接口实现推送发送数据的事件。实际使用中根据是否需要更新发送数据的情况调用

```
ant_bradar_sensor_evt_handler(&ant_evt, &bradar_profile);
```

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       29780 B      1020 KB      2.85%
SRAM:         9464 B        64 KB     14.44%
```

ANT+: ANT BSC

重要: 此例程仅存在于特殊版本的 SDK 中，如有需要请联系 Panchip。

1 功能概述 `ant_bsc` 演示了 ANT+ bicycle cadence and speed profile 在 PAN1080 SoC 上的使用方法，主要包括：

- Profile 三种模式的传感器例程

另外，此 Sample 还演示了对程序加密的方法，加密之后的程序需要芯片烧录加密信息，未烧录加密信息的芯片不能正常运行。

2 环境准备

- PAN1081 EVB 一块
- Type-C USB 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- 硬件接线：
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB Type-C USB（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**或者**跳线帽**将 EVB 上的:
    - TX0 与 P00 相连
    - RX0 与 P01 相连
- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600
- 码表或者其他 ANT 接收设备

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\ant_plus\ant_bsc`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明 本例程中：

1. 例程默认踏频模式上报数据。
2. 例程自带的模拟器支持手动模式和自动模式改变发送数据

   手动和自动模式切换需要在 `sdk_config.h` 文件修改以下宏，1 代表自动模式，0 代表手动模式

   ```
   #define BSC_SIMULATOR_AUTO_UPDATE          1
   ```

   - 自动模式

     自动模式下踏频数据会自动变化并上报，此时观察码表或其他接收设备会看到踏频项的显示在变化。

   - 手动模式

     手动模式需要按键控制数据的变化，EVB 板的 Key1 实现踏频数增加，Key2 实现踏频数减少。

4.1 **例程日志：** 如果运行正常，会持续输出如下日志：

```
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0-528-ga1bfaee13973  ***
*** libprf-v1.1.0-fa77ba3 ***
*** libant-v1.0.0-5745a878 ***
ANT+ Bicycle Speed and Cadence TX sample started.
rev count: 0
event time: 1024

rev count: 60
event time: 2048
......
```

4.2 **三种模式切换** 本例程支持 Cadence、Speed、Combined 三种模式，切换模式需要在 `sdk_config.h` 文件修改以下宏

BSC_DEVICE_TYPE 表示设备类型，BSC_MSG_PERIOD 表示通道周期，根据 profile 协议规定设置即可。

```
#define BSC_DEVICE_TYPE          0x7A
#define BSC_MSG_PERIOD           8102
```

4.3 **加密开启** 本例程演示了固件加密的方法，开启加密需要在 `prj.conf` 文件中将以下宏配置修改为 y。

```
CONFIG_FIRMWARE_ENCRYPTION=y
```

开启加密后，编译将会在当前工程目录生成一个 `encrypt_info_enc.bin` 的加密配置文件，此文件需要通过 PANLINK 烧录到芯片后程序才能正常运行。

更多详细加密流程说明请查看 `Zephyr Encrypt` 开发指南、`PANLINK` 操作指南。

5 开发者说明

1. 启用 ANT 模块，需要在 `prj.conf` 文件中添加” CONFIG_USE_PANPLAT_ANT=y” 和” CONFIG_ENABLE_PANCHIP_PRF=y”

   ```
   CONFIG_USE_PANPLAT_ANT=y
   CONFIG_ENABLE_PANCHIP_PRF=y
   ```

2. 初始化 ANT

   - 通道配置

     ANT 通信是基于通道的，所以配置通道是必不可少的步骤。下列是通道配置的参数

     ```
     ant_channel_config_t channel_cfg = {
             .channel_num = BSC_CHANNEL_NUMBER,            // 通道号，默认为 0
             .channel_type = BSC_CHANNEL_TYPE,             // 通道类型，Master or slave
             .ext_assign = 0,                              // 暂不支持，填 0 即可
             .rf_frequency = BSC_RF_FREQ,                  // 通信频率，ANT+ 固定为 2457
             .transmission_type = BSC_TRANSMISSION_TYPE,   // 传输类型，按照协议规定设置
             .device_type = BSC_DEVICE_TYPE,               // 设备类型，按照协议规定设置
             .device_num = BSC_DEVICE_NUMBER,              // 设备编号 16bit，自定义
             .channel_period = BSC_MSG_PERIOD,             // 通道周期，按照协议固定设置
             .network_number = BSC_NETWORK_NUMBER          // 网络号，必须设置为 0，不支持其
     他网络号
     };
     ```

   - 设置网络

     下列接口实现设置 ANT+ 网络

```
ant_plus_key_set(channel_cfg.channel_num);
```

- 启动 ANT

  下列接口实现启动 ANT 协议

```
ant_stack_init();
```

3. 初始化 profile
   - 下列接口实现 BSC 传感器的初始化

```
err_code = ant_bsc_sensor_init(&bsc_profile, &channel_cfg);
```

   - 下列接口实现打开 BSC 传感器

```
err_code = ant_bsc_sensor_open(&bsc_profile);
```

   - 下列接口实现注册 BSC 的 handler 函数，handler 函数需要处理 ANT 栈返回的一些消息，比如发送成功消息，发送失败消息，接收到数据的消息等等。

```
ant_evt_handle_register(&evt);
```

4. 初始化 simulator

   SDK 为 BSC 提供了一个 simulator，以便于实例程序可以模拟实际数据进行测试。

   下列接口实现初始化 bsc simulator。参数 BSC_SIMULATOR_AUTO_UPDATE 为 1 表示 simulator 自动改变发送数据，为 0 表示需要人工按键改变发送数据。

```
ant_bsc_simulator_init(&bsc_profile, BSC_SIMULATOR_AUTO_UPDATE);
```

5. 更新数据

   下列接口实现更新发送数据。实际使用根据需要可以实现自己的更新函数

```
ant_bsc_update_simulator(&bsc_profile, 0);
```

6. 发送数据

   下列接口实现推送发送数据的事件。实际使用中根据是否需要更新发送数据的情况调用

```
ant_bsc_sensor_evt_handler(&ant_evt, &bsc_profile);
```

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       28788 B      1020 KB      2.76%
SRAM:         9440 B        64 KB     14.40%
```

ANT+: ANT HRM

重要: 此例程仅存在于特殊版本的 SDK 中，如有需要请联系 Panchip。

1 功能概述

`ant_hrm` 演示了 ANT+ hreat rate profile 在 PAN1080 SoC 上的使用方法，主要包括:

- 心率传感器例程

2 环境准备

- PAN1081 EVB 一块
- Type-C USB 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- 硬件接线：
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB Type-C USB（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**或者**跳线帽**将 EVB 上的:
    * TX0 与 P00 相连
    * RX0 与 P01 相连
- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600
- 码表或者其他 ANT 接收设备

3 编译和烧录　例程位置：`zephyr\samples_panchip\ant_plus\ant_hrm`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明　本例程中：

1. 例程按照 ANT+ 协议上报心率数据。
2. 例程自带的模拟器支持手动模式和自动模式改变发送数据

   手动和自动模式切换需要在 `sdk_config.h` 文件修改以下宏，1 代表自动模式，0 代表手动模式

   ```
   #define HRM_SIMULATOR_AUTO_UPDATE          1
   ```

   - 自动模式

     自动模式下心率数据会自动变化并上报，此时观察码表或其他接收设备会看到心率项的显示在变化。
   - 手动模式

     手动模式需要按键控制数据的变化，EVB 板的 Key1 实现心率数增加，Key2 实现心率数减少。

4.1 例程日志：　如果运行正常，会持续输出如下日志：

```
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0-528-ga1bfaee13973  ***
*** libprf-v1.1.0-fa77ba3 ***
*** libant-v1.0.0-5745a878 ***
ANT+ Hreat rate TX sample started.
Hreat rate: 50
beat time: 1024

Hreat rate: 50
beat time: 1024
......
```

5 开发者说明

1. 启用 ANT 模块，需要在 `prj.conf` 文件中添加” CONFIG_USE_PANPLAT_ANT=y” 和” CONFIG_ENABLE_PANCHIP_PRF=y”

   ```
   CONFIG_USE_PANPLAT_ANT=y
   CONFIG_ENABLE_PANCHIP_PRF=y
   ```

2. 初始化 ANT

   - 通道配置

     ANT 通信是基于通道的，所以配置通道是必不可少的步骤。下列是通道配置的参数

```
ant_channel_config_t channel_cfg = {
        .channel_num = HRM_CHANNEL_NUMBER,          // 通道号，默认为 0
        .channel_type = HRM_CHANNEL_TYPE,           // 通道类型，Master or slave
        .ext_assign = 0,                            // 暂不支持，填 0 即可
        .rf_frequency = HRM_RF_FREQ,                // 通信频率，ANT+ 固定为 2457
        .transmission_type = HRM_TRANSMISSION_TYPE, // 传输类型，按照协议规定设置
        .device_type = HRM_DEVICE_TYPE,             // 设备类型，按照协议规定设置
        .device_num = HRM_DEVICE_NUMBER,            // 设备编号 16bit，自定义
        .channel_period = HRM_MSG_PERIOD,           // 通道周期，按照协议固定设置
        .network_number = HRM_NETWORK_NUMBER        // 网络号，必须设置为 0，不支持其
他网络号
};
```

   - 设置网络

     下列接口实现设置 ANT+ 网络

```
ant_plus_key_set(channel_cfg.channel_num);
```

   - 启动 ANT

     下列接口实现启动 ANT 协议

```
ant_stack_init();
```

3. 初始化 profile

   - 下列接口实现心率传感器的初始化

```
err_code = ant_hrm_sensor_init(&hrm_profile, &channel_cfg);
```

   - 下列接口实现打开心率传感器

```
err_code = ant_hrm_sensor_open(&hrm_profile);
```

   - 下列接口实现注册 HRM 的 handler 函数，handler 函数需要处理 ANT 栈返回的一些消息，比如发送成功消息，发送失败消息，接收到数据的消息等等。

```
ant_evt_handle_register(&evt);
```

4. 初始化 simulator

   SDK 为 HRM 提供了一个 simulator，以便于实例程序可以模拟实际数据进行测试。

   下列接口实现初始化 hrm simulator。参数 HRM_SIMULATOR_AUTO_UPDATE 为 1 表示 simulator 自动改变发送数据，为 0 表示需要人工按键改变发送数据。

```
ant_hrm_simulator_init(&hrm_profile, HRM_SIMULATOR_AUTO_UPDATE);
```

5. 更新数据

   下列接口实现更新发送数据。实际使用根据需要可以实现自己的更新函数

```
ant_hrm_update_simulator(&hrm_profile, 0);
```

6. 发送数据

   下列接口实现推送发送数据的事件。实际使用中根据是否需要更新发送数据的情况调用

```
ant_hrm_sensor_evt_handler(&ant_evt, &hrm_profile);
```

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       28596 B      1020 KB      2.74%
SRAM:         9432 B        64 KB     14.39%
```

ANT+: ANT PM

重要: 此例程仅存在于特殊版本的 SDK 中，如有需要请联系 Panchip。

1 功能概述 ant_pm 演示了 ANT+ hreat rate profile 在 PAN1080 SoC 上加入低功耗的使用方法，主要包括:

- 心率传感器低功耗例程

2 环境准备

- PAN1081 EVB 一块
- Type-C USB 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- 硬件接线:
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB Type-C USB（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**或者**跳线帽**将 EVB 上的:
    - TX0 与 P00 相连
    - RX0 与 P01 相连
- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600
- 码表或者其他 ANT 接收设备

3 编译和烧录 例程位置: zephyr\samples_panchip\ant_plus\ant_pm

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考: Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明 本例程中:

1. 例程详情详见ANT HRM 介绍文档 第四节。
2. 例程加入了低功耗，在系统空闲时会进入低功耗模式。

4.1 例程日志: 低功耗例程默认不开日志，如打开日志，运行正常，会持续输出如下日志:

```
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0-528-ga1bfaee13973  ***
*** libprf-v1.1.0-fa77ba3 ***
*** libant-v1.0.0-5745a878 ***
ANT+ Hreat rate TX sample started.
Hreat rate: 50
beat time: 1024

Hreat rate: 50
```

(下页继续)

(续上页)

```
beat time: 1024
......
```

5 开发者说明

1. 其他 HRM 说明详见ANT HRM 介绍文档 第五节。
2. 开启低功耗模式，需要在 prj.conf 文件中添加如下宏

```
CONFIG_PM=y
CONFIG_SYS_CLOCK_HW_CYCLES_PER_SEC=32768
CONFIG_SYS_CLOCK_TICKS_PER_SEC=32768
CONFIG_BT_CTLR_SLEEP_CLOCK_SOURCE=1
CONFIG_BT_CTLR_SLEEP_CLOCK_HZ=32768
CONFIG_BT_CTLR_SLEEP_TIMER_ACCURACY=5
CONFIG_SOC_DCDC_PAN1080=y
```

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       28108 B      1020 KB      2.69%
SRAM:        10408 B        64 KB     15.88%
```

3.2.2 基础例程

Basic: Blinky

1 功能概述 Blinky 是一个简单的演示程序，其展示了如何配置 GPIO 引脚输出高低电平，来控制一个 LED 灯的亮灭。

2 环境要求

- Board: pan108xxb1_evb / pan108xxb5_evb
- LED: 将 P16 引脚与 RGB 灯的蓝色通道（RGB-B）引脚相连

3 编译和烧录 例程位置: `zephyr\samples_panchip\basic\blinky`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考: Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明 确保 P16 与 RGB-B（蓝色 LED 灯）连接在一起，编译烧录代码后，可以观察到 LED 灯以 1s 间隔闪烁。

5 开发说明

1. 通过阅读板级 Devicetree 配置文件（`pan108xxb1_evb.dts`/`pan108xxb5_evb.dts`）可以获取或者重新定义 LED 对应的 GPIO 引脚
2. 通过调用 GPIO Driver 的 `gpio_pin_configure()` 接口可以配置 GPIO 的输出模式

```
gpio_pin_configure(dev, PIN, GPIO_OUTPUT_ACTIVE | FLAGS);
```

3. 通过调用 GPIO Driver 的 `gpio_pin_set()` 接口可以配置 GPIO 输出高电平或低电平

```
while (1) {
                gpio_pin_set(dev, PIN, (int)led_is_on);
                led_is_on = !led_is_on;
                k_msleep(SLEEP_TIME_MS);
        }
```

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       16592 B      1020 KB      1.59%
SRAM:        3888 B         64 KB      5.93%
IDT_LIST:          0 GB         2 KB      0.00%
```

Basic: Button

1 功能概述 Button 是一个演示 EVB 按钮功能的简单例程，通过将 EVB 按钮连接的 SoC 引脚配置为 GPIO 检测中断输入的模式，实时检测按键的状态，并在状态变化时向串口 Console 打印消息的同时，通过 GPIO 输出控制 LED0 的亮灭。

2 环境要求

- Board: pan108xxb1_evb / pan108xxb5_evb
- UART: 将 P00 与 TX0 引脚接在一起，P01 与 RX0 引脚接在一起，在 PC 上打开终端工具（如 SecureCRT），波特率设置为 921600
- LED: 将 P16 引脚与 RGB 灯的蓝色通道（RGB-B）引脚相连
- KEY：例程代码使用的 sw0 对应 EVB 开发板的 KEY1 按钮，其硬件上直接与 SoC 的 P04 引脚相连，无需跳线

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\basic\button`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明 根据**环境要求**一节的介绍，正确连接 EVB 开发板的跳线，编译下载代码后：

1. 按下 EVB 上的 KEY1 按钮，可以看到串口输出当前的时间戳信息，同时观察到 LED 灯亮
2. 松开 EVB 上的 KEY1 按钮，可以看到串口无信息，但观察到 LED 灯灭

```
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0  ***
Set up button at GPIO_P0 pin 4
Set up LED at GPIO_P1 pin 6
Press the button
Button pressed at 846177858
Button pressed at 969987765
Button pressed at 1071347400
Button pressed at 1200270758
```

5 开发说明

1. 通过阅读板级 Devicetree 配置文件（`pan108xxb1_evb.dts/pan108xxb5_evb.dts`）可以获取到 KEY 对应的 GPIO 引脚信息
2. 通过调用 GPIO Driver 的 `gpio_pin_configure_dt()` 和 `gpio_pin_interrupt_configure_dt` 接口可以直接从 DTS 中配置 GPIO 的输出模式和中断触发方式

```
gpio_pin_configure_dt(&button, GPIO_INPUT);
gpio_pin_interrupt_configure_dt(&button, GPIO_INT_EDGE_TO_ACTIVE);
```

3. 通过调用 GPIO Driver 的 `gpio_pin_get_dt()` 和 `gpio_pin_set_dt()` 接口可以获取或配置 DTS 中指定的 GPIO 状态

```
while (1) {
                int val = gpio_pin_get_dt(&button);

                if (val >= 0) {
                        gpio_pin_set_dt(&led, val);
                }
                k_msleep(SLEEP_TIME_MS);
        }
```

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       17388 B      1020 KB      1.66%
SRAM:         3912 B        64 KB      5.97%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Basic: Hello World

1 功能概述 此 sample 为基础 hello_world 的演示 sample，其中可编译基础 hello_world 程序和供 mcuboot 使用参考的 hello_world_with_boot(不能单独使用)。

2 环境要求

- Board: pan108xxb1_evb / pan108xxb5_evb
- UART: 将 P00 与 TX0 引脚接在一起，P01 与 RX0 引脚接在一起，在 PC 上打开终端工具（如 SecureCRT），波特率设置为 921600

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\hello_world`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

4.1 测试 hello_world 流程 使用 ZAL 工具编译例程，选择 `prj.conf` 配置文件，编译后烧录至 EVB 中，成功后可看到如下的串口打印 Log：

```
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0  ***
Hello World from Zephyr on pan108xxb5_evb without boot!
```

4.2 测试 hello_world_with_boot 流程 使用 ZAL 工具编译例程，选择 `with_boot.conf` 配置文件，编译后供后续演示带 Bootloader 的程序使用。

具体请参考Zephyr Bootloader 开发指南。

5 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       16040 B      1020 KB      1.54%
SRAM:         3888 B        64 KB      5.93%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Basic: Synchronization

1 功能概述 一个简单的应用程序，演示了内核的基本功能。两个线程 (A 和 B) 轮流向控制台打印问候消息，并使用睡眠请求和信号量来控制消息的生成速率。这说明了内核调度，通信，而且时间安排是正确的。

2 环境要求

- Board: pan108xxb1_evb / pan108xxb5_evb
- UART: 将 P00 与 TX0 引脚接在一起，P01 与 RX0 引脚接在一起，在 PC 上打开终端工具（如 SecureCRT），波特率设置为 921600

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\basic\synchronization`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明 下载后，串口工具中看到程序成功运行，两个线程 `threadA` 与 `threadB` 交替打印 Log 信息

```
*** Booting Zephyr OS version 2.7.0  ***
thread_a: Hello PAN1080 from cpu 0 on pan108xxb5_evb!
thread_b: Hello PAN1080 from cpu 0 on pan108xxb5_evb!
thread_a: Hello PAN1080 from cpu 0 on pan108xxb5_evb!
thread_b: Hello PAN1080 from cpu 0 on pan108xxb5_evb!
thread_a: Hello PAN1080 from cpu 0 on pan108xxb5_evb!
thread_b: Hello PAN1080 from cpu 0 on pan108xxb5_evb!
thread_a: Hello PAN1080 from cpu 0 on pan108xxb5_evb!
thread_b: Hello PAN1080 from cpu 0 on pan108xxb5_evb!
thread_a: Hello PAN1080 from cpu 0 on pan108xxb5_evb!
thread_b: Hello PAN1080 from cpu 0 on pan108xxb5_evb!
thread_a: Hello PAN1080 from cpu 0 on pan108xxb5_evb!
```

5 开发说明 建立两个线程

```
        k_thread_create(&threadA_data, threadA_stack_area,
                        K_THREAD_STACK_SIZEOF(threadA_stack_area),
                        threadA, NULL, NULL, NULL,
                        PRIORITY, 0, K_FOREVER);
        k_thread_name_set(&threadA_data, "thread_a");

        k_thread_create(&threadB_data, threadB_stack_area,
                        K_THREAD_STACK_SIZEOF(threadB_stack_area),
                        threadB, NULL, NULL, NULL,
                        PRIORITY, 0, K_FOREVER);
        k_thread_name_set(&threadB_data, "thread_b");
```

轮询调度线程信号量

```
/*
 * @param my_name      thread identification string
 * @param my_sem       thread's own semaphore
```

(下页继续)

(续上页)

```
 * @param other_sem    other thread's semaphore
 */
void helloLoop(const char *my_name,
               struct k_sem *my_sem, struct k_sem *other_sem)
{
        const char *tname;
        uint8_t cpu;
        struct k_thread *current_thread;

        while (1) {
                /* take my semaphore */
                k_sem_take(my_sem, K_FOREVER);

                current_thread = k_current_get();
                tname = k_thread_name_get(current_thread);
                /* say "hello" */
                if (tname == NULL) {
                        printk("%s: Hello World from cpu %d on %s!\n",
                                my_name, cpu, CONFIG_BOARD);
                } else {
                        printk("%s: Hello World from cpu %d on %s!\n",
                                tname, cpu, CONFIG_BOARD);
                }

                /* wait a while, then let other thread have a turn */
                k_busy_wait(100000);
                k_msleep(SLEEPTIME);
                k_sem_give(other_sem);
        }
}
```

6 RAM/Flash **资源使用情况**

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       18020 B      1020 KB      1.73%
SRAM:         6384 B        64 KB      9.74%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

3.2.3 蓝牙例程

Bluetooth: Beacon

1 **功能概述** 此项目演示了蓝牙广播功能。

2 **环境要求**

- board: pan108xxb5_evb
- uart (option): 显示串口 log
- 测试软件 (option): nRF Connect

3 **编译和烧录** 例程位置: `zephyr\samples_panchip\bluetooth\beacon`。

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考: Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明　烧录完成后，设备自动启动蓝牙广播，可以在手机或抓包工具上获取如下信息：

- Advertising Type: ADV_NONCONN_IND
- Advertising Interval Time: 100ms - 150ms
- Advertising data: Eddystone URL (the Zephyr website)
- Device Name: Test Beacon

5 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      179476 B      1020 KB     17.18%
SRAM:        25112 B        52 KB     47.16%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Bluetooth: Central

1 功能概述　此项目演示蓝牙主机功能，通过扫描其他 BLE 设备，并通过足够强的信号建立到第一个设备的连接，演示了非常基本的 BLE central 角色功能。

2 环境要求

- board: 支持 BLE 的蓝牙设备
- uart(option): 用来显示串口 log
- 测试软件: nRF Connect

3 编译和烧录　例程位置：`zephyr\samples_panchip\bluetooth\central`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. 烧录完成后，设备可以显示 Scanning successfully started，并且显示查找到的设备，并显示设备的 RSSI 大小

   ```
   Scanning successfully started
   Device found: 78:5A:A2:78:1C:2B (random) (RSSI -84)
   Device found: 57:92:22:A1:0D:5F (random) (RSSI -93)
   Device found: 60:9D:E2:44:03:C7 (random) (RSSI -80)
   Device found: F4:7A:F6:6A:22:D7 (random) (RSSI -82)
   Device found: D0:90:D0:CF:42:C7 (random) (RSSI -83)
   Device found: 68:73:48:04:2F:6E (random) (RSSI -96)
   ```

2. 当时 central 扫描到一个 RSSI 小于-70 且 adv type 类型为 ADV_IND 或者 ADV_DIRECT_IND 的设备时，此时 central 设备马上建立连接

   ```
   Connected: CD:ED:61:AE:DB:1D (random)
   ```

3. 连接成功后，central 设备会立即断开连接，同时继续扫描满足 2 中所述条件的广播，然后再次连接，如此反复。

   ```
   Disconnected: CD:ED:61:AE:DB:1D (random) (reason 0x13)
   ```

5 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      194312 B      1020 KB     18.60%
SRAM:        20396 B        52 KB     38.30%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Bluetooth: Central Audio

1 功能概述 本文主要介绍 PAN1080 BLE 音频传输-主机例程，负责通过蓝牙接收从机端的音频数据，并在音频设备播放出来。

系统框图如图所示：

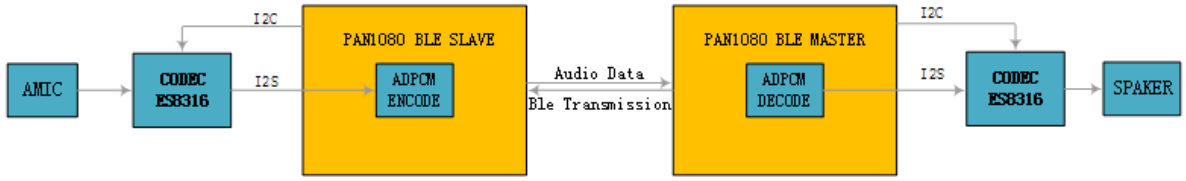


图 1: BLE 音频传输系统框图

2 环境要求

- board: pan108xxb5_evb
- uart (option): 显示串口 log
- ES8316 模块：带喇叭或耳机

  需要搭配一个运行peripheral_audio 的板子一起使用。

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\bluetooth\central_audio`。

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. 端口连接

   IIC 端口连接：

PAN1080 EVB 板端口	ES8316 模块端口
P0_0（I2C0_SCL）	IIC:CLK
P0_1（I2C0_SDA）	IIC:DAT

   IIS 端口连接：

PAN1080 EVB 板端口	ES8316 模块端口
P4_3（I2SMCLK）	MCLK
P4_4（I2SM_WS）	DLRCLK
P4_0（I2SM_CLK）	SCLK
P4_1（I2SM_DI）	Useless
P4_2（I2SM_DO）	DSDIN

2. 配置语音发送端（参考peripheral_audio）。

3. 上电，等待蓝牙连接。
4. 蓝牙连接成功后，喇叭或耳机就能听到对端的声音。

5 开发说明

5.1 音频数据采集 从机端的 CODEC 芯片将 MIC 的数据通过 I2S 传输给 PAN1080，此时 PAN1080 作 I2S 的 SLAVE，CODEC 芯片作 I2S 的 MASTER，PAN1080 接收从 CODEC 芯片采集的数据。

CODEC 芯片初始化的接口：

```
void I2S_HW_Init(void)
{
        uint32_t data_len,cycle_cnt = 0;
    printk("\nCPU @ %dHz,\n", SystemCoreClock);

        I2S_GPIO_Init();
        I2C_InitRole(I2C0,I2C_MODE_MASTER,ADR10BIT_DISABLE);
    I2C_SetTxTirggerLevel(I2C0, I2C_TX_TL_1);

        data_len = sizeof(codec8316_startup);
        while(cycle_cnt < data_len)
    {
                I2C_Write(I2C0,codec8316_startup+cycle_cnt,2);
                cycle_cnt += 2;
                if((codec8316_startup[cycle_cnt-2] == 0x0) &&
           (codec8316_startup[cycle_cnt-1] == 0xc0))
        {
                        k_sleep(50);
                }
                if(cycle_cnt == 2)
        {
                        k_sleep(5);
                }
                if(cycle_cnt == 6)
        {
                        k_sleep(30);
                }
        }
        I2S_DMA_Init();
}
```

PAN1080 DMA 方式接收音频数据初始化接口：

```
void I2S_DMA_Init(void)
{
        DMAC_ChannelConfigTypeDef RxConfigTmp = {0,};

        CLK_APB1PeriphClockCmd(CLK_APB1Periph_I2SS,ENABLE);

        I2S_ModduleInit();
        I2S_SysInit();
        DMAC_Init(DMA);
        IRQ_DIRECT_CONNECT(DMA_IRQn, 0, DMA_IRQHandler, 0);
        irq_enable(DMA_IRQn);
        I2S_EnableI2s(TGT_IIS);
        I2S_EnableRecBlock(TGT_IIS);

    RxConfigTmp.AddrChangeDst   = DMAC_AddrChange_Increment;
    RxConfigTmp.AddrChangeSrc   = DMAC_AddrChange_NoChange;
    RxConfigTmp.BurstLenDst     = DMAC_BurstLen_4;
```

(下页继续)

(续上页)

```
    RxConfigTmp.BurstLenSrc     = DMAC_BurstLen_4;
    RxConfigTmp.DataWidthDst    = DMAC_DataWidth_16;
    RxConfigTmp.DataWidthSrc    = DMAC_DataWidth_16;
    RxConfigTmp.TransferType    = DMAC_TransferType_Per2Mem;
    RxConfigTmp.FlowControl     = DMAC_FlowControl_DMA;
    RxConfigTmp.HandshakeDst    = DMAC_Handshake_Hardware;
    RxConfigTmp.HandshakeSrc    = DMAC_Handshake_Hardware;
    RxConfigTmp.PeripheralSrc   = DMAC_Peripheral_IIS_Rx;
    RxConfigTmp.IntEnable       = ENABLE;

        /*get free dma channel;*/
        gDMARxChNum = DMAC_AcquireChannel(DMA);
        /*enable dma transfer interrupt*/
        DMAC_ClrIntFlagMsk(DMA,gDMARxChNum,DMAC_FLAG_INDEX_TFR);
        DMAC_SetChannelConfig(DMA,gDMARxChNum,&RxConfigTmp);
        I2S_Recv_Enable();
        printk("dma init\n");
}
```

CODEC 采样频率可设置成 8khz 或 16khz，采样频率设置接口：

```
void I2S_SetI2sClkDivider(uint16_t u32Div)
{
        CLK->APB1_CLK_CTRL1 &=  ~0xFFFF;
        //CLK->APB1_CLK_CTRL1 |= u32Div;
    CLK->APB1_CLK_CTRL1 |= (3 << 16) | (CODEC_FREQ << 18);       //lrclk
}
```

注：DMA 中断优先级设成 0，BLE 中断优先级设成 1。DMA 中断优先级比 BLE 中断优先级高是为了防止 BLE 影响音频数据的采集从而导致音频数据采集不连续。

5.2 音频数据编解码　本系统音频编解码采用的是 ADPCM 编解码方式。

ADPCM (ADPCM Adaptive Differential Pulse Code Modulation)，是一种针对 16bit (或者更高) 声音波形数据的一种有损压缩算法，它将声音流中每次采样的 16bit 数据以 4bit 存储，所以压缩比 1:4。而且编解码算法简单，所以是一种低空间消耗，高质量声音获得的好途径。

音频数据编码接口：

```
int adpcm_encoder(short *indata, unsigned char *outdata, int len)
{
    short *inp;         /* Input buffer pointer */
    unsigned char *outp;/* output buffer pointer */
    int val;            /* Current input sample value */
    int sign;           /* Current adpcm sign bit */
    unsigned int delta; /* Current adpcm output value */
    int diff;           /* Difference between val and valprev */
    unsigned int udiff; /* unsigned value of diff */
    unsigned int step;  /* Stepsize */
    int valpred;        /* Predicted output value */
    unsigned int vpdiff;/* Current change to valpred */
    int index;          /* Current step change index */
    unsigned int outputbuffer = 0;/* place to keep previous 4-bit value */
    int bufferstep;     /* toggle between outputbuffer/output */
    int count = 0;      /* the number of bytes encoded */

    outp = outdata;
    inp = indata;

    valpred = s_valprev;
    index = s_index;
```

(下页继续)

(续上页)

```
    step = stepsizeTable[index];

    bufferstep = 1;

    while (len-- > 0 ) {
        val = *inp++;

        /* Step 1 - compute difference with previous value */
        diff = val - valpred;
        if(diff < 0)
        {
            sign = 8;
            diff = (-diff);
        }
        else
        {
            sign = 0;
        }
        /* diff will be positive at this point */
        udiff = (unsigned int)diff;

        /* Step 2 - Divide and clamp */
        /* Note:
        ** This code *approximately* computes:
        **    delta = diff*4/step;
        **    vpdiff = (delta+0.5)*step/4;
        ** but in shift step bits are dropped. The net result of this is
        ** that even if you have fast mul/div hardware you cannot put it to
        ** good use since the fixup would be too expensive.
        */
        delta = 0;
        vpdiff = (step >> 3);

        if ( udiff >= step ) {
            delta = 4;
            udiff -= step;
            vpdiff += step;
        }
        step >>= 1;
        if ( udiff >= step  ) {
            delta |= 2;
            udiff -= step;
            vpdiff += step;
        }
        step >>= 1;
        if ( udiff >= step ) {
            delta |= 1;
            vpdiff += step;
        }

        /* Phil Frisbie combined steps 3 and 4 */
        /* Step 3 - Update previous value */
        /* Step 4 - Clamp previous value to 16 bits */
        if ( sign != 0 )
        {
            valpred -= vpdiff;
            if ( valpred < -32768 )
                valpred = -32768;
        }
        else
```

(下页继续)

(续上页)

```
        {
            valpred += vpdiff;
            if ( valpred > 32767 )
                valpred = 32767;
        }

        /* Step 5 - Assemble value, update index and step values */
        delta |= sign;

        index += indexTable[delta];
        if ( index < 0 ) index = 0;
        if ( index > 88 ) index = 88;
        step = stepsizeTable[index];

        /* Step 6 - Output value */
        if ( bufferstep != 0 ) {
            outputbuffer = (delta << 4);
        } else {
            *outp++ = (char)(delta | outputbuffer);
            count++;
        }
        bufferstep = !bufferstep;
    }

    /* Output last step, if needed */
    if ( bufferstep == 0 )
    {
        *outp++ = (char)outputbuffer;
        count++;
    }

    *outp++=s_valprev & 0xff;         //save value prev
        *outp++=(s_valprev >> 8) & 0xff;
        *outp=s_index;                          //save index
        count = count + 3;

    s_valprev = (short)valpred;
    s_index = (char)index;

    return count;
}
```

音频数据解码接口：

```
int adpcm_decoder(unsigned char *indata, short *outdata, int len)
{
    unsigned char *inp; /* Input buffer pointer */
    short *outp;        /* output buffer pointer */
    unsigned int sign;  /* Current adpcm sign bit */
    unsigned int delta; /* Current adpcm output value */
    unsigned int step;  /* Stepsize */
    int valpred;        /* Predicted value */
    unsigned int vpdiff;/* Current change to valpred */
    int index;          /* Current step change index */
    unsigned int inputbuffer = 0;/* place to keep next 4-bit value */
    int bufferstep;     /* toggle between inputbuffer/input */
    int count = 0;

    short value_tmp;
    char index_tmp;
```

(下页继续)

(续上页)

```
    outp = outdata;
    inp = indata;

    value_tmp = inp[len-3] | (inp[len-2] << 8);         //recover value
    index_tmp = inp[len - 1];           //recover index
    len = len - 3;

    valpred = value_tmp;
    index = index_tmp;
    step = stepsizeTable[index];

    bufferstep = 0;

    len *= 2;

    while ( len-- > 0 ) {

        /* Step 1 - get the delta value */
        if ( bufferstep != 0 ) {
            delta = inputbuffer & 0xf;
        } else {
            inputbuffer = (unsigned int)*inp++;
            delta = (inputbuffer >> 4);
        }
        bufferstep = !bufferstep;

        /* Step 2 - Find new index value (for later) */
        index += indexTable[delta];
        if ( index < 0 ) index = 0;
        if ( index > 88 ) index = 88;

        /* Step 3 - Separate sign and magnitude */
        sign = delta & 8;
        delta = delta & 7;

        /* Phil Frisbie combined steps 4 and 5 */
        /* Step 4 - Compute difference and new predicted value */
        /* Step 5 - clamp output value */
        /*
        ** Computes 'vpdiff = (delta+0.5)*step/4', but see comment
        ** in adpcm_coder.
        */
        vpdiff = step >> 3;
        if ( (delta & 4) != 0 ) vpdiff += step;
        if ( (delta & 2) != 0 ) vpdiff += step>>1;
        if ( (delta & 1) != 0 ) vpdiff += step>>2;

        if ( sign != 0 )
        {
            valpred -= vpdiff;
            if ( valpred < -32768 )
                valpred = -32768;
        }
        else
        {
            valpred += vpdiff;
            if ( valpred > 32767 )
                valpred = 32767;
        }

        /* Step 6 - Update step value */
```

(下页继续)

(续上页)

```
        step = stepsizeTable[index];

        /* Step 7 - Output value */
        *outp++ = (short)valpred;
        count++;
    }

    return count;
}
```

5.3 **音频数据传输** PAN1080 从机将采集的音频数据编码后通过 BLE 传输给 PAN1080 主机。

BLE 从机上传数据的接口：

```
int proj_template_s2c_notify(const u8_t *data,u16_t len)
{
        return bt_gatt_notify(NULL, &proj_temp.attrs[1], data, len);
}
```

BLE 主机接收数据的接口：

```
static u8_t notify_func(struct bt_conn *conn,
                        struct bt_gatt_subscribe_params *params,
                        const void *data, u16_t length)
{
        if (!data) {
                printk("[UNSUBSCRIBED]\n");
                params->value_handle = 0U;
                return BT_GATT_ITER_STOP;
        }

        P20 = 1;
        uint8_t *p_buf = (uint8_t *)decode_data;

        decode_data_len = adpcm_decoder(data,decode_data,length);
        ring_buf_put(&ringbuf_raw, p_buf, (decode_data_len * 2));
        if((I2S_data_flag == 0) && (buf_count >= 2))
        {
                I2S_data_flag = 1;
                I2S_EnableClk(TGT_IIS);
        }
        else
        {
                buf_count++;
        }
        P20 = 0;

        return BT_GATT_ITER_CONTINUE;
}
```

5.4 **音频数据播放** 主机端 PAN1080 将解码后的音频数据通过 I2S 传输给 CODEC 芯片，此时 PAN1080 作 I2S 的 MASTER，CODEC 芯片作 I2S 的 SLAVE，PAN1080 将音频数据发送给 CODEC 芯片播放。

CODEC 芯片初始化接口：

```
void I2S_HW_Init(void)
{
        uint32_t data_len,cycle_cnt = 0;
```

(下页继续)

(续上页)

```
    printk("\nCPU @ %dHz,\n", SystemCoreClock);

        I2S_GPIO_Init();
        I2C_InitRole(I2C0,I2C_MODE_MASTER,ADR10BIT_DISABLE);
    I2C_SetTxTirggerLevel(I2C0, I2C_TX_TL_1);

        data_len = sizeof(codec8316_startup);
        while(cycle_cnt < data_len)
    {
                I2C_Write(I2C0,codec8316_startup+cycle_cnt,2);
                cycle_cnt += 2;
                if((codec8316_startup[cycle_cnt-2] == 0x0)
           && (codec8316_startup[cycle_cnt-1] == 0xc0))
        {
                        k_sleep(50);
                }
                if(cycle_cnt == 2)
        {
                        k_sleep(5);
                }
                if(cycle_cnt == 6)
        {
                        k_sleep(30);
                }
        }
        I2S_DMA_Init();
}
```

主机端 CODEC 芯片初始化流程和从机端 CODEC 芯片初始化流程一样，不同的地方是 CODEC 芯片的配置，从机端配置成音频数据采集，主机端配置成音频数据播放。

PAN1080 DMA 方式发送音频数据初始化接口：

```
void I2S_DMA_Init(void)
{
        DMAC_ChannelConfigTypeDef TxConfigTmp = {0,};

        CLK_APB1PeriphClockCmd(CLK_APB1Periph_I2SM,ENABLE);
        CLK_APB1PeriphClockCmd(CLK_APB1Periph_I2SS,DISABLE);

        I2S_ModduleInit();
        I2S_SysInit();
        DMAC_Init(DMA);
        IRQ_DIRECT_CONNECT(DMA_IRQn, 0, DMA_IRQHandler, 0);
        irq_enable(DMA_IRQn);

        I2S_EnableI2s(TGT_IIS);

        I2S_SetTxTrigLevel(TGT_IIS,0,4);
        I2S_EnableTransmitCh(TGT_IIS,0);

        I2S_EnableTransmitBlock(TGT_IIS);

    /*set tx dma channel control&config register*/
    TxConfigTmp.AddrChangeDst   = DMAC_AddrChange_NoChange;
    TxConfigTmp.AddrChangeSrc   = DMAC_AddrChange_Increment;
    TxConfigTmp.BurstLenDst     = DMAC_BurstLen_8;
    TxConfigTmp.BurstLenSrc     = DMAC_BurstLen_8;
    TxConfigTmp.DataWidthDst    = DMAC_DataWidth_16;
    TxConfigTmp.DataWidthSrc    = DMAC_DataWidth_16;
    TxConfigTmp.TransferType    = DMAC_TransferType_Mem2Per;
```

(下页继续)

(续上页)

```
    TxConfigTmp.FlowControl     = DMAC_FlowControl_DMA;
    TxConfigTmp.HandshakeDst    = DMAC_Handshake_Hardware;
    TxConfigTmp.HandshakeSrc    = DMAC_Handshake_Hardware;
    TxConfigTmp.PeripheralDst   = DMAC_Peripheral_IIS_Tx;
    TxConfigTmp.IntEnable       = ENABLE;

        /*get free dma channel;*/
        gDMATxChNum = DMAC_AcquireChannel(DMA);
        /*enable dma transfer interrupt*/
        DMAC_ClrIntFlagMsk(DMA,gDMATxChNum,DMAC_FLAG_INDEX_TFR);
        DMAC_SetChannelConfig(DMA,gDMATxChNum,&TxConfigTmp);

        //I2S_EnableClk(TGT_IIS);
        I2S_Send_Enable();
}
```

CODEC 播放频率可设置成 8khz 或 16khz，播放频率设置接口：

```
void I2S_SetI2sClkDivider(uint16_t codec_freq)
{
        CLK->APB1_CLK_CTRL1 &=  ~0xFFFF;
        CLK->APB1_CLK_CTRL1 |= codec_freq;
    CLK->APB1_CLK_CTRL1 |= (3 << 16) | (3 << 18);
}
```

注：DMA 中断优先级设成 0，BLE 中断优先级设成 1。DMA 中断优先级比 BLE 中断优先级高是为了防止 BLE 影响音频数据的播放从而导致音频数据播放不连续从而产生噪音。

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      247384 B      1020 KB     23.68%
SRAM:        36976 B        52 KB     69.44%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Bluetooth: Central / Heart-rate Monitor

1 功能概述 此项目演示蓝牙主机功能，不同的是这个应用程序专门查找心率监视器，并在连接后报告心率读数。

2 环境要求

- board: 支持 BLE 的蓝牙设备
- uart(option): 用来显示串口 log
- 测试软件: nRF Connect

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\bluetooth\central_hr`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. 准备 2 个设备，分别烧录 peripheral_hr（见 peripheral_hr 例程），烧录 centrl_hr 例程
2. 开启 central 设备，此时 central 设备可以看到扫描数据

```
Scanning successfully started
[DEVICE]: 1D:0C:35:49:40:DC (random), AD evt type 3, AD data len 31, RSSI -43
[DEVICE]: 1D:0C:35:49:40:DC (random), AD evt type 3, AD data len 31, RSSI -42
[DEVICE]: 59:70:28:64:72:07 (random), AD evt type 3, AD data len 31, RSSI -71
[DEVICE]: 59:70:28:64:72:07 (random), AD evt type 3, AD data len 31, RSSI -72
[DEVICE]: DF:BC:88:D2:0C:B9 (random), AD evt type 0, AD data len 11, RSSI -42
[AD]: 1 data_len 1
[AD]: 3 data_len 6
```

3. 打开 peripheral_hr，显示被 central_hr 设备扫描，串口数据打印 connected

```
Connected

<inf> hrs: HRS notifications enabled
```

4. 在 central_hr 串口上会显示 connect，收到上报的心率信息

```
Connected: DF:BC:88:D2:0C:B9 (random)
[ATTRIBUTE] handle 25
[ATTRIBUTE] handle 28
[SUBSCRIBED]
[NOTIFICATION] data 0x20009f6c length 2
[NOTIFICATION] data 0x20009f6c length 2
[NOTIFICATION] data 0x20009f6c length 2
[NOTIFICATION] data 0x20009f6c length 2
```

5 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      241000 B      1020 KB     23.07%
SRAM:        29556 B        52 KB     55.51%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Bluetooth: Central / Health Thermometer sensor

1 功能概述 此项目演示蓝牙主机功能，不同的是这个应用程序专门寻找健康温度计传感器，并在连接建立后上报模具温度读数。

2 环境要求

- board: 支持 BLE 的蓝牙设备
- uart(option): 用来显示串口 log
- 测试软件: nRF Connect

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\bluetooth\central_ht`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. 准备 2 块板卡，1 块烧录 peripheral_ht（见 peripheral_ht 例程），一块烧录 central_ht
2. 开启 central 设备，此时 central 设备可以看到扫描数据

```
Scanning successfully started
[DEVICE]: 35:C2:56:72:32:6C (random), AD evt type 3, AD data len 31, RSSI -43
[DEVICE]: EB:46:FA:EA:98:2F (random), AD evt type 0, AD data len 11, RSSI -43
[AD]: 1 data_len 1
[AD]: 3 data_len 6
[DEVICE]: EB:46:FA:EA:98:2F (random), AD evt type 4, AD data len 25, RSSI -43
[DEVICE]: 35:C2:56:72:32:6C (random), AD evt type 3, AD data len 31, RSSI -43
[DEVICE]: 5C:7B:03:66:6F:39 (random), AD evt type 0, AD data len 17, RSSI -42
[AD]: 1 data_len 1
[AD]: 10 data_len 1
[AD]: 255 data_len 9
[DEVICE]: 5C:7B:03:66:6F:39 (random), AD evt type 4, AD data len 0, RSSI -42
[DEVICE]: EB:46:FA:EA:98:2F (random), AD evt type 0, AD data len 11, RSSI -43
```

3. 打开 peripheral_ht，显示被 central_ht 设备扫描，串口数据打印 connected，并显示上报的温度信息

   Connected

   temperature is 21C

   Indication success Indication complete

   temperature is 22C

   Indication success Indication complete

4. 在 central_ht 串口上会显示 connect，查看上报的温度信息

```
Connected: C0:69:E0:DD:2B:1B (random)
[ATTRIBUTE] handle 25
[ATTRIBUTE] handle 26
[ATTRIBUTE] handle 28
[SUBSCRIBED]
Temperature 21C.
Temperature 22C.
```

5 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      249960 B      1020 KB     23.93%
SRAM:        29556 B        52 KB     55.51%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Bluetooth: Central / Multilink

1 功能概述 此项目演示蓝牙主机功能，通过扫描其他 BLE 设备，并使用足够强的信号与多达 8 个外设建立连接，演示 BLE Central 功能。

2 环境要求

- board: 支持 BLE 的蓝牙设备
- uart(option): 用来显示串口 log
- 测试软件: nRF Connect

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\bluetooth\central_multilink`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. 烧录完成后，设备可以正常扫描，串口打印 log

```
Scanning successfully started
Device found: DF:BC:88:D2:0C:B9 (random) (RSSI -43)
Device found: 6F:5D:36:7B:0E:78 (random) (RSSI -81)
Device found: DF:BC:88:D2:0C:B9 (random) (RSSI -42)
Device found: A0:E6:F8:AB:0F:6C (public) (RSSI -50)
Device found: 54:A5:72:32:E5:77 (random) (RSSI -43)
Device found: A0:E6:F8:AB:0F:6C (public) (RSSI -46)
```

2. 扫描到设备的 RSSI< -35 时，就会 connect；
3. 准备 8 个 csc 设备，主设备可以正常连接 8 个设备

```
配置连接个数:
CONFIG_BT_MAX_CONN=8
CONFIG_BT_CTLR_MAX_NUM_OF_STATES=8
```

5 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      195868 B      1020 KB     18.75%
SRAM:        35540 B        52 KB     66.74%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Bluetooth: Eddystone

1 功能概述 此项目演示 “Eddystone 配置服务”

Eddystone 配置服务作为 GATT 服务在广播上运行，但它是可连接的，并允许配置发布的数据、广播功率级别和发包间隔。

它还构成了了 Eddystone-EID 广播如何配置和向可信解析器注册的定义的一部分。

2 环境要求

- board: 支持 BLE 的蓝牙设备
- uart(option): 用来显示串口 log
- 测试软件: nRF Connect

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\bluetooth\eddystone`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. 烧录完成后，设备自动启动蓝牙广播，可以在手机或抓包工具上获取如下信息：
   - Service UUID: A3C87500-8ED3-4BDF-8A39-A01BEBEDE295
   - Device Name: Zephyr Eddystone
2. 当手机或其它主设备与其建立连接后，串口 log 会显示连接信息，如下：

```
Connected
```

3. 连接后通过 Eddystone Configuration Service 进行读写操作，设备 log 及 app 显示如下：

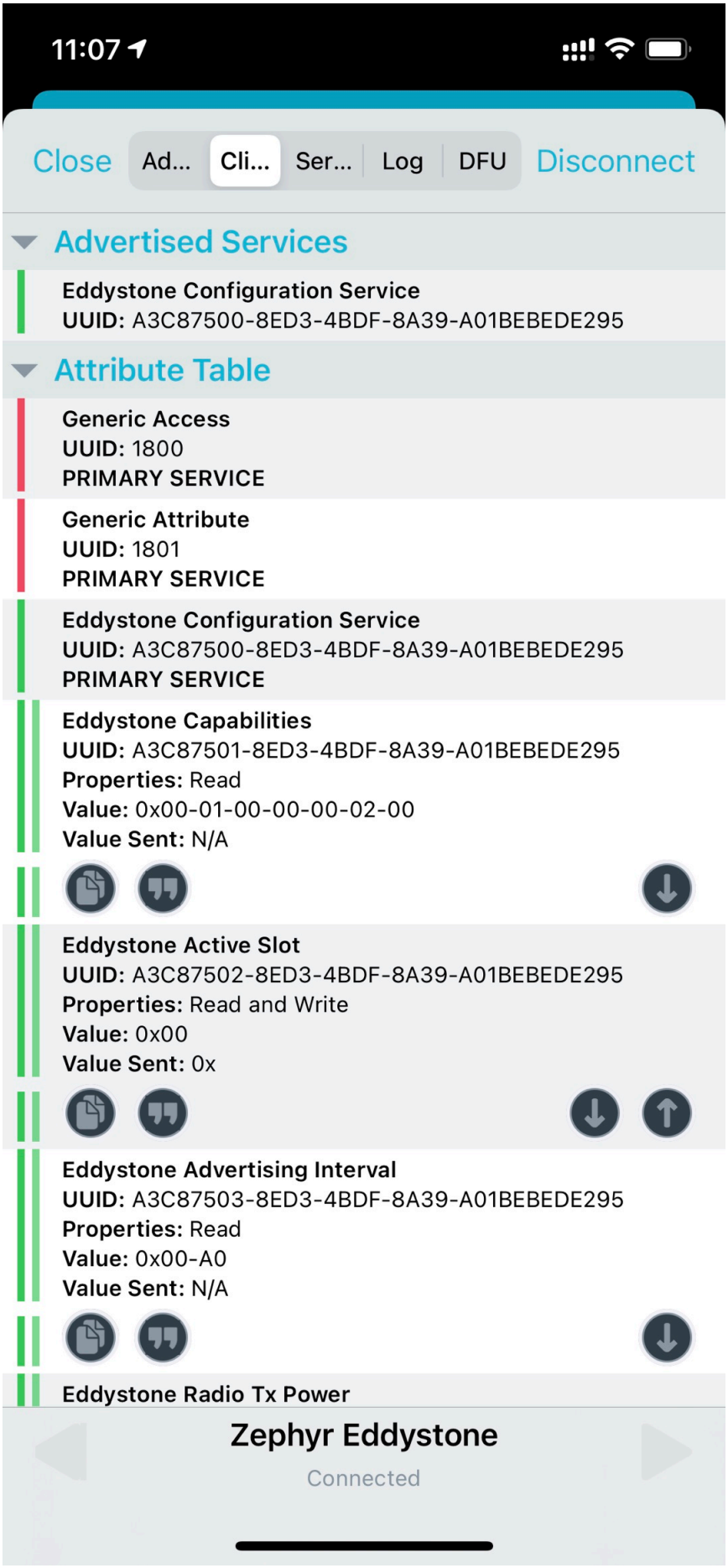


图 2: Eddystone 手机端配置界面

5 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      211576 B      1020 KB     20.26%
SRAM:        27980 B        52 KB     52.55%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Bluetooth: HCI UART

1 **功能概述** 此项目演示单 BLE Controller 的功能，支持 HCI UART，可以通过串口发送 HCI 命令，用于 DTM，或者配合外部 Host 使用。

2 **环境要求**

- board: pan108xxb5_evb
- uart: hci uart (8n1, 115200)
- 测试软件: Panchip Serial Assistant (或其他串口软件)

3 **编译和烧录** 例程位置：`zephyr\samples_panchip\bluetooth\hci_uart`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 **演示说明**

1. HCI_Reset

   串口发送 (0x) 01 03 0C 00

   串口返回 (0x) 04 0E 04 01 03 0C 00

2. LE Transmitter Test

   串口发送 (0x) 01 1E 20 03 00 25 00

   串口返回 (0x) 04 0E 04 01 1E 20 00

3. LE Test End

   串口发送 (0x) 01 1F 20 00

   串口返回 (0x) 04 0E 06 01 1F 20 00 00 00

   有关 DTM 测试流程请参考Core Specification v5.3 Volume 6 Part F.

5 Host Controller Interface 主机控制器接口 (HCI) 提供了访问蓝牙控制器功能的统一接口方法。有关接口的细节可以参考 Core Specification v5.3 Volume 4.

5.1 HCI Command packet The HCI Command packet is used to send commands to the Controller from the Host.

Figure 1 HCI Command packet

OpCode: (Size: 2 octets)

Value	Parameter Description
0xXXXX	OGF Range (6 bits): 0x00 to 0x3F (0x3F reserved for vendor-specific debug commands) OCF Range (10 bits): 0x0000 to 0x03FF

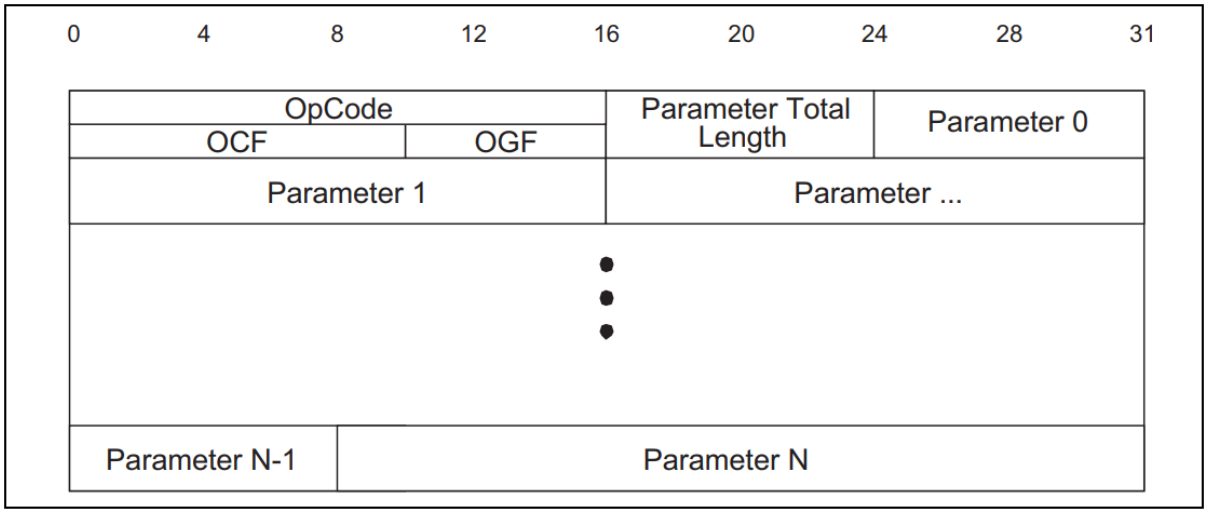


图 3: HCI Command Packet

HCI OpCode Group Field (OGF)	Value	Description
BT_OGF_LINK_CTRL	0x01	Link Control commands
BT_OGF_BASEBAND	0x03	Controller & Baseband commands
BT_OGF_INFO	0x04	Informational parameters
BT_OGF_STATUS	0x05	Status parameters
BT_OGF_LE	0x08	LE Controller commands

Parameter_Total_Length: (Size: 1 octet)

Value	Parameter Description
0xXX	Lengths of all of the parameters contained in this packet measured in octets. (N.B.: total length of parameters, not number of parameters)

Parameter 0 - N: (Size: Parameter Total Length)

Value	Parameter Description
0xXX	Lengths of all of the parameters contained in this packet measured in octets. (N.B.: total length of parameters, not number of parameters)

5.2 HCI Event packet The HCI Event packet is used by the Controller to notify the Host when events occur.

Figure 2 HCI Event packet

Event Code: (Size: 1 octet)

Value	Parameter Description
0xXX	Each event is assigned a 1-Octet event code used to uniquely identify different types of events.Range: 0x00 to 0xFF (The event code 0xFF is reserved for the event code used for vendor-specific debug events.)

Parameter_Total_Length: (Size: 1 octet)

Value	Parameter Description
0xXX	Length of all of the parameters contained in this packet, measured in octets.

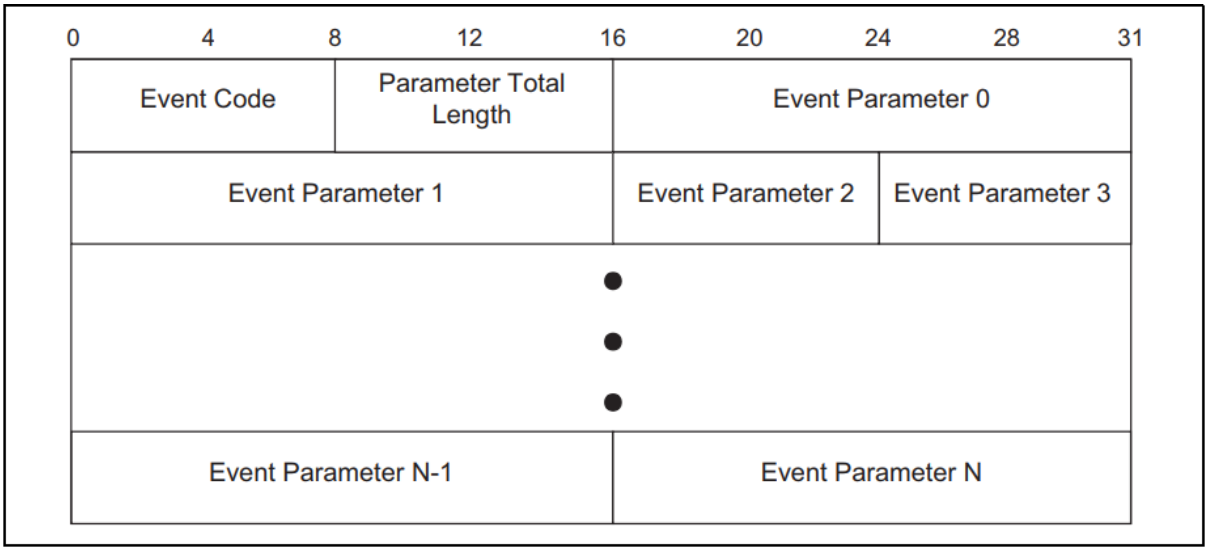


图 4: HCI Event Packet

Event_Parameter 0 - N: (Size: Parameter_Total_Length)

Value	Parameter Description
0xXX	Each event has a specific number of parameters associated with it. These parameters and the size of each of the parameters are defined for each event. Each parameter is an integer number of octets in size.

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      155116 B      1020 KB     14.85%
SRAM:        19564 B        52 KB     36.74%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Bluetooth: iBeacon

1 功能概述 此项目通过广播 Apple iBeacon 演示了 BLE broadcast 角色功能。

校准的 RSSI 在 1 米距离可以使用 IBEACON_RSSI 构建变量设置 (例如，IBEACON_RSSI=0xc8 在 1 米位置为-56 dBm RSSI)，或手动编辑 `main.c` 文件中的默认值。

由于 iBeacon UUID、major 和 minor 的值是硬编码的，因此该应用程序不适合生产使用，但对于快速演示 iBeacon 功能非常方便。

2 环境要求

- board: 支持 BLE 的蓝牙设备
- uart(option): 用来显示串口 log
- 测试软件: nRF Connect

3 编译和烧录 例程位置: `zephyr\samples_panchip\bluetooth\ibeacon`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考: Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. 烧录完成后，通过 nRF Connect 查看不可连接广播：
   - UUID: 18ee1516-016b-4bec-ad96-bcb96d166e97
   - Device Name: N/A(iBeacon)
   - Major：0
   - Minor：0
   - RSSI at 1m: -56 dBm

5 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      179232 B      1020 KB     17.16%
SRAM:        25120 B        52 KB     47.18%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Bluetooth: IoT WeChat

1 功能概述 AirSync 是微信硬件平台提供的一种微信客户端与蓝牙设备间通讯的技术协议，它允许蓝牙设备与微信客户端之间收发数据，并支持通过微信客户端透传到远程服务器。该技术在支持微信互联的蓝牙手环、血压计、智能秤、血糖仪等设备上有比较多的应用。

AirSync 主要在如下场景中使用：

- 蓝牙设备与微信客户端间数据收发，如手环、血压计发送运动健康数据到微信客户端。
- 蓝牙设备与远端服务器收发数据，如获取微信运动排行榜名次，接收设备消息等。

协议架构图如下，其中厂商服务器和外设，由厂商开发完成。微信会提供服务器的接口以对接厂商的服务器，会提供手机的接口（规定的蓝牙协议）以对接厂商的外设，而实际上微信只是数据的中转站，用于厂商服务器与设备之间的数据传递。:

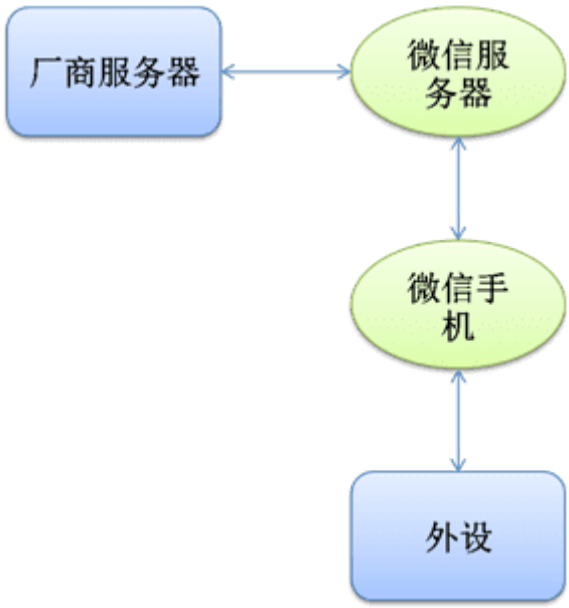


图 5: 微信 AirSync 协议架构

本例程包含 AirSync 协议的全部功能，通过微信硬件平台的官网提供的 AirSyncDebugger APP 测试该例程的功能是否符合协议规范。

2 环境要求

- board: pan108xxb5_evb
- uart (option): 显示串口 log
- 测试软件: AirSyncDebugger

3 编译和烧录

例程位置：`zephyr\samples_panchip\bluetooth\iot_wechat`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. PAN1080 EVB 板上电后 BLE 的广播名字是 `ble_wechat`，用 AirSyncDebugger APP 可以扫描到对应的设备。
2. 在 APP 上点击设备，点击 `AirSync` 协议就可以进入测试模式，测试分为手动测试和自动测试。
3. 手动测试过程中第四步需要按下 PAN1080 EVB 上的 K1 按键方可完成测试，自动测试可以自己完成测试无需在测试过程中手动参与。
4. 测试都通过后就可以和微信公众号进行连接了。

   Note：AirSyncDebugger APP **的使用可参考“微信蓝牙协议调试工具** AirSyncDebugger **说明文档** v2.0”。

5 补充说明

5.1 广播包格式 蓝牙外设广播的目的是让手机微信能够识别到。微信 AirSync 协议是这样规定蓝牙外设广播数据格式的：

- WeChat primary service UUID：0xFEE7。

  Service UUID：0x03+0x03+0xFEE7(WeChat primary service UUID)

- 在自定义厂商数据 manufature specific data 中需以 MAC 地址（身份注册时的 MAC 地址，也是该设备真实的 MAC 地址）结尾，并且要求 manufature specific data 的长度大于等于 8。

  Customer specification：0x09+0xFF+0x6101(BLE core vendor)+ 设备 MAC 地址

广播包对应的数组如下：

```
static const struct bt_data ad[] = {
        BT_DATA_BYTES(BT_DATA_FLAGS, (BT_LE_AD_GENERAL | BT_LE_AD_NO_BREDR)),
        BT_DATA_BYTES(BT_DATA_MANUFACTURER_DATA, 0x01,0x61,0xbb,0xaa,0x11,0x20,0x00,0x01),
        BT_DATA_BYTES(BT_DATA_UUID16_ALL, 0xE7, 0xFE),
};

static const struct bt_data sd[] = {
        BT_DATA(BT_DATA_NAME_COMPLETE, DEVICE_NAME, DEVICE_NAME_LEN),
};
```

5.2 GATT Service 微信蓝牙服务使用自定义的 GATT Service，如下：

Service Attribute	UUID
Primary service	0xFEE7（经蓝牙官方授权）
Write characteristic declaration	0xFEC7
Read characteristic declaration	0xFEC9
Indication characteristic declaration	0xFEC8
Indication characteristic configuration	0x2902

源码如下：

```
BT_GATT_SERVICE_DEFINE(proj_wechat,
BT_GATT_PRIMARY_SERVICE(BT_UUID_DECLARE_16(BLE_UUID_WECHAT_SERVICE)),
                       BT_GATT_CHARACTERISTIC(BT_UUID_DECLARE_16(BLE_UUID_WECHAT_WRITE_
↪CHARACTERISTICS),
                                              BT_GATT_CHRC_WRITE,
                                              BT_GATT_PERM_READ | BT_GATT_PERM_WRITE,
                                              NULL, write_value_cb, cts_data),
                       BT_GATT_CHARACTERISTIC(BT_UUID_DECLARE_16(BLE_UUID_WECHAT_READ_
↪CHARACTERISTICS),
                                              BT_GATT_CHRC_READ,
                                              BT_GATT_PERM_READ | BT_GATT_PERM_WRITE,
                                              read_value_cb, NULL, stc_data),
                       BT_GATT_CHARACTERISTIC(BT_UUID_DECLARE_16(BLE_UUID_WECHAT_INDICATE_
↪CHARACTERISTICS),
                                              BT_GATT_CHRC_INDICATE,
                                              BT_GATT_PERM_READ | BT_GATT_PERM_WRITE,
                                              NULL, NULL, temp_data),
                       BT_GATT_CCC(ccc_cfg_changed, BT_GATT_PERM_READ | BT_GATT_PERM_WRITE),
                                             );
```

满足广播包和 Profile 两个条件代表已经能够跟手机微信进行数据通信了。但是交互过程是一个协作的过程，就像我们访问业务系统一样也要先登陆，再初始化后，才能进行正常的业务通信。那么登陆和初始化我们可以理解为应用控制信令，而后续的数据通信也是应用数据通信。

5.3 Airsync 协议

Demo 例程中是通过嵌入的 data_handler 结构体实现对于不同事件的处理。

事件主要分成三大类：

- 上电初始化
- 微信 BLE 设备与微信公众号的连接
- 微信 BLE 设备与微信公众号的交互

data_handler 结构体主要包括以下内容：

```
data_handler mpbledemo2_data_handler =
{
    .m_product_type              = PRODUCT_TYPE_MPBLEDEMO2,                              //产
品类型码
    .m_data_produce_func         = &mpbledemo2_data_produce_func,                 //打包要发送的
数据
    .m_data_free_func            = &mpbledemo2_data_free_func,                       //释放申请
的内存
    .m_data_consume_func         = &mpbledemo2_data_consume_func,                 //处理收到的数
据包
    .m_data_error_func           = &mpbledemo2_data_error_func,                       //错误处
理函数
    .m_data_init_peripheral_func = &mpbledemo2_init_peripheral_func,          //外设初始化
    .m_data_init_func            = &mpbledemo2_init,                                    //
↪demo 初始化
    .m_data_main_process_func    = &mpbledemo2_main_process,                    //连接微信公众号
    .m_data_button_handler_func  = &mpbledemo2_button_handler,                       //按键事件
处理
    .m_data_produce_args         = &m_info,
↪                                                          //发送数据的 context
    .next                        = NULL
};
```

1. 连接微信

   连接微信的 Auth 和 Init 请求处理都是在 mpbledemo2_main_process 接口函数中进行的，接口如下：

```
void mpbledemo2_main_process()
{
        int error_code = 0;
        if((mpbledemo2Sta.indication_state) && (!mpbledemo2Sta.auth_state) && (!
↪mpbledemo2Sta.auth_send) )
        {
                error_code = device_auth();
        if (0 == error_code)
        {
            mpbledemo2Sta.auth_send = true;
        }
        }
        if((mpbledemo2Sta.auth_state) && (!mpbledemo2Sta.init_state) && (!mpbledemo2Sta.
↪init_send))
        {
                error_code = device_init();
        if (0 == error_code)
        {
            mpbledemo2Sta.init_send = true;
        }
        }
}
```

先进行 device_auth 然后再进行 device_init。

2. 与微信数据交互

   - 微信发数据到设备

     设备端接收数据的接口如下：

```
int mpbledemo2_data_consume_func(uint8_t *data, uint32_t len)
{
                BpFixHead *fix_head = (BpFixHead *)data;
                uint8_t fix_head_len = sizeof(BpFixHead);
                #ifdef CATCH_LOG
                arch_printf("\r\n##Received data: ");
                uint8_t *d = data;
                for(uint8_t i=0;i<len;++i){
                arch_printf(" %x",d[i]);}
                arch_printf("\r\n CMDID: %d", ntohs(fix_head->nCmdId));
                arch_printf("\r\n len: %d", ntohs(fix_head->nLength));
                arch_printf("\r\n Seq: %d",ntohs(fix_head->nSeq));
                #endif
                switch(ntohs(fix_head->nCmdId))
                {
                        case ECI_none:
                                {
                                }
                                break;
                        .
                        .
                        .
                }
                return 0;
}
```

     设备端判断不同的”cmdid”做相应的处理。

   - 设备发送数据到微信

     按下开发板的 K1 按键，设备端将数据发送到微信上。

     发送数据的接口如下：

```
// send data to wechat server
int32_t mpbledemo2_sendData(uint8_t* ptrData, uint32_t lengthInByte)
{
    uint8_t *data = NULL;
        uint32_t len = 0;
        ARGS_ITEM_SET(mpbledemo2_info, m_mpbledemo2_handler->m_data_produce_args,␣
↪cmd, CMD_SENDDAT);
        ARGS_ITEM_SET(mpbledemo2_info, m_mpbledemo2_handler->m_data_produce_args,␣
↪send_msg.len, lengthInByte);
        ARGS_ITEM_SET(mpbledemo2_info, m_mpbledemo2_handler->m_data_produce_args,␣
↪send_msg.str, (const char *)ptrData);

        m_mpbledemo2_handler->m_data_produce_func(m_mpbledemo2_handler->m_data_
↪produce_args, &data, &len);
        if(data == NULL)
        {
                return errorCodeProduce;
        }
        ble_wechat_indicate_data(data, len);
    return 0;
}
```

Demo 是将” Hello, WeChat!” 发送到公众号上。微信公众号的 ID 和 BLE 设备 ID 都是在” mpbledemo2.h” 文件中修改。

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      219012 B      1020 KB     20.97%
SRAM:       29052 B        52 KB     54.56%
IDT_LIST:          0 GB         2 KB      0.00%
```

Bluetooth: Mesh Demo

1 功能概述 此 sample 为针对 mesh 组网的演示项目，可以演示测试的 Mesh Feature 如下

- Friend-LPN
- Heartbeat Publish

2 环境要求

- board: pan108xxb5_evb * 2（A&B），pan1020 Mesh Demo 板（用于测试，其他 1080 板入网 PanMesh 也可以，记为 C 板）
- uart (option): 显示串口 log
- 测试软件: PanMesh

3 编译和烧录 例程位置: `zephyr\samples_panchip\bluetooth\mesh_demo`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考: Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

4.1 测试 Friend-LPN 流程

1. 运行脚本 `quick_build_samples\bluetooth\mesh_demo_firend.bat`，编译后进行烧录至 pan108xxb5_evb A
2. 运行脚本 `quick_build_samples\bluetooth\mesh_demo_low_power_node.bat`，编译后进行烧录至 pan108xxb5_evb B
3. 观察 Friend-LPN 建立及轮询过程
4. 将 code 内的 netkey&appkey 提取到 PanMesh（或者将 PanMesh 中的 key 更新到代码内），入网其他 Mesh 板，通过 Mesh 网络对 LPN 进行开关操作，验证 Friend-LPN 交互流程

   friend 连接建立 log

   ```
   bt_mesh_friend.bt_mesh_friend_poll: Friendship established with 0x0002
   ```

   friend 开始轮询 log

   ```
   bt_mesh_friend.buf_send_end: Waiting 30000 ms for next poll
   ```

   lpn 连接已建立 log

   ```
   bt_mesh_lpn.lpn_timeout: state: established
   ```

   lpn 轮询周期 log

   ```
   bt_mesh_lpn.poll_timeout: Poll Timeout is 26790ms
   ```

5. 建立连接后，通过 PanMesh 处理好 key 信息入网 C 板，连接 C 板作为 proxy，通过 Vendor Message 界面发送给 LPN 一条控制消息如图

   0000 代表关灯，0100 代表开灯

6. friend 为 lpn 存储 message log

   ```
   bt_mesh_friend.friend_lpn_enqueue_rx: Queued message for LPN 0x0002, queue_size 1
   ```

7. 30s 的 friend poll 到达时，friend 为 lpn 节点发送存储消息，成功开/关灯。

4.2 测试 Heartbeat publish 流程

1. 运行脚本 `quick_build_samples\bluetooth\mesh_demo.bat`，编译后进行烧录至 pan108xxb5_evb A
2. 运行脚本 `quick_build_samples\bluetooth\mesh_demo_heartbeat_publisher.bat`，编译后进行烧录至 pan108xxb5_evb B
3. 观察打印 log 如下

   板 A：

   Log 打印 `Subscribing to heartbeat messages`

   不丢包情况下，每 4s 收取一次 heartbeat publish 消息

   ```
   [16:51:20.480]收 ←*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0-220-g27db6b8446e7  ***
   Initializing...mesh_adhoc
   board_init
   Unicast address: 0x0003

   [16:51:20.523]收 ←RCL_CTRL = 0x00000000

   [16:51:20.648]收 ←Bluetooth initialized
   gen_onoff_init
   Mesh initialized
   ```

(下页继续)

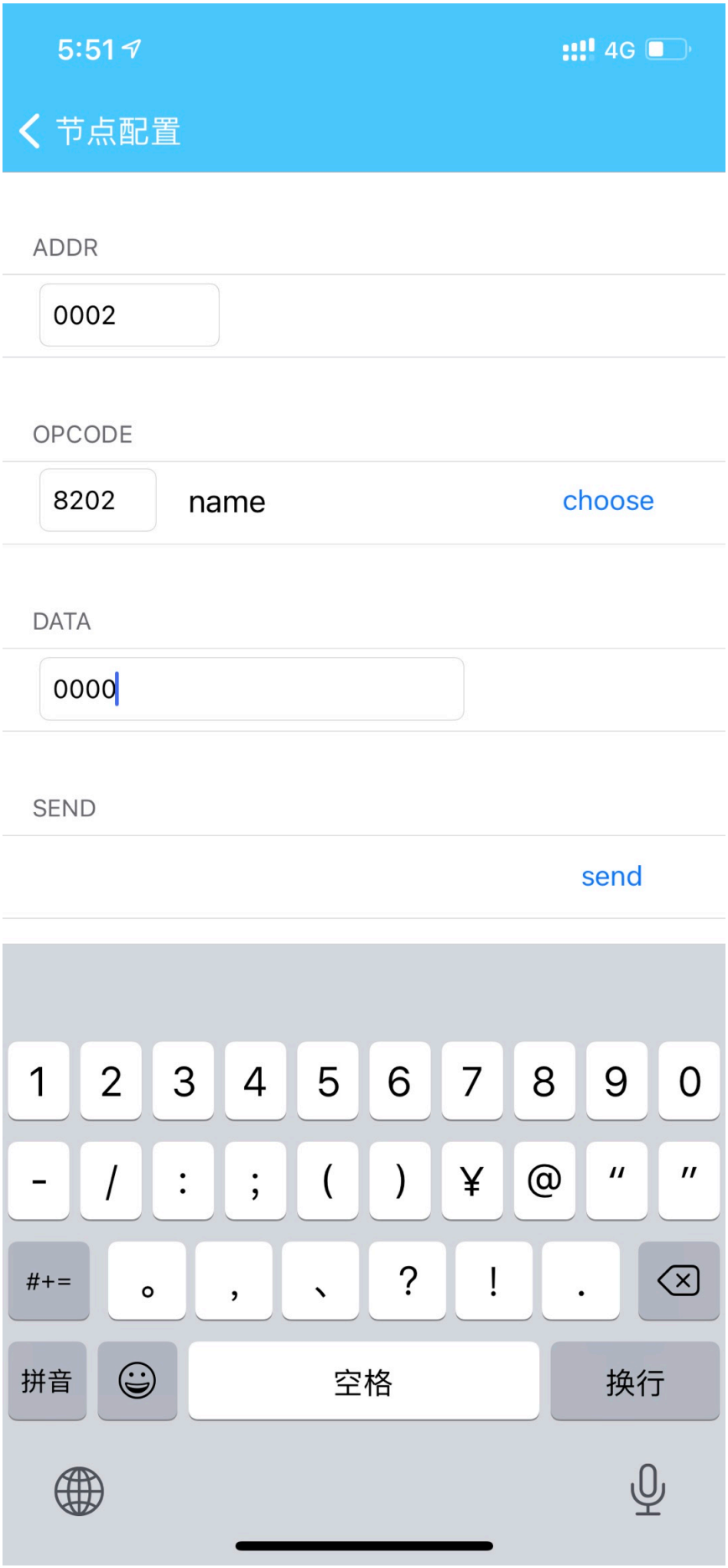

5:51
4G
节点配置
ADDR
0002
OPCODE
8202
name
choose
DATA
0000
SEND
send
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
- / : ; ( ) ¥ @ " "
#+=
。 , 、 ? ! .
拼音
空格
换行

图 6: 手机端配置界面

(续上页)

```
Provisioning completed
Configuring...
Configuration complete
Subscribing to heartbeat messages
[00:00:00.001,000] <wrn> bt_hci_core: Failed to set device name (-12)
[00:00:00.176,000] <inf> bt_hci_core: Identity: D4:4B:52:E4:BF:CD (random)
[00:00:00.176,000] <inf> bt_hci_core: HCI: version 5.1 (0x0a) revision 0x0003,␣
↪manufacturer 0x07d1
[00:00:00.176,000] <inf> bt_hci_core: LMP: version 5.1 (0x0a) subver 0x0000
[00:00:00.177,000] <inf> bt_mesh_main: Primary Element: 0x0003
[00:00:00.177,000] <dbg> bt_mesh_main.bt_mesh_provision: net_idx 0x0000 flags 0x00 iv_
↪index 0x0000

[16:51:28.517]收 ←heartbeat
board_heartbeat,hops = 1, feat = 1

[16:51:32.653]收 ←heartbeat
board_heartbeat,hops = 1, feat = 1

[16:51:40.930]收 ←heartbeat
board_heartbeat,hops = 1, feat = 1

[16:51:45.153]收 ←heartbeat
board_heartbeat,hops = 1, feat = 1
```

板 B:

Log 打印 Publishing heartbeat messages

```
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0-220-g27db6b8446e7  ***
Initializing...mesh_adhoc
board_init
Unicast address: 0x000f
RCL_CTRL = 0x00000000
Bluetooth initialized
gen_onoff_init
Mesh initialized
Provisioning completed
Configuring...
Publishing heartbeat messages
Configuration complete
[00:00:00.001,000] <wrn> bt_hci_core: Failed to set device name (-12)
[00:00:00.175,000] <inf> bt_hci_core: Identity: FD:2D:D9:E3:14:04 (random)
[00:00:00.175,000] <inf> bt_hci_core: HCI: version 5.1 (0x0a) revision 0x0003,␣
↪manufacturer 0x07d1
[00:00:00.175,000] <inf> bt_hci_core: LMP: version 5.1 (0x0a) subver 0x0000
[00:00:00.176,000] <inf> bt_mesh_main: Primary Element: 0x000f
[00:00:00.176,000] <dbg> bt_mesh_main.bt_mesh_provision: net_idx 0x0000 flags 0x00 iv_
↪index 0x0000
```

5 开发说明

5.1 KCONFIG 宏说明

1. flash 相关，不需要存储 flash 相关功能

```
# CONFIG_BT_SETTINGS=y
# CONFIG_FLASH=y
# CONFIG_FLASH_PAGE_LAYOUT=y
# CONFIG_FLASH_MAP=y
```

(下页继续)

(续上页)

```
# CONFIG_NVS=y
# CONFIG_SETTINGS=y
# CONFIG_BT_MESH_RPL_STORE_TIMEOUT=600
```

1. 调试 LOG 宏，基础宏打开，由 CONFIG_BT_PAN_MESH_NODE_TYPE 选择 friend/lpn 相关打印

```
CONFIG_BT_DEBUG_LOG=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG=y
```

1. 由于此 demo 可以展示配置不同 node 功能，由 zephyr\samples_panchip\bluetooth\mesh_demo\proj.conj 内的宏进行修改选择, 以下四个宏四选一进行编译

```
CONFIG_BT_PAN_MESH_NODE_TYPE_NORMAL=y
CONFIG_BT_PAN_MESH_NODE_TYPE_FRIEND=y
CONFIG_BT_PAN_MESH_NODE_TYPE_LPN=y
CONFIG_BT_PAN_MESH_NODE_TYPE_HB_PUB=y
```

5.2 MAIN 函数说明

main 函数包括 3 部分

1. flash 相关的配置擦除, 包括函数 ps_settings_init,short_time_multireset_bt_mesh_unprovisioning
2. bt_enable() 初始化蓝牙
3. bt_ready() 初始化 MESH
4. 蓝牙回调接口

```
static void connected(struct bt_conn *conn, uint8_t err)
{
        if (err) {
                printk("Connection failed (err 0x%02x)\n", err);
        } else {
                printk("Connected\n");
        }
}

static void disconnected(struct bt_conn *conn, uint8_t reason)
{
        printk("Disconnected (reason 0x%02x)\n", reason);
}

BT_CONN_CB_DEFINE(conn_callbacks) = {
        .connected = connected,
        .disconnected = disconnected,
};
```

5.3 ble_mesh 说明

ble/mesh 相关操作:

1. 此 mesh_demosample 没有进行 provisioner 入网，通过 err = bt_mesh_provision(net_key, net_idx, flags, iv_index, addr,dev_key); 进行自入网，通过 static void configure(void) 绑定相关 config 信息，为了减少 gatt 对扫描的干扰
2. struct bt_mesh_model root_models[] 配置 mesh model
3. 实现 heartbeat 的 publish 绑定和 onoff model 的灯控演示

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      234920 B      1020 KB     22.49%
```

(下页继续)

(续上页)

```
SRAM:       31572 B        52 KB     59.29%
IDT_LIST:       0 GB         2 KB      0.00%
```

Bluetooth: Mesh Echo

1 功能概述 此 sample 为针对智能音箱 Amazon Echo 的演示项目，可以完成入网及控制开关。

2 环境要求

- board: pan108xxb5_evb
- uart (option): 显示串口 log
- Amazon Echo: 测试音箱
- 测试软件: PanMesh 或 nRF Mesh

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\bluetooth\mesh_echo`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. 根据 Zephyr 编译环境搭建 VSCode 开发环境
2. 搭建 Echo 测试环境，不同板子需要更新不同的 DEV UUID
3. 下载即可验证 Echo 入网的功能，在 app 端显示为 Plug

5 开发说明

5.1 KCONFIG 宏说明

1. flash 相关，应用在快速重启擦除入网信息

```
CONFIG_BT_SETTINGS=y
CONFIG_FLASH=y
CONFIG_FLASH_MAP=y
CONFIG_NVS=y
CONFIG_SETTINGS=y
```

1. 调试 LOG 宏，不建议全开，log 较多占一定 ram

```
CONFIG_BT_DEBUG_LOG=y

CONFIG_BT_MESH_DEBUG=y
CONFIG_BT_DEBUG_CONN=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_BEACON=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_PROV=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_ADV=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_PROXY=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_MODEL=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_ACCESS=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_TRANS=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_KEYS=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_NET=y
```

1. 广播相关参数

```
CONFIG_BT_DEVICE_NAME_DYNAMIC=y      # dynamic dev name
CONFIG_BT_DEVICE_NAME="echo"         # dev name
CONFIG_BT_MESH_UNPROV_BEACON_INT=2   # pb adv interval (s)
```

5.2 MAIN 函数说明

main 函数包括 3 部分

1. flash 相关的配置擦除, 包括函数 `ps_settings_init`,`short_time_multireset_bt_mesh_unprovisioning`
2. `bt_enable()` 初始化蓝牙
3. `bt_ready()` 初始化 MESH
4. 蓝牙回调接口

```
static void connected(struct bt_conn *conn, uint8_t err)
{
        if (err) {
                printk("Connection failed (err 0x%02x)\n", err);
        } else {
                printk("Connected\n");
        }
}

static void disconnected(struct bt_conn *conn, uint8_t reason)
{
        printk("Disconnected (reason 0x%02x)\n", reason);
}

BT_CONN_CB_DEFINE(conn_callbacks) = {
        .connected = connected,
        .disconnected = disconnected,
};
```

5.3 ble_mesh 说明

ble/mesh 相关操作:

1. `static const struct bt_mesh_prov prov` 配置入网参数
2. `struct bt_mesh_model root_models[]` 配置 mesh model
3. UUID 生成方式：静态数组 `static uint8_t dev_uuid_echo[16]`
4. 入网认证方式：`no oob`（Echo 选择的，因此不需要类似天猫小度的三元组静态 oob）
5. 入网 beaer 选择：`bt_mesh_prov_enable(BT_MESH_PROV_ADV | BT_MESH_PROV_GATT);`

5.4 其他说明

1. `light model` 和 `config model`, `health model` 请参考 [Mesh 开发指南](../../dev_guides/Developing Bluetooth Mesh Applications.md)。
2. 目前只添加了 `Generic Onoff Model`，其它灯控相关的 `CTL`，`HSL` 等将在后续版本中添加。
3. 入网方式为 `Pb gatt`, 通过连接方式进行入网，入网后每次连接会进行 `proxy configuration` 和 `filter add` 等操作。

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      321564 B      1020 KB     30.79%
SRAM:       41857 B        52 KB     78.61%
IDT_LIST:          0 GB         2 KB      0.00%
```

Bluetooth: Mesh Provisioner

1 **功能概述** 此 sample 为 pan108xxb5_evb 作为 mesh_provisioner 的实例演示项目，可以演示作为 provisioner，先进行自我配置 netkey，存储，然后通过 pb adv 对其他待入网设备广播进行扫描，建立 link，入网的流程，并包括后续的配置流程。

2 环境要求

- board: pan108xxb5_evb
- uart (option): 显示串口 log

  需要烧录有 `mesh_echo` 或支持 Mesh 入网功能的设备。

3 编译和烧录 例程位置: `zephyr\samples_panchip\bluetooth\mesh_provisioner`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考: Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. 根据 Zephyr 编译环境搭建 VSCode 开发环境, 准备至少 1 块其他待入网设备，发送 beacon 如 1020.
2. 下载前需要 erase chip（`CONFIG_BT_SETTINGS=y` 情况下需要，因为需要 stored cdb，防止 flash 冲突），`CONFIG_BT_SETTINGS=n` 情况下不需要
3. 烧录完成后观察入网，当附近没有待入网设备时，provisioner 持续扫描，当附近存在待入网设备时，provisioner 会入网第一个扫描的设备，并尝试配置
4. 配置由于 adv 扫描效率问题，可能会出现失败，这时可以采用复位已入网的设备继续流程（不是擦除入网信息，是保留入网状态条件的复位）

5 开发说明

5.1 KCONFIG 宏说明

1. flash 相关

   `CONFIG_BT_SETTINGS` 建议关闭, 此宏控制入网信息是否保存至 provisioner 的 CDB (configuration database)

```
# Store Bluetooth state and configuration persistently
CONFIG_BT_SETTINGS=n
CONFIG_BT_MESH_RPL_STORE_TIMEOUT=600

# menuconfig Enable support for the flash hardware.
CONFIG_FLASH=y
CONFIG_FLASH_PAGE_LAYOUT=y #Enables API for retrieving the layout of flash memory pages.

# menuconfig Enable support of flash map abstraction.
CONFIG_FLASH_MAP=y

# Enable support of Non-volatile Storage.
CONFIG_NVS=y

# menuconfig users settings store
CONFIG_SETTINGS=y
```

2. Provisioner 相关

   1. 选择 provisioner

2. CDB 使能
3. 网络 node 最大 2：除去 provisioner 可以再入 1 个

```
# need config as this to be noticed as provisioner rather than a provisionee
CONFIG_BT_MESH_PROVISIONER=y
CONFIG_BT_MESH_PROV_DEVICE=n
# creat a configuration database not use stored
CONFIG_BT_MESH_CDB=y
# count of net config,can only provision other 1 node
CONFIG_BT_MESH_CDB_NODE_COUNT=2
CONFIG_BT_MESH_CDB_SUBNET_COUNT=3
CONFIG_BT_MESH_CDB_APP_KEY_COUNT=3
```

3. 调试 LOG 宏，不建议全开，log 较多占一定 ram

```
CONFIG_BT_DEBUG_LOG=y

CONFIG_BT_MESH_DEBUG=y
CONFIG_BT_DEBUG_CONN=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_BEACON=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_PROV=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_ADV=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_PROXY=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_MODEL=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_ACCESS=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_TRANS=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_KEYS=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_NET=y
```

4. mesh 相关参数

```
CONFIG_BT_MESH=y
CONFIG_BT_MESH_SUBNET_COUNT=1
CONFIG_BT_MESH_APP_KEY_COUNT=1
CONFIG_BT_MESH_ADV_BUF_COUNT=10
CONFIG_BT_MESH_TX_SEG_MSG_COUNT=3
CONFIG_BT_MESH_RX_SEG_MAX=32
CONFIG_BT_MESH_MODEL_GROUP_COUNT=2
CONFIG_BT_MESH_LABEL_COUNT=0
CONFIG_BT_MESH_CFG_CLI=y
CONFIG_BT_MESH_HEALTH_CLI=y
CONFIG_BT_MESH_BEACON_ENABLED=n
CONFIG_BT_MESH_RELAY=y
CONFIG_BT_MESH_RELAY_RETRANSMIT_COUNT=3
```

5. ble 相关参数

```
CONFIG_BT=y
CONFIG_BT_TINYCRYPT_ECC=y

# Select this for LE Observer role support
CONFIG_BT_OBSERVER=y
# Select this for LE Broadcaster role support.
CONFIG_BT_BROADCASTER=y
```

5.2 MAIN **函数说明** main 函数包括 3 部分：

- `bt_enable()` 初始化蓝牙
- `bt_ready()` 初始化 MESH
- 信号量操作 `k_sem_reset`

```
k_sem_reset(&sem_unprov_beacon);
k_sem_reset(&sem_node_added);
```

先 reset 信号量标志，再通过 sem_unprov_beacon 或者 sem_node_added 的回调 give 信号量，while (1) 持续获取 take 以上信号量完成循环入网/配置流程：

1. 先获取配置信息，首先配置自己，由于 `CONFIG_BT_SETTINGS=n`, 因此不会记录入网信息，重启后复原，不会采用 stored cdb
2. 搜索广播包，由于配置最大网络个数 2，`CONFIG_BT_MESH_CDB_NODE_COUNT=2`, 还可以入网 1 个设备
3. 入网后会对该设备进行配置

   ```
   static void configure_node(struct bt_mesh_cdb_node *node)
   ```

   配置包括 get composition data，add appkey，bind appkey to each model as usual.

5.3 其他说明

1. 入网演示走的流程是 pb adv 广播方式入网，包含的 zephyr 应用库 subsys\bluetooth\mesh 下的 `pb_adv.c prov.c prov_bearer.c provisioner.c` 等源码，运行 sample 可以参考以上。
2. 对比原始 sample，provisioner 调整过 CONFIG_MAIN_STACK_SIZE=2048 栈大小
3. 对比原始 sample，由于入网 adv 扫描在 pan108xxb5_evb 上还待优化，修改过入网超时时间

   ```
   err = k_sem_take(&sem_node_added, K_SECONDS(30));
   ```

   入网不会失败，但会经过较长时间。

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      231264 B      1020 KB     22.14%
SRAM:        29961 B        52 KB     56.27%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Bluetooth: Mesh Speaker

1 功能概述 此 sample 为针对智能音箱（小度音箱/天猫精灵）的演示项目，可以完成入网及灯控过程。可以通过 CONFIG 控制不同设备类型/同时支持两种音箱。

2 环境要求

- board: pan108xxb5_evb
- uart (option): 显示串口 log
- 音响：小度音箱，天猫精灵；同时需要准备相对应的三元组
- 测试软件：PanMesh 或 nRF Mesh

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\bluetooth\mesh_speaker`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. 根据 Zephyr 编译环境搭建 VSCode 开发环境
2. 天猫小度三元组在 `ble_mesh.c` 对应填充, 多块板子需要填充不同的三元组
3. 下载即可验证小度/天猫同时入网的功能。入网前循环打印小度/天猫的 UUID unpro beacon

```
[00:45:23.777,000] <dbg> bt_mesh_beacon.beacon_send:
[00:45:23.777,000] <dbg> bt_mesh_beacon.unprovisioned_beacon_send:
[00:45:23.777,000] <dbg> bt_mesh_beacon.unprovisioned_beacon_send: beacon_flag tmall
[00:45:25.779,000] <dbg> bt_mesh_beacon.beacon_send:
[00:45:25.779,000] <dbg> bt_mesh_beacon.unprovisioned_beacon_send:
[00:45:25.779,000] <dbg> bt_mesh_beacon.unprovisioned_beacon_send: beacon_flag xiaodu
```

4. 可以尝试更新 CONFIG_BT_MESH_UNPROV_BEACON_INT 来加快或延长 unprovision 广播发送时间。

5 开发说明

5.1 KCONFIG 宏说明

1. flash 相关，应用在快速重启擦除入网信息

```
CONFIG_BT_SETTINGS=y
CONFIG_FLASH=y
CONFIG_FLASH_MAP=y
CONFIG_NVS=y
CONFIG_SETTINGS=y
```

1. 调试 LOG 宏，不建议全开，log 较多占一定 ram

```
CONFIG_BT_DEBUG_LOG=y

CONFIG_BT_MESH_DEBUG=y
CONFIG_BT_DEBUG_CONN=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_BEACON=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_PROV=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_ADV=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_PROXY=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_MODEL=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_ACCESS=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_TRANS=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_KEYS=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_NET=y
```

1. 广播相关参数

```
CONFIG_BT_DEVICE_NAME_DYNAMIC=y       # dynamic dev name
CONFIG_BT_DEVICE_NAME="speaker"       # dev name
CONFIG_BT_MESH_UNPROV_BEACON_INT=2    # pb adv interval (s)
CONFIG_BT_MESH_MULTIPLE_BEACON=y      # y means can provision both speakers
```

5.2 MAIN 函数说明

main 函数包括 3 部分

1. flash 相关的配置擦除, 包括函数 `ps_settings_init`,`short_time_multireset_bt_mesh_unprovisioning`
2. `bt_enable()` 初始化蓝牙
3. `bt_ready()` 初始化 MESH

5.3 ble_mesh 说明

ble/mesh 相关操作:

1. `static const struct bt_mesh_prov prov` 配置入网参数
2. `struct bt_mesh_model root_models[]` 配置 mesh model
3. 天猫小度切换入网流程

5.4 其他说明

1. speaker_operate 为三元组生成 beacon dev uuid 和 auth_static 相关操作，通用于小度，天猫，小米等智能网关，根据三元组（pid，mac，sec）生成 UUID 和静态 oob 认证 data。
2. light model 和 config model，health model 相关参考后续介绍 model 文档，参考 spec 文档。
3. 小度天猫 vendor 暂未加入，后续需要添加至 `subsys/bluetooth/mesh_models` 中
4. 小度入网后，由 heartbeat 监测设备在线状态，**目前暂未完整验证**，所以可能会上报设备不在线状态。

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      312332 B      1020 KB     29.90%
SRAM:       39213 B        52 KB     73.64%
IDT_LIST:          0 GB         2 KB      0.00%
```

Bluetooth: Multi-roles

1 功能概述 此项目演示了蓝牙多角色的功能。可以通过 `zephyr shell` 控制设备执行广播、扫描、连接（主和从）等。

2 环境要求

- board: pan108xxb5_evb
- uart: 显示串口 log 和 shell 交互
- 测试软件：SecureCRT，用于 shell 交互
- 测试软件 (option): nRF Connect

  执行多连接时，需要多个支持蓝牙的设备。

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\bluetooth\mult_roles`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

4.1 启动广播

```
uart:~$ ble adv conn_ind_start
Advertising successfully started
```

4.2 启动扫描

```
uart:~$ ble scan passive_start
Scanning successfully started
uart:~$ 00 > 37:09:A7:33:53:B6 (random) (RSSI -98) (ADV_NONCONN_IND)
01 > 39:E9:F4:88:25:21 (random) (RSSI -95) (ADV_NONCONN_IND)
02 > 3B:2C:F8:A6:0D:85 (random) (RSSI -95) (ADV_NONCONN_IND)
03 > 25:A0:8B:A9:CE:CB (random) (RSSI -98) (ADV_NONCONN_IND)
04 > 1A:E1:B2:2D:BC:1A (random) (RSSI -94) (ADV_NONCONN_IND)
05 > 74:AC:D5:CF:97:3A (random) (RSSI -92) (ADV_IND)
06 > 0A:6F:3B:F4:FC:77 (random) (RSSI -93) (ADV_NONCONN_IND)
07 > 00:20:21:05:27:FF (public) (RSSI -92) (ADV_IND)
08 > BB:CA:11:20:00:06 (public) (RSSI -91) (ADV_IND)
09 > 01:95:C8:38:2E:C1 (random) (RSSI -81) (ADV_NONCONN_IND)
10 > 7B:7B:2B:BD:A7:BA (random) (RSSI -81) (ADV_NONCONN_IND)
11 > 3E:18:64:B8:8A:B4 (random) (RSSI -92) (ADV_NONCONN_IND)
12 > 26:D1:B3:49:78:A5 (random) (RSSI -92) (ADV_NONCONN_IND)
13 > 12:1D:7C:92:53:B1 (random) (RSSI -85) (ADV_NONCONN_IND)
14 > 64:D6:45:C8:ED:3C (random) (RSSI -86) (ADV_IND)
15 > FF:FF:FF:FF:FF:FF (public) (RSSI -75) (ADV_IND)
16 > 21:88:3B:73:56:62 (random) (RSSI -94) (ADV_NONCONN_IND)
17 > 2B:46:04:9D:A9:08 (random) (RSSI -88) (ADV_NONCONN_IND)
18 > 1A:A0:5E:42:34:6E (random) (RSSI -88) (ADV_NONCONN_IND)
19 > 4E:E5:97:61:EB:3B (random) (RSSI -88) (ADV_IND)
```

需要注意的是:

- 当前可以存储 20 条设备信息，当扫描到的设备信息存储满时，将**自动终止扫描**。
- 发起连接（`ble conn create`）时如果当前处于扫描状态，则会终止扫描后启动连接

4.3 **显示设备信息** 显示扫描、连接设备列表信息。

```
uart:~$ ble devs show
Detected List:
00 > 37:09:A7:33:53:B6 (random) (RSSI -98) (ADV_NONCONN_IND)
01 > 39:E9:F4:88:25:21 (random) (RSSI -95) (ADV_NONCONN_IND)
02 > 3B:2C:F8:A6:0D:85 (random) (RSSI -95) (ADV_NONCONN_IND)
03 > 25:A0:8B:A9:CE:CB (random) (RSSI -98) (ADV_NONCONN_IND)
04 > 1A:E1:B2:2D:BC:1A (random) (RSSI -94) (ADV_NONCONN_IND)
05 > 74:AC:D5:CF:97:3A (random) (RSSI -92) (ADV_IND)
06 > 0A:6F:3B:F4:FC:77 (random) (RSSI -93) (ADV_NONCONN_IND)
07 > 00:20:21:05:27:FF (public) (RSSI -92) (ADV_IND)
08 > BB:CA:11:20:00:06 (public) (RSSI -91) (ADV_IND)
09 > 01:95:C8:38:2E:C1 (random) (RSSI -81) (ADV_NONCONN_IND)
10 > 7B:7B:2B:BD:A7:BA (random) (RSSI -81) (ADV_NONCONN_IND)
11 > 3E:18:64:B8:8A:B4 (random) (RSSI -92) (ADV_NONCONN_IND)
12 > 26:D1:B3:49:78:A5 (random) (RSSI -92) (ADV_NONCONN_IND)
13 > 12:1D:7C:92:53:B1 (random) (RSSI -85) (ADV_NONCONN_IND)
14 > 64:D6:45:C8:ED:3C (random) (RSSI -86) (ADV_IND)
15 > FF:FF:FF:FF:FF:FF (public) (RSSI -75) (ADV_IND)
16 > 21:88:3B:73:56:62 (random) (RSSI -94) (ADV_NONCONN_IND)
17 > 2B:46:04:9D:A9:08 (random) (RSSI -88) (ADV_NONCONN_IND)
18 > 1A:A0:5E:42:34:6E (random) (RSSI -88) (ADV_NONCONN_IND)
19 > 4E:E5:97:61:EB:3B (random) (RSSI -88) (ADV_IND)
Connected List:
- Empty
```

4.4 **与设备建立连接** 在与设备建立连接时，需要先获取待连接设备的编号，可以通过 `ble devs show` 获取。

如下命令，表示将与 `Detected List` 列表中编号为 `05` 的设备建立连接:

```
uart:~$ ble conn create 5
Connecting ...
uart:~$ Connect to 74:AC:D5:CF:97:3A (random) successful
```

5 其它说明

5.1 配置 项目配置文件: `prj.conf`，其中包含了 `Bluetooth`、`shell`、`debug` 等的一些配置。

其中支持的最大连接数量由如下参数配置:

```
CONFIG_BT_MAX_CONN=8
```

5.2 shell 命令 `shell` 支持的 `ble` 命令

```
ble - BLE commands
Subcommands:
  adv    :LE Advertising commands
  Subcommands:
    conn_ind_start     :LE Start Advertising with ADV_IND command
    nonconn_ind_start  :LE Start Advertising with ADV_NONCONN_IND command
    stop               :LE Stop Advertising command
  scan   :LE Scanning commands
  Subcommands:
    passive_start  :LE Start Passive Scanning command
    active_start   :LE Start Active Scanning command
    stop           :LE Stop Scanning command
  conn   :LE Connection commands
  Subcommands:
    create   :LE Create Connection command
    disconn  :Disconnect command
  devs   :LE Device Status commands
  Subcommands:
    show   :Display BLE Devices command
    clear  :Clear Detected List command
  reset  :Reset commands
```

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      248828 B      1020 KB     23.82%
SRAM:        48084 B        52 KB     90.30%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Bluetooth: Peripheral

1 功能概述 此项目演示了蓝牙从机的功能，该工程包含了 `Heart Rate` 服务，可以上报心率数据给主机。

在不支持心率的设备上，这些心率数据是虚拟的。

2 环境要求

- board: 支持 BLE 的蓝牙设备
- uart(option): 用来显示串口 log
- 测试软件: nRF Connect

3 编译和烧录

例程位置：‘zephyr\samples_panchip\bluetooth\peripheral

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. 烧录完成后，设备自动启动蓝牙广播，可以在手机或抓包工具上获取如下信息：
   - Service UUID: 0x1805, 0x180D, 0x180F
   - Device Name: Zephyr Peripheral Sample Long
2. 当手机或其它主设备与其建立连接后，串口 log 会显示连接信息，如下：

```
Connected
```

3. 此时，如果使能了 `Heart Rate Measurement`，主机将收到心率数据，如下：

5 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      259868 B      1020 KB     24.88%
SRAM:        33108 B        52 KB     62.18%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Bluetooth: Peripheral Audio

1 功能概述

本文主要介绍 PAN1080 BLE 音频传输-从机例程，负责通过 MIC 采集音频数据，并通过蓝牙发送给主机端设备。

系统框图如图所示：

2 环境要求

- board: pan108xxb5_evb
- uart (option): 显示串口 log
- ES8316 模块：带喇叭或耳机

  需要搭配一个运行central_audio 的板子一起使用。

3 编译和烧录

例程位置：`zephyr\samples_panchip\bluetooth\peripheral_audio`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. 端口连接

   IIC 端口连接：

PAN1080 EVB 板端口	ES8316 模块端口
P0_0（I2C0_SCL）	IIC:CLK
P0_1（I2C0_SDA）	IIC:DAT

   IIS 端口连接：

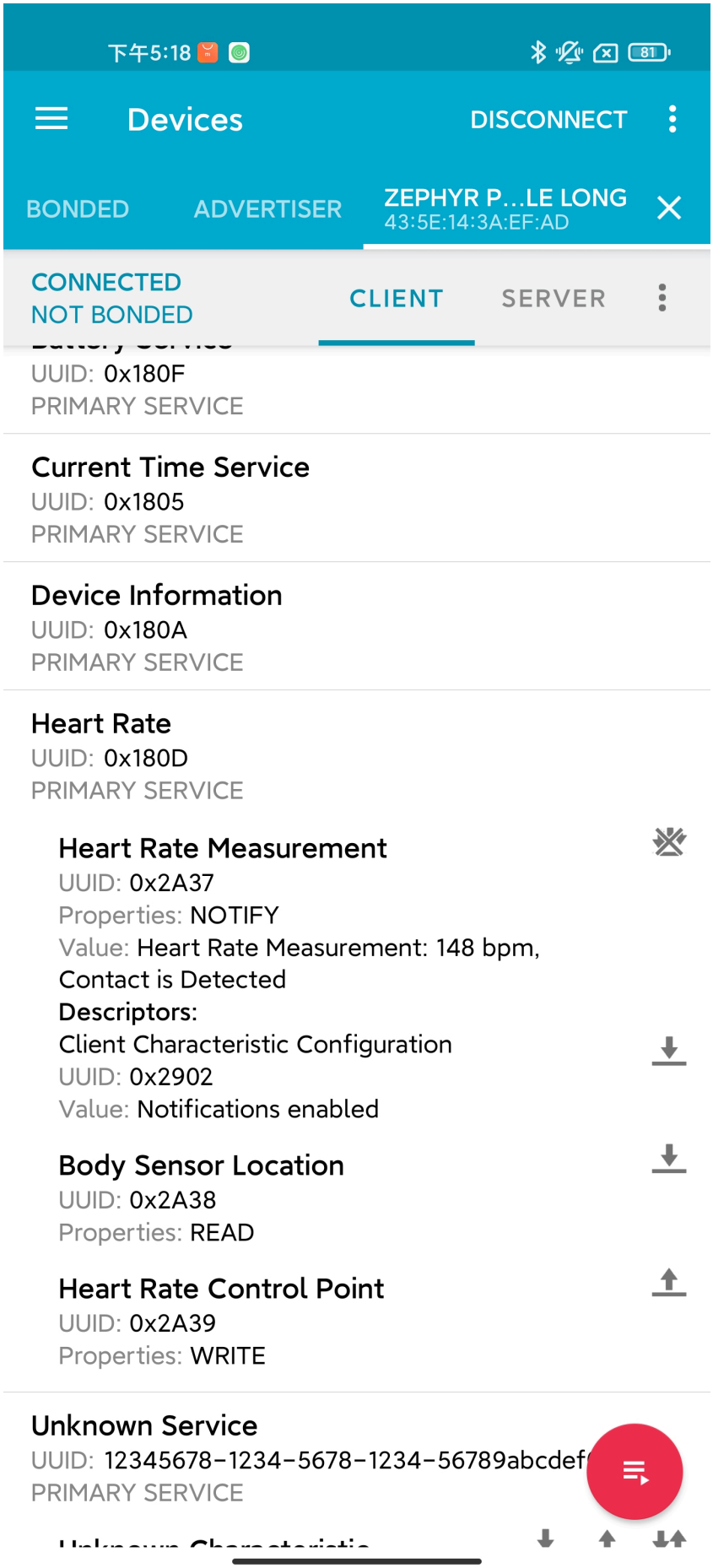


图 7: Peripheral 手机端 nRF Connect Service 界面

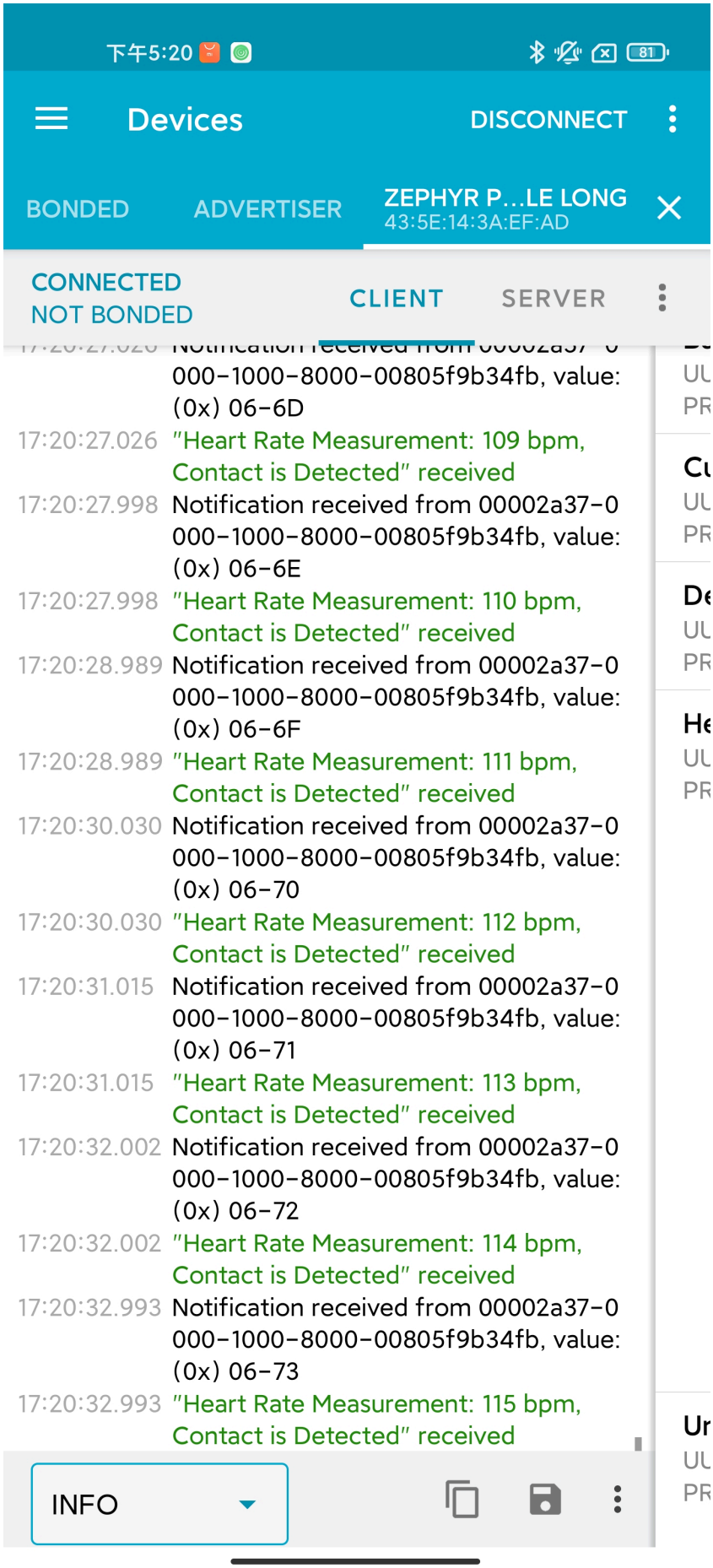


图 8: Peripheral 手机端 nRF Connect Log 界面

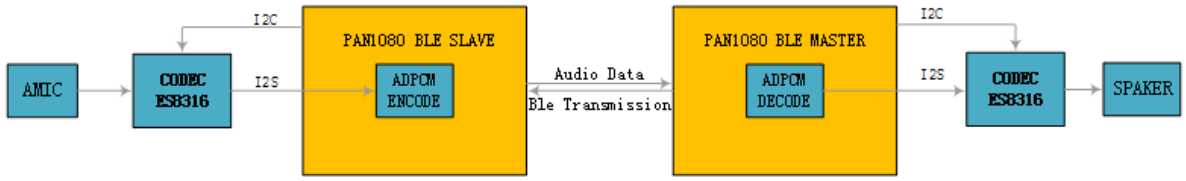


图 9: BLE 音频传输系统框图

PAN1080 EVB 板端口	ES8316 模块端口
P4_3（I2SMCLK）	MCLK
P4_4（I2SS_WS）	ALRCLK
P4_0（I2SS_CLK）	SCLK
P4_1（I2SS_DI）	ASDOUT
P4_2（I2SS_DO）	Useless

2. 上电。
3. 配置语音接收端（参考central_audio），并等待蓝牙连接。
4. 蓝牙连接成功后，可以通过 MIC 将语音发送给对端。

5 开发说明

5.1 音频数据采集 从机端的 CODEC 芯片将 MIC 的数据通过 I2S 传输给 PAN1080，此时 PAN1080 作 I2S 的 SLAVE，CODEC 芯片作 I2S 的 MASTER，PAN1080 接收从 CODEC 芯片采集的数据。

CODEC 芯片初始化的接口：

```
void I2S_HW_Init(void)
{
        uint32_t data_len,cycle_cnt = 0;
    printk("\nCPU @ %dHz,\n", SystemCoreClock);

        I2S_GPIO_Init();
        I2C_InitRole(I2C0,I2C_MODE_MASTER,ADR10BIT_DISABLE);
    I2C_SetTxTirggerLevel(I2C0, I2C_TX_TL_1);

        data_len = sizeof(codec8316_startup);
        while(cycle_cnt < data_len)
    {
                I2C_Write(I2C0,codec8316_startup+cycle_cnt,2);
                cycle_cnt += 2;
                if((codec8316_startup[cycle_cnt-2] == 0x0) &&
           (codec8316_startup[cycle_cnt-1] == 0xc0))
        {
                        k_sleep(50);
                }
                if(cycle_cnt == 2)
        {
                        k_sleep(5);
                }
                if(cycle_cnt == 6)
        {
                        k_sleep(30);
                }
        }
        I2S_DMA_Init();
}
```

PAN1080 DMA 方式接收音频数据初始化接口：

```
void I2S_DMA_Init(void)
{
        DMAC_ChannelConfigTypeDef RxConfigTmp = {0,};

        CLK_APB1PeriphClockCmd(CLK_APB1Periph_I2SS,ENABLE);

        I2S_ModduleInit();
        I2S_SysInit();
        DMAC_Init(DMA);
        IRQ_DIRECT_CONNECT(DMA_IRQn, 0, DMA_IRQHandler, 0);
        irq_enable(DMA_IRQn);
        I2S_EnableI2s(TGT_IIS);
        I2S_EnableRecBlock(TGT_IIS);

    RxConfigTmp.AddrChangeDst    = DMAC_AddrChange_Increment;
    RxConfigTmp.AddrChangeSrc    = DMAC_AddrChange_NoChange;
    RxConfigTmp.BurstLenDst      = DMAC_BurstLen_4;
    RxConfigTmp.BurstLenSrc      = DMAC_BurstLen_4;
    RxConfigTmp.DataWidthDst     = DMAC_DataWidth_16;
    RxConfigTmp.DataWidthSrc     = DMAC_DataWidth_16;
    RxConfigTmp.TransferType     = DMAC_TransferType_Per2Mem;
    RxConfigTmp.FlowControl      = DMAC_FlowControl_DMA;
    RxConfigTmp.HandshakeDst     = DMAC_Handshake_Hardware;
    RxConfigTmp.HandshakeSrc     = DMAC_Handshake_Hardware;
    RxConfigTmp.PeripheralSrc    = DMAC_Peripheral_IIS_Rx;
    RxConfigTmp.IntEnable        = ENABLE;

        /*get free dma channel;*/
        gDMARxChNum = DMAC_AcquireChannel(DMA);
        /*enable dma transfer interrupt*/
        DMAC_ClrIntFlagMsk(DMA,gDMARxChNum,DMAC_FLAG_INDEX_TFR);
        DMAC_SetChannelConfig(DMA,gDMARxChNum,&RxConfigTmp);
        I2S_Recv_Enable();
        printk("dma init\n");
}
```

CODEC 采样频率可设置成 8khz 或 16khz，采样频率设置接口：

```
void I2S_SetI2sClkDivider(uint16_t u32Div)
{
        CLK->APB1_CLK_CTRL1 &=  ~0xFFFF;
        //CLK->APB1_CLK_CTRL1 |= u32Div;
    CLK->APB1_CLK_CTRL1 |= (3 << 16) | (CODEC_FREQ << 18);       //lrclk
}
```

注：DMA 中断优先级设成 0，BLE 中断优先级设成 1。DMA 中断优先级比 BLE 中断优先级高是为了防止 BLE 影响音频数据的采集从而导致音频数据采集不连续。

5.2 音频数据编解码

本系统音频编解码采用的是 ADPCM 编解码方式。

ADPCM (ADPCM Adaptive Differential Pulse Code Modulation)，是一种针对 16bit (或者更高) 声音波形数据的一种有损压缩算法，它将声音流中每次采样的 16bit 数据以 4bit 存储，所以压缩比 1:4。而且编解码算法简单，所以是一种低空间消耗，高质量声音获得的好途径。

音频数据编码接口：

```
int adpcm_encoder(short *indata, unsigned char *outdata, int len)
{
    short *inp;         /* Input buffer pointer */
    unsigned char *outp;/* output buffer pointer */
```

(下页继续)

(续上页)

```
    int val;            /* Current input sample value */
    int sign;           /* Current adpcm sign bit */
    unsigned int delta; /* Current adpcm output value */
    int diff;           /* Difference between val and valprev */
    unsigned int udiff; /* unsigned value of diff */
    unsigned int step;  /* Stepsize */
    int valpred;        /* Predicted output value */
    unsigned int vpdiff;/* Current change to valpred */
    int index;          /* Current step change index */
    unsigned int outputbuffer = 0;/* place to keep previous 4-bit value */
    int bufferstep;     /* toggle between outputbuffer/output */
    int count = 0;      /* the number of bytes encoded */

    outp = outdata;
    inp = indata;

    valpred = s_valprev;
    index = s_index;

    step = stepsizeTable[index];

    bufferstep = 1;

    while (len-- > 0 ) {
        val = *inp++;

        /* Step 1 - compute difference with previous value */
        diff = val - valpred;
        if(diff < 0)
        {
            sign = 8;
            diff = (-diff);
        }
        else
        {
            sign = 0;
        }
        /* diff will be positive at this point */
        udiff = (unsigned int)diff;

        /* Step 2 - Divide and clamp */
        /* Note:
        ** This code *approximately* computes:
        **    delta = diff*4/step;
        **    vpdiff = (delta+0.5)*step/4;
        ** but in shift step bits are dropped. The net result of this is
        ** that even if you have fast mul/div hardware you cannot put it to
        ** good use since the fixup would be too expensive.
        */
        delta = 0;
        vpdiff = (step >> 3);

        if ( udiff >= step ) {
            delta = 4;
            udiff -= step;
            vpdiff += step;
        }
        step >>= 1;
        if ( udiff >= step  ) {
            delta |= 2;
            udiff -= step;
```

(下页继续)

(续上页)

```
            vpdiff += step;
        }
        step >>= 1;
        if ( udiff >= step ) {
            delta |= 1;
            vpdiff += step;
        }

        /* Phil Frisbie combined steps 3 and 4 */
        /* Step 3 - Update previous value */
        /* Step 4 - Clamp previous value to 16 bits */
        if ( sign != 0 )
        {
            valpred -= vpdiff;
            if ( valpred < -32768 )
                valpred = -32768;
        }
        else
        {
            valpred += vpdiff;
            if ( valpred > 32767 )
                valpred = 32767;
        }

        /* Step 5 - Assemble value, update index and step values */
        delta |= sign;

        index += indexTable[delta];
        if ( index < 0 ) index = 0;
        if ( index > 88 ) index = 88;
        step = stepsizeTable[index];

        /* Step 6 - Output value */
        if ( bufferstep != 0 ) {
            outputbuffer = (delta << 4);
        } else {
            *outp++ = (char)(delta | outputbuffer);
            count++;
        }
        bufferstep = !bufferstep;
    }

    /* Output last step, if needed */
    if ( bufferstep == 0 )
    {
        *outp++ = (char)outputbuffer;
        count++;
    }

    *outp++=s_valprev & 0xff;         //save value prev
        *outp++=(s_valprev >> 8) & 0xff;
        *outp=s_index;                          //save index
        count = count + 3;

    s_valprev = (short)valpred;
    s_index = (char)index;

    return count;
}
```

音频数据解码接口：

```
int adpcm_decoder(unsigned char *indata, short *outdata, int len)
{
    unsigned char *inp; /* Input buffer pointer */
    short *outp;        /* output buffer pointer */
    unsigned int sign;  /* Current adpcm sign bit */
    unsigned int delta; /* Current adpcm output value */
    unsigned int step;  /* Stepsize */
    int valpred;        /* Predicted value */
    unsigned int vpdiff;/* Current change to valpred */
    int index;          /* Current step change index */
    unsigned int inputbuffer = 0;/* place to keep next 4-bit value */
    int bufferstep;     /* toggle between inputbuffer/input */
    int count = 0;

    short value_tmp;
    char index_tmp;

    outp = outdata;
    inp = indata;

    value_tmp = inp[len-3] | (inp[len-2] << 8);        //recover value
    index_tmp = inp[len - 1];          //recover index
    len = len - 3;

    valpred = value_tmp;
    index = index_tmp;
    step = stepsizeTable[index];

    bufferstep = 0;

    len *= 2;

    while ( len-- > 0 ) {

        /* Step 1 - get the delta value */
        if ( bufferstep != 0 ) {
            delta = inputbuffer & 0xf;
        } else {
            inputbuffer = (unsigned int)*inp++;
            delta = (inputbuffer >> 4);
        }
        bufferstep = !bufferstep;

        /* Step 2 - Find new index value (for later) */
        index += indexTable[delta];
        if ( index < 0 ) index = 0;
        if ( index > 88 ) index = 88;

        /* Step 3 - Separate sign and magnitude */
        sign = delta & 8;
        delta = delta & 7;

        /* Phil Frisbie combined steps 4 and 5 */
        /* Step 4 - Compute difference and new predicted value */
        /* Step 5 - clamp output value */
        /*
        ** Computes 'vpdiff = (delta+0.5)*step/4', but see comment
        ** in adpcm_coder.
        */
        vpdiff = step >> 3;
        if ( (delta & 4) != 0 ) vpdiff += step;
        if ( (delta & 2) != 0 ) vpdiff += step>>1;
```

(下页继续)

(续上页)

```
        if ( (delta & 1) != 0 ) vpdiff += step>>2;

        if ( sign != 0 )
        {
            valpred -= vpdiff;
            if ( valpred < -32768 )
                valpred = -32768;
        }
        else
        {
            valpred += vpdiff;
            if ( valpred > 32767 )
                valpred = 32767;
        }

        /* Step 6 - Update step value */
        step = stepsizeTable[index];

        /* Step 7 - Output value */
        *outp++ = (short)valpred;
        count++;
    }

    return count;
}
```

5.3 **音频数据传输** PAN1080 从机将采集的音频数据编码后通过 BLE 传输给 PAN1080 主机。

BLE 从机上传数据的接口：

```
int proj_template_s2c_notify(const u8_t *data,u16_t len)
{
        return bt_gatt_notify(NULL, &proj_temp.attrs[1], data, len);
}
```

BLE 主机接收数据的接口：

```
static u8_t notify_func(struct bt_conn *conn,
                        struct bt_gatt_subscribe_params *params,
                        const void *data, u16_t length)
{
        if (!data) {
                printk("[UNSUBSCRIBED]\n");
                params->value_handle = 0U;
                return BT_GATT_ITER_STOP;
        }

        P20 = 1;
        uint8_t *p_buf = (uint8_t *)decode_data;

        decode_data_len = adpcm_decoder(data,decode_data,length);
        ring_buf_put(&ringbuf_raw, p_buf, (decode_data_len * 2));
        if((I2S_data_flag == 0) && (buf_count >= 2))
        {
                I2S_data_flag = 1;
                I2S_EnableClk(TGT_IIS);
        }
        else
        {
```

(下页继续)

(续上页)

```
                buf_count++;
        }
        P20 = 0;

        return BT_GATT_ITER_CONTINUE;
}
```

5.4 音频数据播放　主机端 PAN1080 将解码后的音频数据通过 I2S 传输给 CODEC 芯片，此时 PAN1080 作 I2S 的 MASTER，CODEC 芯片作 I2S 的 SLAVE，PAN1080 将音频数据发送给 CODEC 芯片播放。

CODEC 芯片初始化接口：

```
void I2S_HW_Init(void)
{
        uint32_t data_len,cycle_cnt = 0;
    printk("\nCPU @ %dHz,\n", SystemCoreClock);

        I2S_GPIO_Init();
        I2C_InitRole(I2C0,I2C_MODE_MASTER,ADR10BIT_DISABLE);
    I2C_SetTxTirggerLevel(I2C0, I2C_TX_TL_1);

        data_len = sizeof(codec8316_startup);
        while(cycle_cnt < data_len)
    {
                I2C_Write(I2C0,codec8316_startup+cycle_cnt,2);
                cycle_cnt += 2;
                if((codec8316_startup[cycle_cnt-2] == 0x0)
           && (codec8316_startup[cycle_cnt-1] == 0xc0))
        {
                        k_sleep(50);
                }
                if(cycle_cnt == 2)
        {
                        k_sleep(5);
                }
                if(cycle_cnt == 6)
        {
                        k_sleep(30);
                }
        }
        I2S_DMA_Init();
}
```

主机端 CODEC 芯片初始化流程和从机端 CODEC 芯片初始化流程一样，不同的地方是 CODEC 芯片的配置，从机端配置成音频数据采集，主机端配置成音频数据播放。

PAN1080 DMA 方式发送音频数据初始化接口：

```
void I2S_DMA_Init(void)
{
        DMAC_ChannelConfigTypeDef TxConfigTmp = {0,};

        CLK_APB1PeriphClockCmd(CLK_APB1Periph_I2SM,ENABLE);
        CLK_APB1PeriphClockCmd(CLK_APB1Periph_I2SS,DISABLE);

        I2S_ModduleInit();
        I2S_SysInit();
        DMAC_Init(DMA);
        IRQ_DIRECT_CONNECT(DMA_IRQn, 0, DMA_IRQHandler, 0);
        irq_enable(DMA_IRQn);
```

(下页继续)

(续上页)

```
        I2S_EnableI2s(TGT_IIS);

        I2S_SetTxTrigLevel(TGT_IIS,0,4);
        I2S_EnableTransmitCh(TGT_IIS,0);

        I2S_EnableTransmitBlock(TGT_IIS);

    /*set tx dma channel control&config register*/
    TxConfigTmp.AddrChangeDst    = DMAC_AddrChange_NoChange;
    TxConfigTmp.AddrChangeSrc    = DMAC_AddrChange_Increment;
    TxConfigTmp.BurstLenDst      = DMAC_BurstLen_8;
    TxConfigTmp.BurstLenSrc      = DMAC_BurstLen_8;
    TxConfigTmp.DataWidthDst     = DMAC_DataWidth_16;
    TxConfigTmp.DataWidthSrc     = DMAC_DataWidth_16;
    TxConfigTmp.TransferType     = DMAC_TransferType_Mem2Per;
    TxConfigTmp.FlowControl      = DMAC_FlowControl_DMA;
    TxConfigTmp.HandshakeDst     = DMAC_Handshake_Hardware;
    TxConfigTmp.HandshakeSrc     = DMAC_Handshake_Hardware;
    TxConfigTmp.PeripheralDst    = DMAC_Peripheral_IIS_Tx;
    TxConfigTmp.IntEnable        = ENABLE;

        /*get free dma channel;*/
        gDMATxChNum = DMAC_AcquireChannel(DMA);
        /*enable dma transfer interrupt*/
        DMAC_ClrIntFlagMsk(DMA,gDMATxChNum,DMAC_FLAG_INDEX_TFR);
        DMAC_SetChannelConfig(DMA,gDMATxChNum,&TxConfigTmp);

        //I2S_EnableClk(TGT_IIS);
        I2S_Send_Enable();
}
```

CODEC 播放频率可设置成 8khz 或 16khz，播放频率设置接口：

```
void I2S_SetI2sClkDivider(uint16_t codec_freq)
{
        CLK->APB1_CLK_CTRL1 &=  ~0xFFFF;
        CLK->APB1_CLK_CTRL1 |= codec_freq;
    CLK->APB1_CLK_CTRL1 |= (3 << 16) | (3 << 18);
}
```

注：DMA 中断优先级设成 0，BLE 中断优先级设成 1。DMA 中断优先级比 BLE 中断优先级高是为了防止 BLE 影响音频数据的播放从而导致音频数据播放不连续从而产生噪音。

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      244928 B      1020 KB     23.45%
SRAM:        37708 B        52 KB     70.82%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Bluetooth: Peripheral CSC

1 功能概述 此项目演示了蓝牙从机的功能，该工程专门演示 CSC(Cycling Speed and Cadence)GATT 服务。

2 环境要求

- board: 支持 BLE 的蓝牙设备

- uart(option): 用来显示串口 log
- 测试软件: nRF Connect,nRF Toolbox

3 编译和烧录 例程位置: `zephyr\samples_panchip\bluetooth\peripheral_csc`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考: Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. 烧录完成后，设备自动启动蓝牙广播，可以在手机或抓包工具上获取如下信息:
   - Service UUID: 0x1809, 0x1816, 0x180F
   - Device Name: CSC_PERIPHERAL
2. 当手机或其它主设备与其建立连接后，串口 log 会显示连接信息，如下:

```
Connected
```

3. 通过 `nRF Connect App` 连接 CSC_PERIPHERAL 设备显示如下服务:
4. 通过 `nRF Toolbox` 连接 CSC_PERIPHERAL 设备后动态刷新 SPEED,CADENCE 相关数据:

5 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      211240 B      1020 KB     20.22%
SRAM:        27636 B        52 KB     51.90%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Bluetooth: Peripheral DIS

1 功能概述 此项目演示了蓝牙从机的功能，该工程专门演示 `DIS(Device Information)`GATT 服务。

2 环境要求

- board: 支持 BLE 的蓝牙设备
- uart(option): 用来显示串口 log
- 测试软件: nRF Connect

3 编译和烧录 例程位置: `zephyr\samples_panchip\bluetooth\peripheral_dis`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考: Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. 烧录完成后，设备自动启动蓝牙广播，可以在手机或抓包工具上获取如下信息:
   - Service UUID: 0x180A
   - Device Name: DIS peripheral
2. 当手机或其它主设备与其建立连接后，串口 log 会显示连接信息，如下:

```
Connected
```

3. 使用 `nRF Connect` 连接上 `DIS peripheral` 设备后，app 显示如下:

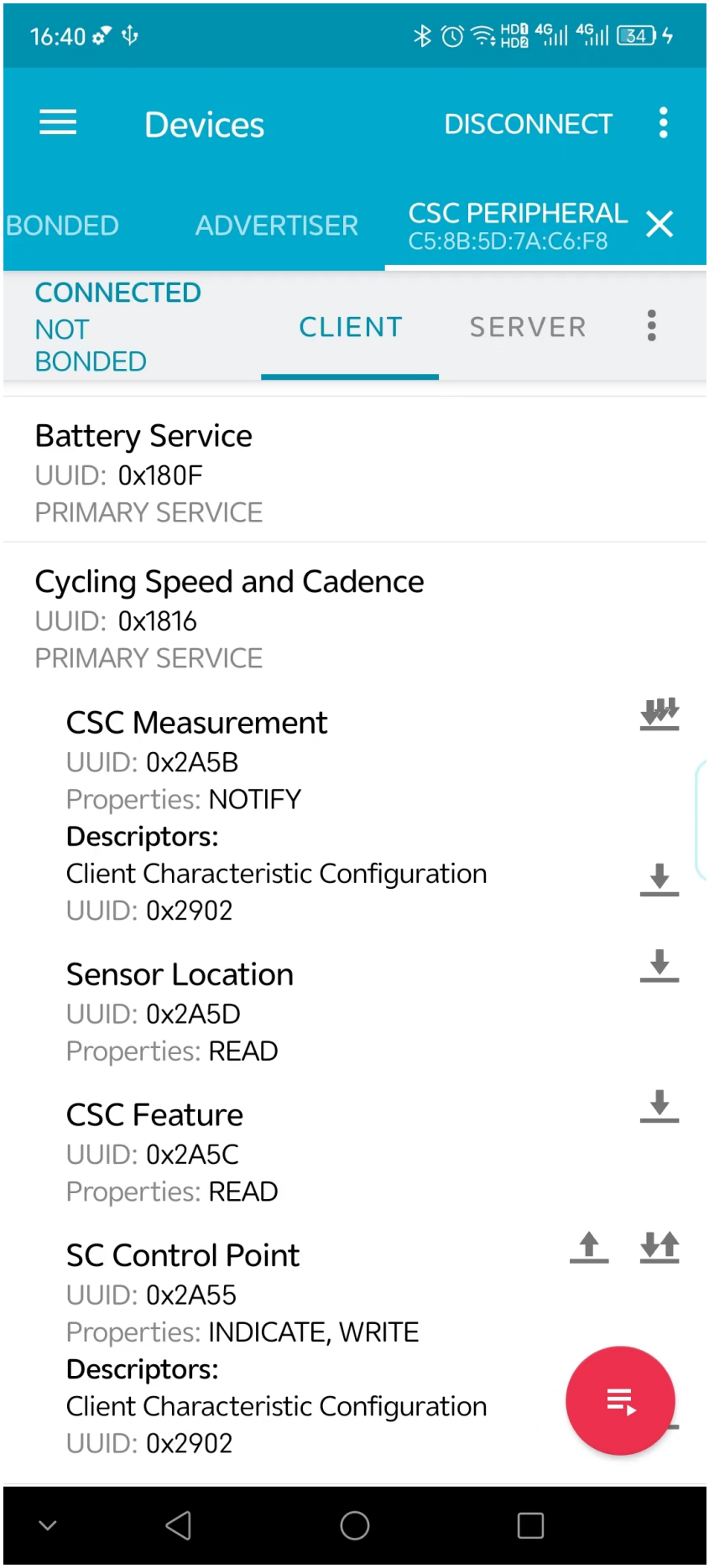


图 10: Peripheral CSC 手机端 nRF Connect 界面

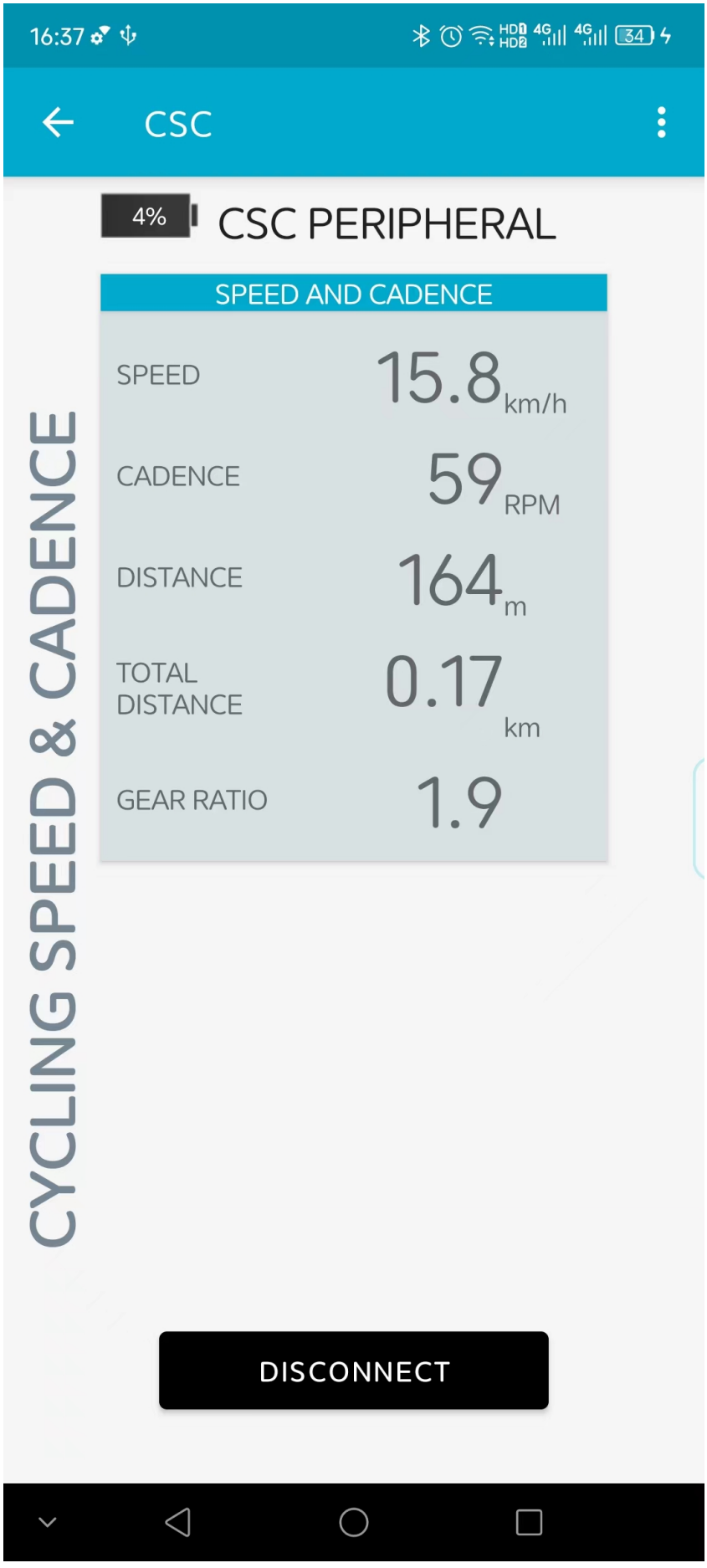


图 11: Peripheral CSC 手机端 nRF Toolbox 界面

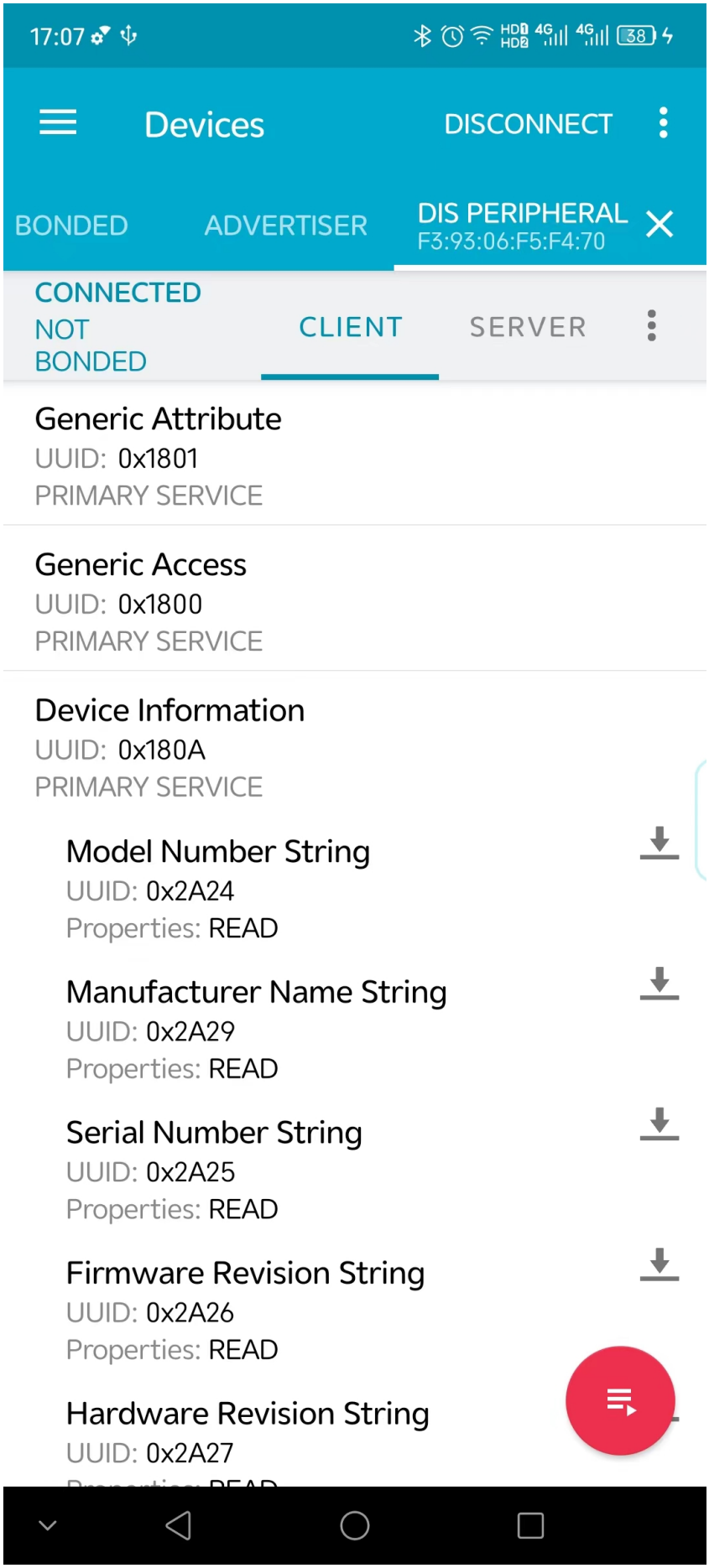


图 12: Peripheral DIS 手机端 nRF Connect 界面

5 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      216816 B      1020 KB     20.76%
SRAM:       28508 B        52 KB     53.54%
IDT_LIST:          0 GB         2 KB      0.00%
```

Bluetooth: Peripheral ESP

1 功能概述 此项目演示了蓝牙从机的功能，该工程专门演示 ESP (Environmental Sensing Profile)GATT 服务。

2 环境要求

- board: 支持 BLE 的蓝牙设备
- uart(option): 用来显示串口 log
- 测试软件: nRF Connect

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\bluetooth\peripheral_esp`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. 烧录完成后，设备自动启动蓝牙广播，可以在手机或抓包工具上获取如下信息：
   - Service UUID: 0x180A, 0x181A, 0x180F
   - Device Name: ESP PERIPHERAL
2. 当手机或其它主设备与其建立连接后，串口 log 会显示连接信息，如下：

   ```
   Connected
   ```

3. 此时，如果使能了 `Environmental Sensing Measurement`，主机将收到温度数据，如下：

5 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      236968 B      1020 KB     22.69%
SRAM:       29916 B        52 KB     56.18%
IDT_LIST:          0 GB         2 KB      0.00%
```

Bluetooth: Peripheral HIDs

1 功能概述 此项目演示了蓝牙从机的功能，该工程演示了 `HID over GATT` 服务，模拟一个通用鼠标设备。

2 环境要求

- board: 支持蓝牙的设备
- uart: 用来显示配对码，日志等
- 测试设备: 手机、平板等

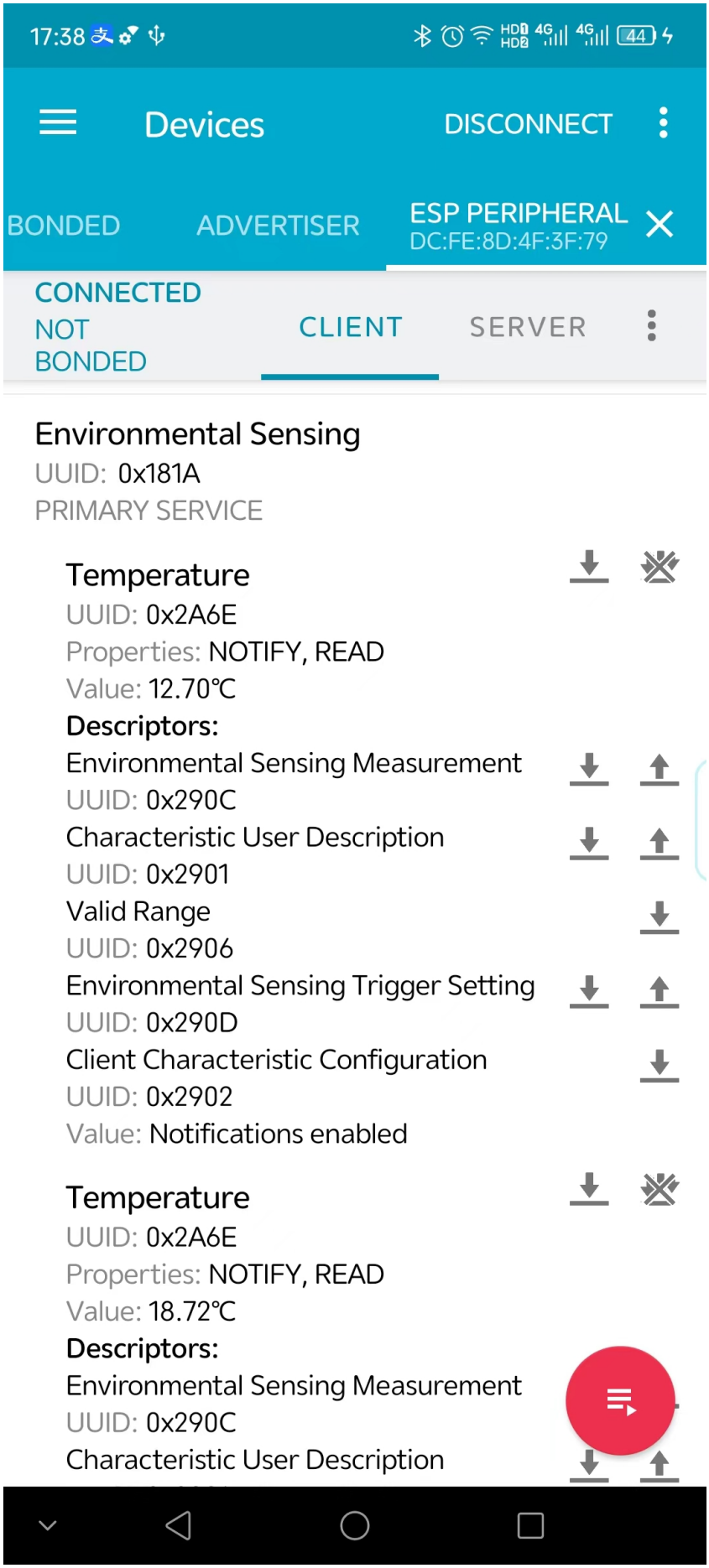


图 13: Peripheral ESP 手机端 nRF Connect Service 界面

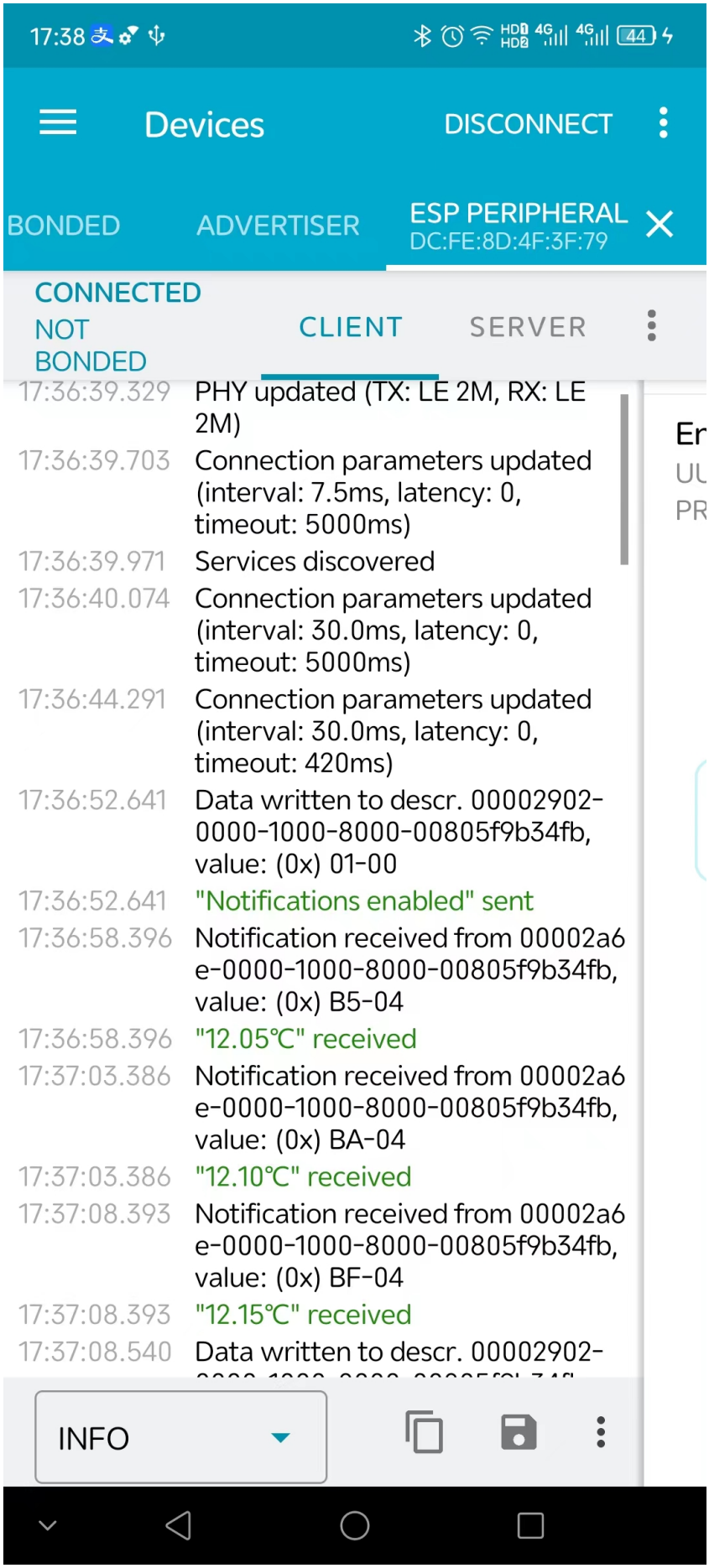


图 14: Peripheral ESP 手机端 nRF Connect Log 界面

3 编译和烧录　例程位置：zephyr\samples_panchip\bluetooth\peripheral_hids。

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. 烧录完成后，设备自动启动蓝牙广播，可以在手机或抓包工具上获取如下信息：
   - Service UUID: 0x1812, 0x180A, 0x180F
   - Device Name: Test HoG mouse
2. 当手机或其它主设备与其建立连接后，串口 log 会显示连接信息，如下：

```
Connected
```

3. 该示例主要演示 HID over GATT 服务：

5 其他说明　修改 CONFIG_BT_MAX_PAIRED 可以调整保存的配对信息个数，如下修改将支持保存两组配对信息。

```
CONFIG_BT_MAX_PAIRED=2
```

当需要与多个设备配对时，可以修改 CONFIG_BT_KEYS_OVERWRITE_OLDEST 来支持覆盖旧设备的配对信息。

否则配对信息存储达到上限时，将无法与新设备进行配对。

```
CONFIG_BT_KEYS_OVERWRITE_OLDEST=y
```

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      255092 B      1020 KB     24.42%
SRAM:        32092 B        52 KB     60.27%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Bluetooth: Peripheral / Heart-rate Monitor

1 功能概述　此项目演示了蓝牙从机的功能，该工程专门暴露了 HR (Heart Rate)GATT 服务。

一旦设备连接上，它就会产生虚拟的心率值。

2 环境要求

- board: 支持 BLE 的蓝牙设备
- uart(option): 用来显示串口 log
- 测试软件: nRF Connect

3 编译和烧录　例程位置：zephyr\samples_panchip\bluetooth\peripheral_hr

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 配置文件说明　prj.conf 默认配置文件，该文件默认不包含低功耗

prj_lp_xtl32768.conf 该配置文件使能低功耗功能，低功耗时使用 xtl32768 进行计数，配置参数详细说明参考下方章节 7 低功耗 Config 配置参数说明。

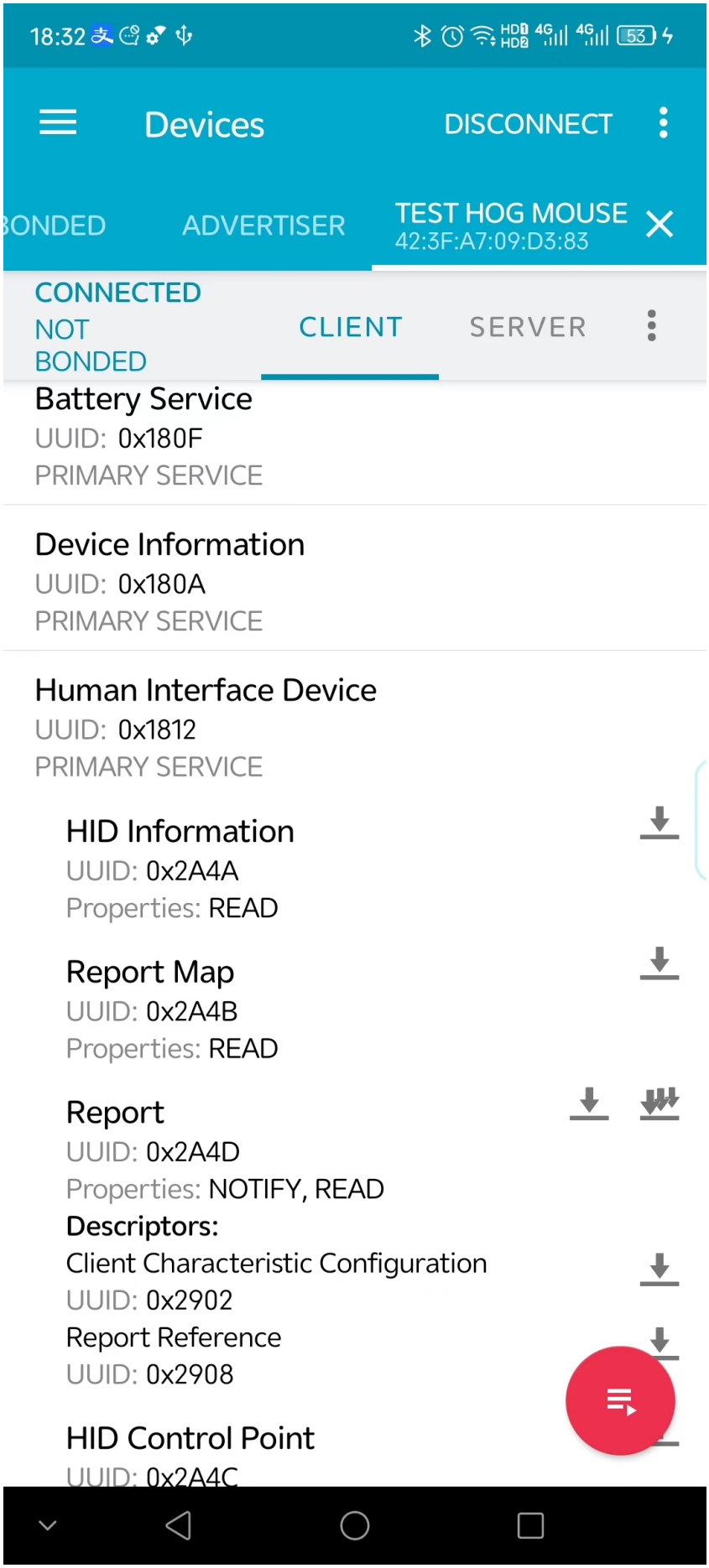


图 15: Peripheral HIDs 手机端 nRF Connect 界面

5 演示说明

1. 烧录完成后，设备自动启动蓝牙广播，可以在手机或抓包工具上获取如下信息：
   - Service UUID: 0x180D, 0x180A, 0x180F
   - Device Name: Zephyr Heartrate Sensor
2. 当手机或其它主设备与其建立连接后，串口 log 会显示连接信息，如下：

```
Connected
```

3. 此时，如果使能了 `Heart Rate Measurement`，主机将收到温度数据，如下：

6 低功耗电流测试演示说明

1. 如果需要测试最低电流的话，我们需要使能 DCDC 模式，首先打开 `samples_panchip\bluetooth\peripheral_hr` 目录下的 `prj_lp_xtl32768.conf` 文件，使能 `CONFIG_SOC_DCDC_PAN1080=y`，默认是处于注释状态的。
2. 打开 `samples_panchip\bluetooth\peripheral_hr\src` 中的 `main.c`，将宏 `TEST_LOW_POWER_CURRENT_1S` 设置为 1。使能后会使得 peripheral_hr 广播时为 1 秒周期间隔，同时连接上以后也会更新为 1 秒连接间隔。
3. 使用 ZAL 工具重新编译下载程序。
4. 然后使用电流测试工具观测电流，下图为 DCDC 模式 48M 主频广播电流：
5. 注意在不同的系统时钟下、不同的发射功率下的平均电流是不同的。

7 低功耗 Config 配置参数说明

- `CONFIG_PM=y`

  低功耗使能总开关

- `CONFIG_SYS_CLOCK_HW_CYCLES_PER_SEC=32000`

  `CONFIG_SYS_CLOCK_TICKS_PER_SEC=32000`

  这两个 config 一般需要设置为一样的，表示低功耗模式时，系统处于唤醒工作状态时对应的时钟工作频率，此处需要和实际工作频率对应上。

如果低功耗睡眠时和唤醒工作时的真实频率不一致的时候需要加一区别，一般情况下和低功耗时工作频率保持一致。

- `CONFIG_BT_CTLR_SLEEP_CLOCK_SOURCE=1`

  低功耗时的睡眠时钟源选择：0 表示是 RCL（芯片内部的低速晶振，计数精度相对差一点）；1 表示是 XTL；2 表示工作时使用 ACT32K（此选项禁止低功耗模式）。

- `CONFIG_BT_CTLR_SLEEP_CLOCK_HZ=32000`

  低功耗睡眠时的真实时钟频率：真实时钟需要使用者来告知 zephyr，即使是 XTL，可能是 32000，也可能是 32768，需要使用者告知来决定实际工作的处理。

- `CONFIG_BT_CTLR_SLEEP_TIMER_ACCURACY=5`

  低功耗时的晶振精度：

  - 0: 500ppm

  - 1: 250ppm

  - 2: 150ppm

  - 3: 100ppm

  - 4: 75ppm

  - 5: 50ppm

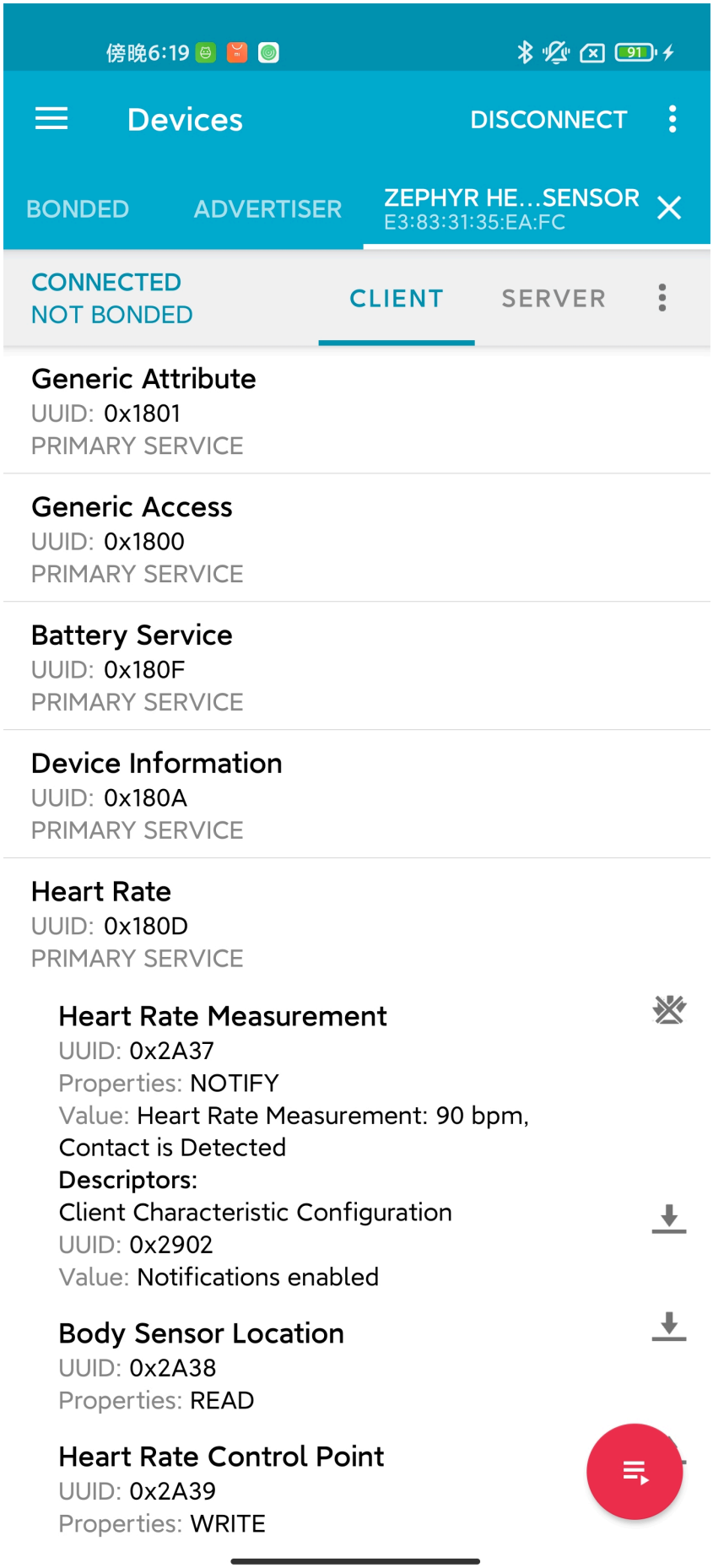


图 16: Peripheral HR 手机端 nRF Connect Service 界面

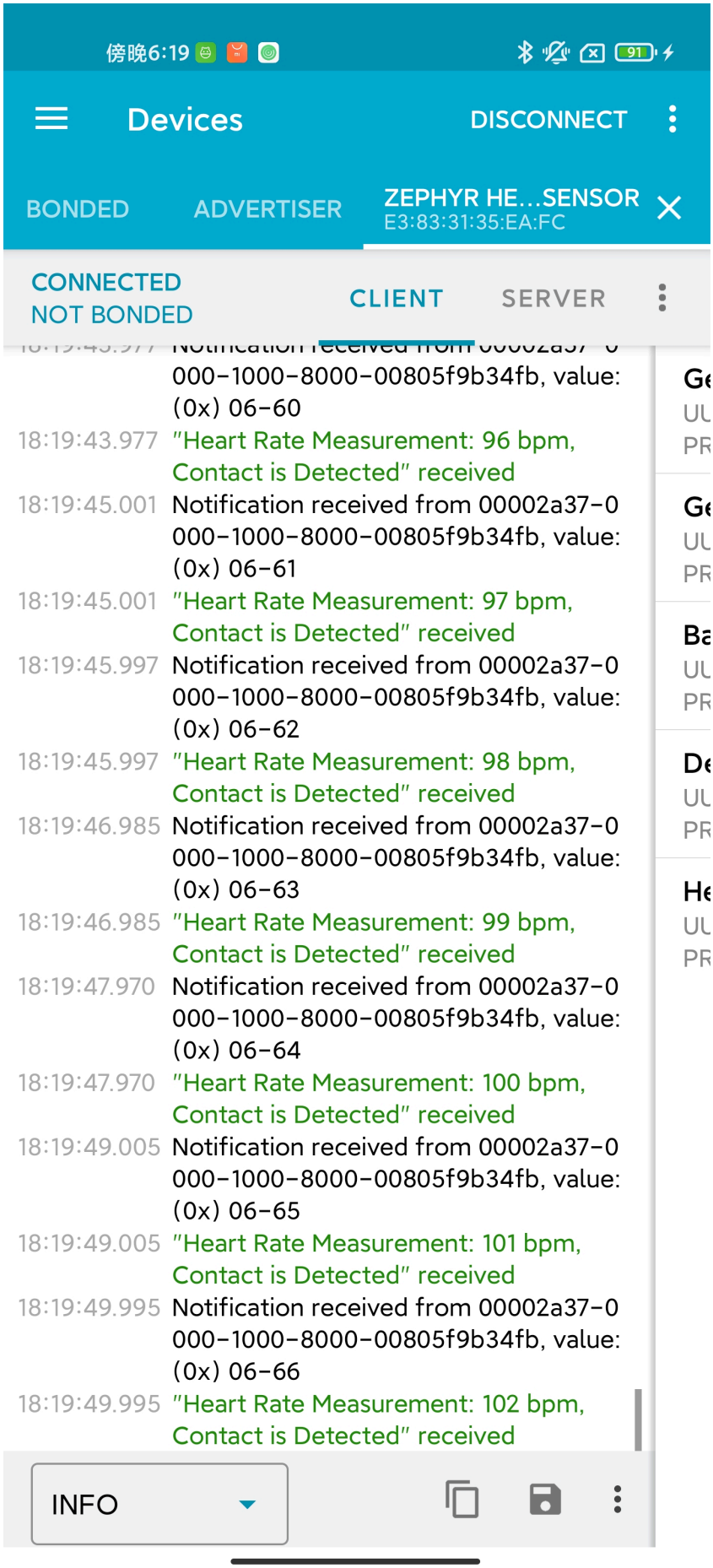


图 17: Peripheral HR 手机端 nRF Connect Log 界面

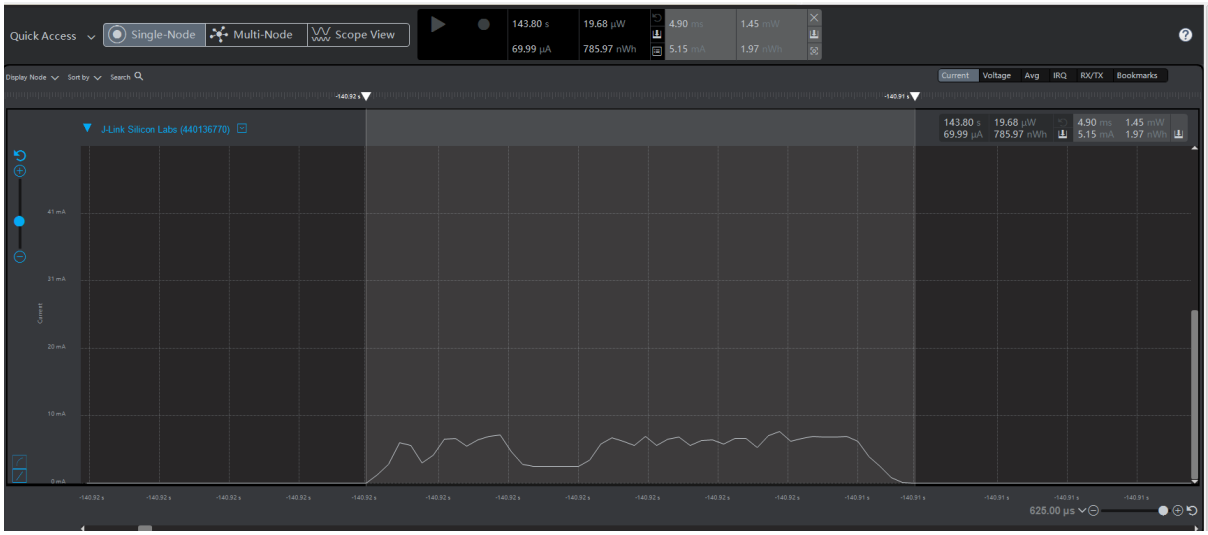


图 18: Peripheral HR 功耗测量

- 6: 30ppm

- 7: 20ppm

通过设置该参数可以影响 Rx 开窗时的 Window 大小，选择大的 ppm, 对于精度差的晶振，可以对连接有一定改善，但同时也有可能影响功耗。

- `CONFIG_PM_ACT_XTL_CONVERT=n`

  工作时 ACT32K 和低功耗睡眠时的 32K 转换使能，可以选择不同的唤醒工作基准时钟和睡眠基准时钟，该功能一般是开发人员使用。

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      233036 B      1020 KB     22.31%
SRAM:        30940 B        52 KB     58.11%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Bluetooth: Peripheral / Health Thermometer sensor

1 功能概述 此项目演示了蓝牙从机的功能，该工程包含了 `HT (Health Thermometer)` 服务，可以采集温度并上报给主机。

在不支持温度采集的设备上，这些温度数据是虚拟的。

2 环境要求

- board: 支持 BLE 的蓝牙设备
- uart(option): 用来显示串口 log
- 测试软件: nRF Connect

3 编译和烧录 例程位置: `zephyr\samples_panchip\bluetooth\peripheral_ht`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考: Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. 烧录完成后，设备自动启动蓝牙广播，可以在手机或抓包工具上获取如下信息：
   - Service UUID: 0x1809, 0x180A, 0x180F
   - Device Name: Zephyr Health Thermometer
2. 当手机或其它主设备与其建立连接后，串口 log 会显示连接信息，如下：

```
Connected
```

3. 此时，如果使能了 `Temperature Measurement`，主机将收到温度数据，如下：

   串口 log 也会显示当前温度和数据传输的信息：

```
temperature is 20C
Indication success
Indication complete
temperature is 21C
Indication success
Indication complete
temperature is 22C
Indication success
Indication complete
temperature is 23C
Indication success
Indication complete
temperature is 24C
Indication success
Indication complete
temperature is 25C
Indication success
Indication complete
temperature is 26C
Indication success
Indication complete
temperature is 27C
Indication success
Indication complete
```

5 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      246392 B      1020 KB     23.59%
SRAM:        29756 B        52 KB     55.88%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Bluetooth: Peripheral Identity

1 功能概述

此项目演示了蓝牙从机，与多个主机建立连接的功能。

2 环境要求

- board: 支持 BLE 的蓝牙设备
- uart(option): 用来显示串口 log
- 测试软件: nRF Connect

  验证多连接功能时，需要多个支持蓝牙的设备。

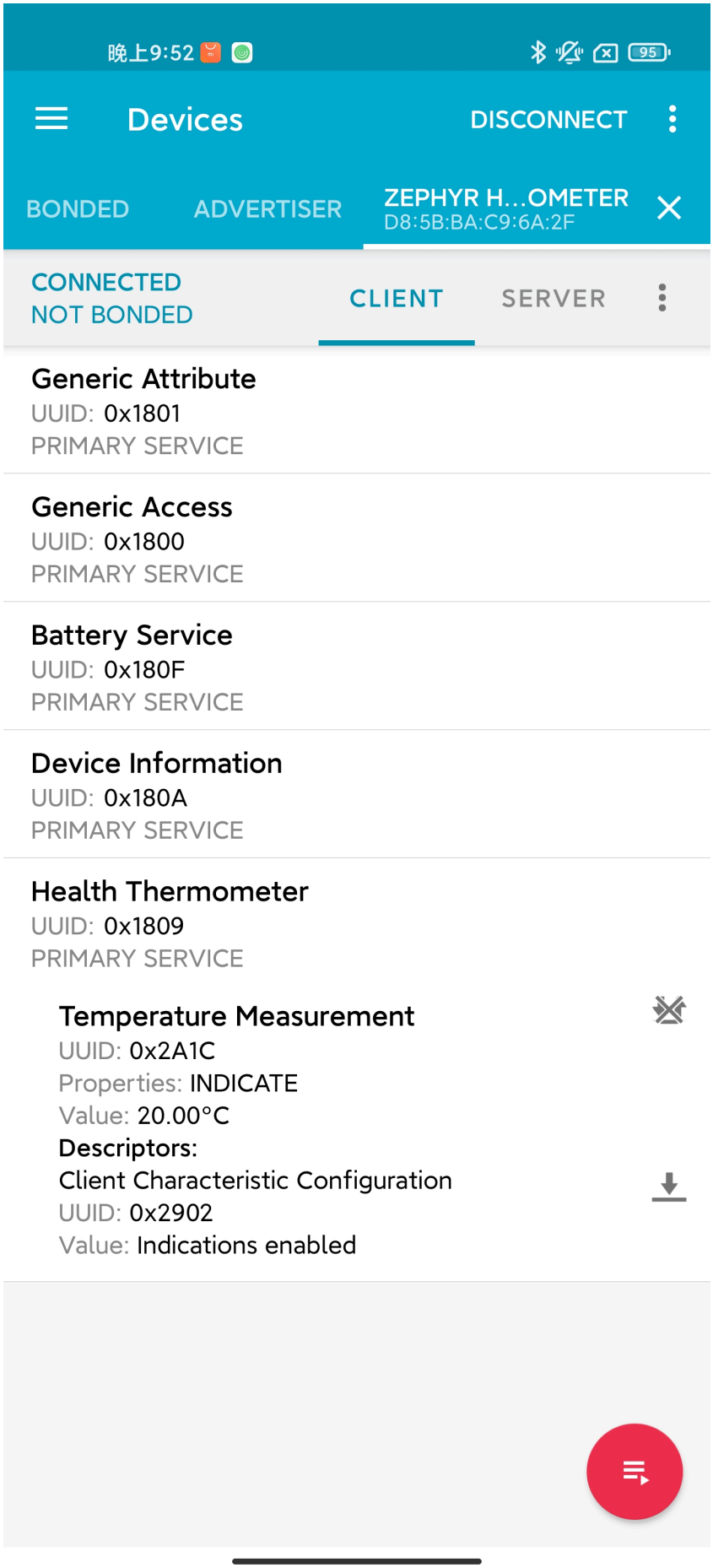


图 19: Peripheral HT 手机端 nRF Connect Service 界面

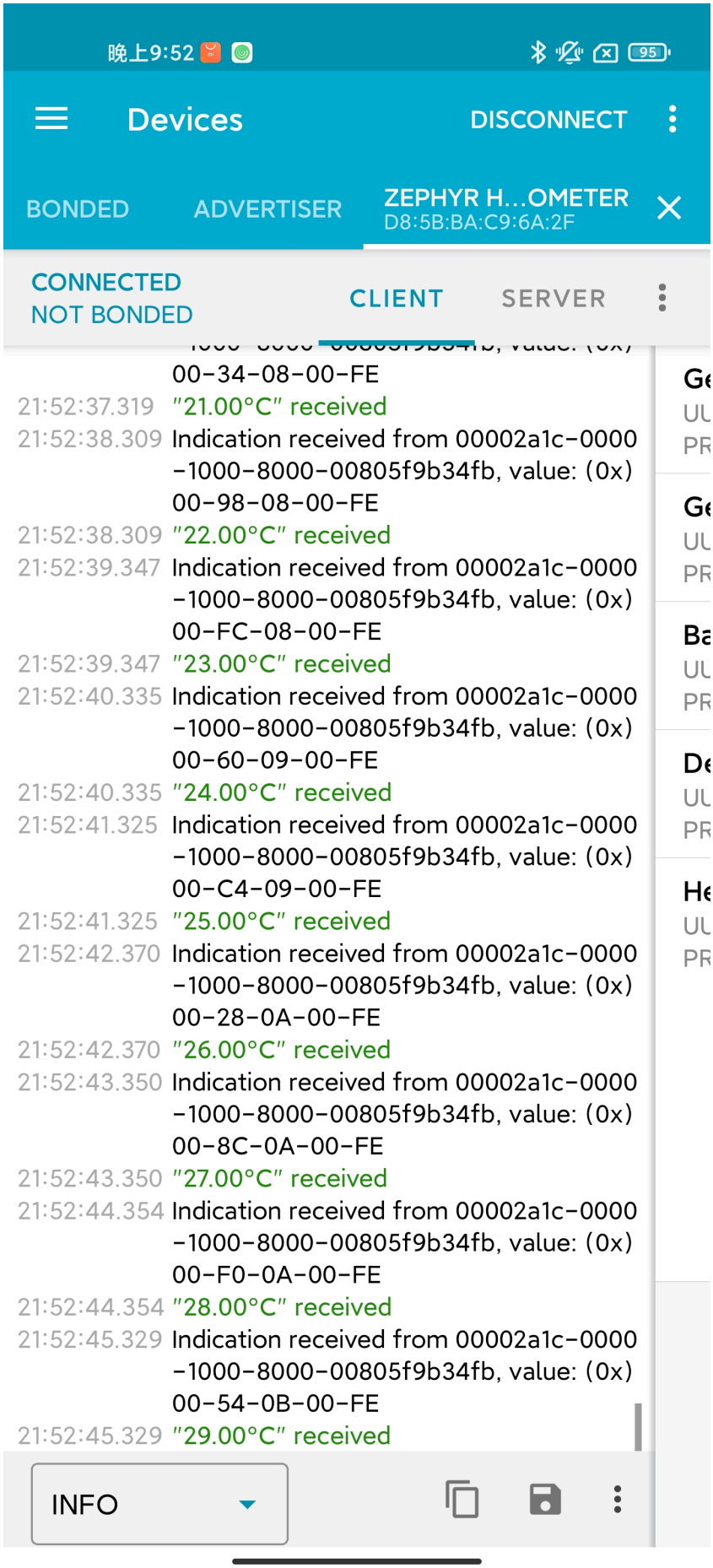


图 20: Peripheral HT 手机端 nRF Connect Log 界面

3 编译和烧录　例程位置：zephyr\samples_panchip\bluetooth\peripheral_identity

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. 烧录完成后，设备自动启动蓝牙广播，可以在手机或抓包工具上获取如下信息：
   - Device Name: Zephyr Peripheral
2. 当手机或其它主设备与其建立连接后，串口 log 会显示连接信息，如下：

   ```
   Connected (1): 52:A7:8D:29:A4:5B (random)
   ```

3. 并且，设备会使用新的一组地址进行广播，如下：

   ```
   New id: 1
   Using current id: 1
   Advertising successfully started
   ```

   广播数据的格式与第一阶段一致。

   重复步骤 1-2，可以实现建立多个连接。

5 其它说明

5.1 配置　prj.conf 中的如下两个宏，会影响最大支持的连接个数。

```
CONFIG_BT_MAX_CONN=8
CONFIG_BT_ID_MAX=8
```

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      211516 B      1020 KB     20.25%
SRAM:        42580 B        52 KB     79.97%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Bluetooth: Peripheral OTA

1 功能概述　此项目演示了蓝牙从机 OTA 的功能，该工程在” peripheral” 从机例程的基础上增加了 OTA 的 SMP 服务，可以通过 “nrf connect” APP 对设备进行软件升级。

2 环境要求

- board: 支持 BLE 的蓝牙设备
- uart(option): 用来显示串口 log
- 测试软件: nRF Connect V4.24.3
- 烧录工具：j-link 或 panlink

3 编译和烧录　例程位置：zephyr\samples_panchip\bluetooth\peripheral_ota

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

烧录：

本文档使用的是 segger j-flash 烧录，烧录流程可参考 j-flash 烧录使用文档。以下流程的前提是 j-flash 中已经添加了 PAN1080 的芯片配置，而且能通过 j-link 正常连接 PAN1080 EVB 板。

1. 擦除 flash

   这里芯片的 flash 全部擦除

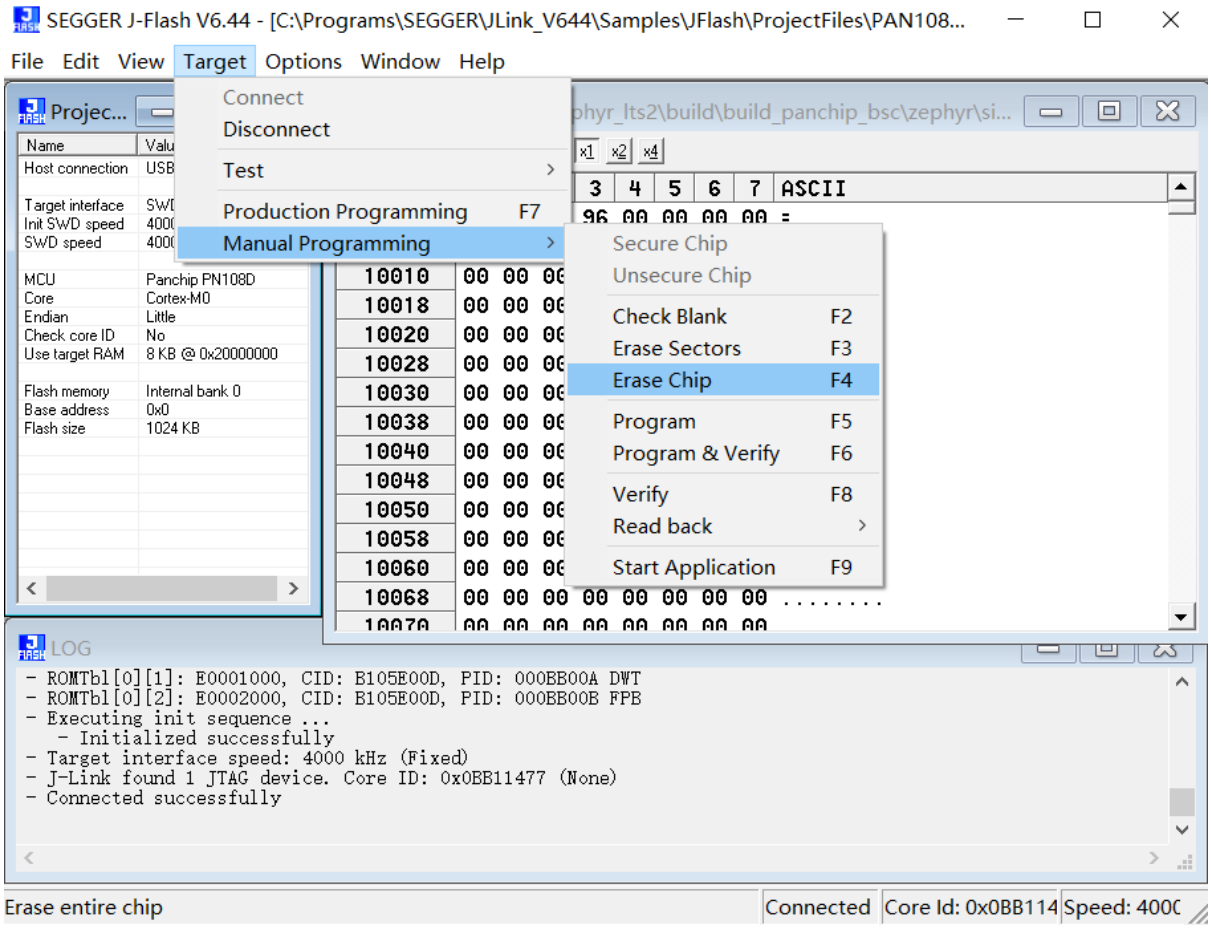


图 21: 使用 J-Flash 擦除全部 Flash

2. 烧录 boot

   boot 程序目录“zephyr\samples_panchip\bluetooth\peripheral_ota\boot\zephyr_boot_V1.0.bin”。boot 程序从 0x0 地址开始烧录。如下图所示：

3. 应用程序签名

   将编译后的 zephyr.bin 文件进行签名，打开 powershell 执行如下命令

```
python bootloader\mcuboot\scripts\imgtool.py sign --key bootloader\mcuboot\root-rsa-2048.
↪pem --header-size 0x200 --align 8 --version 1.0 --slot-size 0x60000 --pad  --confirm␣
↪build\build_peripheral_ota\zephyr\zephyr.bin  build\build_peripheral_ota\zephyr\signed1.
↪0.bin
```

4. 烧录应用程序

   将签名后的应用程序 “signed1.0.bin”。应用程序从 0x10000 地址开始烧录。如下图所示：

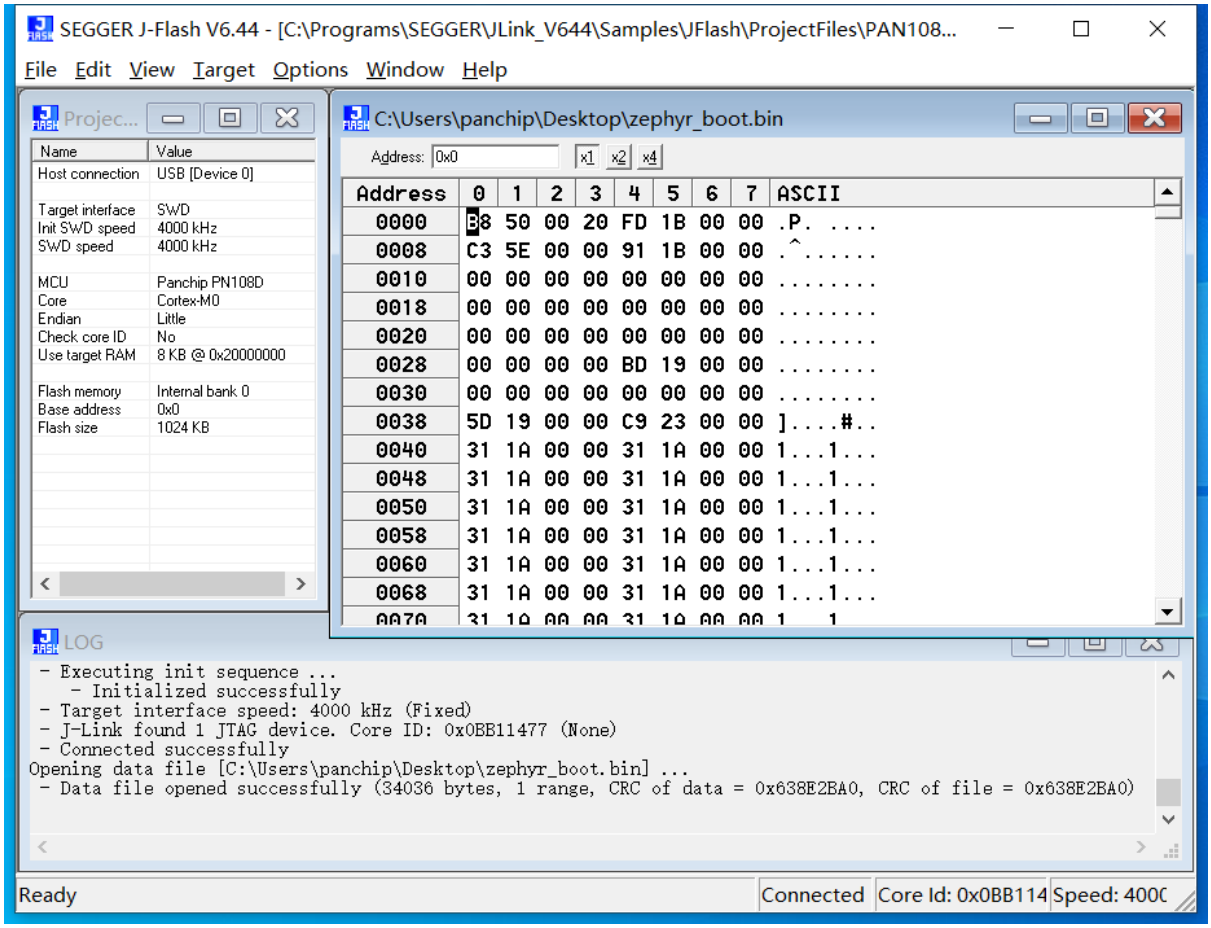


图 22: 使用 J-Flash 烧录 bootloader 程序

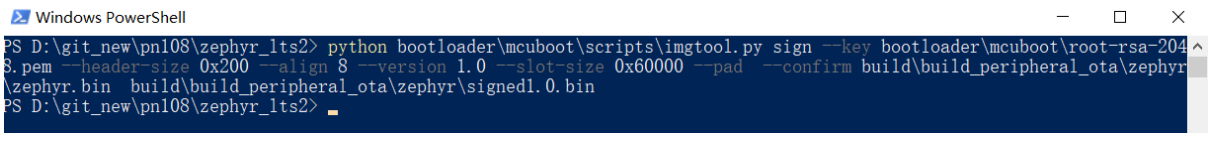


图 23: 使用 imgtool 对 Zephyr App 进行签名

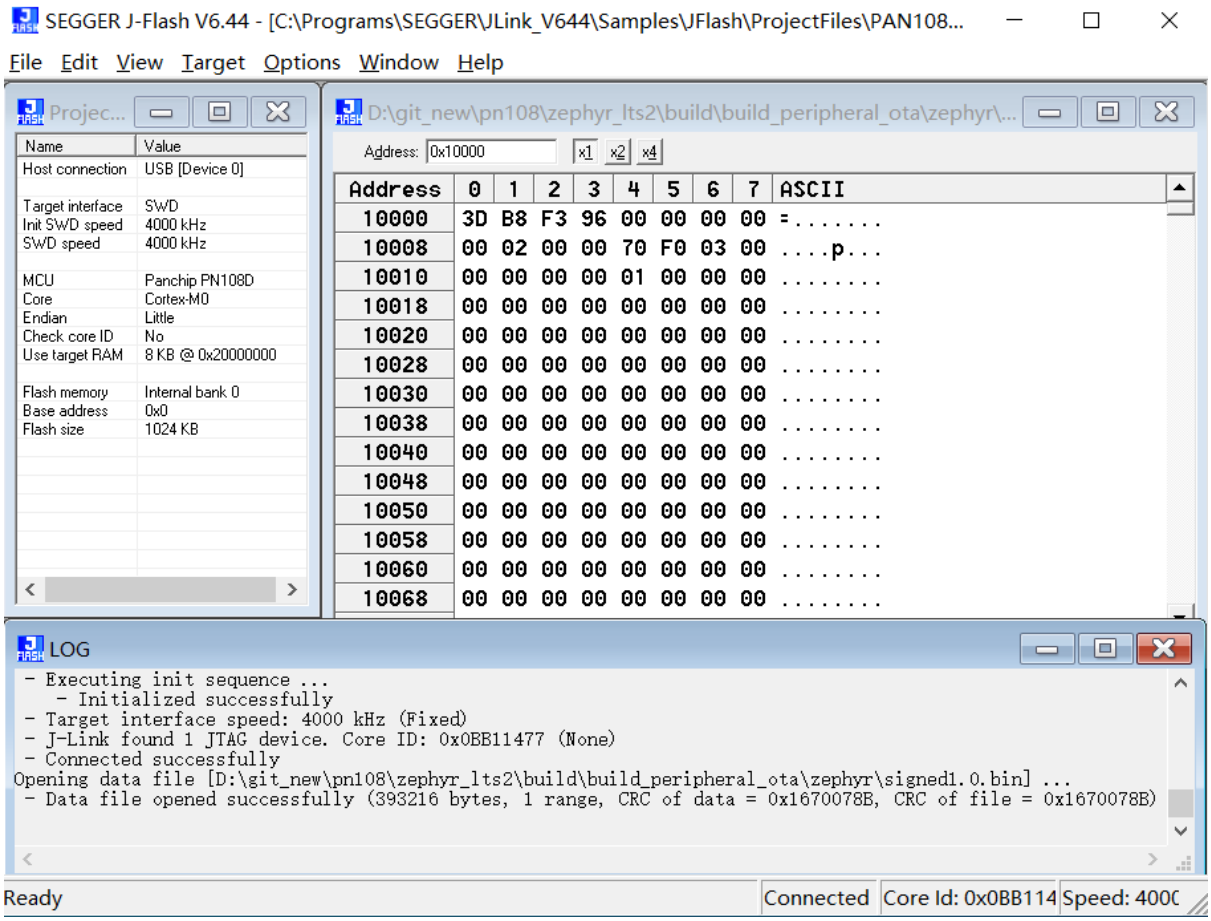


图 24: 使用 J-Flash 烧录签名后的 Zephyr App 程序

烧录完重新上电，PAN1080 EVB 板的程序就可以正常运行起来了。

5. 制作 OTA 程序

   在“prj.cof”文件中将蓝牙设备的名字改成”Zephyr Peripheral Ota Test”，然后编译。

```
CONFIG_BT_DEVICE_NAME="Zephyr Peripheral Ota Test"
```

   将编译后的 zephyr.bin 文件进行签名，打开 powershell 执行如下命令

```
python bootloader\mcuboot\scripts\imgtool.py sign --key bootloader\mcuboot\root-rsa-2048.
↪pem --header-size 0x200 --align 8 --version 1.0 --slot-size 0x60000 --pad  --confirm␣
↪build\build_peripheral_ota\zephyr\zephyr.bin  build\build_peripheral_ota\zephyr\signed1.
↪1.bin
```

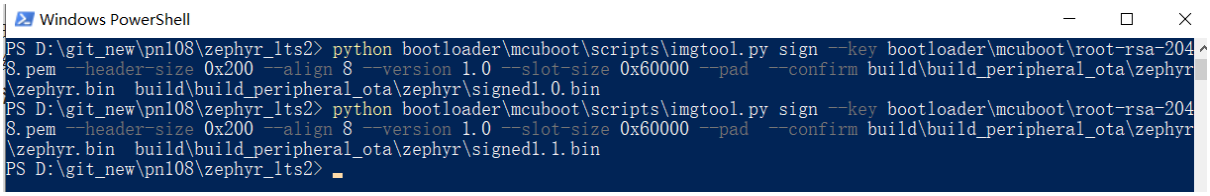


图 25: 制作 OTA 程序

将签名后的 OTA 程序拷贝到手机上。

4 演示说明

1. 烧录完成后，设备自动启动蓝牙广播，可以在手机 APP nRF Connect 或抓包工具上获取如下信息：
   - Service UUID: 0x1805, 0x180D, 0x180F
   - Device Name: Zephyr Peripheral Sample Long Name

   如下图所示：
2. 当手机 APP nRF Connect 连接成功后，APP 显示如下：

   SMP 服务就是 OTA 的服务。
3. 点击手机右上角的“DFU”按钮，进入 OTA 文件选择界面，如下图所示：

   选择刚刚生成的 OTA 文件“signed1.1.bin”。

   选择 OTA 的模式:
4. 开始 OTA

   选好文件后就开始 OTA 了，OTA 支持断点续传功能。
5. OTA 结束

   OTA 文件传输完成后，芯片自动复位重启。使用手机 APP nRF Connect 扫描设备的广播信息，此时设备的名字已经改变。

   如下图所示：

   OTA 升级固件成功。

5 OTA 功能移植

如果其他工程想要使用 OTA 功能，需要执行以下三个步骤：

1. 在“prj.conf”文件中添加 CONFIG 配置

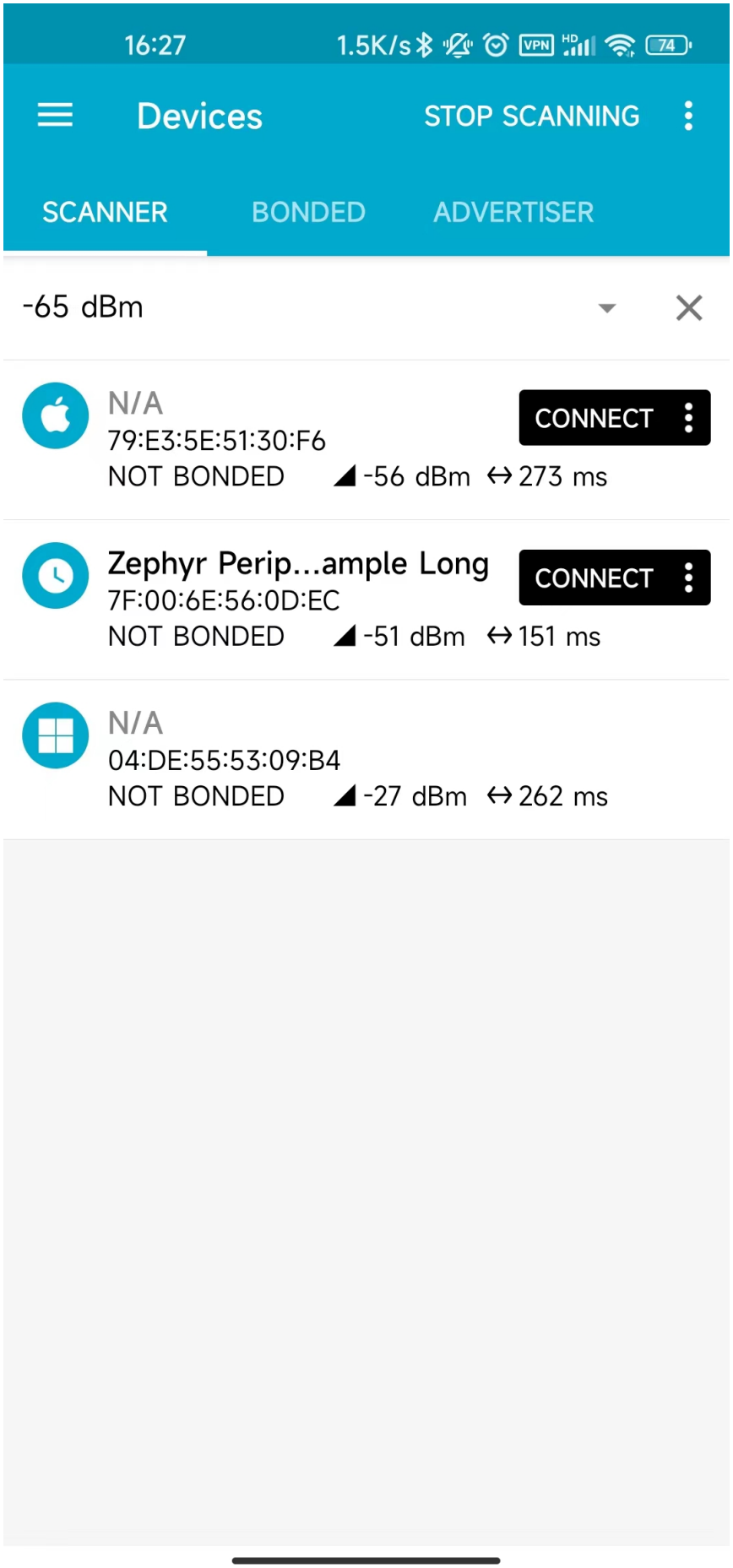


图 26: 使用 nRF Connect 搜索蓝牙广播

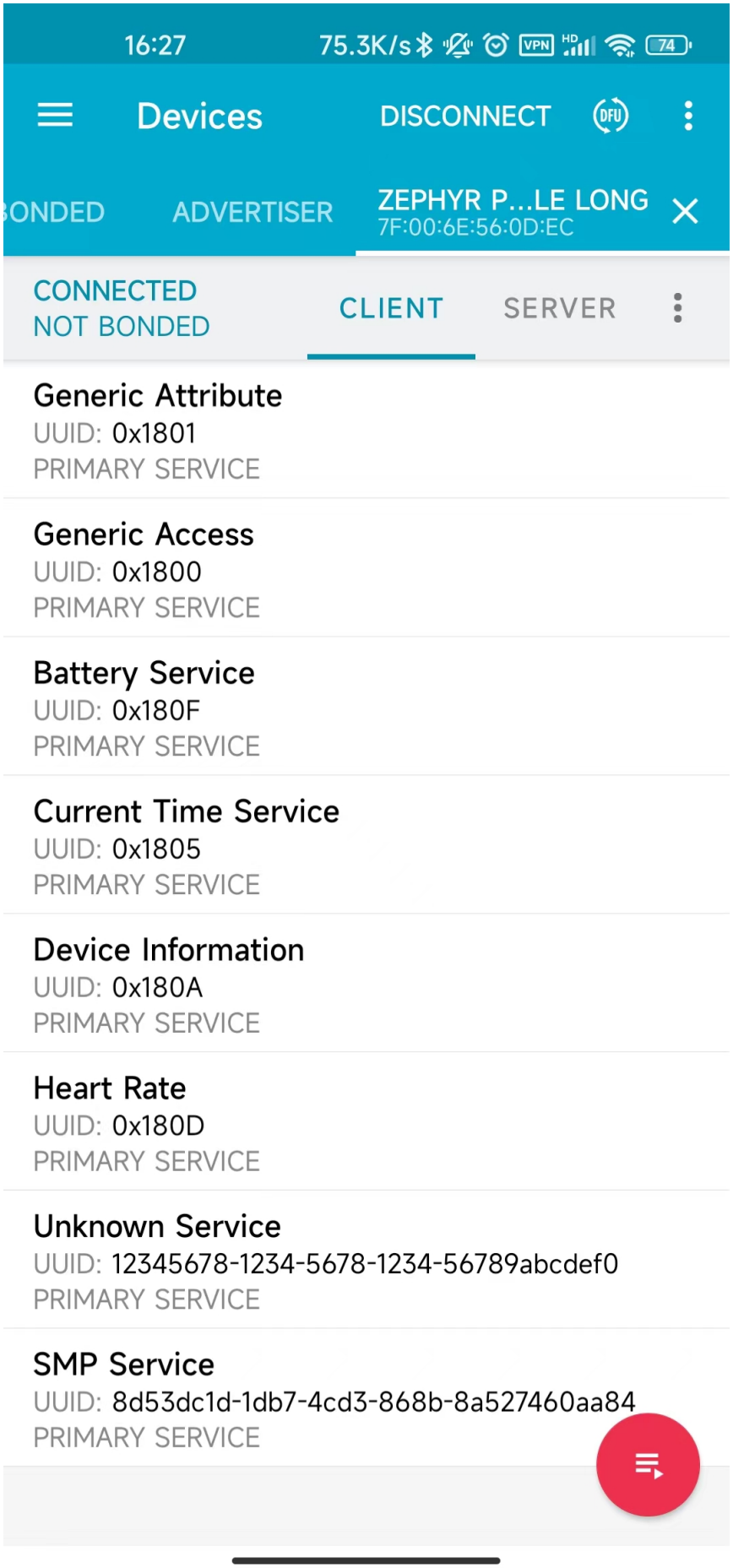

16:27
75.3K/s
Devices
DISCONNECT
DFU
ONDED
ADVERTISER
ZEPHYR P...LE LONG
7F:00:6E:56:0D:EC
CONNECTED
NOT BONDED
CLIENT
SERVER
Generic Attribute
UUID: 0x1801
PRIMARY SERVICE
Generic Access
UUID: 0x1800
PRIMARY SERVICE
Battery Service
UUID: 0x180F
PRIMARY SERVICE
Current Time Service
UUID: 0x1805
PRIMARY SERVICE
Device Information
UUID: 0x180A
PRIMARY SERVICE
Heart Rate
UUID: 0x180D
PRIMARY SERVICE
Unknown Service
UUID: 12345678-1234-5678-1234-56789abcdef0
PRIMARY SERVICE
SMP Service
UUID: 8d53dc1d-1db7-4cd3-868b-8a527460aa84
PRIMARY SERVICE

图 27: 蓝牙成功连接



图 28: 选择待升级的 Image 文件

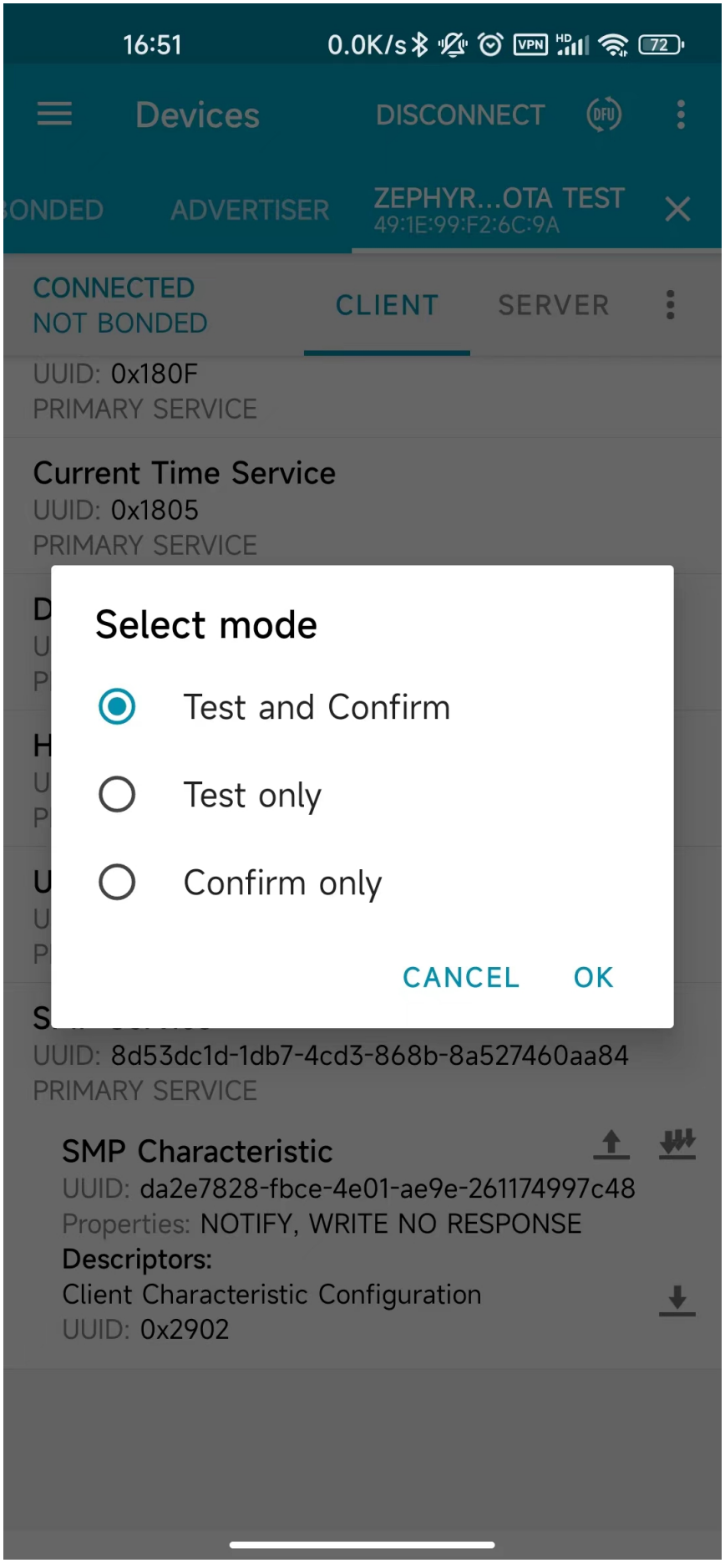

16:51
0.0K/s
Devices
DISCONNECT
ONDED
ADVERTISER
ZEPHYR...OTA TEST
49:1E:99:F2:6C:9A
CONNECTED
NOT BONDED
CLIENT
SERVER
UUID: 0x180F
PRIMARY SERVICE
Current Time Service
UUID: 0x1805
PRIMARY SERVICE
Select mode
Test and Confirm
Test only
Confirm only
CANCEL
OK
UUID: 8d53dc1d-1db7-4cd3-868b-8a527460aa84
PRIMARY SERVICE
SMP Characteristic
UUID: da2e7828-fbce-4e01-ae9e-261174997c48
Properties: NOTIFY, WRITE NO RESPONSE
Descriptors:
Client Characteristic Configuration
UUID: 0x2902

图 29: 选择 OTA 模式

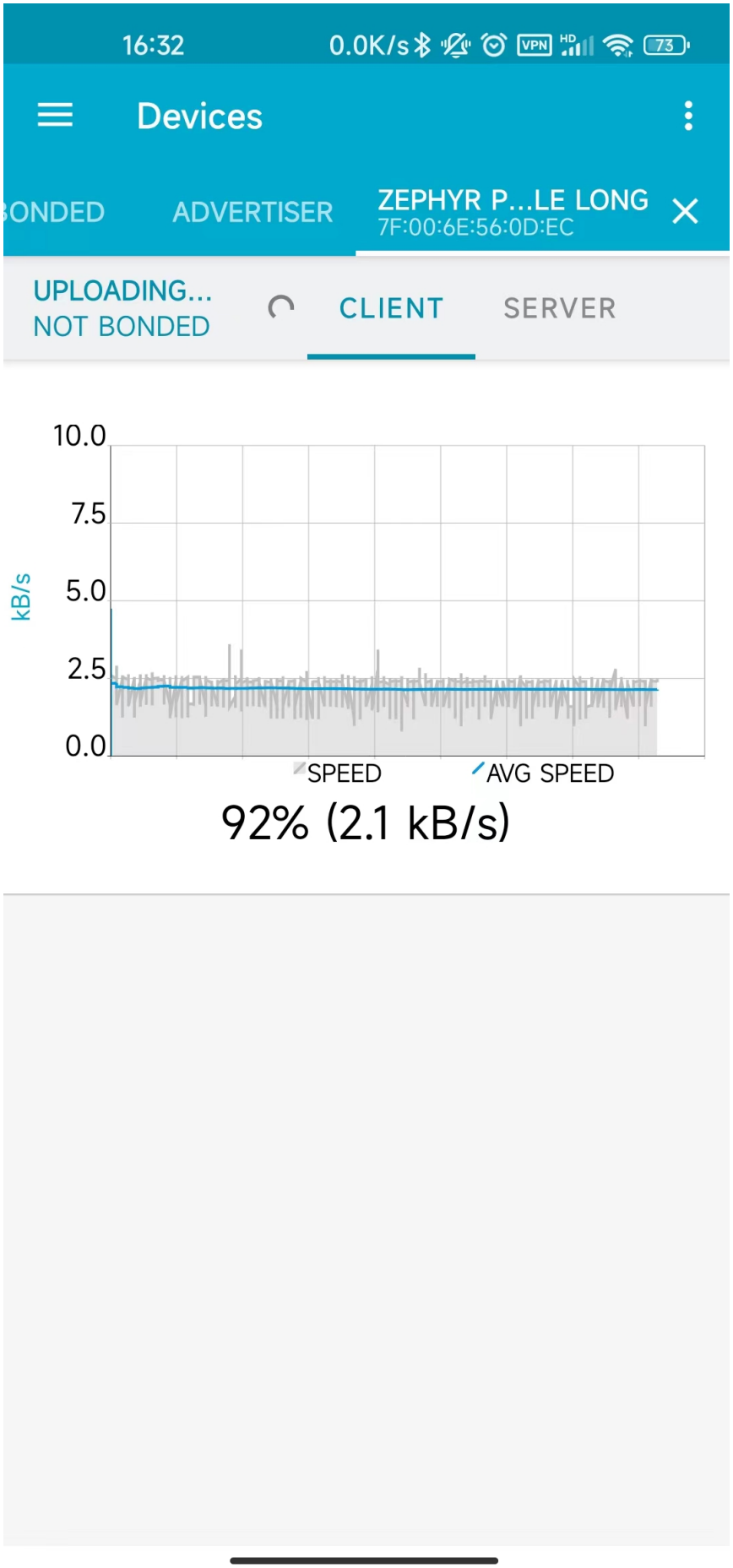

16:32
0.0K/s
Devices
ONDED
ADVERTISER
ZEPHYR P...LE LONG
7F:00:6E:56:0D:EC
UPLOADING...
NOT BONDED
CLIENT
SERVER
10.0
7.5
5.0
2.5
0.0
kB/s
SPEED
AVG SPEED
92% (2.1 kB/s)

图 30: 开始 OTA

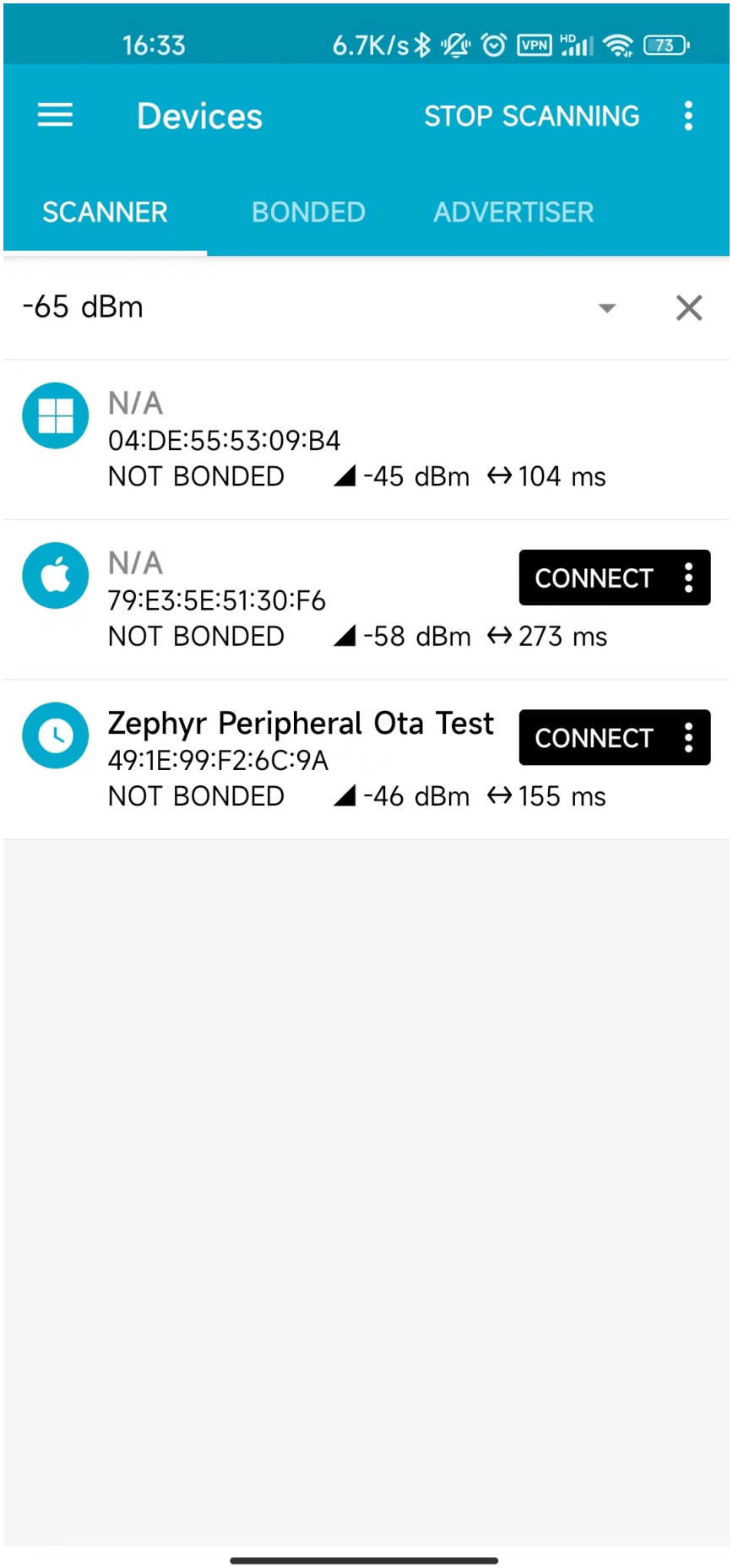

16:33
6.7K/s
Devices
STOP SCANNING
SCANNER
BONDED
ADVERTISER
-65 dBm
N/A
04:DE:55:53:09:B4
NOT BONDED
-45 dBm
104 ms
N/A
CONNECT
79:E3:5E:51:30:F6
NOT BONDED
-58 dBm
273 ms
Zephyr Peripheral Ota Test
CONNECT
49:1E:99:F2:6C:9A
NOT BONDED
-46 dBm
155 ms

图 31: OTA 完成

```
######################  OTA CONFIG  ############################
# Allow for large Bluetooth data packets.
CONFIG_BT_L2CAP_TX_MTU=252
CONFIG_BT_BUF_ACL_RX_SIZE=256

# Enable the Bluetooth (unauthenticated) and shell mcumgr transports.
CONFIG_MCUMGR_SMP_BT=y
CONFIG_MCUMGR_SMP_BT_AUTHEN=n

# Enable the LittleFS file system.
CONFIG_FILE_SYSTEM=y
CONFIG_FILE_SYSTEM_LITTLEFS=y

# Add 256 bytes to accommodate upload command (lfs_stat overflows)
CONFIG_SYSTEM_WORKQUEUE_STACK_SIZE=2304

# Enable mcumgr.
CONFIG_MCUMGR=y

# Ensure an MCUboot-compatible binary is generated.
CONFIG_BOOTLOADER_MCUBOOT=y

# Required by the `taskstat` command.
CONFIG_THREAD_MONITOR=y

# Enable statistics and statistic names.
CONFIG_STATS=y
CONFIG_STATS_NAMES=y

# Enable most core commands.
CONFIG_MCUMGR_CMD_IMG_MGMT=y
CONFIG_MCUMGR_CMD_OS_MGMT=y
CONFIG_MCUMGR_CMD_STAT_MGMT=y
#############################################################################
```

2. 在 “main.c” 文件中包含 OTA 相关的头文件

```
/******************  OTA INCLUDE ******************/
#ifdef CONFIG_MCUMGR_CMD_OS_MGMT
#include "os_mgmt/os_mgmt.h"
#endif
#ifdef CONFIG_MCUMGR_CMD_IMG_MGMT
#include "img_mgmt/img_mgmt.h"
#endif
#ifdef CONFIG_MCUMGR_CMD_STAT_MGMT
#include "stat_mgmt/stat_mgmt.h"
#endif
#ifdef CONFIG_MCUMGR_SMP_BT
#include <mgmt/mcumgr/smp_bt.h>
#endif
/*************************************************/
```

3. 在 “main()” 函数中添加 OTA 相关初始化代码

```
        err = bt_enable(NULL);
        if (err) {
                printk("Bluetooth init failed (err %d)\n", err);
                return;
        }

        bt_ready();
```

(下页继续)

(续上页)

```
/******************  OTA SERVICE  ******************/
#ifdef CONFIG_MCUMGR_CMD_OS_MGMT
        os_mgmt_register_group();
#endif
#ifdef CONFIG_MCUMGR_CMD_IMG_MGMT
        img_mgmt_register_group();
#endif
#ifdef CONFIG_MCUMGR_CMD_STAT_MGMT
        stat_mgmt_register_group();
#endif
#ifdef CONFIG_MCUMGR_SMP_BT
        smp_bt_register();
#endif
/***************************************************/
```

在新的工程添加以上三部分代码后，新的工程也支持 OTA 功能了。

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      282596 B       384 KB     71.87%
SRAM:       38208 B        52 KB      71.75%
IDT_LIST:          0 GB         2 KB       0.00%
```

Bluetooth: Scan & Advertise

1 功能概述 此项目演示了蓝牙广播和扫描功能。

2 环境要求

- board: 支持 BLE 的蓝牙设备
- uart(option): 用来显示串口 log
- 测试软件 (option):: nRF Connect

3 编译和烧录 例程位置: `zephyr\samples_panchip\bluetooth\scan_adv`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考: Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明 烧录完成后，设备会定期启动蓝牙广播和扫描:

- 广播数据中包含厂商自定义字段，该字段包含一个字节的数据，用于显示扫描态收到的数据包个数 (0 到 255 循环)。

5 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      181584 B      1020 KB     17.39%
SRAM:       25104 B        52 KB      47.15%
IDT_LIST:          0 GB         2 KB       0.00%
```

3.2.4 外设驱动例程

Driver: ACC

1 功能概述 外设模块 ACC 模块主要用于计算两个 32 位无符号数相乘，并将其值累加存储起来，用于加速向量点积操作，同时也可当作硬件除法器。该 sample 演示了外设模块 ACC 的点乘运算和除法运算。

2 环境要求

- PAN1080 EVB 一块
- USB-TypeC 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- 硬件接线：
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB USB-TypeC（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**将 EVB 上的:
    - TX0 与 P00 相连
    - RX0 与 P01 相连
- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600

3 编译和烧录 例程位置：zephyr\samples_panchip\drivers\acc

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

4.1 点乘运算

1. 设置了两个包含 8 个固定元素的向量。

```
static uint32_t mult_left[MULT_BUFFER_SIZE] = { /* 向量 1 元素 */
        0x1122, 0x2233, 0x3344, 0x3,
        0x4, 0x5, 0x6, 0x1234
};
static uint32_t mult_right[MULT_BUFFER_SIZE] = { /* 向量 2 元素 */
        0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
};
```

2. 启动 ACC 乘法运算，并获取结果。

```
ret = acc_start_multiplier(acc_dev, &acc_mult_cfg); /* 启动 acc 模块点乘运算 */
if (ret != 0) {
        LOG_INF("acc start multiplier failed with code %d", ret);
}

ret = acc_get_value(acc_dev, &acc_mult_cfg); /* 获取运算结果 */
if (ret != 0) {
        LOG_INF("acc get value failed with code %d", ret);
}

for (uint8_t i = 0; i < RESULT_BUFFER_SIZE; i++) { /* 缓存运算结果 */
        result_buffer[i] = acc_mult_cfg.buffer[i];
}
```

3. 对比 ACC 模块计算值与事先已验证过的正确值，判断 ACC 模块点乘运算功能是否正常，数值一致打印 success，否则打印 “[数值 _sw] should equal to [数值 _hw] ”。

4.2 除法运算

1. 从向量中选取一组数值作为除数与被除数，启动 ACC 除法运算，并获取结果。

```
ret = acc_start_divider(acc_dev, &acc_div_cfg); /* 启动 acc 模块除法运算 */
if (ret != 0) {
        LOG_INF("acc start divider failed with code %d", ret);
}

result = acc_div_cfg.buffer[0];         /* 获取运算结果 */
```

2. 使用除法器中运算使用的除数与被除数通过软件计算方式计算结果，对比软件结果与除法器结果，数值一致打印 divider success，否则打印 “[数值 _sw] != [数值 _hw]”。

```
result_sw = acc_div_cfg.divisor / acc_div_cfg.dividend; /* 软件除法运算 */

if (result != result_sw) {         /* 对比结果 */
        LOG_INF("[%08x] != [%08x]", result, result_sw);
}
```

5 开发说明

5.1 启用 ACC 模块

在 prj.conf 文件中添加 “CONFIG_ACC=y” 启用 ACC 模块。

```
CONFIG_ACC=y
```

5.2 初始化 ACC

```
int ret;
const struct device *acc_dev;

acc_dev = device_get_binding(DT_LABEL(DT_INST(0, panchip_pan_acc))); /* 获取 acc 设备 */
if (!acc_dev) {
    LOG_INF("Cannot get ACC device\n");
}

ret = acc_set_up(acc_dev, acc_cfg);         /* 初始化 acc 模块 */
if (ret != 0) {
    LOG_INF("Setting up acc config failed with code %d", ret);
}
```

其中 acc_cfg 数据结构及参数含义如下

```
/** @brief Structure with generic accumulator features.
 *
 * @param  operate_mode operate mode select(multiplier or divider)
 * @param  first_multiplier first multiplier data
 * @param  sec_multiplier second multiplier data
 * @param  divisor divisor value
 * @param  dividend dividend value
 * @param  number_words The multiplier calculates the number of polls
 * @param  cycle: The multiplier reserves the computation period
 * @param  buffer: result buffer
 */
struct acc_config_info {
        uint8_t operate_mode;
        uint32_t *first_multiplier;
        uint32_t *sec_multiplier;
```

(下页继续)

(续上页)

```
        uint32_t divisor;
        uint32_t dividend;
        uint8_t number_words;
        uint8_t calc_cycle;
        uint32_t buffer[16];
};
```

5.3 ACC API 接口

- 接口总览

```
__subsystem struct acc_driver_api {
        acc_api_set_up set_up;
        acc_api_set_int enable_int;
        acc_api_start_multiplier start_multiplier;
        acc_api_get_multiplier_value get_value;
        acc_api_start_divider start_divider;
};
```

- acc 初始化模块配置

```
/**
 * @brief  This function is used to setup acc device
 * @param  dev Pointer to the device structure for the driver instance.
 * @param  acc_cfg Pointer to acc configuration.
 * @retval 0       On success.
 * @retval -EINVAL If a parameter with an invalid value has been provided.
 */
__syscall int acc_set_up(const struct device *dev,
                         const struct acc_config_info *acc_cfg);
```

- acc 中断初始化

```
/**
 * @brief  This function is used to enable acc interrupt
 * @param  dev Pointer to the device structure for the driver instance.
 * @param  enable_state interrupt enable or not.
 * @retval 0       On success.
 * @retval -EINVAL If a parameter with an invalid value has been provided.
 */
__syscall void acc_enable_int(const struct device *dev, bool enable_state);
```

- acc 启动乘法运算

```
/**
 * @brief  This function is used to start multiplier
 * @param  dev Pointer to the device structure for the driver instance.
 * @param  acc_cfg Pointer to acc configuration.
 * @retval 0       On success.
 * @retval -EINVAL If a parameter with an invalid value has been provided.
 */
__syscall int acc_start_multiplier(const struct device *dev,
                                   const struct acc_config_info *acc_cfg);
```

- acc 获取运算结果

```
/**
 * @brief  This function is used to get multiplier result
 * @param  dev Pointer to the device structure for the driver instance.
 * @param  acc_cfg Pointer to acc configuration.
```

(下页继续)

(续上页)

```
 * @retval 0       On success.
 * @retval -EINVAL If a parameter with an invalid value has been provided.
 */
__syscall int acc_get_value(const struct device *dev,
                            const struct acc_config_info *acc_cfg);
```

- acc 启动除法运算

```
/**
 * @brief  This function is used to start divider
 * @param  dev Pointer to the device structure for the driver instance.
 * @param  acc_cfg Pointer to acc configuration.
 * @retval 0       On success.
 * @retval -EINVAL If a parameter with an invalid value has been provided.
 */
__syscall int acc_start_divider(const struct device *dev,
                                const struct acc_config_info *acc_cfg);
```

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       25836 B      1020 KB      2.47%
SRAM:        10552 B        64 KB     16.10%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Driver: ADC

1 功能概述 该 sample 演示了外设模块 ADC 单次转换及多次转换功能。

DMA 功能参考第 7 章节。

2 环境要求

- PAN1080 EVB 一块
- USB-TypeC 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- 硬件接线：
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB USB-TypeC（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**将 EVB 上的:
    - TX0 与 P00 相连
    - RX0 与 P01 相连
- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600

3 编译和烧录 例程位置：zephyr\samples_panchip\drivers\adc

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

4.1 环境说明

- 采集通道：ADC_CHANNEL1 (P30)，像采集通道输入电压
- ADC 的换算方法（理想状态）

```
低压档 (0~1.2V): N=V / 2 * 4096

高压档 (0~VDD): N=V / VDD * 4096

其中 N 为 ADC 输出 Code, V 为 ADC 采样电压。
```

- 每 5s 执行一次例程

4.2 ADC 单次转换功能

1. 配置 adc 序列信息并 adc 初始化。

```
const struct adc_sequence sequence = {
    .channels = BIT(ADC_CHANNEL_ID),                                    /* 通道选择 */
    .buffer = m_sample_buffer,                                                  /* 结果缓存
buffer*/
    .buffer_size = sizeof(m_sample_buffer),                            /*buffer 大小，不能小于
次数 */
    .resolution = ADC_RESOLUTION,                                          /* 我们固定为
12bit adc*/
};

const struct device *adc_dev = init_adc();        /* 初始化 adc 模块 */

if (!adc_dev) {
    return -ENODEV;
}
```

2. 读取 adc 转换值。

```
ret = adc_read(adc_dev, &sequence);        /* 读取 adc 转换的 code*/
if (ret != 0) {
    printk("adc_read() failed with code %d\n", ret);
}
printk("adc sampling data: 0x%x\n", m_sample_buffer[0]); /* 打印获取 code*/
```

3. 软件通过公式计算 adc 采样电压，电压值放大 100 倍后打印

```
v_adc = ADC_REF_VOLTAGE * adc_value / 4096.0f;
printk("The voltage value after amplified by 100 times is %d\n", (uint32_t)(v_adc*100)); /
↪* 打印采样电压 */
```

4. 观测输入电压是否大致与采样电压一致

   note：采样电压是放大了 100 倍后的值，单位是 v，例如 252，那么就是 2.52v

4.3 ADC 多次转换功能

1. 配置 adc 序列信息并 adc 初始化。

```
const struct adc_sequence_options options = {
    .callback        = repeated_samplings_callback,        /* 中断回调函数 */
    .extra_samplings = ADC_BUFFER_SIZE / 2,                        /* 转换次数 */
    .interval_us     = 0,                                                  /* 间隔时
间 */
    .user_data       = user_data,                                      /* 用户数据 */
};
```

(下页继续)

(续上页)

```
const struct adc_sequence sequence = {
    .options     = &options,                                    /* 增加附加序列
信息 */
    .channels = BIT(ADC_CHANNEL_ID),                           /* 通道选择 */
    .buffer = m_sample_buffer,                                     /* 结果缓存
buffer*/
    .buffer_size = sizeof(m_sample_buffer),                   /*buffer 大小，不能小于
次数 */
    .resolution = ADC_RESOLUTION,                                 /* 我们固定为
12bit adc*/
};

const struct device *adc_dev = init_adc();        /* 初始化 adc 模块 */

if (!adc_dev) {
    return -ENODEV;
}
```

2. 设置回调函数

```
static enum adc_action repeated_samplings_callback(const struct device *dev,
                                                   const struct adc_sequence *sequence,
                                                   uint16_t sampling_index)
{
        ++m_samplings_done;
        if (m_samplings_done == 1U) {
                /* After first sampling continue normally. */
                return ADC_ACTION_CONTINUE;
        } else {
                /*
                 * The second sampling is repeated 9 times (the samples are
                 * written in the same place), then the sequence is finished
                 * prematurely.
                 */
                if (m_samplings_done < ADC_BUFFER_SIZE / 2) {
            /* 这里选择 continue，code 会依次存放在 buffer 中 */
            /* 如果选择 repeat，那么只会存放在 buffer 的固定第二个数据中 */
                        return ADC_ACTION_CONTINUE;
                } else {
                        convert_finish = true;
                        return ADC_ACTION_FINISH;
                }
        }
}
```

1. 读取 adc 转换值并计算平均值。

```
ret = adc_read(adc_dev, &sequence);        /* 读取 adc 转换的 code*/
if (ret != 0) {
    printk("adc_read() failed with code %d\n", ret);
}

for (uint8_t i = 0; i < ADC_BUFFER_SIZE / 2; i++) {
    avg_code += m_sample_buffer[i];
    printk("adc sampling data: 0x%x\n", m_sample_buffer[i]);
}
```

2. 软件通过公式计算 adc 采样电压，电压值放大 100 倍后打印

```
v_adc = ADC_REF_VOLTAGE * adc_value / 4096.0f;
printk("The voltage value after amplified by 100 times is %d\n", (uint32_t)(v_adc*100)); /
↪* 打印采样电压 */
```

3. 观测输入电压是否大致与采样电压一致

   note：采样电压是放大了 100 倍后的值，单位是 v，例如 252，那么就是 2.52v

5 开发说明

5.1 启用 ADC 模块

在 prj.conf 文件中添加 “CONFIG_ADC=y” 启用 ADC 模块。

```
CONFIG_ADC=y
```

5.2 初始化 ADC

```
int ret;
const struct device *adc_dev = device_get_binding(DT_LABEL(DT_INST(0, panchip_pan_adc))); /* 获
取 adc 设备 */

if (!adc_dev) {
    printk("Cannot get ADC device\n");
}

ret = adc_channel_setup(adc_dev, &m_channel_cfg); /* 初始化 adc 模块 */
if (ret != 0) {
    printk("Set up ADC channel failed with code %d\n", ret);
}
```

5.3 ADC 数据结构及参数含义

- 通道配置

```
struct adc_channel_cfg {
        /** Gain selection. */
        enum adc_gain gain;

        /** Reference selection. */
        enum adc_reference reference;

        /**
         * Acquisition time.
         * Use the ADC_ACQ_TIME macro to compose the value for this field or
         * pass ADC_ACQ_TIME_DEFAULT to use the default setting for a given
         * hardware (e.g. when the hardware does not allow to configure the
         * acquisition time).
         * Particular drivers do not necessarily support all the possible units.
         * Value range is 0-16383 for a given unit.
         */
        uint16_t acquisition_time;

        /**
         * Channel identifier.
         * This value primarily identifies the channel within the ADC API - when
         * a read request is done, the corresponding bit in the "channels" field
         * of the "adc_sequence" structure must be set to include this channel
         * in the sampling.
```

(下页继续)

(续上页)

```
         * For hardware that does not allow selection of analog inputs for given
         * channels, but rather have dedicated ones, this value also selects the
         * physical ADC input to be used in the sampling. Otherwise, when it is
         * needed to explicitly select an analog input for the channel, or two
         * inputs when the channel is a differential one, the selection is done
         * in "input_positive" and "input_negative" fields.
         * Particular drivers indicate which one of the above two cases they
         * support by selecting or not a special hidden Kconfig option named
         * ADC_CONFIGURABLE_INPUTS. If this option is not selected, the macro
         * CONFIG_ADC_CONFIGURABLE_INPUTS is not defined and consequently the
         * mentioned two fields are not present in this structure.
         * While this API allows identifiers from range 0-31, particular drivers
         * may support only a limited number of channel identifiers (dependent
         * on the underlying hardware capabilities or configured via a dedicated
         * Kconfig option).
         */
        uint8_t channel_id   : 5;
        /** Channel type: single-ended or differential. */
        uint8_t differential : 1;

#ifdef CONFIG_ADC_CONFIGURABLE_INPUTS
        /**
         * Positive ADC input.
         * This is a driver dependent value that identifies an ADC input to be
         * associated with the channel.
         */
        uint8_t input_positive;

        /**
         * Negative ADC input (used only for differential channels).
         * This is a driver dependent value that identifies an ADC input to be
         * associated with the channel.
         */
        uint8_t input_negative;
#endif /* CONFIG_ADC_CONFIGURABLE_INPUTS */
};
```

- adc 采样序列参数

```
struct adc_sequence {
        /**
         * Pointer to a structure defining additional options for the sequence.
         * If NULL, the sequence consists of a single sampling.
         */
        const struct adc_sequence_options *options;

        /**
         * Bit-mask indicating the channels to be included in each sampling
         * of this sequence.
         * All selected channels must be configured with adc_channel_setup()
         * before they are used in a sequence.
         */
        uint32_t channels;

        /**
         * Pointer to a buffer where the samples are to be written. Samples
         * from subsequent samplings are written sequentially in the buffer.
         * The number of samples written for each sampling is determined by
         * the number of channels selected in the "channels" field.
         * The buffer must be of an appropriate size, taking into account
         * the number of selected channels and the ADC resolution used,
```

(下页继续)

(续上页)

```
         * as well as the number of samplings contained in the sequence.
         */
        void *buffer;

        /**
         * Specifies the actual size of the buffer pointed by the "buffer"
         * field (in bytes). The driver must ensure that samples are not
         * written beyond the limit and it must return an error if the buffer
         * turns out to be not large enough to hold all the requested samples.
         */
        size_t buffer_size;

        /**
         * ADC resolution.
         * For single-ended channels the sample values are from range:
         *   0 .. 2^resolution - 1,
         * for differential ones:
         *   - 2^(resolution-1) .. 2^(resolution-1) - 1.
         */
        uint8_t resolution;

        /**
         * Oversampling setting.
         * Each sample is averaged from 2^oversampling conversion results.
         * This feature may be unsupported by a given ADC hardware, or in
         * a specific mode (e.g. when sampling multiple channels).
         */
        uint8_t oversampling;

        /**
         * Perform calibration before the reading is taken if requested.
         *
         * The impact of channel configuration on the calibration
         * process is specific to the underlying hardware.  ADC
         * implementations that do not support calibration should
         * ignore this flag.
         */
        bool calibrate;
};
```

- adc 采样附加选项参数

```
struct adc_sequence_options {
        /**
         * Interval between consecutive samplings (in microseconds), 0 means
         * sample as fast as possible, without involving any timer.
         * The accuracy of this interval is dependent on the implementation of
         * a given driver. The default routine that handles the intervals uses
         * a kernel timer for this purpose, thus, it has the accuracy of the
         * kernel's system clock. Particular drivers may use some dedicated
         * hardware timers and achieve a better precision.
         */
        uint32_t interval_us;

        /**
         * Callback function to be called after each sampling is done.
         * Optional - set to NULL if it is not needed.
         */
        adc_sequence_callback callback;

        /**
```

(下页继续)

(续上页)

```
         * Pointer to user data. It can be used to associate the sequence
         * with any other data that is needed in the callback function.
         */
        void *user_data;

        /**
         * Number of extra samplings to perform (the total number of samplings
         * is 1 + extra_samplings).
         */
        uint16_t extra_samplings;
};
```

5.4 ADC API 接口

- 接口总览

```
__subsystem struct adc_driver_api {
        adc_api_channel_setup channel_setup;
        adc_api_read          read;
#ifdef CONFIG_ADC_ASYNC
        adc_api_read_async    read_async;
#endif
        uint16_t ref_internal;        /* mV */
};
```

- adc 初始化模块配置

```
/**
 * @brief Configure an ADC channel.
 *
 * It is required to call this function and configure each channel before it is
 * selected for a read request.
 *
 * @param dev          Pointer to the device structure for the driver instance.
 * @param channel_cfg  Channel configuration.
 *
 * @retval 0       On success.
 * @retval -EINVAL If a parameter with an invalid value has been provided.
 */
__syscall int adc_channel_setup(const struct device *dev,
                                const struct adc_channel_cfg *channel_cfg);
```

- adc 读操作

```
/**
 * @brief Set a read request.
 *
 * @param dev       Pointer to the device structure for the driver instance.
 * @param sequence  Structure specifying requested sequence of samplings.
 *
 * If invoked from user mode, any sequence struct options for callback must
 * be NULL.
 *
 * @retval 0        On success.
 * @retval -EINVAL  If a parameter with an invalid value has been provided.
 * @retval -ENOMEM  If the provided buffer is to small to hold the results
 *                  of all requested samplings.
 * @retval -ENOTSUP If the requested mode of operation is not supported.
 * @retval -EBUSY   If another sampling was triggered while the previous one
 *                  was still in progress. This may occur only when samplings
```

(下页继续)

(续上页)

```
 *                  are done with intervals, and it indicates that the selected
 *                  interval was too small. All requested samples are written
 *                  in the buffer, but at least some of them were taken with
 *                  an extra delay compared to what was scheduled.
 */
__syscall int adc_read(const struct device *dev,
                       const struct adc_sequence *sequence);
```

- adc 异步读（一般用于多个 ADC 操作）

```
/**
 * @brief Set an asynchronous read request.
 *
 * @note This function is available only if @kconfig{CONFIG_ADC_ASYNC}
 * is selected.
 *
 * If invoked from user mode, any sequence struct options for callback must
 * be NULL.
 *
 * @param dev       Pointer to the device structure for the driver instance.
 * @param sequence  Structure specifying requested sequence of samplings.
 * @param async     Pointer to a valid and ready to be signaled struct
 *                  k_poll_signal. (Note: if NULL this function will not notify
 *                  the end of the transaction, and whether it went successfully
 *                  or not).
 *
 * @returns 0 on success, negative error code otherwise.
 *          See adc_read() for a list of possible error codes.
 *
 */
__syscall int adc_read_async(const struct device *dev,
                             const struct adc_sequence *sequence,
                             struct k_poll_signal *async);
```

- adc 获取参考电压（这里我们固定是 1.2V）

```
/**
 * @brief Get the internal reference voltage.
 *
 * Returns the voltage corresponding to @ref ADC_REF_INTERNAL,
 * measured in millivolts.
 *
 * @return a positive value is the reference voltage value.  Returns
 * zero if reference voltage information is not available.
 */
static inline uint16_t adc_ref_internal(const struct device *dev)
{
        const struct adc_driver_api *api =
                                (const struct adc_driver_api *)dev->api;

        return api->ref_internal;
}
```

6 ADC DMA 配置说明

- `CONFIG_ADC_PANCHIP_DMA=y`

该配置使能 ADC DMA feature。

- `CONFIG_ADC_PANCHIP_DMA_TIMEOUT=1000`

该配置为 ADC DMA 读取一次时的超时时间，单位为 ms。

- ADC 配置注意点需要确认 `extra_samplings+1` 等于实际采样的次数，否则采样次数不对会导致不会触发 DMA 中断，从而导致 ADC DMA read 超时。

7 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       23804 B      1020 KB      2.28%
SRAM:         5456 B        64 KB      8.33%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Driver: Clock Control

1 功能概述 `clock_control sample` 演示了 Zephyr Clock Control Driver 在 PAN1080 SoC 上的使用方法，主要包括：

- 获取某个硬件模块的时钟开启状态
- 获取 AHB/APB1/APB2 等总线的时钟频率

另外，此 Sample 还演示了通过 dts overlay 修改系统的时钟源、时钟频率、AHB/APB1/APB2 分频因子等配置的方法。

2 环境准备

- PAN1080 EVB 一块
- USB-TypeC 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- 硬件接线：
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB USB-TypeC（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**将 EVB 上的:
    - TX0 与 P00 相连
    - RX0 与 P01 相连
- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\drivers\clock_control`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明 本例程中：

1. 代码包含 2 个子流程：
   1. `get_clock_status_of_peripherals()`：演示如何获取硬件模块的时钟是否开启，其涉及如下 Clock Control API：
      - clock_control_get_status()
   2. `get_clock_rate_of_buses()`：演示如何获取 AHB/APB1/APB2 等总线的时钟频率，其涉及如下 Clock Control API：
      - clock_control_get_rate()
2. 工程中包含 2 个修改了 Clock 参数的 `DTS Overlay` 配置文件：
   1. `clock-dts-conf-1.overlay`：将 DPLL 输出由默认的 48MHz 改为 64MHz，系统高速时钟源保持为 DPLL

2. `clock-dts-conf-2.overlay`: 关闭 DPLL 输出使能, 系统高速时钟源(clk_system)由 48MHz DPLL（dpll）切换为 32MHz 晶振（clk_xth），系统低速时钟源（clk_slow）由 32768Hz 晶振（clk_xtl）切换为 32000Hz RC（clk_rcl）

4.1 **示例 1：获取硬件模块的时钟开关状态** PAN1080 SoC 硬件上有 1 个 AHB 总线和 2 个 APB 总线，当程序执行 `get_clock_status_of_peripherals()` 函数时，会获取当前 App 中近乎所有硬件模块的时钟开启状态，并将它们打印出来：

```
Start to get clock status of peripherals...

PAN_CLK_AHBPeriph_DMAC:
-> OFF

PAN_CLK_AHBPeriph_GPIO:
-> ON

PAN_CLK_AHBPeriph_SYSTICK:
-> ON

PAN_CLK_AHBPeriph_APB1:
-> ON

PAN_CLK_AHBPeriph_APB2:
-> ON

PAN_CLK_AHBPeriph_AHB:
-> ON

PAN_CLK_AHBPeriph_BLE_32M:
-> OFF

PAN_CLK_AHBPeriph_BLE_32K:
-> OFF

PAN_CLK_AHBPeriph_ROM:
-> OFF

PAN_CLK_AHBPeriph_EFUSE:
-> OFF

PAN_CLK_AHBPeriph_ACC:
-> OFF

PAN_CLK_AHBPeriph_USB_AHB:
-> OFF

PAN_CLK_AHBPeriph_USB_48M:
-> OFF

PAN_CLK_APB1Periph_I2C0:
-> OFF

PAN_CLK_APB1Periph_SPI0:
-> OFF

PAN_CLK_APB1Periph_UART0:
-> ON

PAN_CLK_APB1Periph_PWM0_EN:
-> OFF
```

(下页继续)

(续上页)

```
PAN_CLK_APB1Periph_ADC:
-> OFF

PAN_CLK_APB1Periph_WDT:
-> OFF

PAN_CLK_APB1Periph_WWDT:
-> OFF

PAN_CLK_APB1Periph_TMR0:
-> OFF

PAN_CLK_APB1Periph_I2SS:
-> OFF

PAN_CLK_APB1Periph_I2SM:
-> OFF

PAN_CLK_APB1Periph_PWM1_EN:
-> OFF

PAN_CLK_APB1Periph_PWM2_EN:
-> OFF

PAN_CLK_APB2Periph_SPI1:
-> OFF

PAN_CLK_APB2Periph_UART1:
-> ON

PAN_CLK_APB2Periph_TMR1:
-> OFF

PAN_CLK_APB2Periph_TMR2:
-> OFF

PAN_CLK_APB2Periph_KSCAN:
-> OFF

PAN_CLK_APB2Periph_QDEC:
-> OFF

Done.
```

由上可知，AHB 总线上，时钟开启的模块有：

- GPIO：GPIO 模块时钟
- SYSTICK：Cortex-M Systick 时钟
- RCC_APB1：APB1 Bridge 的总时钟源
- RCC_APB2：APB2 Bridge 的总时钟源
- RCC_AHB：AHB 自身的时钟源

以上这些时钟是系统正常工作必须开启的模块，SoC 上电后由硬件默认开启，且一般不应关闭。

APB 总线上，时钟开启的模块仅有 2 个：

- APB1 总线上的 UART0 模块

  此模块时钟虽然开启了，但多数例程中并未使用到，实际上可以通过在 DTS 中将其 `status` 属性配置为 `disabled` 状态，或在程序中调用 `clock_control_off()` 接口将其关闭

- APB2 总线上的 UART1 模块

  PAN1080 EVB 默认使用此 UART 打印 Log

4.2 示例 2：获取 AHB/APB1/APB2 等总线的时钟频率　当程序执行 `get_clock_rate_of_buses()` 函数时，其会获取当前 SoC 的 AHB、APB1、APB2 等三个总线的时钟频率：

```
Start to get clock rate of buses...

AHB clock rate: 48000000 Hz
APB1 clock rate: 48000000 Hz
APB2 clock rate: 48000000 Hz

Done.
```

由上可知，当前系统中，AHB、APB1、APB2 等三个总线的时钟频率均为 48MHz，这是因为在 PAN1080 EVB 的 board 级目录下的 dts 文件中，我们默认将系统高速时钟配置为 DPLL 48MHz，且 AHB/APB1/APB2 总线的分频因子均为 1（表示不分频）：

```
/* file: zephyr\boards\arm\pan108xxb5_evb\pan108xxb5_evb.dts */

&clk_xth {
        clock-frequency = <DT_FREQ_M(32)>;
        /* Enable the 32 MHz high speed crystal oscillator */
        status = "okay";
};

&clk_xtl {
        clock-frequency = <32768>;
        /* Enable the 32 KHz low speed crystal oscillator */
        status = "okay";
};

&dpll {
        /* f(dpll_output) = f(dpll_input) / clock_div * clock_mult */
        clocks = <&clk_xth>;
        clock-div = <2>;  /* Fixed to 2 */
        clock-mult = <3>; /* Can be 3 (48MHz) or 4 (64MHz) */
        status = "okay";
};

&rcc {
        clock-names = "clk_system", "clk_slow";
        clocks = <&dpll &clk_xtl>;
        clock-frequency-system = <DT_FREQ_M(48)>;
        clock-frequency-slow = <32768>;
        ahb-prescaler = <1>;
        apb1-prescaler = <1>;
        apb2-prescaler = <1>;
};
```

4.3 示例 3：修改时钟配置 1　这里我们通过使能 App 目录下 DTS Overlay Config File 的方式，演示如何将系统默认的高速时钟由 DPLL 48MHz 修改为 DPLL 64MHz。

1. 打开 App 目录下的 `clock-dts-conf-1.overlay` 文件：

```
&dpll {
    clock-mult = <4>; /* <4> means output 64MHz */
};

&rcc {
```

（下页继续）

(续上页)

```
    clock-frequency-system = <DT_FREQ_M(64)>;
    ahb-prescaler = <1>;
    apb1-prescaler = <2>;
    apb2-prescaler = <4>;
};
```

由上可以看到：

- dpll 节点下的 clock-mult 属性被由<3> 修改成了<4>，表示 DPLL 输出由 48MHz 修改为 64MHz
- rcc 节点下的：
  - clock-frequency-system 属性被由<DT_FREQ_M(48)> 修改成了<DT_FREQ_M(64)>，与 DPLL 的输出频率保持一致，表示系统高速时钟源的频率
  - ahb-prescaler 属性未修改，保持为<1>，表示 AHB 总线时钟分频因子为 1，其频率保持与**系统高速时钟源**一致（即 64MHz）
  - apb1-prescaler 属性被由<1> 修改成了<2>，表示 APB1 总线时钟分频因子为 2，其频率是 AHB **时钟**的 1/2（即 32MHz）
  - apb1-prescaler 属性被由<1> 修改成了<4>，表示 APB2 总线时钟分频因子为 4，其频率是 AHB **时钟**的 1/4（即 16MHz）

2. 打开 App 目录下的 CMakeLists.txt 文件，取消第 5 行 set() 语句的注释，以令 clock-dts-conf-1.overlay 文件作为当前 App 的 DTS Overlay Config 传入 Build System：

```
# SPDX-License-Identifier: Apache-2.0

cmake_minimum_required(VERSION 3.20.0)

set(DTC_OVERLAY_FILE "${CMAKE_CURRENT_SOURCE_DIR}/clock-dts-conf-1.overlay")
# set(DTC_OVERLAY_FILE "${CMAKE_CURRENT_SOURCE_DIR}/clock-dts-conf-2.overlay")

find_package(Zephyr REQUIRED HINTS $ENV{ZEPHYR_BASE})
project(clock_control)

target_sources(app PRIVATE src/main.c)
```

3. 重新编译并烧录修改后的 App 工程，可以看到 AHB 时钟被修改为 64MHz，APB1 时钟被修改为 32MHz，APB2 时钟被修改为 16MHz：

```
Start to get clock rate of buses...

AHB clock rate: 64000000 Hz
APB1 clock rate: 32000000 Hz
APB2 clock rate: 16000000 Hz

Done.
```

4.4 **示例 4：修改时钟配置 2** 这里我们通过使能 App 目录下 DTS Overlay Config File 的方式，演示如何将系统默认的高速时钟由 DPLL 48MHz 修改为 XTH 32MHz，并关闭 DPLL 使能，同时将系统默认的低速时钟由 XTL 32768Hz 修改为 RCL 32000Hz。

1. 打开 App 目录下的 clock-dts-conf-2.overlay 文件：

```
&dpll {
    status = "disabled";
};

&rcc {
```

(下页继续)

(续上页)

```
    clock-names = "clk_system", "clk_slow";
    clocks = <&clk_xth &clk_rcl>;
    clock-frequency-system = <DT_FREQ_M(32)>;
    clock-frequency-slow = <DT_FREQ_K(32)>;
};
```

由上可以看到：

- dpll 节点下的 status 属性被由 okay 修改成了 disabled，表示系统初始化时不使能 DPLL 时钟模块
- rcc 节点下的：
  - clock-names 属性未修改，保持为"clk_system", "clk_slow"，实际上，此属性对应下面 clocks 属性中两个时钟的名称，即：clocks 属性数组中的第一个时钟名为 “clk_system”，表示系统使用的高速时钟源；第二个时钟名为 “clk_slow”，表示系统的低速时钟源
  - clocks 属性被由<&dpll &clk_xtl> 修改成了<&clk_xth &clk_rcl>，表示系统的高速时钟由 dpll 切换成了 clk_xth，低速时钟由 clk_xtl 切换成了 clk_rcl
  - clock-frequency-system 属性被由<DT_FREQ_M(48)> 修改成了<DT_FREQ_M(32)>，与当前的系统高速时钟源 clk_system 对应的 clk_xth 的输出频率保持一致
  - clock-frequency-slow 属性被由<32768> 修改成了<DT_FREQ_K(32)>，与当前的系统低速时钟源 clk_slow 对应的 clk_rcl 的输出频率保持一致

2. 打开 App 目录下的 CMakeLists.txt 文件，重新注释掉第 5 行的 set() 语句，并取消第 6 行 set() 语句的注释，以令 clock-dts-conf-2.overlay 文件作为当前 App 的 DTS Overlay Config 传入 Build System：

```
# SPDX-License-Identifier: Apache-2.0

cmake_minimum_required(VERSION 3.20.0)

# set(DTC_OVERLAY_FILE "${CMAKE_CURRENT_SOURCE_DIR}/clock-dts-conf-1.overlay")
set(DTC_OVERLAY_FILE "${CMAKE_CURRENT_SOURCE_DIR}/clock-dts-conf-2.overlay")

find_package(Zephyr REQUIRED HINTS $ENV{ZEPHYR_BASE})
project(clock_control)

target_sources(app PRIVATE src/main.c)
```

3. 重新编译并烧录修改后的 App 工程，可以看到 AHB/APB1/APB2 的时钟均被修改为 32MHz：

```
Start to get clock rate of buses...

AHB clock rate: 32000000 Hz
APB1 clock rate: 32000000 Hz
APB2 clock rate: 32000000 Hz

Done.
```

5 开发者说明

1. Clock Control Driver 中还有 2 个 API 用于手动开关某个硬件模块的 Clock：clock_control_on() 和 clock_control_off()，其中：
   - clock_control_on() 接口会在各个外设 Driver 的 Init 函数中被自动调用，也就是说，我们在 App 中使用某个外设硬件模块的时候，无需手动开启此模块的时钟；以 SPI 为例，如果 App 中使能了 SPI Driver（CONFIG_SPI=y），并且 DTS 中将 SPI 的 status 属性配置为 okay，则系统在初始化 SPI 模块的时候，会自动将其时钟打开

- `clock_control_off()` 接口不会被外设 Driver 自动调用，这意味着，如果我们在系统初始化的时候开启了某个外设模块，使用一段时间之后想将其关闭，则可以手动在 App 中调用 `clock_control_off()` 接口将其关闭

2. Devicetree 的 `rcc` 节点中，AHB/APB1/APB2 可供配置的分频因数，可以在以下文件中找到：

   - `zephyr\dts\bindings\clock\panchip,pan-rcc.yaml`

   例如，APB1 的分频因数只能从其 enum 键值列表中选择，否则将会产生 Build 错误：

```
apb1-prescaler:
type: int
required: true
description: |
   APB1 prescaler. Make the actual input clock frequency of
   peripherals on APB1 bus lower than AHB bus clock frequency,
   and the actual APB1 bus clock frequency can be computed with
   the following formula: f(clk_apb1) = f(clk_ahb) / apb1-prescaler.
enum:
   - 1
   - 2
   - 4
   - 6
   - 8
   - 10
   - 12
   - 14
   - 16
   - 18
   - 20
   - 22
   - 24
   - 26
   - 28
   - 30
```

   另外需要注意的是，分频因子应根据实际情况**谨慎**调整，配置过大（即 AHB/APB 总线频率过慢）可能导致某些功能不正常；例如，PAN1080 EVB Board 中默认使用 APB2 总线上的 UART1 模块打印 Log，其波特率被配置为 921600，如果我们将 APB2 的分频因子配置过大，则可能导致 UART1 在初始化的时候无法配置成 92100 如此高的波特率，从而导致 UART1 初始化失败。

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       18520 B      1020 KB      1.77%
SRAM:        3888 B         64 KB      5.93%
IDT_LIST:          0 GB          2 KB      0.00%
```

Driver: Counter

1 功能概述 该 sample 演示了外设模块 COUNTER 的连续计数功能，间隔 20ms 触发一次中断。

2 环境要求

- PAN1080 EVB 一块
- USB-TypeC 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- 硬件接线：
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB USB-TypeC（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**将 EVB 上的:

  - TX0 与 P00 相连
  - RX0 与 P01 相连

- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600

3 编译和烧录　例程位置：zephyr\samples_panchip\drivers\counter

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

4.1 连续计数模式

1. 设置回调函数

```
static void top_handler(const struct device *dev, void *user_data)
{
        uint32_t cnt;

        counter_get_value(dev, &cnt);                          /* 获取中断产生时的计数器值 */
        LOG_INF("isr,expect counter is 320000, meas count is %d", cnt);

        if (user_data != exp_user_data) {
                LOG_INF("Unexpected callback\n");
        }
        if (IS_ENABLED(CONFIG_ZERO_LATENCY_IRQS)) {
                top_cnt++;

                return;
        }

        k_sem_give(&top_cnt_sem);
}
```

2. 获取设备并配置定时时间

```
dev = device_get_binding(DT_LABEL(DT_INST(0, panchip_pan_timer)));
if (!dev) {
    LOG_INF("Cannot get timer0 device\n");
} else {
    /* if more counter drivers exist other than RTC,
                * the test value set to 20000 by default
                */
    counter_period_us = 20000;                /*20ms*/
}
top_cfg.ticks = counter_us_to_ticks(dev, counter_period_us);        /* 转换为 tick 值 */
```

3. 启动 COUNTER。

```
err = counter_start(dev);
if (err != 0) {
    LOG_INF("Counter failed to start\n");
}
```

4. 设置 COUNTER 比较值。

```
err = counter_set_top_value(dev, &top_cfg);
if (err != 0) {
    LOG_INF("Counter failed to set top value (err: %d)\n", err);
}
```

5. 观测打印信息，查看获取的比较值与期望值是否符合，打印信息如下：

```
[00:00:00.000,000] <inf> counter_sample: Counter sample start..
[00:00:00.006,000] <inf> counter_sample: get current counter value 80105
[00:00:00.026,000] <inf> counter_sample: isr,expect counter is 320000, meas count is 320240
[00:00:00.046,000] <inf> counter_sample: isr,expect counter is 320000, meas count is 320082
[00:00:00.066,000] <inf> counter_sample: isr,expect counter is 320000, meas count is 320089
[00:00:00.086,000] <inf> counter_sample: isr,expect counter is 320000, meas count is 320093
[00:00:00.106,000] <inf> counter_sample: isr,expect counter is 320000, meas count is 320090
[00:00:00.110,000] <inf> counter_sample: Counter sample stopped.
```

图 32: Counter 例程 Log 打印

5 开发说明

5.1 启用 COUNTER 模块

在 prj.conf 文件中添加 “CONFIG_COUNTER=y” 启用 COUNTER 模块。

```
CONFIG_COUNTER=y
CONFIG_COUNTER_PANCHIP_TIMER0=y
```

5.2 COUNTER 数据结构及参数含义

计数器配置

```
/** @brief Top value configuration structure.
 *
 * @param ticks               Top value.
 * @param callback        Callback function. Can be NULL.
 * @param user_data        User data passed to callback function. Not valid if
 *                         callback is NULL.
 * @param flags               Flags. See @ref COUNTER_TOP_FLAGS.
 */
struct counter_top_cfg {
        uint32_t ticks;
        counter_top_callback_t callback;
        void *user_data;
        uint32_t flags;
};
```

到点警报配置

```
/** @brief Alarm callback structure.
 *
 * @param callback Callback called on alarm (cannot be NULL).
 * @param ticks Number of ticks that triggers the alarm. It can be relative (to
 *                now) or absolute value (see @ref COUNTER_ALARM_CFG_ABSOLUTE).
 *                Absolute alarm cannot be set further in future than top_value
 *                decremented by the guard period. Relative alarm ticks cannot
 *                exceed current top value (see @ref counter_get_top_value).
 *                If counter is clock driven then ticks can be converted to
 *                microseconds (see @ref counter_ticks_to_us). Alternatively,
 *                counter implementation may count asynchronous events.
 * @param user_data User data returned in callback.
 * @param flags        Alarm flags. See @ref COUNTER_ALARM_FLAGS.
 */
struct counter_alarm_cfg {
        counter_alarm_callback_t callback;
        uint32_t ticks;
        void *user_data;
        uint32_t flags;
};
```

5.3 COUNTER API 接口

- 接口总览

```
__subsystem struct counter_driver_api {
        counter_api_start start;
        counter_api_stop stop;
        counter_api_get_value get_value;
        counter_api_set_alarm set_alarm;
        counter_api_cancel_alarm cancel_alarm;
        counter_api_set_top_value set_top_value;
        counter_api_get_pending_int get_pending_int;
        counter_api_get_top_value get_top_value;
        counter_api_get_guard_period get_guard_period;        /* 暂不支持 */
        counter_api_set_guard_period set_guard_period;        /* 暂不支持 */
};
```

- 启动 counter，开始计数

```
/**
 * @brief Start counter device in free running mode.
 *
 * @param dev Pointer to the device structure for the driver instance.
 *
 * @retval 0 If successful.
 * @retval Negative errno code if failure.
 */
__syscall int counter_start(const struct device *dev);
```

- 停止 counter，暂停计数

```
/**
 * @brief Stop counter device.
 *
 * @param dev Pointer to the device structure for the driver instance.
 *
 * @retval 0 If successful.
 * @retval -ENOTSUP if the device doesn't support stopping the
 *                  counter.
 */
__syscall int counter_stop(const struct device *dev);
```

- 获取 counter 计数器值

```
/**
 * @brief Get current counter value.
 * @param dev Pointer to the device structure for the driver instance.
 * @param ticks Pointer to where to store the current counter value
 *
 * @retval 0 If successful.
 * @retval Negative error code on failure getting the counter value
 */
__syscall int counter_get_value(const struct device *dev, uint32_t *ticks);
```

- 设置到点警报

```
/**
 * @brief Set a single shot alarm on a channel.
 *
 * After expiration alarm can be set again, disabling is not needed. When alarm
 * expiration handler is called, channel is considered available and can be
 * set again in that context.
 *
```

(下页继续)

(续上页)

```
 * @note API is not thread safe.
 *
 * @param dev                Pointer to the device structure for the driver instance.
 * @param chan_id        Channel ID.
 * @param alarm_cfg        Alarm configuration.
 *
 * @retval 0 If successful.
 * @retval -ENOTSUP if request is not supported (device does not support
 *                  interrupts or requested channel).
 * @retval -EINVAL if alarm settings are invalid.
 * @retval -ETIME  if absolute alarm was set too late.
 */
__syscall int counter_set_channel_alarm(const struct device *dev,
                                        uint8_t chan_id,
                                        const struct counter_alarm_cfg *alarm_cfg);
```

- 取消到点警报

```
/**
 * @brief Cancel an alarm on a channel.
 *
 * @note API is not thread safe.
 *
 * @param dev                Pointer to the device structure for the driver instance.
 * @param chan_id        Channel ID.
 *
 * @retval 0 If successful.
 * @retval -ENOTSUP if request is not supported or the counter was not started
 *                  yet.
 */
__syscall int counter_cancel_channel_alarm(const struct device *dev,
                                           uint8_t chan_id);
```

- 设置比较值

```
/**
 * @brief Set counter top value.
 *
 * Function sets top value and optionally resets the counter to 0 or top value
 * depending on counter direction. On turnaround, counter can be reset and
 * optional callback is periodically called. Top value can only be changed when
 * there is no active channel alarm.
 *
 * @ref COUNTER_TOP_CFG_DONT_RESET prevents counter reset. When counter is
 * running while top value is updated, it is possible that counter progresses
 * outside the new top value. In that case, error is returned and optionally
 * driver can reset the counter (see @ref COUNTER_TOP_CFG_RESET_WHEN_LATE).
 *
 * @param dev                Pointer to the device structure for the driver instance.
 * @param cfg                Configuration. Cannot be NULL.
 *
 * @retval 0 If successful.
 * @retval -ENOTSUP if request is not supported (e.g. top value cannot be
 *                  changed or counter cannot/must be reset during top value
 *                  update).
 * @retval -EBUSY if any alarm is active.
 * @retval -ETIME if @ref COUNTER_TOP_CFG_DONT_RESET was set and new top value
 *                  is smaller than current counter value (counter counting up).
 */
__syscall int counter_set_top_value(const struct device *dev,
                                    const struct counter_top_cfg *cfg);
```

- 获取中断标志

```
/**
 * @brief Function to get pending interrupts
 *
 * The purpose of this function is to return the interrupt
 * status register for the device.
 * This is especially useful when waking up from
 * low power states to check the wake up source.
 *
 * @param dev Pointer to the device structure for the driver instance.
 *
 * @retval 1 if any counter interrupt is pending.
 * @retval 0 if no counter interrupt is pending.
 */
__syscall int counter_get_pending_int(const struct device *dev);
```

- 获取设置的比较值

```
/**
 * @brief Function to retrieve current top value.
 *
 * @param[in]  dev    Pointer to the device structure for the driver instance.
 *
 * @return Top value.
 */
__syscall uint32_t counter_get_top_value(const struct device *dev);
```

- 获取设置的比较值

```
/**
 * @brief Function to retrieve current top value.
 *
 * @param[in]  dev    Pointer to the device structure for the driver instance.
 *
 * @return Top value.
 */
__syscall uint32_t counter_get_top_value(const struct device *dev);
```

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       26468 B      1020 KB      2.53%
SRAM:        10512 B        64 KB     16.04%
IDT_LIST:          0 GB         2 KB      0.00%
```

Driver: DMA M2M

1 功能概述 `dma_m2m sample` 以 Memory to Memory 传输为例，演示了 Zephyr DMA Driver 在 PAN1080 SoC 上的使用方法。

2 环境准备

- PAN1080 EVB 一块
- USB-TypeC 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- 硬件接线：
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB USB-TypeC（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**将 EVB 上的:

    * TX0 与 P00 相连
    * RX0 与 P01 相连

- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\drivers\dma_m2m`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明 本例程中，进行了 2 次 DMA Block 传输：

1. 首先从 Flash Address 1 中读取一个大数组，将其通过 DMA 的方式搬移的 SRAM 上，并确认搬移成功；
2. 然后使用 `dma_reload()` 接口，重新配置源地址为 Flash Address 2，并将此地址对应的大数组通过 DMA 的方式搬移到同一块 SRAM 上，再确认是否搬移成功。

本例程涉及如下的 DMA Driver APIs：

- `dma_request_channel()`
- `dma_release_channel()`
- `dma_config()`
- `dma_start()`
- `dma_reload()`
- `dma_get_status()`

例程执行成功的 Log 如下所示：

```
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0-481-ge520fced9ef8  ***
[00:00:00.000,000] <inf> dma_dw: Device DMA_0 initialized
[00:00:00.000,000] <inf> app: DMA M2M (Memory to Memory) demo start..
[00:00:00.001,000] <inf> app: Configure and start the 1st DMA transfer procedure, chan_id=0
[00:00:00.001,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.001,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.001,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.001,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.001,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.001,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.001,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.001,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.002,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.002,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.002,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.002,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.002,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.002,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.002,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.002,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.003,000] <inf> app: dma_transfer_cb: DMA transfer done
[00:00:00.003,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.003,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=0
[00:00:00.009,000] <inf> app: Reload and start the 2nd DMA transfer procedure, chan_id=0
[00:00:00.009,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.009,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.009,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.009,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.009,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.009,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
```

（下页继续）

(续上页)

```
[00:00:00.009,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.010,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.010,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.010,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.010,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.010,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.010,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.010,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.010,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.011,000] <inf> app: dma_transfer_cb: DMA transfer done
[00:00:00.011,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=1
[00:00:00.011,000] <inf> app: DMA status: direction=0, busy=0
[00:00:00.017,000] <inf> app: DMA Data transfer OK, and channel 0 is now ready again for later␣
↪use.
[00:00:00.017,000] <inf> app: DMA M2M (Memory to Memory) demo end.
```

5 开发者说明

5.1 PAN1080 DMA Controller 硬件特性介绍

1. PAN1080 SoC 内置一个 DMA Controller (DMAC)，其具有 3 个可用的通道（通道编号为 0 ~ 2），并支持通道优先级配置；
2. PAN1080 DMAC 仅支持单 Block 传输，一个 Block 最大可传输 4095 个 Item，每个 Item 最大支持 4 字节数据（即 32-Bits，与系统总线宽度一致），换句话说，在一次典型的 DMA Memory-to-Memory 传输过程中，最大可以搬移 4095 * 4 = 16380 字节的数据（Peripheral-to-Memory 传输方式达不到此值）；

   注：PAN1080 DMAC 不支持 Chaining Multi-Block 传输和 Scatter/Gather 传输
3. PAN1080 DMAC 支持 Memory-to-Memory、Memory-to-Peripheral、Peripheral-to-Memory、Peripheral-to-Peripheral 等四种传输方式；
4. PAN1080 DMAC 支持寄存器配置数据传输源地址和目的地址，并支持地址递增、递减或不变；
5. PAN1080 DMAC 每个通道均有一个深度为 4、宽度为 32-bit 的内部 FIFO，其内部逻辑支持自动包装或拆解数据以适应 FIFO 位宽；
6. PAN1080 DMAC 支持硬件握手和软件握手接口，并支持 single transaction 和 burst transaction；
7. PAN1080 DMAC 支持流控，但其只支持 DMA 作为流控，不支持 Peripheral 作为流控；
8. PAN1080 DMAC 支持组合或分开的中断请求，支持中断使能与屏蔽，可在以下事件触发时产生中断：DMA Transfer 结束、Block Transfer 结束、Single/Burst Transaction 结束、传输出错；

5.2 Zephyr DMA Driver 配置项详解

Zephyr DMA Driver API (`zephyr/include/drivers/dma.h`) 中，有两个重要的结构体（`dma_config` 和 `dma_block_config`）用于 DMA 配置，其为了做到通用，提供了非常多的配置参数，而对于 PAN1080 DMA 来说，只需用到其中的一部分即可。

`struct dma_config` 和 `struct dma_block_config` 在 `dma.h` 中的定义如下：

```
/**
 * @struct dma_block_config
 * @brief DMA block configuration structure.
 *
 * @param source_address is block starting address at source
 * @param source_gather_interval is the address adjustment at gather boundary
 * @param dest_address is block starting address at destination
 * @param dest_scatter_interval is the address adjustment at scatter boundary
 * @param dest_scatter_count is the continuous transfer count between scatter
 *                    boundaries
```

(下页继续)

(续上页)

```
 * @param source_gather_count is the continuous transfer count between gather
 *                      boundaries
 *
 * @param block_size is the number of bytes to be transferred for this block.
 *
 * @param config is a bit field with the following parts:
 *
 *     source_gather_en   [ 0 ]       - 0-disable, 1-enable.
 *     dest_scatter_en    [ 1 ]       - 0-disable, 1-enable.
 *     source_addr_adj    [ 2 : 3 ]   - 00-increment, 01-decrement,
 *                                      10-no change.
 *     dest_addr_adj      [ 4 : 5 ]   - 00-increment, 01-decrement,
 *                                      10-no change.
 *     source_reload_en   [ 6 ]       - reload source address at the end of
 *                                      block transfer
 *                                      0-disable, 1-enable.
 *     dest_reload_en     [ 7 ]       - reload destination address at the end
 *                                      of block transfer
 *                                      0-disable, 1-enable.
 *     fifo_mode_control  [ 8 : 11 ]  - How full  of the fifo before transfer
 *                                      start. HW specific.
 *     flow_control_mode  [ 12 ]      - 0-source request served upon data
 *                                        availability.
 *                                      1-source request postponed until
 *                                        destination request happens.
 *     reserved           [ 13 : 15 ]
 */
struct dma_block_config {
#ifdef CONFIG_DMA_64BIT     // PAN1080 地址总线为 32 位，因此 CONFIG_DMA_64BIT 宏不会被定义
        uint64_t source_address;
        uint64_t dest_address;
#else
        uint32_t source_address;                // * 必须配置
        uint32_t dest_address;                  // * 必须配置
#endif
        uint32_t source_gather_interval;        // 不用配置（硬件不支持）
        uint32_t dest_scatter_interval;         // 不用配置（硬件不支持）
        uint16_t dest_scatter_count;            // 不用配置（硬件不支持）
        uint16_t source_gather_count;           // 不用配置（硬件不支持）
        uint32_t block_size;                    // * 必须配置
        struct dma_block_config *next_block;    // * 必须配置（固定为 0）
        uint16_t  source_gather_en :  1;        // 不用配置（硬件不支持）
        uint16_t  dest_scatter_en :   1;        // 不用配置（硬件不支持）
        uint16_t  source_addr_adj :   2;        // 不用配置（硬件支持，但用户无需配置）
        uint16_t  dest_addr_adj :     2;        // 不用配置（硬件支持，但用户无需配置）
        uint16_t  source_reload_en :  1;        // 不用配置（硬件支持，但 Driver 未实现）
        uint16_t  dest_reload_en :    1;        // 不用配置（硬件支持，但 Driver 未实现）
        uint16_t  fifo_mode_control : 4;        // 不用配置（硬件支持，但用户无需配置）
        uint16_t  flow_control_mode : 1;        // 不用配置（硬件不支持）
        uint16_t  reserved :          3;
};

/**
 * @struct dma_config
 * @brief DMA configuration structure.
 *
 * @param dma_slot             [ 0 : 6 ]   - which peripheral and direction
 *                                           (HW specific)
 * @param channel_direction    [ 7 : 9 ]   - 000-memory to memory,
 *                                           001-memory to peripheral,
 *                                           010-peripheral to memory,
```

(下页继续)

(续上页)

```
 *                                          011-peripheral to peripheral,
 *                                          ...
 * @param complete_callback_en [ 10 ]      - 0-callback invoked at completion only
 *                                          1-callback invoked at completion of
 *                                            each block
 * @param error_callback_en    [ 11 ]      - 0-error callback enabled
 *                                          1-error callback disabled
 * @param source_handshake     [ 12 ]      - 0-HW, 1-SW
 * @param dest_handshake       [ 13 ]      - 0-HW, 1-SW
 * @param channel_priority     [ 14 : 17 ] - DMA channel priority
 * @param source_chaining_en   [ 18 ]      - enable/disable source block chaining
 *                                          0-disable, 1-enable
 * @param dest_chaining_en     [ 19 ]      - enable/disable destination block
 *                                          chaining.
 *                                          0-disable, 1-enable
 * @param linked_channel       [ 20 : 26 ] - after channel count exhaust will
 *                                          initiate a channel service request
 *                                          at this channel
 * @param reserved             [ 27 : 31 ]
 * @param source_data_size     [ 0 : 15 ]  - width of source data (in bytes)
 * @param dest_data_size       [ 16 : 31 ] - width of dest data (in bytes)
 * @param source_burst_length  [ 0 : 15 ]  - number of source data units
 * @param dest_burst_length    [ 16 : 31 ] - number of destination data units
 * @param block_count  is the number of blocks used for block chaining, this
 *     depends on availability of the DMA controller.
 * @param source_peripheral_id  is the ID of a hardware peripheral which
 *     acts as DMA source of current channel, note this is only valid when
 *     the source_handshake bit is 0 (means HW handshake).
 * @param dest_peripheral_id  is the ID of a hardware peripheral which
 *     acts as DMA destination of current channel, note this is only valid when
 *     the dest_handshake bit is 0 (means HW handshake).
 * @param user_data  private data from DMA client.
 * @param dma_callback see dma_callback_t for details
 */
struct dma_config {
        uint32_t  dma_slot :             7;     // 不用配置 (Driver 不支持)
        uint32_t  channel_direction :    3;     // * 必须配置
        uint32_t  complete_callback_en : 1;     // # 可选配置 (根据实际需要决定是否配置)
        uint32_t  error_callback_en :    1;     // 不用配置 (Driver 不支持)
        uint32_t  source_handshake :     1;     // 不用配置 (硬件支持, 但用户无需配置)
        uint32_t  dest_handshake :       1;     // 不用配置 (硬件支持, 但用户无需配置)
        uint32_t  channel_priority :     4;     // # 可选配置 (根据实际需要决定是否配置)
        uint32_t  source_chaining_en :   1;     // 不用配置 (硬件不支持)
        uint32_t  dest_chaining_en :     1;     // 不用配置 (硬件不支持)
        uint32_t  linked_channel   :     7;     // 不用配置 (硬件不支持)
        uint32_t  reserved :             5;
        uint32_t  source_data_size :    16;     // * 必须配置
        uint32_t  dest_data_size :      16;     // * 必须配置
        uint32_t  source_burst_length : 16;     // * 必须配置
        uint32_t  dest_burst_length :   16;     // * 必须配置
        uint32_t block_count;                   // * 必须配置 (固定为 1)
        uint16_t source_peripheral_id;          // # 可选配置 (根据实际需要决定是否配置)
        uint16_t dest_peripheral_id;            // # 可选配置 (根据实际需要决定是否配置)
        struct dma_block_config *head_block;    // * 必须配置
        void *user_data;                        // # 可选配置 (根据实际需要决定是否配置)
        dma_callback_t dma_callback;            // # 可选配置 (根据实际需要决定是否配置)
};
```

上述两个结构体定义中的参数，在 DMA 配置过程中关注以下原则即可：

1. 标记为 **必须配置**的参数，是必须正确填写的，否则 DMA 将无法正常工作；
2. 标记为 **可选配置**的参数，需要根据实际需求决定是否需要进行配置；

3. 标记为 **不用配置**的参数，无需关注之；

下面两个表格中详细列出了 `struct dma_config` 和 `struct dma_block_config` 中各个参数的详细含义及 PAN1080 DMAC 的使用说明：

表 1: dma_block_config 结构体参数详解

参数名称	重要程度	参数含义	PAN1080 DMA 说明
source_address	**必须配置**	DMA 源端地址	需要注意: • 若 DMA 源端是 Memory，则应填待传输 Memory 的起始地址，注意此地址有对齐要求，需能被 `source_data_size` 整除 • 若 DMA 源端是 Peripheral，则应填此外设 Data FIFO 的寄存器地址，各寄存器定义详见:`include\drivers\dma\dma_panchip.h`
dest_address	**必须配置**	DMA 目的端地址	需要注意: • 若 DMA 目的端是 Memory，则应填待传输 Memory 的起始地址，注意此地址有对齐要求，需能被 `dest_data_size` 整除 • 若 DMA 目的端是 Peripheral，则应填此外设 Data FIFO 的寄存器地址，各寄存器定义详见:`include\drivers\dma\dma_panchip.h`
source_gather_interval	不用配置	DMA Gather 源端地址到达边界后的调整值	PAN1080 DMAC 不支持 Gather 特性，此参数无意义
dest_scatter_interval	不用配置	DMA Scatter 目的端地址到达边界后的调整值	PAN1080 DMAC 不支持 Scatter 特性，此参数无意义
dest_scatter_count	不用配置	DMA Scatter 目的端地址调整次数	PAN1080 DMAC 不支持 Scatter 特性，此参数无意义
source_gather_count	不用配置	DMA Gather 源端地址调整次数	PAN1080 DMAC 不支持 Gather 特性，此参数无意义
block_size	**必须配置**	当前 DMA Block 预期传输的数据长度（字节）	需要注意此处待传输的数据长度必须同时满足以下几个条件: • `block_size` 是 `source_data_size` 的整数倍 • `block_size` 是 `dest_data_size` 的整数倍 • `block_size` / `dest_data_size` 不可超过 `4095`
next_block	**必须配置**	指向下一个 DMA Block 的配置参数	PAN1080 DMAC 不支持 Chaining Multi-Block 特性，所以**此参数必须配置为** 0
source_gather_en	不用配置	DMA Source Gather 使能控制	PAN1080 DMAC 不支持 Gather 特性，此参数无意义
dest_scatter_en	不用配置	DMA Destination Scatter 使能控制	PAN1080 DMAC 不支持 Scatter 特性，此参数无意义
source_addr_adj	不用配置	DMA 源端地址步进规则（递增、递减、或不变）	PAN1080 DMAC 支持此特性，但用户无需在此处配置，原因是 DMA Driver 会根据实际传输类型，自动按如下

表 2: dma_config 结构体参数详解

参数名称	重要程度	参数含义	PAN1080 DMA 说明
dma_slot	不用配置	DMA Peripheral 传输方式下的外设 ID	PAN1080 DMAC 支持此特性，但 DMA Driver 使用另外两个单独的参数来分别指示源端和目的端外设 ID： • `source_peripheral_id` • `dest_peripheral_id`
channel_direction	**必须配置**	DMA 传输类型	PAN1080 DMAC 支持以下 4 种传输类型： • `MEMORY_TO_MEMORY` • `MEMORY_TO_PERIPHERAL` • `PERIPHERAL_TO_MEMORY` • `PERIPHERAL_TO_PERIPHERAL`
complete_callback_en	可选配置	决定 `dma_callback` 函数是在每个 Block 传输完成后触发，还是所有数据传输完成后触发	PAN1080 DMA Driver 支持此特性，但由于 PAN1080 DMAC 硬件仅支持单个 Block 传输，因此在概念上，“每个 Block 传输完成”与“所有数据传输完成”是相同的，在实际应用中，**建议直接将此参数配置为** 0 即可
error_callback_en	不用配置	DMA 传输出错的 Callback 函数使能控制	PAN1080 DMAC 支持 Error 中断，但 PAN1080 DMA Driver 未实现此特性，因此无需配置
source_handshake	不用配置	决定 DMA 源端握手方式为硬件握手还是软件握手	PAN1080 DMAC 支持此特性，但用户无需在此处配置，原因是 DMA Driver 强制将此特性配置为“硬件握手”
dest_handshake	不用配置	决定 DMA 目的端握手方式为硬件握手还是软件握手	PAN1080 DMAC 支持此特性，但用户无需在此处配置，原因是 DMA Driver 强制将此特性配置为“硬件握手”
channel_priority	可选配置	当前 DMA 通道的优先级	PAN1080 DMAC 支持此特性，3 个通道的优先级可以独立配置，优先级可选范围为 0 ~ 3，其中数字越大表示优先级越高，在实际应用中，如果没有特殊需求，**建议直接将此参数配置为** 0 即可
source_chaining_en	不用配置	DMA 源端 Block-Chaining (Multi-Block) 特性使能控制	PAN1080 DMAC 硬件不支持，此参数无意义
dest_chaining_en	不用配置	DMA 目的端 Block-Chaining (Multi-Block) 特性使能控制	PAN1080 DMAC 硬件不支持，此参数无意义
linked_channel	不用配置	DMA 衔接通道	PAN1080 DMAC 硬件不支持，此参数无意义
source_data_size	**必须配置**	DMA 源端数据宽度（字节）	PAN1080 DMAC 支持的源端数据宽度有 1、2、4 字节： • 若 DMA 源端是 Memory，则此参数可以任意配置为上述 3 个可选参数之一 • 若 DMA 源端是 Peripheral，则此参数应与对应外设传输的 Data

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       62068 B      1020 KB      5.94%
SRAM:        26936 B        64 KB     41.10%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Driver: DMA M2P&P2M

1 功能概述 `dma_m2p2m sample` 以 Memory to UART 和 UART to Memory 传输为例，演示了 Zephyr DMA Memory-to-Peripheral 和 Peripheral-to-Memory 的使用方法。

2 环境准备

- PAN1080 EVB 一块
- USB-TypeC 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- 硬件接线：
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB USB-TypeC（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**将 EVB 上的:
    - TX0 与 P00 相连
    - RX0 与 P01 相连
    - UART0 **自身的** TX (P00) **与** RX (P01) **相连**
- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\drivers\dma_m2p2m`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明 本例程中，同时配置了 2 个 DMA 通道，其中：

1. 一个通道配置成 Memory-to-Peripheral 的方式，用于将一个字符串从 Flash 搬移到 UART0 Tx FIFO；
2. 另一个通道配置成 Peripheral-to-Memory 的方式，用于将 UART0 Rx FIFO 接收到的内容搬移到 SRAM。

本例程涉及如下的 DMA Driver APIs：

- `dma_request_channel()`
- `dma_release_channel()`
- `dma_config()`
- `dma_start()`
- `dma_get_status()`

例程执行成功的 Log 如下所示：

```
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0-513-g1d50e1544430  ***
[00:00:00.000,000] <inf> dma_dw: Device DMA_0 initialized
[00:00:00.000,000] <inf> app: DMA M2P2M (Memory to Peripheral to Memory) demo start..
[00:00:00.001,000] <inf> app: Configure and start DMA transfer procedure, chan_id=0
[00:00:00.001,000] <inf> app: Configure and start DMA transfer procedure, chan_id=1
[00:00:00.001,000] <inf> app: DMA m2p status: direction=1, pending_length=19, busy=1
```

(下页继续)

(续上页)

```
[00:00:00.001,000] <inf> app: DMA p2m status: direction=2, pending_length=43, busy=1
[00:00:00.002,000] <inf> app: DMA m2p status: direction=1, pending_length=3, busy=1
[00:00:00.002,000] <inf> app: DMA p2m status: direction=2, pending_length=35, busy=1
[00:00:00.004,000] <inf> app: dma_m2p_transfer_cb: DMA m2p transfer done
[00:00:00.004,000] <inf> app: DMA m2p status: direction=1, pending_length=0, busy=0
[00:00:00.004,000] <inf> app: DMA p2m status: direction=2, pending_length=11, busy=1
[00:00:00.005,000] <inf> app: dma_p2m_transfer_cb: DMA p2m transfer done
[00:00:00.005,000] <inf> app: DMA m2p status: direction=1, pending_length=0, busy=0
[00:00:00.005,000] <inf> app: DMA p2m status: direction=2, pending_length=0, busy=0
[00:00:00.006,000] <inf> app: Source string for transfer from Memory to Peripheral (UART_0):
[00:00:00.006,000] <inf> app:   - The quick brown fox jumps over the lazy dog
[00:00:00.006,000] <inf> app: String received from UART_0 with DMA Peripheral-to-Memory␣
↪procudure:
[00:00:00.006,000] <inf> app:   - The quick brown fox jumps over the lazy dog
[00:00:00.006,000] <inf> app: DMA Data transfer OK, and channel 0 and channel 1 are now ready␣
↪again for later use.
[00:00:00.006,000] <inf> app: DMA M2P2M (Memory to Peripheral to Memory) demo end.
```

注意：此例程执行前，请确保已经使用杜邦线将 UART0 自身的 TX (P00) 与 RX (P01) 接在一起。

5 开发者说明

1. 本例程中使用到了 UART0 外设，但 App 代码中并没做对应的初始化配置，这是因为我们在 PAN1080 EVB 的板级目录下已经通过以下方式使能并初始化了 UART0：
   - Kconfig 中默认使能了 Zephyr UART Driver (`CONFIG_SERIAL=y`)；
   - Devicetree 中默认初始化了 UART0 外设：

     ```
     &uart0 {
         current-speed = <115200>;
         pinctrl-0 = <&p0_0_uart0_tx &p0_1_uart0_rx>;
         status = "okay";
     };
     ```

2. 在涉及到 Peripheral 的 DMA 配置过程中，需要注意某些外设在使用 DMA 之前，要先开启自己模块内部的 DMA 传输使能开关；而另一些外设可能无需做此操作。对于 PAN1080 SoC 来说：
   - 需要另外配置方可使用 DMA 的外设有：SPI、I2C、ADC
   - 无需额外配置即可使用 DMA 的外设有：UART、I2S
3. 更多技术细节请参考Driver: DMA M2M 中的相关说明。

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       30496 B      1020 KB      2.92%
SRAM:        10880 B        64 KB     16.60%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Driver: Flash Shell

1 功能概述 本文主要介绍 PAN1080 EVB 板 flash shell 演示，可以通过类 shell 命令来实现 flash api 的相关操作。

2 环境要求

- PAN1080 EVB 一块

- USB-TypeC 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- 硬件接线：
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB USB-TypeC（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**将 EVB 上的:
    * TX0 与 P00 相连
    * RX0 与 P01 相连
- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600

3 编译和烧录 项目位置：`zephyr\samples_panchip\drivers\flash_shell`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明 通过串口命令输入 flash_cmd 命令来实现 flash api 操作，通过连续两个 `tab` 会自动补全命令，例如输入 `flash_cmd` 后，则 shell 会输出 flash_cmd 相关细指令。

详情参考 `5.1 flash_shell 支持的命令`，`5.2 flash_cmd 使用以及命令解析`.

5 开发说明

5.1 flash_shell 支持的命令

```
flash_cmd - Flash related commands.
Subcommands:
  erase             :<off> <len>
                     Erase <len> bytes from device offset <off>, subject to
                     hardware page limitations.
  page_count        :Print the number of pages on the flash device.
  page_erase        :<page> [num]
                     Erase [num] pages (default 1), starting at page <page>.
  page_layout       :[start_page] [end_page]
                     Print layout of flash pages in the range [start_page,
                     end_page], which is inclusive. By default, all pages are
                     printed.
  page_read         :<page> <len> OR <page> <off> <len>
                     Read <len> bytes from given page, starting at page offset
                     <off>,or offset 0 if not given. No checks are made that
                     bytes read are all within the page.
  page_write        :<page> <off> <byte1> [... byteN]
                     Write given bytes to given page, starting at page offset
                     <off>. No checks are made that the bytes all fall within
                     the page. Pages must be erased before they can be written.
  read              :<off> <len>
                     Read <len> bytes from device offset <off>.
  set_device        :<device_name>
                     Set flash device by name. If a flash device was not found,
                     this command must be run first to bind a device to this
                     module.
  write             :<off> <byte1> [... byteN]
                     Write given bytes, starting at device offset <off>.
                     Pages must be erased before they can be written.
  write_block_size  :Print the device's write block size. This is the smallest
                     amount of data which may be written to the device, in
                     bytes.
  write_unaligned   :<off> <byte1> [... byteN]
                     Write given bytes, starting at device offset <off>.
```

(下页继续)

(续上页)

```
                    Being unaligned, affected memory areas are backed up,
                    erased, protected and then overwritten.
                    This command is designed to test writing to large flash
                    pages.
  write_pattern     :<off> <len>
                    Writes a pattern of (0x00 0x01 .. 0xFF 0x00 ..) of
                    length<len> at the offset <off>.
                    Unaligned writing is used, i.e. protection and erasing are
                    automated.This command is designed to test writing to large
                    flash pages.
```

5.2 flash_cmd 使用以及命令解析

5.2.1 使用 flash_cmd read 读取地址 0x1000 处 16 个字节

```
uart:~$ flash_cmd read 0x1000 0x10
53 46 1d 68 | af 68 fb 68 |00 2b 04 d0 | 00 21 28 00
```

5.2.2 使用 flash_cmd write 写入地址 0xc8000 处 4 个字节

```
uart:~$ flash_cmd read 0xc8000 0x4                                    //从 800K 地址处读取 4
个字节，因为该地址正常没写入过，默认为全 ff
ff ff ff ff
uart:~$ flash_cmd write 0xc8000 0x1 0x2 0x3 0x4              //从 800K 地址处写入 4 个字节:
0x1 0x2 0x3 0x4
Reading back written bytes:
01 02 03 04
uart:~$ flash_cmd read 0xc8000 0x4                                    //从 800K 地址处读取 4
个字节: 0x1 0x2 0x3 0x4
01 02 03 04
```

5.2.3 使用 flash_cmd erase 擦除地址 0xc8000 处 4K 字节

```
uart:~$ flash_cmd erase 0xc8000 0x1000                                //从 800K 地址处擦除 4K 字
节，默认擦写必须 4K 对齐，这个可以使用 flash_cmd write_block_size                                  /
↪/获得，该值默认在 dts 中定义。
uart:~$ flash_cmd read 0xc8000 0x4
ff ff ff ff
```

5.2.4 flash_cmd read 命令代码解析 flash_cmd 所有的命令均在下面，从 SHELL_CMD_ARG(read, NULL, READ_HELP, cmd_read, 3, 0) 我们可以知道 read 命令对应的实现函数，在 cmd_read 中。

```
SHELL_STATIC_SUBCMD_SET_CREATE(sub_flash,
        /* Alphabetically sorted to ensure correct Tab autocompletion. */
        SHELL_CMD_ARG(erase,        NULL,        ERASE_HELP,        cmd_erase, 3, 0),
#ifdef CONFIG_FLASH_PAGE_LAYOUT
        SHELL_CMD_ARG(page_count,  NULL, PAGE_COUNT_HELP, cmd_page_count, 1, 0),
        SHELL_CMD_ARG(page_erase, NULL, PAGE_ERASE_HELP, cmd_page_erase, 2, 1),
        SHELL_CMD_ARG(page_layout, NULL, PAGE_LAYOUT_HELP,
                      cmd_page_layout, 1, 2),
        SHELL_CMD_ARG(page_read,   NULL, PAGE_READ_HELP,  cmd_page_read, 3, 1),
        SHELL_CMD_ARG(page_write,  NULL, PAGE_WRITE_HELP,
                      cmd_page_write, 3, 255),
#endif
        SHELL_CMD_ARG(read,                NULL,        READ_HELP,        cmd_read, 3, 0),
        SHELL_CMD_ARG(set_device, NULL, SET_DEV_HELP, cmd_set_dev, 2, 0),
```

(下页继续)

(续上页)

```
        SHELL_CMD_ARG(write,          NULL,        WRITE_HELP,        cmd_write, 3, 255),
        SHELL_CMD_ARG(write_block_size,        NULL,        WRITE_BLOCK_SIZE_HELP,
                                                    cmd_write_block_size, 1, 0),
        SHELL_CMD_ARG(write_unaligned,  NULL,        WRITE_UNALIGNED_HELP,
                                                       cmd_write_unaligned, 3, 255),
        SHELL_CMD_ARG(write_pattern,        NULL,        WRITE_PATTERN_HELP,
                                                       cmd_write_pattern, 3, 255),
        SHELL_SUBCMD_SET_END /* Array terminated. */
);

SHELL_CMD_REGISTER(flash_cmd, &sub_flash, "Flash related commands.", NULL);
```

5.3 Flash API 使用参考

5.3.1 flash_read API 参考

cmd_read 也是调用 do_read 函数，对于 flash_read 函数我们可以参考 do_read 函数：

```
/* Read bytes, dumping contents to console and printing on error. */
static int do_read(const struct shell *shell, off_t offset, size_t len)
{
        uint8_t buf[64];
        int ret;

        while (len > sizeof(buf)) {
                ret = flash_read(flash_device, offset, buf, sizeof(buf));
                if (ret) {
                        goto err_read;
                }
                dump_buffer(shell, buf, sizeof(buf));
                len -= sizeof(buf);
                offset += sizeof(buf);
        }
        ret = flash_read(flash_device, offset, buf, len);
        if (ret) {
                goto err_read;
        }
        dump_buffer(shell, buf, len);
        return 0;

 err_read:
        PR_ERROR(shell, "flash_read error: %d\n", ret);
        return ret;
}
```

5.3.2 flash_write API 参考

```
/* Write bytes and printing on error. */
static int do_write(const struct shell *shell, off_t offset, uint8_t *buf,
                    size_t len, bool read_back)
{
        int ret;

        ret = flash_write(flash_device, offset, buf, len);
        if (ret) {
                PR_ERROR(shell, "flash_write failed (err:%d).\n", ret);
                return ret;
        }
```

(下页继续)

(续上页)

```
        if (read_back) {
                PR_SHELL(shell, "Reading back written bytes:\n");
                ret = do_read(shell, offset, len);
        }
        return ret;
}
```

5.3.3 flash_erase API 参考

```
/* Erase area and printing on error. */
static int do_erase(const struct shell *shell, off_t offset, size_t size)
{
        int ret;

        ret = flash_erase(flash_device, offset, size);
        if (ret) {
                PR_ERROR(shell, "flash_erase failed (err:%d).\n", ret);
                return ret;
        }

        return ret;
}
```

5.3.4 do_write_unaligned 非对齐地址写参考实现

```
static int do_write_unaligned(const struct shell *shell, off_t offset, uint8_t *buf,
                              size_t len, bool read_back)
{
        int ret = 0;
        size_t page_size = flash_get_write_block_size(flash_device);
        size_t size_before = offset % page_size;
        size_t size_after = page_size - ((size_before + len) % page_size);
        size_t aligned_size = size_before + len + size_after;
        off_t  start_page = offset - size_before;
        off_t  last_page = start_page + aligned_size - page_size;
        bool single_page_write = (size_before + len < page_size);

        char *before_data;
        char *after_data;

        if (0 == size_before && 0 == size_after) {
                /* Aligned write */
                flash_erase(flash_device, offset, len);
                flash_write(flash_device, offset, buf, len);

                return 0;
        }

        before_data = k_malloc(page_size);
        after_data = k_malloc(page_size);

        if (!before_data || !after_data) {
                PR_ERROR(shell, "No heap memory for flash manipulation\n");
                ret = -ENOMEM;
                goto free_buffers;
        }

        /* Stash useful data from the pages that will be affected. */
        if (single_page_write) {
```

(下页继续)

(续上页)

```
                /* Read old data before new data is written. */
                if (size_before) {
                        flash_read(flash_device, start_page, before_data, size_before);
                }
                /* Fill the with new data. */
                memcpy(before_data + size_before, buf, len);
                /* Fill the last part of old data. */
                if (size_after) {
                        flash_read(flash_device, offset + len,
                                        before_data + size_before + len,
                                        size_after);
                }
        } else {
                /* Multipage write, different start and end pages. */
                if (size_before) {
                        flash_read(flash_device, start_page, before_data,
                                        size_before);
                        /* Fill the rest with new data. */
                        memcpy(before_data + size_before, buf,
                               page_size - size_before);
                }
                if (size_after) {
                        /* Copy ending part of new data. */
                        memcpy((void *)after_data,
                               (void *)(buf + len -
                                   ((len + size_before) % page_size)),
                               page_size - size_after);
                        /* Copy ending part of flash page. */
                        flash_read(flash_device, offset + len,
                                        after_data + (page_size - size_after),
                                        size_after);
                }
        }

        /* Erase all the pages that overlap with new data. */
        flash_erase(flash_device, start_page, aligned_size);

        /* Write stashed and new data. */
        if (single_page_write || size_before > 0) {
                /* Write first page if available. */
                flash_write(flash_device, start_page, before_data,
                                page_size);
        }
        if (!single_page_write) {
                size_t middle_data_len = aligned_size;
                off_t middle_page_start = start_page;
                off_t data_offset = (off_t)buf;

                /* Write the middle bit if available */
                if (size_before > 0) {
                        middle_page_start += page_size;
                        middle_data_len -= page_size;
                        data_offset += (page_size - size_before);
                }
                if (size_after > 0) {
                        middle_data_len -= page_size;
                }
                if (middle_data_len > 0) {
                        flash_write(flash_device, middle_page_start,
                                        (const void *)data_offset,
                                        middle_data_len);
```

(下页继续)

(续上页)

```
                }

                /* Write the last page if needed. */
                if (size_after > 0) {
                        flash_write(flash_device, last_page, after_data,
                                    page_size);
                }
        }

        if (read_back) {
                PR_SHELL(shell, "Reading back written bytes:\n");
                ret = do_read(shell, offset, len);
        }

free_buffers:
        k_free(before_data);
        k_free(after_data);

        return ret;
}
```

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       69208 B      1020 KB      6.63%
SRAM:        36384 B        64 KB     55.52%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Driver: GPIO

1 功能概述 本文主要介绍 PAN1080 EVB 板 GPIO 输入，输出，中断模式的使用方法。

2 环境要求

- PAN1080 EVB 一块
- USB-TypeC 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- 硬件接线：
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB USB-TypeC（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**将 EVB 上的:
    - TX0 与 P00 相连
    - RX0 与 P01 相连
- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600

3 编译和烧录 项目位置：`zephyr\samples_panchip\drivers\gpio`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. GPIO 输入和 GPIO 中断可以通过串口观察打印。
2. GPIO 输出需要通过逻辑分析仪器观察输出电平。

3. 详情可以参考 5.5 测试现象说明。

5 开发者说明

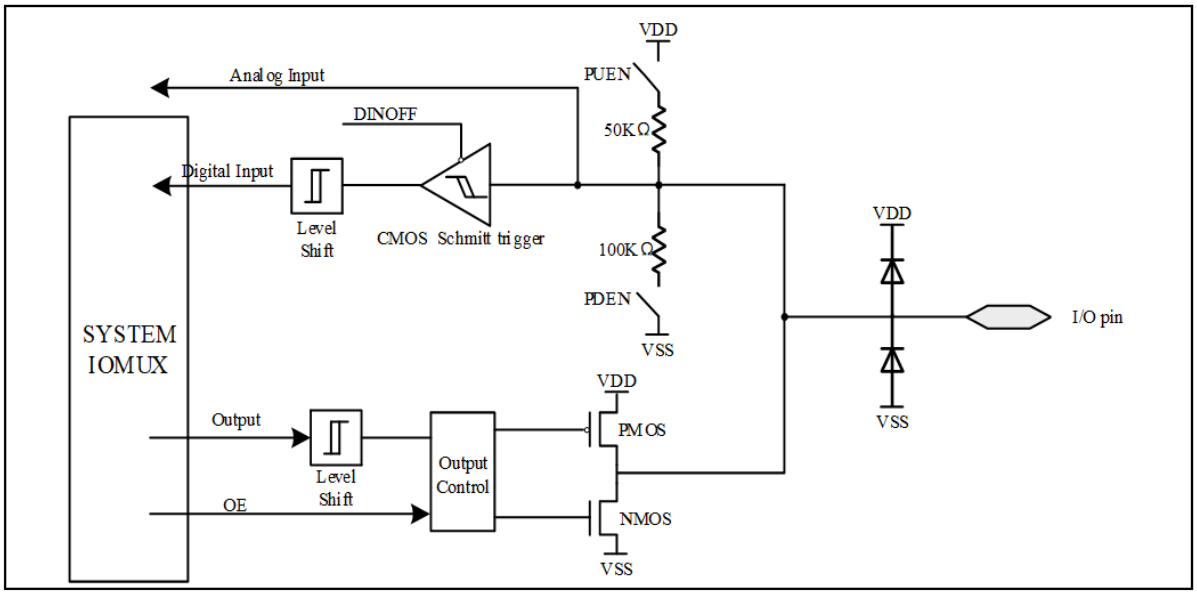


图 33: GPIO/PINMUX 模块框图

5.1 GPIO Block Diagram

5.2 Zephyr 中提供的 GPIO 工作模式

```
/** Output: 典型的输出模式 */
#define OUT_PUSH_PULL                       1           //推挽输出，不使能数字输入
#define OUT_PUSH_PULL_IN_DIGTAL             0                 //推挽输出，使能数字输入
#define OUT_OPEN_DRAIN                      0                 //开漏输出，不使能内部的上拉或者下拉电
路，1 的状态由外部电路决定
#define OUT_OPEN_DRAIN_EXTRA_PULL_UP        0                 //开漏输出，使能内部的上拉电路
#define OUT_QUASI_BI_EXTRA_PULL_UP          0                 //准双向输出，使能内部的上拉电路；0 读
时可能需要写 1，即确保内部为开漏断开状态

/** Input: 典型的输入模式 */
#define IN_DIGTAL                           0                 //数字输入使能，处于悬空 (Floating)
#define IN_DIGTAL_EXTRA_PULL_UP             0                 //数字输入使能，使能内部的上拉电路
#define IN_DIGTAL_EXTRA_PULL_DOWN           0                 //数字输入使能，使能内部的下拉电路
#define IN_ANALOG                           0                 //模拟输入，即数字输入关闭

/** Interruption: 典型的中断模式 */
#define INT_EDGE_RISING                     0                 //上升沿中断触发模式
#define INT_EDGE_FALLING                    0                 //下降沿中断触发模式
#define INT_EDGE_BOTH                       0                 //边沿触发模式
#define INT_LEVEL_HIGH                      0                 //高电平中断触发模式
#define INT_LEVEL_LOW                       0                 //低电平中断触发模式
```

5.3 测试 Case 使用说明 使能相应的宏为 1 即打开相应的测试模式 case，例如 OUT_PUSH_PULL 设置为 1，即使能推挽输出测试，详情参考 5.2 Zephyr 中提供的 GPIO 工作模式。注意不支持同时测试多个 case，否则会编译失败。

5.4 Sample 中 GPIO API 说明

输入输出模式配置

```
        /**step1: 获取 GPIO 端口的 port*/
        const struct device *port;
        port = device_get_binding(PORT);

        /**step2: 配置 GPIO 模式，详细模式参考输入输出模式 */
        gpio_pin_configure(port, PIN, GPIO_OUTPUT | GPIO_PUSH_PULL);

        /**step3: GPIO 读写接口 */
        gpio_pin_set(port, PIN,  1);                    //GPIO 设置接口
        pin_val = gpio_pin_get(port, PIN);              //GPIO 读接口
```

中断模式配置

```
        /**step1: 获取 GPIO 端口的 port*/
        const struct device *port;
        port = device_get_binding(PORT);

        /**step2: 配置 GPIO 模式，此处配置成输入模式 */
        gpio_pin_configure(port, PIN, GPIO_OUTPUT);

        /**step3: 配置中断模式以及回调函数 */
        gpio_init_callback(&gpio_cb, callback_edge, BIT(PIN));        //初始化中断回调函数，添加
到 gpio_cb
        ret = gpio_add_callback(port, &gpio_cb);                                  //将 gpio_cb 添
加到 port 中
        ret = gpio_pin_interrupt_configure(port, PIN, GPIO_INT_EDGE_RISING);        //此处中断模
式设置为上升沿

        //中断回调函数，在触发 10 次后通过`gpio_pin_interrupt_configure`关闭中断
    static void callback_edge(const struct device *port, struct gpio_callback *cb,
                  gpio_port_pins_t pins)
    {
        cb_count++;
        printk("Detected interrupt on edge:%d\n", cb_count);

        if (cb_count >= MAX_INT_CB_COUNT) {
            //关闭 GPIO 中断
            gpio_pin_interrupt_configure(port, PIN, GPIO_INT_DISABLE);
            printk("Disable GPIO interruption\n");
        }
    }
```

关于如何选择 GPIO 请参考 Device Tree 和 PINMUX 功能相应文档，该 sample 选择的是 dts 中已经设置的 led 引脚（P21）。

5.5 **测试现象说明** 在测试条件有限时，两个 EVB 通过该 Sample 进行互相测试时 (箭头左右为不同 EVB)：

```
OUT_PUSH_PULL  <===>  IN_DIGTAL    (IN_DIGTAL 间隔 1 秒输出 0, 1)

OUT_PUSH_PULL_IN_DIGTAL  <===>  IN_DIGTAL    (OUT_PUSH_PULL_IN_DIGTAL,  IN_DIGTA 均能间隔 1 秒输
出 0, 1)

OUT_OPEN_DRAIN  <===>  IN_DIGTAL_EXTRA_PULL_UP (IN_DIGTAL_EXTRA_PULL_UP 间隔 1 秒输出 0, 1)

OUT_OPEN_DRAIN_EXTRA_PULL_UP  <===>  IN_DIGTAL (IN_DIGTAL 间隔 1 秒输出 0, 1)
```

(下页继续)

(续上页)

```
OUT_QUASI_BI_EXTRA_PULL_UP  <===>  IN_DIGTAL (IN_DIGTAL 间隔 1 秒输出 0, 1)
```

```
IN_DIGTAL  (OUT_PUSH_PULL 中已测)

IN_DIGTAL_EXTRA_PULL_UP  (上电时读取默认值为 1; 然后将 P21 连接到 GND, 读取值为 0)

IN_DIGTAL_EXTRA_PULL_DOWN  (上电时读取默认值为 0; 然后将 P21 连接到 VCC, 读取值为 1)

IN_ANALOG  (未做功能测试, 根据相关模拟 case 自行测试, 例如 ADC)
```

```
INT_EDGE_RISING  <===>  OUT_PUSH_PULL  (INT_EDGE_RISING 间隔 2 秒输出中断打印)

INT_EDGE_FALLING <===>  OUT_PUSH_PULL  (INT_EDGE_FALLING 间隔 2 秒输出中断打印)

INT_EDGE_BOTH  <===>  OUT_PUSH_PULL  (INT_EDGE_BOTH 间隔 1 秒输出中断打印)

INT_LEVEL_HIGH  <===>  OUT_PUSH_PULL  (INT_LEVEL_HIGH 在 OUT_PUSH_PULL 初始化一直输出中断打印,
直到关闭中断)

INT_LEVEL_LOW  <===>  OUT_PUSH_PULL  (INT_LEVEL_LOW 在 OUT_PUSH_PULL 初始化后 1 秒一直输出中断
打印, 直到关闭中断)
```

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       16624 B      1020 KB      1.59%
SRAM:         3888 B        64 KB      5.93%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Driver: I2C Master

1 功能概述

```
`i2c_master sample`演示了 Zephyr I2C Driver 在 PAN1080 SoC 上的使用方法, 主要包括:
```

- I2C Master 配置
- 按照地址 I2C Slave 地址写入 I2C 数据
- 按照地址 I2C Slave 地址读取 I2C 数据
- (可选) 通过逻辑分析仪抓取 I2C 数据观测

2 配置说明

- `prj.conf` 为默认配置，DMA 未使能
- `prj_dma.conf` 为 DMA 使能配置

  `CONFIG_I2C_PANCHIP_DMA_DRIVEN`: 使能 DMA feature

  `CONFIG_I2C_PANCHIP_DMA_TIMEOUT` 为 `DMA`: 操作时的超时时间（未及时触发 DMA 中断），单位为 ms。

3 环境要求

- PAN1080 EVB 一块
- USB-TypeC 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）

- （可选）Saleae16 Logic Analysis 与配套软件 `Logic 2.3.50`
- 硬件接线：
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB USB-TypeC（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**将 EVB 上的:
    * TX0 与 P00 相连
    * RX0 与 P01 相连
    * I2C Master P01 接口与 Slave P01 相连
    * I2C Master P00 接口与 Slave P00 相连
    * （可选）Master P01 与逻辑分析仪 SDA channel 相连，Master P00 与逻辑分析仪 SCL channel 相连，并且 EVB 与 Logic Analysis GND 相连
- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600

4 编译和烧录

例程位置：`zephyr\samples_panchip\driver\i2c\i2c_master`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

5 演示说明

- 连线

```
运行脚本`quick_build_samples\i2c_master.bat`，编译后进行烧录至 pan108xxb5_evb

之后将 master P01（I2C SDA）与 slave 端 P01 进行连接，master P00（I2C SCL）与 slave 端 P00 进行连接

有额外条件还可将 P01，P00 与逻辑分析仪 2 个 channel 进行连接，GND 与逻辑分析仪 GND 连接后，开始抓数据
```

I2C Master	I2C Slave	Logic Analyzer
P01（I2C SDA）	P01（I2C SDA）	CH0 SDA
P00（I2C SCL）	P00（I2C SCL）	CH1 SCL
GND		GND

- Sample 执行流程：
  - 先进行 I2C Slave 的下载并复位
  - 配置 I2C 为 Master 模式，并配置标准速率模式
  - 生成 16B 数据（Ex：data[i] = i），通过 I2C Master 指定 Slave I2C 通信地址（0x50）后，发送全部 16B 数据
  - 通过 I2C Master 指定 Slave I2C 通信地址（0x50）后，读取 16B 数据
  - 对比写入与读出的数据是否一致

  Slave 端收转发，Master 端发转收，完成 I2C Master 对 I2C Slave 的读写操作
- 示例打印出 master 读出的写入 slave 数据

```
cmp_data[0] = 0
cmp_data[1] = 1
cmp_data[2] = 2
cmp_data[3] = 3
cmp_data[4] = 4
```

（下页继续）

(续上页)

```
    cmp_data[5] = 5
    cmp_data[6] = 6
    cmp_data[7] = 7
    cmp_data[8] = 8
    cmp_data[9] = 9
    cmp_data[10] = 10
    cmp_data[11] = 11
    cmp_data[12] = 12
    cmp_data[13] = 13
    cmp_data[14] = 14
    cmp_data[15] = 15
```

- 逻辑分析仪示例数据：抓取了从写开始到写到终止，到读开始到读终止

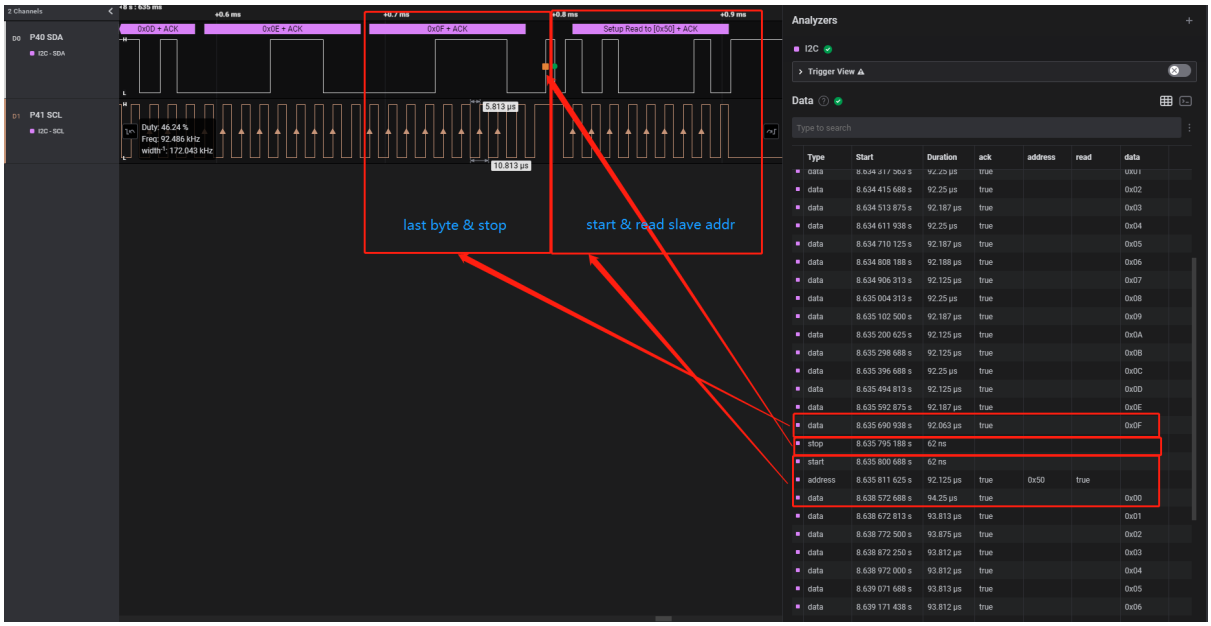


图 34: I2C 读写波形 1

6 开发说明

6.1 I2C Kconfig　使用 I2C 时，需要使能 I2C 指定宏

```
CONFIG_I2C=y
```

6.2 I2C API　I2C 使用包括：获取 I2C 设备；配置 I2C 基础模式；配置读/写进行通信操作

相关底层实现存在于 `zephyr\drivers\i2c\i2c_panchip.c`

6.2.1 通过 label 获取 DTS I2C

```
const struct device *i2c_dev = DEVICE_DT_GET(DT_NODELABEL(i2c0));
```

6.2.2 配置 I2C 速率与 Master 模式

```
uint32_t i2c_cfg = I2C_SPEED_SET(I2C_SPEED_STANDARD) | I2C_MODE_MASTER
i2c_configure(i2c_dev, i2c_cfg)
```

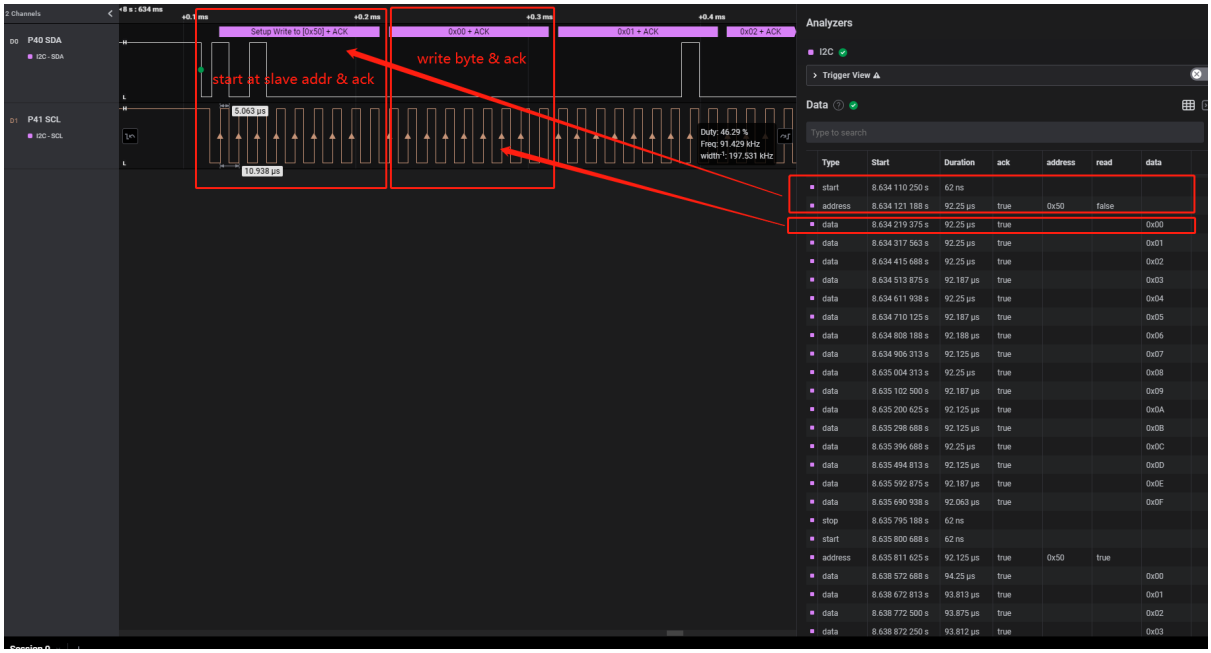


图 35: I2C 读写波形 2

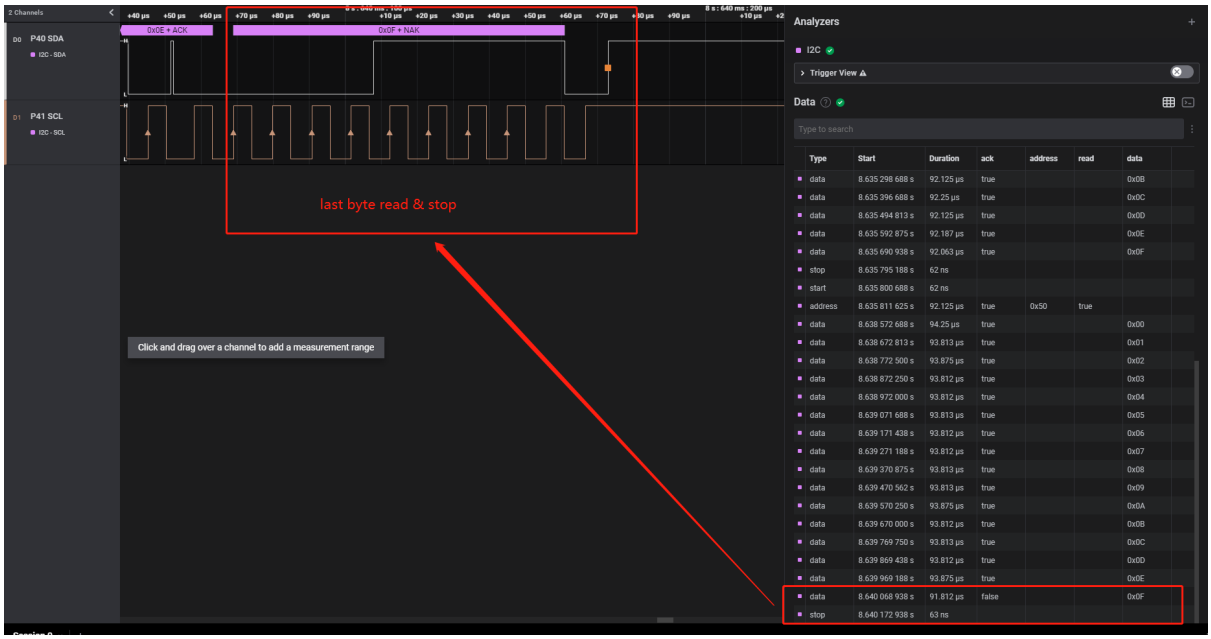


图 36: I2C 读写波形 3

6.2.3 I2C Master Write to I2C Slave Addr

```
i2c_write(i2c_dev, datas, 16, TAR_I2C_ADDR);
```

6.2.4 I2C Master Read to I2C Slave Addr

```
i2c_read(i2c_dev, cmp_data, 16, TAR_I2C_ADDR);
```

7 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       20588 B      1020 KB      1.97%
SRAM:         4200 B        64 KB      6.41%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Driver: I2C Slave

1 功能概述

`i2c_slave sample`演示了 Zephyr I2C Driver 在 PAN1080 SoC 上的使用方法，主要包括：

- I2C Slave 配置
- 配置 I2C Slave 地址，读取 I2C 数据并保存
- 配置 I2C Slave 地址，写入读到的 I2C 数据
- (可选) 通过逻辑分析仪抓取 I2C 数据观测

2 配置说明

- `prj.conf` 为默认配置，DMA 未使能
- `prj_dma.conf` 为 DMA 使能配置

  `CONFIG_I2C_PANCHIP_DMA_DRIVEN`: 使能 DMA feature

  `CONFIG_I2C_PANCHIP_DMA_TIMEOUT` 为 `DMA`: 操作时的超时时间（未及时触发 DMA 中断），单位为 ms。

3 环境要求

- PAN1080 EVB 一块
- USB-TypeC 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- （可选）Saleae16 Logic Analysis 与配套软件 `Logic 2.3.50`
- 硬件接线：
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB USB-TypeC（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**将 EVB 上的:
    - TX0 与 P00 相连
    - RX0 与 P01 相连
    - I2C Master P01 接口与 Slave P01 相连
    - I2C Master P00 接口与 Slave P00 相连
    - （可选）Master P01 与逻辑分析仪 SDA channel 相连，Master P00 与逻辑分析仪 SCL channel 相连，并且 EVB 与 Logic Analysis GND 相连
- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600

4 编译和烧录

例程位置：`zephyr\samples_panchip\driver\i2c\i2c_slave`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

5 演示说明

- 连线

```
运行脚本`quick_build_samples\i2c_slave.bat`，编译后进行烧录至 pan108xxb5_evb

之后将 master P01（I2C SDA）与 slave 端 P01 进行连接，master P00（I2C SCL）与 slave 端 P00 进行连接

有额外条件还可将 P01，P00 与逻辑分析仪 2 个 channel 进行连接，GND 与逻辑分析仪 GND 连接后，开始抓数据
```

I2C Master	I2C Slave	Logic Analyzer
P01（I2C SDA）	P01（I2C SDA）	CH0 SDA
P00（I2C SCL）	P00（I2C SCL）	CH1 SCL
GND		GND

- Sample 执行流程：
  - 配置 I2C 为 Slave 模式，并配置标准速率模式
  - 指定 I2C Slave 地址并读取 16B 数据
  - 将读取到的 16B 数据保存打印，并通过 I2C Write 发送全部 16B 数据
  - 进行 I2C Slave 的下载并复位，打开串口，之后进行 I2C master 的下载
  - 观察读出的数据是否与 master 发送的数据一致

  Slave 端收转发，Master 端发转收，完成 I2C Master 对 I2C Slave 的读写操作
- 打印 slave 收到的 master 写入数据

```
datas[0] = 0
datas[1] = 1
datas[2] = 2
datas[3] = 3
datas[4] = 4
datas[5] = 5
datas[6] = 6
datas[7] = 7
datas[8] = 8
datas[9] = 9
datas[10] = 10
datas[11] = 11
datas[12] = 12
datas[13] = 13
datas[14] = 14
datas[15] = 15
```

- 逻辑分析仪示例数据：抓取了从写开始到写到终止，到读开始到读终止

6 开发说明

6.1 I2C Kconfig

使用 I2C 时，需要使能 I2C 指定宏

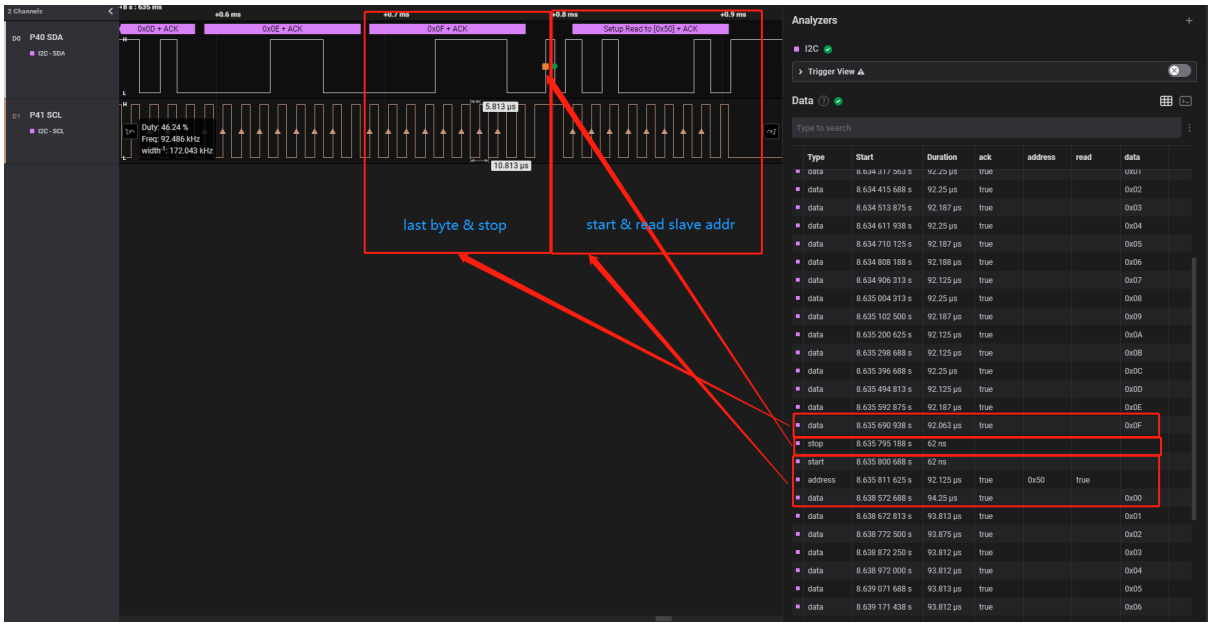


图 37: I2C 读写波形 1

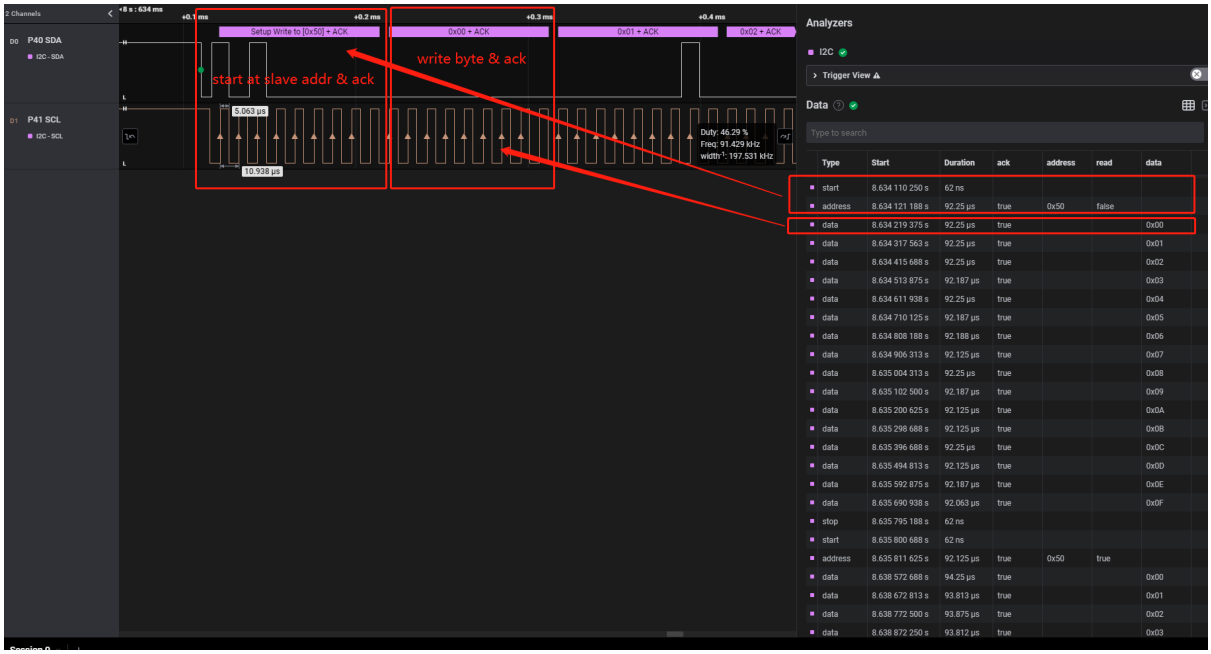


图 38: I2C 读写波形 2

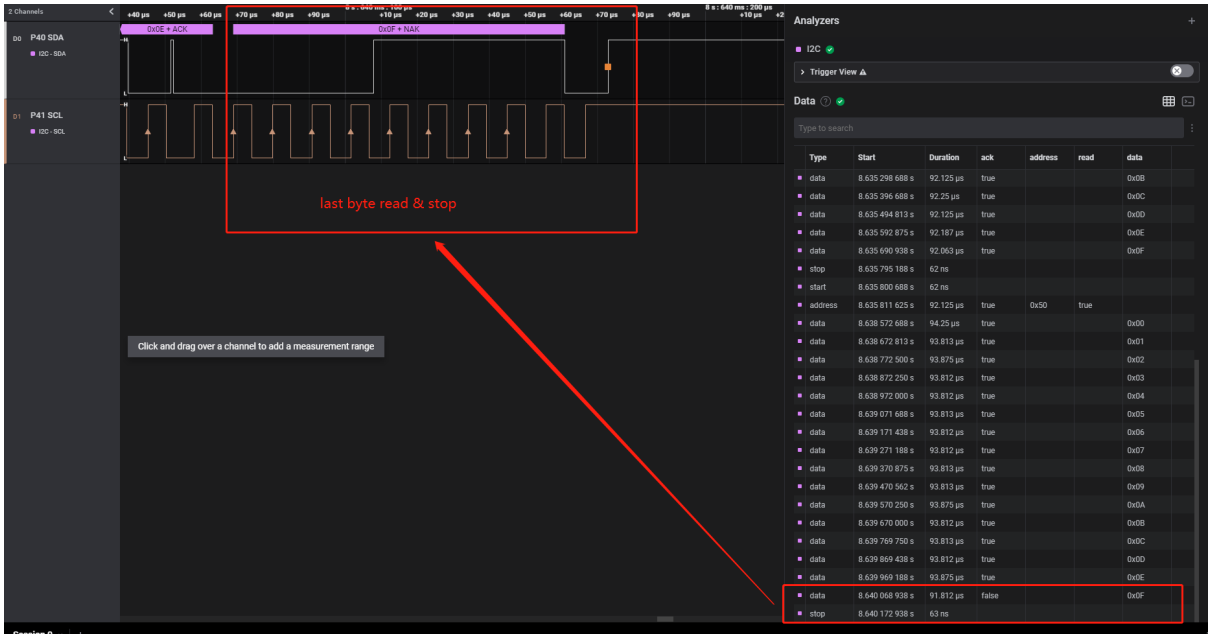


图 39: I2C 读写波形 3

```
CONFIG_I2C=y
```

6.2 I2C API　I2C 使用包括：获取 I2C 设备；配置 I2C 基础模式；配置读/写进行通信操作

相关底层实现存在于 `zephyr\drivers\i2c\i2c_panchip.c`

6.2.1 通过 label 获取 DTS I2C

```
const struct device *i2c_dev = DEVICE_DT_GET(DT_NODELABEL(i2c0));
```

6.2.2 配置 I2C 速率与 Slave 模式

```
uint32_t i2c_cfg = I2C_SPEED_SET(I2C_SPEED_STANDARD)
i2c_configure(i2c_dev, i2c_cfg)
```

6.2.3 I2C Slave Addr Receive

```
i2c_read(i2c_dev, datas, 16, SLAVE_I2C_ADDR);
```

6.2.4 I2C Slave Addr Write

```
i2c_write(i2c_dev, datas, 16, SLAVE_I2C_ADDR);
```

6.3 **补充说明**　目前 i2c 可以演示 i2c 通信功能，但实际的 i2c slave 功能完整实现需要借助真实 i2c slave 设备，完善 panchip 作为 i2c controller 对 i2c slave 的控制。

7 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       20584 B       1020 KB      1.97%
SRAM:         4200 B         64 KB      6.41%
IDT_LIST:        0 GB          2 KB      0.00%
```

Driver: KSCAN

1 功能概述 `kscan sample` 演示了 Zephyr Kscan Driver 在 PAN1080 SoC 上的使用方法，主要包括：

- 硬件连接 8*8 keyboard 板
- 软件配置，使能 kscan 模块，通过按键进行按键信息的上报打印

2 环境准备

- PAN108XXB5 EVB （1MB Flash、64 Pin）
  - KSCAN 例程仅支持 64pin 封装 SoC
- USB-TypeC 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- 硬件接线：
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB USB-TypeC（USB->UART）相连
  - 将 8*8 键盘板按照卡槽位置插入开发板 MATRIX BUTTON 接口位置
    * 需要注意 KSCAN 配置的特定 IO pin 如下表，复用接口不要在板上其他接口连接，否则可能引起 kscan 输入端口被拉动，按键被异常检测

kscan output pin	kscan input pin
p5_0_kscan_o0	p2_0_kscan_i0
p5_1_kscan_o1	p2_1_kscan_i1
p4_0_kscan_o2	p2_2_kscan_i2
p5_3_kscan_o3	p2_3_kscan_i3
p5_5_kscan_o4	p1_4_kscan_i4
p5_7_kscan_o5	p1_5_kscan_i5
p0_0_kscan_o6	p1_6_kscan_i6
p0_1_kscan_o7	p1_7_kscan_i7

- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\drivers\kscan`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明 本例程中：

- 8*8 键盘从左下坐标定义为 Key（1，1），右上到 Key（8，8），初始复位后无按键信息
- 对应按键被按下时，如 Key（1，1），打印 LOG `row 1 col 1 pressed 1`
- 对应按键被抬起时，如 Key（1，1），打印 LOG `row 1 col 1 pressed 0`
- 可以检测任意或者全部单个按键的正确性
- 可以检测组合按键的正确性

5 开发者说明

5.1 KCONFIG 说明 使能 KSCAN 功能需要在 `prj.conf` 内使能 `CONFIG_KSCAN`, 用来控制 KSCAN 功能总开关

5.2 API 说明　KSCAN API 包括以下上层接口

```
__subsystem struct kscan_driver_api {
        kscan_config_t config;
        kscan_disable_callback_t disable_callback;
        kscan_enable_callback_t enable_callback;
};
```

调用 kscan_config 完成接口初始化

```
/**
 * @brief Configure a Keyboard scan instance.
 *
 * @param dev Pointer to the device structure for the driver instance.
 * @param callback called when keyboard devices reply to to a keyboard
 * event such as key pressed/released.
 *
 * @retval 0 If successful.
 * @retval Negative errno code if failure.
 */
__syscall int kscan_config(const struct device *dev,
                           kscan_callback_t callback);
```

需要应用端注册回调函数，如下函数，作为 callback 参数传入 kscan_config

```
static void kb_callback(const struct device *dev, uint32_t row, uint32_t col,
                        bool pressed)
{
        printk("row %d col %d pressed %d\n", row, col, pressed);
}
```

最后调用 kscan_enable_callback 完成回调函数使能

```
/**
 * @brief Enables callback.
 * @param dev Pointer to the device structure for the driver instance.
 *
 * @retval 0 If successful.
 * @retval Negative errno code if failure.
 */
__syscall int kscan_enable_callback(const struct device *dev);
```

或者调用 kscan_disable_callback 完成回调函数注销

```
/**
 * @brief Disables callback.
 * @param dev Pointer to the device structure for the driver instance.
 *
 * @retval 0 If successful.
 * @retval Negative errno code if failure.
 */
__syscall int kscan_disable_callback(const struct device *dev);
```

5.3 注意事项

- KSCAN 为硬件实现的按键扫描硬件，具有硬件固定配置端口，不能随意更改 pin 脚，因此 KSCAN 模块必须选用 PAN1080A-AFLD （LQFP 封装、1MB Flash、64 Pin）
- KSCAN 硬件可以配置输入接口拉动方式（上拉或者下拉），此 8*8 keyboard 模块由于硬件设计需要对应配置管脚下拉、检测上拉，如 dts 文件配置

```
- DT_PAN_PINS(p2, 0, kscan_i0, PAN1080_PIN_FUNC_P20_KSCAN_I0, bias-pull-down, input-
↪enable);
DT_PAN_PINS(p2, 1, kscan_i1, PAN1080_PIN_FUNC_P21_KSCAN_I1, bias-pull-down, input-
↪enable);
DT_PAN_PINS(p2, 2, kscan_i2, PAN1080_PIN_FUNC_P22_KSCAN_I2, bias-pull-down, input-
↪enable);
DT_PAN_PINS(p2, 3, kscan_i3, PAN1080_PIN_FUNC_P23_KSCAN_I3, bias-pull-down, input-
↪enable);
DT_PAN_PINS(p1, 4, kscan_i4, PAN1080_PIN_FUNC_P14_KSCAN_I4, bias-pull-down, input-
↪enable);
DT_PAN_PINS(p1, 5, kscan_i5, PAN1080_PIN_FUNC_P15_KSCAN_I5, bias-pull-down, input-
↪enable);
DT_PAN_PINS(p1, 6, kscan_i6, PAN1080_PIN_FUNC_P16_KSCAN_I6, bias-pull-down, input-
↪enable);
DT_PAN_PINS(p1, 7, kscan_i7, PAN1080_PIN_FUNC_P17_KSCAN_I7, bias-pull-down, input-
↪enable);
```

- KSCAN 硬件可以配置扫描周期，检测原理为按行扫描（按照行扫描间隔），扫描整个矩阵后，如果有按键变化产生中断，进行按键状态解析，等待帧扫描间隔后，进行下一次扫描
  - 因为扫描周期的缘故，kscan 不需要太快的进行按键操作，防止同一周期内按键两次变化导致不上报

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used

FLASH:       16728 B      1020 KB      1.60%

SRAM:        3928 B         64 KB      5.99%
```

Driver: Pinmux

1 功能概述 `pinmux sample` 演示了 Zephyr PINMUX Driver 在 PAN1080 SoC 上的使用方法，主要包括：

- 开启/关闭 SoC 内部上拉/下拉电阻通路开关
- 切换某个 IO 引脚的多功能引脚 MFP (Multi-Function Pin) 功能配置

硬件上，PAN1080 PINMUX 与 GPIO 是密切相关的，其框图如下所示：

其中与 PINMUX 相关的有：

- `PUEN` 对应 PINMUX 的上拉电阻通路开关
- `PDEN` 对应 PINMUX 的下拉电阻通路开关
- `DINOFF` 对应 PINMUX 的数字输入通路开关
- `SYSTEM IOMUX` 对应 PINMUX 的多功能引脚 MFP 功能配置

2 环境准备

- PAN1080 EVB 一块
- USB-TypeC 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- 硬件接线：
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB USB-TypeC（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**将 EVB 上的:
    - TX0 与 P00 相连

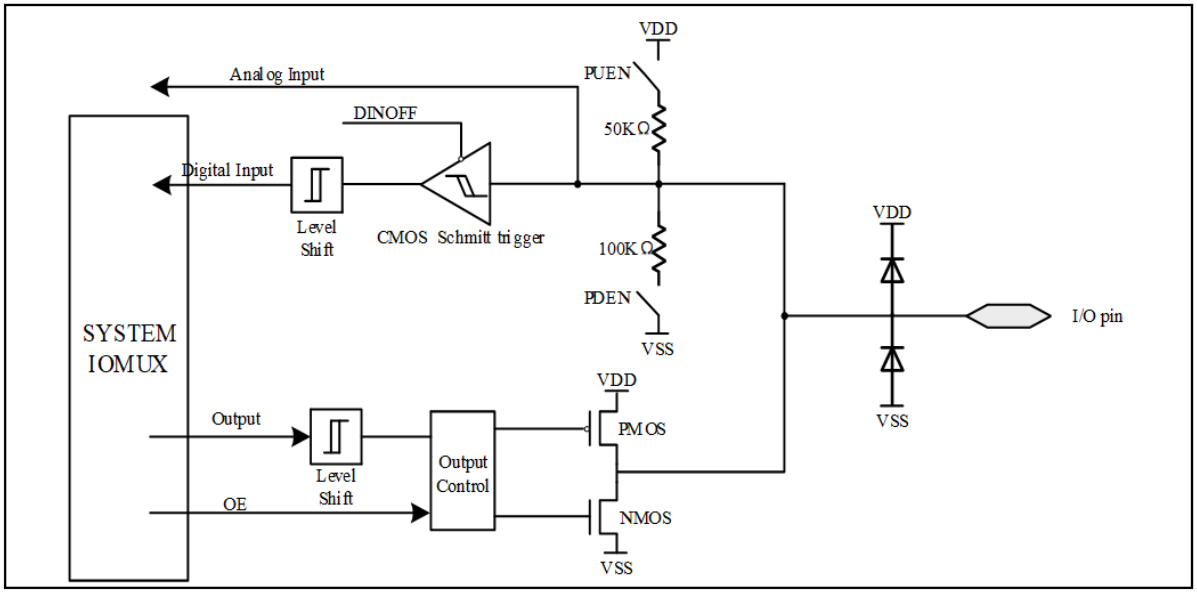


图 40: GPIO/PINMUX 模块框图

* RX0 与 P01 相连

- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\drivers\pinmux`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明 本例程包含 2 个示例，其中：

- `pinmux_pullup_pulldown_io_level()` 使用 PINMUX API 将一个 GPIO 的内部上拉电阻和下拉电阻分别使能，并通过 GPIO Input 功能检测线上的电平变化来确认上拉、下拉电阻是否使能成功；其涉及如下 2 个 PINMUX API：
  - pinmux_pin_pullup()
  - pinmux_pin_pulldown()
- `switch_uart_console_pinmux()` 使用 PINMUX API 将当前串口输出引脚从 `P06` 切换至 `P24`；其涉及如下 2 个 PINMUX API：
  - pinmux_pin_get()
  - pinmux_pin_set()

4.1 示例 1：使能 SoC 内部上拉与下拉电阻

1. 确认 GPIO P57 引脚为悬空状态
2. 当程序执行 `pinmux_pullup_pulldown_io_level()` 函数时，会每隔 500ms 切换一次 GPIO P57 引脚的内部上下拉电阻，每次切换后均立刻使用 GPIO 检测 IO 线上的电平，然后向串口打印当前检测结果：

```
Start to pull up and pull down GPIO P57..
Pull up,   detected IO level: 1
Pull down, detected IO level: 0
Pull up,   detected IO level: 1
```

（下页继续）

(续上页)

```
Pull down, detected IO level: 0
Pull up,   detected IO level: 1
Pull down, detected IO level: 0
Pull up,   detected IO level: 1
Pull down, detected IO level: 0
Pull up,   detected IO level: 1
Pull down, detected IO level: 0
Stopped.
```

4.2 示例 2：切换 SoC 多功能引脚 MFP 功能

1. 当程序执行 `switch_uart_console_pinmux()` 函数时，其首先会先获取 P06 和 P24 引脚的当前的 MFP (Multi-Function Pin) 配置：

```
Before switch pinmux:
 - Pin function of P06 is: 0x00004000
 - Pin function of P24 is: 0x00000000
```

   此处打印的是引脚 MFP 配置的数字数字标识，其代表的含义可以从以下头文件中找到对应的含义：

   - `include\drivers\pinmux\pinmux_pan1080.h`

   例如，当前 `P06` MFP 配置的数字标识为 0x00004000，我们查阅 `pinmux_pan1080.h` 中的 P06 引脚相关的 MFP 定义，在 78 行可看到其代表的含义是 UART1_TX 功能：

```
#define PAN1080_PIN_FUNC_P06_UART1_TX            0x00004000UL
```

   同理可查得当前 `P24` 的 MFP 配置（数字标识 0x00000000）对应的 MFP 功能为 GPIO：

```
#define PAN1080_PIN_FUNC_P24_GPIO                0x00000000UL
```

2. 随后打印切换 pinmux 引脚的提示：

```
switching pinmux..
```

3. 此时在 20s 内将 EVB 板上接在 P06 引脚上的杜邦线拔掉，将其再接到 P24 引脚上，即可看到串口继续打印如下消息：

```
After switch pinmux (loop_cnt = 6):
 - Pin function of P06 is: 0x00000000
 - Pin function of P24 is: 0x00000010
After switch pinmux (loop_cnt = 5):
 - Pin function of P06 is: 0x00000000
 - Pin function of P24 is: 0x00000010
After switch pinmux (loop_cnt = 4):
 - Pin function of P06 is: 0x00000000
 - Pin function of P24 is: 0x00000010
After switch pinmux (loop_cnt = 3):
 - Pin function of P06 is: 0x00000000
 - Pin function of P24 is: 0x00000010
After switch pinmux (loop_cnt = 2):
 - Pin function of P06 is: 0x00000000
 - Pin function of P24 is: 0x00000010
After switch pinmux (loop_cnt = 1):
 - Pin function of P06 is: 0x00000000
 - Pin function of P24 is: 0x00000010
Stopped.
```

   此处可根据前面介绍的方法查询得知：当前 `P06` 的 MFP 配置（数字标识 0x00000000）对应的 MFP 功能为 GPIO：

```
#define PAN1080_PIN_FUNC_P06_GPIO                0x00000000UL
```

当前 P24 的 MFP 配置（数字标识 0x00000010）对应的 MFP 功能为 UART1_TX：

```
#define PAN1080_PIN_FUNC_P24_UART1_TX            0x00000010UL
```

4. 以上现象说明已经成功完成两个 IO 的 MFP 功能切换：
   - 将 P06 引脚由 UART1 Tx 功能切换为 GPIO 功能
   - 将 P24 引脚由 GPIO 功能切换为 UART1 Tx 功能

5 开发者说明

5.1 使能 PINMUX Driver

确保当前工程开启了如下 config 以使能 Zephyr PINMUX Driver：

```
CONFIG_PINMUX=y
```

注：实际上，我们在 EVB Board Configuration 中已经默认开启了 PINMUX 功能，因此在 App 工程中将其使能已经是非必要操作。

5.2 API 相关头文件位置

1. zephyr\include\drivers\pinmux.h：PINMUX API 接口函数声明
2. zephyr\include\drivers\pinmux\pinmux_panchip.h：Panchip SoC 通用 PINMUX 宏定义，包括引脚编号、上拉使能/除能、下拉使能/除能、数字输入使能/除能等
3. zephyr\include\drivers\pinmux\pinmux_pan1080.h：PAN1080 SoC 所有引脚的 MFP 配置定义

5.3 其他配置 SoC PINMUX 参数的方法

除使用本例程介绍的 PINMUX Driver 以外，PAN1080 还支持如下的方式修改 SoC PINMUX 的相关配置：

- 使用 GPIO Driver API 进行配置（可在运行时动态修改）
- 使用 Devicetree 进行配置（仅在系统初始化时配置一次）

5.3.1 使用 GPIO Driver API 配置 PINMUX 参数

GPIO Driver 的 gpio_pin_configure() 接口支持配置 SoC PINMUX 的**上拉电阻通路**、**下拉电阻通路**以及**数字输入通路**。

具体可参考 GPIO Sample 中的介绍与演示。

5.3.2 使用 Devicetree 配置 PINMUX 参数

通过修改 Zephyr Devicetree（.dts 文件），可配置**上拉电阻通路**、**下拉电阻通路**、**数字输入通路**以及 MFP **引脚配置**等 PINMUX 支持的参数。

此方式用于在**系统初始化**的时候配置某个外设的 MFP 引脚功能，如果需要，还可同时配置上拉、下拉或数字输入使能等功能。

例如，对于 PAN1080 EVB 来说，系统初始化的时候会默认将 P06 配置为 UART1_TX 功能，将 P07 配置为 UART1_RX 功能，就是通过配置 Devicetree 实现的。此处以 pan108xxb5_evb board 为例说明如何配置：

1. 在 zephyr\boards\arm\pan108xxb5_evb\pan108xxb5_evb.dts 文件中，配置 UART1 模块的必要参数，并将 PINMUX（即 pinctrl-0 属性）配置为 p0_6_uart1_tx、 p0_7_uart1_rx：

```
...
&uart1 {
        current-speed = <921600>;
        pinctrl-0 = <&p0_6_uart1_tx &p0_7_uart1_rx>;
        status = "okay";
};
...
```

注：关于 pan1080a_afld SoC 支持的所有 pinctrl-0 属性引脚定义，可以从以下 dts 头文件中查阅：

- zephyr\dts\arm\panchip\pan1080\pan1080a_afld_pinctrl.dtsi

2. 配置 MFP 引脚功能后，还需考虑是否要同时配置对应引脚的上拉、下拉或数字输入使能等功能。对于 UART 来说，Rx (P07) 是输入引脚，因此需要开启数字输入功能，但无需开启上拉、下拉使能，方法是在 soc/pin-controller@40030000 节点中，使用 DT_PAN_PINS() API 接口重新配置此引脚的 PINMUX，传入标识（Flag）参数 input-enable，以开启 P07 引脚的数字输入功能：

```
        soc {
                pin-controller@40030000 {
                        /* port, pin, pinmux_name, pinmux_sel [, flag1, ... ] */
                        ...
                        DT_PAN_PINS(p0, 7, uart1_rx, PAN1080_PIN_FUNC_P07_UART1_RX, input-
↪enable);
                        ...
                };
        };
```

注 1：之所以说是**重新配置** soc/pin-controller@40030000 节点的引脚定义，原因是所有引脚均有其原始的定义（通常是不带 Flag 参数的）；对于 pan1080a_afld SoC 来说，相关定义位于前面已经提到的 dts 头文件中：

- zephyr\dts\arm\panchip\pan1080\pan1080a_afld_pinctrl.dtsi

注 2：pinmux dts 中支持的所有标识（Flag）参数，均可从以下 dts-bindings 文件中查阅：

- zephyr\dts\bindings\pinctrl\panchip,pan-pinctrl.yaml

```
description: |
  Panchip SoC Pinctrl node

  The Panchip SoC pins implements following pin configuration option:

    * bias-pull-up
    * bias-pull-down
    * input-enable

  These options define devicetree flags that are converted to SoC flags at
  PAN_PIN_FLAGS().
```

其中：

- bias-pull-up 表示使能上拉电阻通路；
- bias-pull-down 表示使能下拉电阻通路；
- input-enable 表示使能数字输入通路；

注 3：pinmux dts 中支持的标识（Flag）参数，可以同时配置，且没有顺序限制；例如，使用如下的方式可以同时使能 P07 引脚的数字输入与上拉电阻功能：

```
DT_PAN_PINS(p0, 7, uart1_rx, PAN1080_PIN_FUNC_P07_UART1_RX, input-enable, bias-
↪pull-up);
```

> **注** 4：DT_PAN_PINS() API 接口必须与外设模块中的 pinctrl-0 属性一起使用才会真正生效；如果只使用此接口配置了某个引脚的上拉/下拉/数字输入使能，但没有任何外设的 pinctrl-0 属性中配置了此引脚功能，则当前的 DT_PAN_PINS() 配置不会生效。

5.4 PAN1080 引脚使用注意事项

1. 切换引脚的复用功能时，需要特别注意此引脚是否为**数字输入**引脚，如果是，则一定要显式开启此引脚的数字输入功能，具体可以采样上述介绍的任意一种可行的方式；

   例如：我们需要将某个 IO 配置为 UART Rx 功能，由于 Rx 引脚用于接收外部的数字信号，因此将 IO 的 MFP 功能切换为 UART_RX 后，还应将此 IO 的数字输入功能打开，否则 UART 将无法正确接收对端发来的数据。

2. IO 引脚的**数字输入**功能一般需遵守**非必要不打开**的原则，这样可以减少可能的电流漏入，有助于降低芯片整体功耗；
3. PINMUX Driver 操作的上拉电阻、下拉电阻、数字输入等功能，需要确保已经开启了 GPIO 模块时钟方可正常配置（SDK 中已默认开启）；## 6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       17544 B      1020 KB      1.68%
SRAM:         3888 B        64 KB      5.93%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Driver: Power Management

1 功能概述 本文主要介绍 PAN1080 EVB 板 PM 中进入低功耗前后的回调函数使用说明。

2 环境要求

- PAN1080 EVB 一块
- USB-TypeC 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- 硬件接线：
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB USB-TypeC（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**将 EVB 上的:
    - TX0 与 P00 相连
    - RX0 与 P01 相连
- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600

3 编译和烧录 例程位置：zephyr\samples_panchip\drivers\pm

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

```
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0-667-gae423d90e384  ***
Remained loop count: 1
Wake up from cpu idle
pm entry hook, state=1
pm exit hook, state=1
Wake up from runtime-idle
pm entry hook, state=2
pm exit hook, state=2
Wake up from suspend-to-idle
```

（下页继续）

(续上页)

```
Remained loop count: 0
Wake up from cpu idle
pm entry hook, state=1
pm exit hook, state=1
Wake up from runtime-idle
pm entry hook, state=2
pm exit hook, state=2
Wake up from suspend-to-idle

Expect wake up from suspend-to-ram retention:0

pm entry hook, state=4
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0-667-gae423d90e384  ***
Remained loop count: 1
Wake up from cpu idle
pm entry hook, state=1
pm exit hook, state=1
Wake up from runtime-idle
pm entry hook, state=2
pm exit hook, state=2
Wake up from suspend-to-idle

Remained loop count: 0
Wake up from cpu idle
pm entry hook, state=1
pm exit hook, state=1
Wake up from runtime-idle
pm entry hook, state=2
pm exit hook, state=2
Wake up from suspend-to-idle

Expected wake up from soft-off retention:1

pm entry hook, state=6
```

上电后打印如上数据，该 sample 未和蓝牙 deepsleep 功能绑定，暂时只用于 pm_notifier_register 演示，会进入 MCU Sleep，deepsleep，standby mode1，standby mode0 模式。

standby mode 会使 SOC 复位,其中 mode1 模式会保持 ram 数据不掉电,因此通过 `ram_retention_flag` 来区分 standby 模式。

该例程依次运行 run mode–>deepsleep mode–>standby mode1–>reset–>run mode–>deepsleep mode–>standby mode0

5 开发者说明

低功耗模式说明 具体流程请参考:

- PAN108x User Manual

进入低功耗的时机

```
&cpu0 {
        cpu-power-states = <&state0 &state1 &state2 &state3>;
};

&state0 {
        compatible = "zephyr,power-state";
        power-state-name = "runtime-idle";
```

(下页继续)

Table 4-7 Power Mode Difference Table

Chip work mode	Descriptions	Wake up	1.2V region clock	3V region clock	1.2V power supply
STANDBY_M0	standby_en = 1 SLEEPDEEP = 1 sleep_cnt_en = 0 WFI	GPIO (P5.6)	All closed	All closed	Power off
STANDBY_M1	standby_en = 1 SLEEPDEEP = 1 ldo_power_ctrl = 0 gpio_power_ctrl = 1 sram0/1/2/3_power_ctrl = 0 ll_ram_power_ctrl=0/1 decrypt_ram_power_ctrl=0/1 WFI	GPIO (all) LP_TMR	GPIO, SRAM, LL_RAM, Decrypt_RAM (you can choose to maintain power), and other 1.2V modules are powered off.	RCL or XTL	LP_LDO supplies power to GPIO, SRAM, decrypted data RAM and BLE (ll_data_ram, ll_seq_ram, medom sleep memory) according to the selection of ***_power_ctrl.
DEEPSLEEP	standby_en = 0 SLEEPDEEP = 1 WFI	GPIO (all) LP_TMR TIMER0/1/2 WDT QDEC KEYSCAN	All closed except CLK_32K	RCL or XTL	LP_LDO
SLEEP	standby_en = 0 SLEEPDEEP = 0 WFI	All peripherals interrupt	CPU_CLK closed; RCH/XTH/DPLL is selected to be turned on according to the software configuration	RCL or XTL	HP_LDO

图 41: 低功耗模式说明

(续上页)

```
        min-residency-us = <200000>;
        exit-latency-us = <32>;
};

&state1 {
        compatible = "zephyr,power-state";
        power-state-name = "suspend-to-idle";
        min-residency-us = <500000>;
        exit-latency-us = <32>;
};

&state2 {
        compatible = "zephyr,power-state";
        power-state-name = "suspend-to-ram";
        min-residency-us = <800000>;
        exit-latency-us = <32>;
};

&state3 {
        compatible = "zephyr,power-state";
        power-state-name = "soft-off";
        min-residency-us = <1500000>;
        exit-latency-us = <32>;
};
```

以该参数来说明：

cpu0 有四种低功耗状态，分别为

- state0:`runtime-idle`（run mode）
- state1:`suspend-to-idle`（deepsleep mode）
- state2:`suspend-to-ram`（standby mode1）
- state3:`soft-off`（standby mode0）

如果 idle 时间满足以下条件：

```
if (time_to_next_scheduled_event >= (state.min_residency_us + state.exit_latency))) {
return state
}
```

则进入相应的 state。

进入低功耗前后的回调函数

```
static void notify_pm_state_entry(enum pm_state state)
{
        printk("pm entry\n");
}

static void notify_pm_state_exit(enum pm_state state)
{
        printk("pm exit\n");
}

static struct pm_notifier notifier = {
        .state_entry = notify_pm_state_entry,        //进入低功耗前的回调函数
        .state_exit = notify_pm_state_exit,                //从低功耗出来后的回调函数
};
```

(下页继续)

(续上页)

```
/** 注册低功耗回调函数*/
pm_notifier_register(&notifier);

/** 撤销注册低功耗回调函数*/
pm_notifier_unregister(&notifier);
```

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       19132 B      1020 KB      1.83%
SRAM:         4904 B        64 KB      7.48%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Driver: PWM & RGB

1 功能概述 本文主要介绍 PAN1080 EVB 板 RGB 灯控制，定时改变 RGB 灯的颜色，演示外设 PWM 的使用。

2 环境要求

- PAN1080 EVB 一块
- USB-TypeC 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- 硬件接线：
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB USB-TypeC（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**将 EVB 上的:
    - TX0 与 P00 相连
    - RX0 与 P01 相连
- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\drivers\pwm\pwm_rgb`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. PAN1080 EVB 板 GPIO P10、P11、P16 与 RGB 电路用跳线帽连接。
2. EVB 板上电灯的颜色默认是白色，然后灯在红、绿、蓝三种颜色 1s 间隔切换一次。

5 开发说明

5.1 启用 PWM 模块 在 prj.conf 文件中添加 “CONFIG_PWM=y” 启用 pwm 模块。

```
CONFIG_PWM=y
```

5.2 初始 PWM

```
if (!device_is_ready(led_red)) {
    printk("PWM_0 device is not ready\n");
}

if (!device_is_ready(led_green)) {
    printk("PWM_1 device is not ready\n");
}

if (!device_is_ready(led_blue)) {
    printk("PWM_2 device is not ready\n");
}
```

5.3 配置 PWM　在“pan108xxb5_evb.overlay”文件中添加 PWM 参数配置:

```
pwmleds {
    compatible = "pwm-leds";
    pwm_led_red: pwm_led_r {
        pwms = <&pwm0 4 PWM_POLARITY_NORMAL>;
        label = "RGB_LED_RED";
    };
    pwm_led_green: pwm_led_g {
        pwms = <&pwm0 5 PWM_POLARITY_NORMAL>;
        label = "RGB_LED_GREEN";
    };
    pwm_led_blue: pwm_led_b {
        pwms = <&pwm0 6 PWM_POLARITY_NORMAL>;
        label = "RGB_LED_BLUE";
    };
};
```

使用 PWM0 的 4、5、6 通道, 正向极性, 高电平 1 为有效状态 *(active), 低电平 0 为无效状态 (inactive)*。PWM PIN 脚配置:

```
&pwm0 {
        pinctrl-0 = <&p1_0_pwm0_ch4 &p1_1_pwm0_ch5 &p1_6_pwm0_ch6>;
        status = "okay";
};
```

配置 P10、P11、P16 三个引脚为 PWM 功能。

5.4 PWM 输出　PWM 输出接口

```
/**
 * @brief Set the period and pulse width for a single PWM output.
 *
 * @param dev Pointer to the device structure for the driver instance.
 * @param pwm PWM pin.
 * @param period Period (in microseconds) set to the PWM.
 * @param pulse Pulse width (in microseconds) set to the PWM.
 * @param flags Flags for pin configuration (polarity).
 *
 * @retval 0 If successful.
 * @retval Negative errno code if failure.
 */
static inline int pwm_pin_set_usec(const struct device *dev, uint32_t pwm,
                                   uint32_t period, uint32_t pulse,
                                   pwm_flags_t flags)
{
        uint64_t period_cycles, pulse_cycles, cycles_per_sec;
```

(下页继续)

(续上页)

```
        if (pwm_get_cycles_per_sec(dev, pwm, &cycles_per_sec) != 0) {
                return -EIO;
        }

        period_cycles = (period * cycles_per_sec) / USEC_PER_SEC;
        if (period_cycles >= ((uint64_t)1 << 32)) {
                return -ENOTSUP;
        }

        pulse_cycles = (pulse * cycles_per_sec) / USEC_PER_SEC;
        if (pulse_cycles >= ((uint64_t)1 << 32)) {
                return -ENOTSUP;
        }

        return pwm_pin_set_cycles(dev, pwm, (uint32_t)period_cycles,
                                  (uint32_t)pulse_cycles, flags);
}
```

配置 PWM 设备（PWM0、PWM1、PWM2）、通道（0~7）、频率、占空比、极性模式。

调用这个接口后，对应的 pin 脚就能输出 PWM 了。

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       19112 B      1020 KB      1.83%
SRAM:         3968 B        64 KB      6.05%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Driver: QDEC & PWM

1 功能概述 本文主要介绍 PAN1080 EVB 板 QDEC 外设模块的使用，检测外部 PWM 信号，触发 QDEC 计数。

2 环境要求

- PAN1080 EVB 一块
- USB-TypeC 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- 硬件接线：
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB USB-TypeC（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**将 EVB 上的:
    - TX0 与 P00 相连
    - RX0 与 P01 相连
- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\drivers\qdec\qdec_pwm`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. PAN1080 EVB 板 PIN 脚接线说明:

通道	PIN 脚	PWM
通道 X0	P04	P02 PWM CH2
通道 X1	P05	P03 PWM CH3
通道 Y0	P06	P02 PWM CH2
通道 Y1	P07	P03 PWM CH3
通道 Z0	P20	P02 PWM CH2
通道 Z1	P21	P03 PWM CH3

2. 例程中默认使用的是通道 X0、和 X1，向上计数和向下计数的结果如下图所示:

   向上计数:

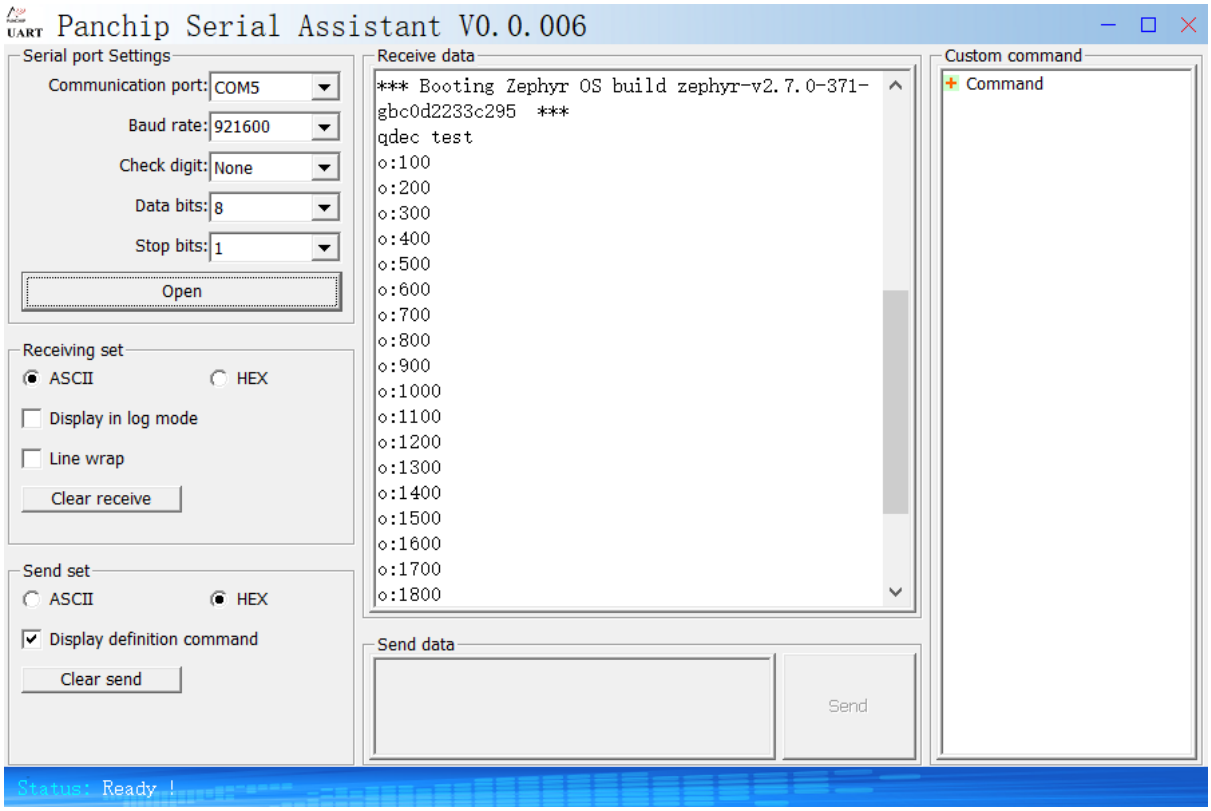


图 42: QDEC 例程向上计数 Log

   向下计数:

5 开发说明

5.1 启用 QDEC 模块

在 prj.conf 文件中添加 “CONFIG_QDEC=y” 启用 qdec 模块。

```
CONFIG_QDEC=y
```

5.2 初始 QDEC

```
const struct device *qdec_dev = DEVICE_DT_GET(DT_NODELABEL(qdec));
```

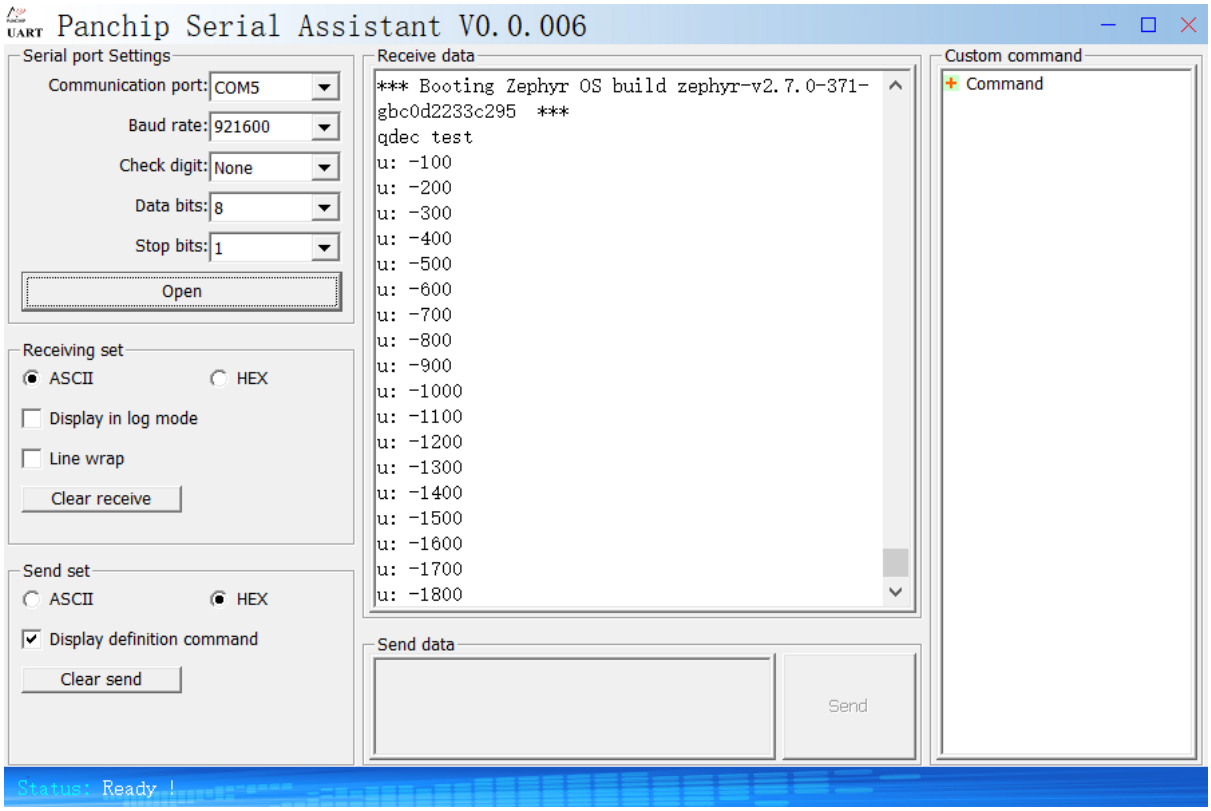


图 43: QDEC 例程向下计数 Log

5.3 **配置** QDEC　在“pan108xxb5_evb.overlay”文件中添加 QDEC 参数配置:

```
&qdec {
        event-threshold = <100>;
        polarity = "polarity-low";
        resolution = "cnt-resolution-1x";
        filter-threshold = "filter-threshold-3";
        pinctrl-0 = <&p0_4_qdec_x0 &p0_5_qdec_x1>;
        status = "okay";
};
```

Config Type	Description
event-threshold	设置 qdec 事件触发阈值（此处是 100）
polarity	设置 qdec 电平极性，可设置为高或者低电平有效（此处是低电平有效）
resolution	设置 qdec 分辨率，可设置为 1x、2x、4x（此处是 1x）
filter-threshold	设置 qdec 短脉冲过滤，设置范围为 0~7（此处是 3）

QDEC PIN 脚配置:

```
pinctrl-0 = <&p0_4_qdec_x0 &p0_5_qdec_x1>;
```

配置 X0、X1 两个通道。

同理配置 Y0、Y1 和 Z0、Z1 两个通道

```
pinctrl-0 = <&p0_4_qdec_x0 &p0_5_qdec_x1 &p0_6_qdec_y0 &p0_7_qdec_y1 &p2_0_qdec_z0 &p2_1_qdec_
↪z1>;
```

5.4 QDEC **中断配置使能**　通道配置:

```
uint8_t channel = QDEC_CNT_IDX_X;

qdec_clear_event_cnt(qdec_dev, channel);
```

代码默认配置通道 X，也可配置成 QDEC_CNT_IDX_Y、QDEC_CNT_IDX_Z。

```
qdec_irq_add_cb(qdec_dev, qdec_irq_cb);

qdec_clear_int_msk(qdec_dev, ENABLE, QDEC_INT_CNT_OVERFLOW_Msk | QDEC_INT_CNT_UNDERFLOW_Msk);
qdec_clear_event_cnt(qdec_dev, channel);
qdec_clear_int_flag(qdec_dev, QDEC_FUNC_ALL);
qdec_clear_raw_int_flag(qdec_dev, QDEC_FUNC_ALL);

qdec_set_enable(qdec_dev, ENABLE, QDEC_EN_Msk | QDEC_FILTER_EN_Msk |  (QDEC_CHANNEL_X_EN_Msk <
↪< channel) | QDEC_EVENT_EN_Msk);
```

注册中断回调函数 “qdec_irq_cb”，配置通道 X、向上计数和向下计数中断，清中断标志位。

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       19052 B      1020 KB      1.82%
SRAM:         3920 B        64 KB      5.98%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Driver: SPI Master

1 功能概述 该 sample 演示了 SPI 作为 Master 对开发板上的 Flash 进行读写操作。

2 环境要求

- PAN1080 EVB 一块
- USB-TypeC 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- 硬件接线：
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB USB-TypeC（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**将 EVB 上的:
    - TX0 与 P00 相连
    - RX0 与 P01 相连
- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\drivers\spi_master`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

- 连接 SPI 引脚到 Flash 模块（开发板上进行跳线）。

  == **注：请注意开发板上引脚共用问题，不要将下面四个引脚跳线至其他模块** ==

引脚	功能
P02	CS
P03	SCK
P30	MOSI
P31	MISO

- 此例程支持 DMA，选择 `prj_dma.conf` 编译即使用 DMA 的方式进行 SPI 通信。
- Sample 执行流程：

```
1. 擦除 0 地址开始的一个 page

2. 读取一个 page 数据，检查是否擦除成功

3. 从 0 地址开始写入 256byte 的随机数据

4. 从 0 地址开始读取 256byte 数据并且和之前写入的数据做比较，检查是否写入成功
```

- 程序正确执行时，日志界面如下：

```
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0-635-ga9d88d6a5a8d  ***
SPI Flash example application

Erase flash success.

Wrote 256 byte to address 0x00 success.
Read 256 byte from address 0x00 success.

Data comparison successful.
SPI Flash example run successful.
```

图 44: SPI Master 例程 Log

5 开发说明

5.1 启用 SPI 模块

在 prj.conf 文件中添加 “CONFIG_SPI=y” 启用 SPI 模块。如需使用 DMA 则需要添加 “CONFIG_SPI_PANCHIP_DMA=y “。

```
CONFIG_SPI=y
CONFIG_SPI_PANCHIP_DMA=y
```

5.2 初始化 SPI

```
const struct device *spi = DEVICE_DT_GET(DT_NODELABEL(spi0));
if (!device_is_ready(spi)) {
    printk("SPI device %s is not ready\n", spi->name);
    return;
}
```

5.3 SPI 配置

可根据实际情况配置即可，需要注意的是参数 frequency 指的是时钟的分频系数，并非实际的时钟数。例如当前系统外设时钟为 16MHz，frequency 配置为 4，则 SPI 的时钟速率为 16/4=4MHz。

5.4 写操作　实现向 slave 写数据

```
struct spi_buf bufs[] = {
    {
        .buf = data,
        .len = len
    },
};
struct spi_buf_set tx = {
    .buffers = bufs,
    .count = 1
};

/**
 * @brief Write the specified amount of data from the SPI driver.
 *
 * @note This function is synchronous.
 *
 * @note This function is an helper function calling spi_transceive.
 *
 * @param dev Pointer to the device structure for the driver instance
 * @param config Pointer to a valid spi_config structure instance.
 *        Pointer-comparison may be used to detect changes from
 *        previous operations.
 * @param tx_bufs Buffer array where data to be sent originates from.
 *
 * @retval 0 If successful.
 * @retval -errno Negative errno code on failure.
 */
spi_write(spi, spi_cfg, &tx);
```

5.5 读操作　实现从 slave 读取数据

```
struct spi_buf bufs[] = {
    {
        .buf = data,
        .len = len
    },
};
struct spi_buf_set rx = {
    .buffers = bufs,
    .count = 1
};

/**
 * @brief Read the specified amount of data from the SPI driver.
 *
 * @note This function is synchronous.
 *
 * @note This function is an helper function calling spi_transceive.
 *
 * @param dev Pointer to the device structure for the driver instance
 * @param config Pointer to a valid spi_config structure instance.
 *        Pointer-comparison may be used to detect changes from
 *        previous operations.
 * @param rx_bufs Buffer array where data to be read will be written to.
 *
 * @retval 0 If successful.
 * @retval -errno Negative errno code on failure.
 */
spi_read(spi, spi_cfg, &rx);
```

5.6 **读写操作** 实现向 slave 发送数据的同时接收来自 slave 的数据

```
struct spi_buf bufs_tx[] = {
                {
                                .buf = data,
                                .len = len
                },
};

struct spi_buf bufs_rx[] = {
                {
                                .buf = data,
                                .len = len
                },
};

struct spi_buf_set tx = {
                .buffers = bufs_tx,
                .count = 1
};

struct spi_buf_set rx = {
                .buffers = bufs_rx,
                .count = 1
};

/**
 * @brief Read/write the specified amount of data from the SPI driver.
 *
 * @note This function is synchronous.
 *
 * @param dev Pointer to the device structure for the driver instance
 * @param config Pointer to a valid spi_config structure instance.
 *        Pointer-comparison may be used to detect changes from
 *        previous operations.
 * @param tx_bufs Buffer array where data to be sent originates from,
 *        or NULL if none.
 * @param rx_bufs Buffer array where data to be read will be written to,
 *        or NULL if none.
 *
 * @retval frames Positive number of frames received in slave mode.
 * @retval 0 If successful in master mode.
 * @retval -errno Negative errno code on failure.
 */
spi_transceive(spi, spi_cfg, &tx, &rx);
```

6 RAM/Flash **资源使用情况**

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       22996 B      1020 KB      2.20%
SRAM:         4808 B        64 KB      7.34%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Driver: UART FIFO

1 **功能概述** 本例程演示了 Zephyr UART (Serial) Driver 的基本使用方法。

2 **环境要求**

- PAN1080 EVB 一块

- USB-TypeC 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- 硬件接线：
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB USB-TypeC（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**将 EVB 上的:
    * TX0 与 P00 相连
    * RX0 与 P01 相连
  - 另准备一个 USB 转串口模块，将其 RX 连到芯片 P06 (UART0-Tx) 引脚，TX 连到芯片 P07 (UART0-Rx) 引脚
- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT）

3 编译和烧录

例程位置：`zephyr\samples_panchip\drivers\uart\uart_fifo`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. 首先在 PC 上打开 2 个串口终端：
   - 第一个选择与芯片 P00/P01 (UART0) 相连的串口号，波特率配置为 921600，用于显示 Log 打印
   - 第二个选择与芯片 P06/P07 (UART1) 相连的串口号，波特率配置为 115200，用作待测 UART 交互
2. 成功编译烧录程序后，按 EVB 板上的复位按钮，执行芯片复位，可以看到第一个串口终端打印了如下的 Log：

```
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0  ***
Start uart fifo demo..
UART configure done, exit main thread.
```

3. 然后向第二个串口终端发送 `1234567890asdfghjklzxcvbnm\n` 并回车，可以看到接收界面随后显示了 `1234567890asdfghjklzxcvbnm`，说明例程成功从 UART1 Rx 引脚接收到了数据，并转发到 UART1 Tx 引脚，最终发送到 PC 终端。

5 开发说明

5.1 使能 UART Driver

- 确认 `CONFIG_UART=y`，以将 UART Driver 正确加入编译
- 确认 Devicetree 或 DTS Overlay 配置文件中 UART 模块的：
  - status 属性值为 `okay`，以确保系统在启动阶段能正确初始化 UART 模块
  - pinctrl-0 属性中正确配置了 pinmux 引脚参数

```
/* pan108xxb5_evb.dts */
...
&uart0 {
        current-speed = <921600>;
        pinctrl-0 = <&p0_0_uart0_tx &p0_1_uart0_rx>;
        status = "okay";
};

&uart1 {
```

（下页继续）

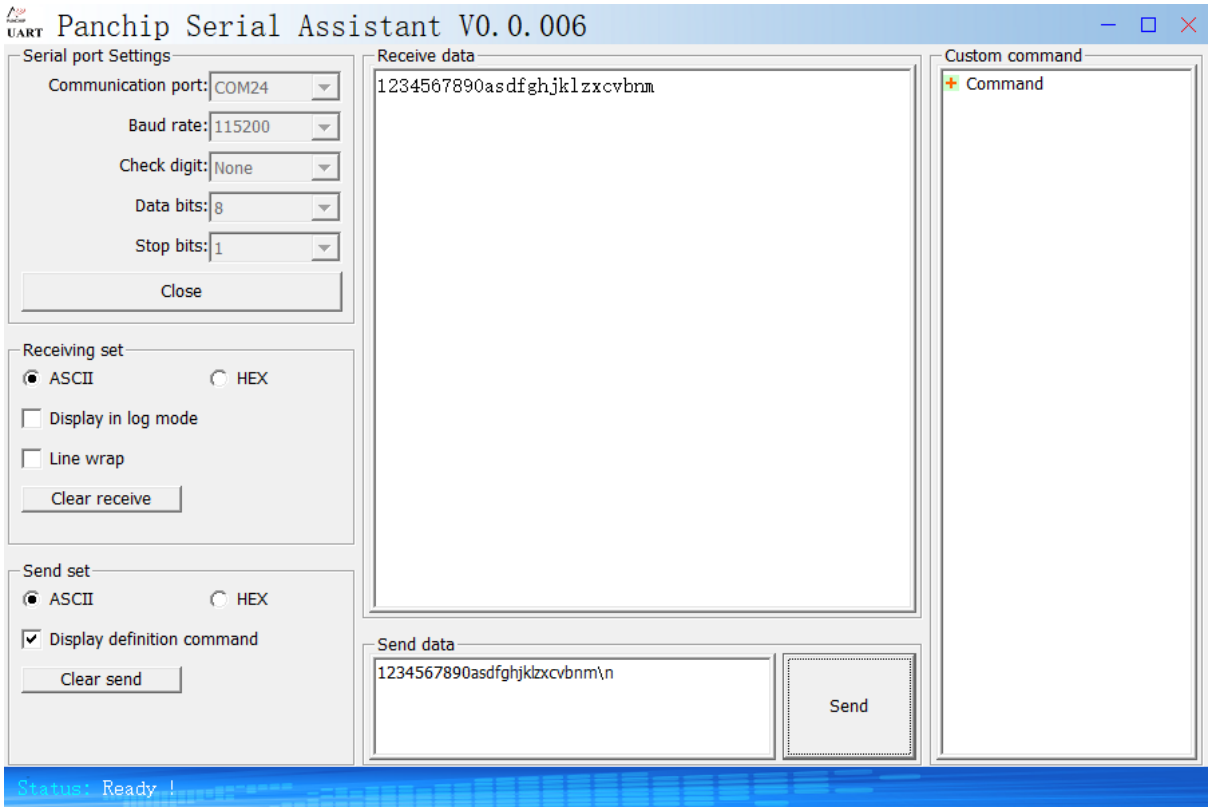


图 45: UART FIFO 例程演示

(续上页)

```
        current-speed = <115200>;
        pinctrl-0 = <&p0_6_uart1_tx &p0_7_uart1_rx>;
        status = "okay";
};
...
```

5.2 确认 UART 初始化成功

```
const struct device *uart0 = DEVICE_DT_GET(DT_NODELABEL(uart0));

if (!device_is_ready(uart0)) {
    printk("uart devices not ready\n");
    return;
}
```

5.3 配置 UART 通信参数

- 配置串口的波特率、校验位、停止位、数据位和流控:

```
#define BAUDRATE                        115200

const struct uart_config uart_cfg = {
        .baudrate = BAUDRATE,
        .parity = UART_CFG_PARITY_NONE,
        .stop_bits = UART_CFG_STOP_BITS_1,
        .data_bits = UART_CFG_DATA_BITS_8,
        .flow_ctrl = UART_CFG_FLOW_CTRL_NONE
};
```

- 串口配置读取与设置:

```
uart_config_get(uart0, &uart_cfg_check);
if(uart_cfg_check.baudrate != BAUDRATE) {
    uart_configure(uart0, &uart_cfg);
}
```

5.4 UART 中断回调和使能

- 中断回调注册:

```
uart_irq_callback_set(uart0, uart_fifo_callback);
```

- 使能 UART TRX:

```
uart_irq_tx_enable(uart0);
uart_irq_rx_enable(uart0);
```

- TX 的逻辑处理:

```
static void tx_isr(const struct device *dev)
{
        static uint8_t tx_index = 0;
        int len;

        if(tx_index >= data_len) {
                uart_irq_tx_disable(dev);
                uart_irq_rx_enable(dev);
                tx_index = 0;
        } else {
                len = uart_fifo_fill(dev, fifo_data + tx_index, (data_len - tx_index));
                tx_index += len;
                if(tx_index >= BUFFER_SIze) {
                        tx_index = 0;
                }
        }
}
```

将 tx 的数据写到 fifo 中，直到所有的数据都写完，然后关闭 tx，使能 rx，等待数据接收。fifo 的最大深度为 16。

- RX 的逻辑处理:

```
static void rx_isr(const struct device *dev)
{
        static uint8_t rx_index = 0;

        uart_fifo_read(dev, fifo_data + rx_index, 1);
        if ((fifo_data[rx_index] == '\n') || (fifo_data[rx_index] == '\r')) {
                uart_irq_rx_disable(dev);
                data_len = rx_index + 1;
                rx_index = 0;
                uart_irq_tx_enable(dev);
        } else {
                rx_index ++;
                if(rx_index >= BUFFER_SIze) {
                        rx_index = 0;
                }
        }
}
```

将串口工具发过来的数据保存到 “fifo_data”，每次接收一个数据，直到出现换行符，停止接收。然后将接收的数据原封不动的发送给串口工具。

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       16492 B      1020 KB      1.58%
SRAM:         3960 B        64 KB      6.04%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Driver: WatchDog

1 功能概述 该 sample 演示了 watchdog 的功能。

2 环境要求

- PAN1080 EVB 一块
- USB-TypeC 线一条（用于供电和查看串口打印 Log）
- 硬件接线：
  - 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB USB-TypeC（USB->UART）相连
  - 使用**杜邦线**将 EVB 上的:
    - TX0 与 P00 相连
    - RX0 与 P01 相连
- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\drivers\watchdog`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

- sample 在配置并启动 watchdog 后，每隔 50ms 进行一次喂狗操作，喂狗 5 次后，停止喂狗，这时系统会超时复位。
- 程序正确执行时，日志界面如下（系统因复位会持续打印如下日志）:

5 开发说明

5.1 启用 watchdog 模块 在 prj.conf 文件中添加 “CONFIG_WATCHDOG=y” 启用 watchdog 模块。

```
CONFIG_WATCHDOG=y
```

5.2 初始化 watchdog

```
const struct device *wdt = device_get_binding("WDT");
if (!wdt) {
    printk("Cannot get WDT device\n");
    return;
}
```

```
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0-426-gae811f5e9096  ***
Watchdog sample application
Attempting to test pre-reset callback
Feeding watchdog 5 times
Feeding watchdog...
Feeding watchdog...
Feeding watchdog...
Feeding watchdog...
Feeding watchdog...
Waiting for reset...
Handled things..ready to reset
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0-426-gae811f5e9096  ***
Watchdog sample application
Attempting to test pre-reset callback
Feeding watchdog 5 times
Feeding watchdog...
Feeding watchdog...
Feeding watchdog...
Feeding watchdog...
Feeding watchdog...
Waiting for reset...
Handled things..ready to reset
```

图 46: Watchdog 例程 Log

5.3 watchdog 配置　配置 watchdog 参数

配置的超时时间必须是宏定义中的值，其他值无效。时间计算公式为: 例如宏定义 WDT_TIMEOUT_MAX_2POW12，则超时时间为 2 ^ 12 * WDT clocks。

```
struct wdt_timeout_cfg wdt_config = {
        /* Reset SoC when watchdog timer expires. */
        .flags = WDT_FLAG_RESET_SOC,
    /* WDT timeout interrupt callback function. */
        .wdt_config.callback = wdt_callback;
        /* Expire watchdog after max window, min must be set to 0. */
        .window.min = 0U,
        .window.max = WDT_MAX_WINDOW,
};

/**
 * @brief Install new timeout.
 *
 * This function must be used before wdt_setup(). Changes applied here
 * have no effects until wdt_setup() is called.
 *
 * @param dev Pointer to the device structure for the driver instance.
 * @param cfg Pointer to timeout configuration structure.
 *
 * @retval channel_id If successful, a non-negative value indicating the index
 *                    of the channel to which the timeout was assigned. This
 *                    value is supposed to be used as the parameter in calls to
 *                    wdt_feed().
 * @retval -EBUSY If timeout can not be installed while watchdog has already
 *                been setup.
 * @retval -ENOMEM If no more timeouts can be installed.
 * @retval -ENOTSUP If any of the set flags is not supported.
 * @retval -EINVAL If any of the window timeout value is out of possible range.
 *                 This value is also returned if watchdog supports only one
 *                 timeout value for all timeouts and the supplied timeout
```

(下页继续)

(续上页)

```
 *                  window differs from windows for alarms installed so far.
 */
wdt_channel_id = wdt_install_timeout(wdt, &wdt_config);
if (err < 0) {
    printk("Watchdog install error\n");
    return;
}
```

5.4 创建 watchdog　创建 watchdog 并开始运行

```
/**
 * @brief Set up watchdog instance.
 *
 * This function is used for configuring global watchdog settings that
 * affect all timeouts. It should be called after installing timeouts.
 * After successful return, all installed timeouts are valid and must be
 * serviced periodically by calling wdt_feed().
 *
 * @param dev Pointer to the device structure for the driver instance.
 * @param options Configuration options as defined by the WDT_OPT_* constants
 *
 * @retval 0 If successful.
 * @retval -ENOTSUP If any of the set options is not supported.
 * @retval -EBUSY If watchdog instance has been already setup.
 */
err = wdt_setup(wdt, WDT_OPT_PAUSE_HALTED_BY_DBG);
if (err < 0) {
    printk("Watchdog setup error\n");
    return;
}
```

5.5 Feed watchdog　实现喂狗操作

```
/**
 * @brief Feed specified watchdog timeout.
 *
 * @param dev Pointer to the device structure for the driver instance.
 * @param channel_id Index of the fed channel.
 *
 * @retval 0 If successful.
 * @retval -EAGAIN If completing the feed operation would stall the
 *                 caller, for example due to an in-progress watchdog
 *                 operation such as a previous @c wdt_feed().
 * @retval -EINVAL If there is no installed timeout for supplied channel.
 */
wdt_feed(wdt, wdt_channel_id);
```

5.6 关闭 watchdog　关闭 watchdog 功能

```
/**
 * @brief Disable watchdog instance.
 *
 * This function disables the watchdog instance and automatically uninstalls all
 * timeouts. To set up a new watchdog, install timeouts and call wdt_setup()
 * again. Not all watchdogs can be restarted after they are disabled.
 *
 * @param dev Pointer to the device structure for the driver instance.
```

(下页继续)

(续上页)

```
 *
 * @retval 0 If successful.
 * @retval -EFAULT If watchdog instance is not enabled.
 * @retval -EPERM If watchdog can not be disabled directly by application code.
 */
wdt_disable(wdt);
```

6 RAM/Flash **资源使用情况**

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       25684 B      1020 KB      2.46%
SRAM:        10440 B        64 KB     15.93%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

3.2.5 私有 2.4G 例程

PRF: IO Pulse Receiver

重要: 此例程仅存在于特殊版本的 SDK 中，如有需要请联系 Panchip。

1 **功能概述** 此项目演示了无线脉冲透传-接收端功能：接收发送端的 2.4G 信号，恢复出波形并通过 IO 口输出。

发射端（参考prf_io_pulse_tx）捕获上升沿和下降沿，在上升沿来到时，发个脉冲包，在下降沿来到时，再发个脉冲包。接收端收到脉冲包后控制 GPIO 输出恢复原始脉冲。

系统框图：

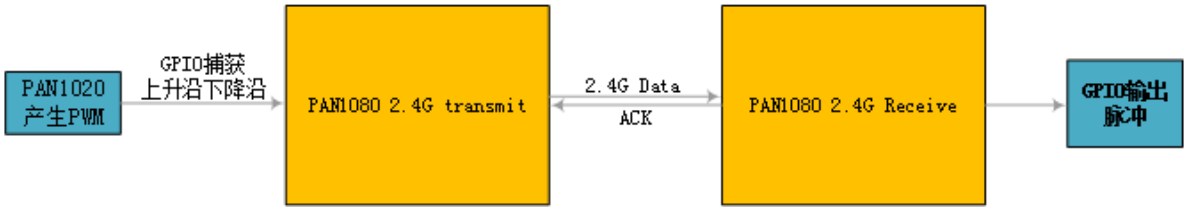


图 47: IO Pulse 通信系统框图

2 **环境要求**

- board: pan108xxb5_evb
- uart (option): 显示串口 log
- 波形分析工具：逻辑分析仪或示波器。

  需要搭配一个运行 `prf_io_pulse_tx` 的板子一起使用。

3 **编译和烧录** 例程位置：`zephyr\samples_panchip\proprietary_radio\prf_io_pulse_rx`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. 将 P2_1 接到逻辑分析仪或示波器上。
2. 配置发送端（参考prf_io_pulse_tx）。
3. 在逻辑分析仪上检查输出波形。

4.1 演示结果

1. PAN1020 PWM 为 50hz，占空比为 50%，输出脉冲的宽度为 10ms。发射端和接收端的波形如下：

   发射端：

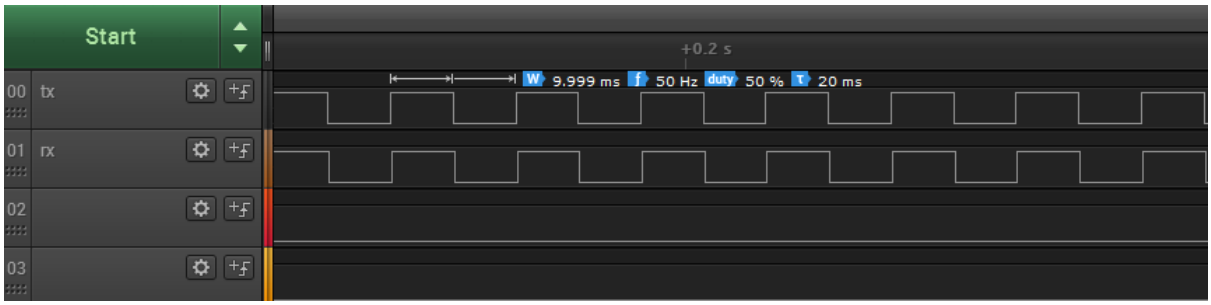


图 48: 发射端波形

   接收端：

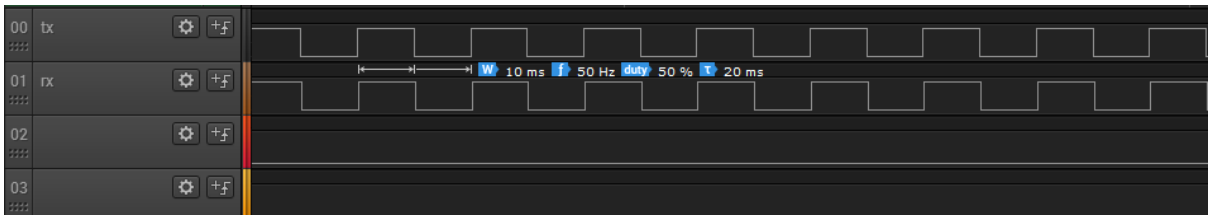


图 49: 接收端波形

   发射端和接收端的脉冲宽度相差 1us。



图 50: 发射端与接收端脉冲延迟

   发射端和接收端的脉冲延迟 220us。

2. PAN1020 PWM 为 1hz，占空比为 1%，输出脉冲的宽度为 10ms。发射端和接收端的波形如下：

   发射端：

   接收端：

   发射端和接收端的脉冲宽度无误差。

   发射端和接收端的脉冲延迟 220us。

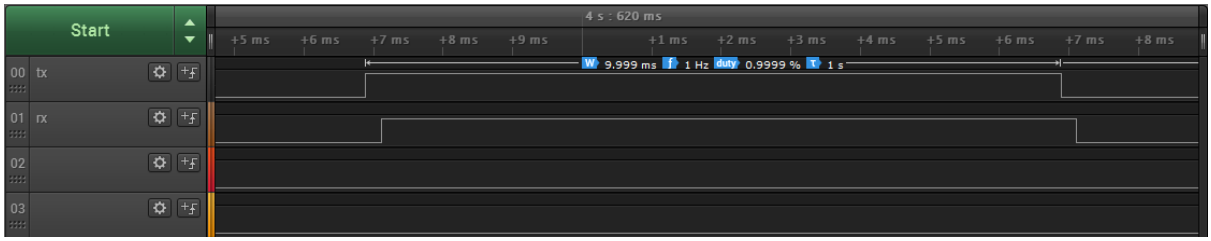


图 51: 发射端

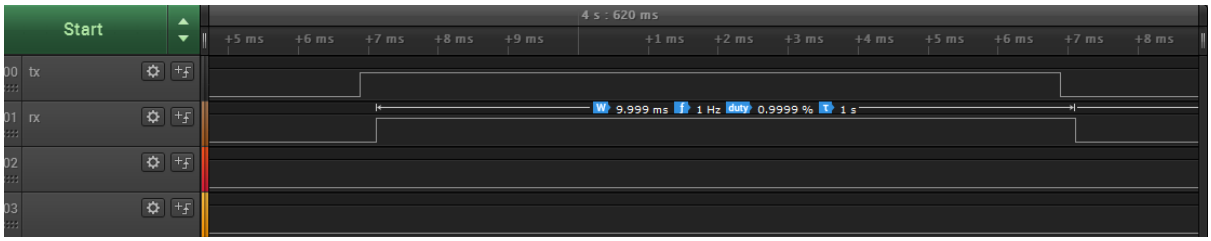


图 52: 接收端

5 性能指标

- 支持带外传输：脉冲包通过私有 2.4G 传输，传输频点为 2360~2510Mhz 中的非标频点。
- 一个脉冲的长度，约 10ms - 80ms，脉冲的频率 1hz~50hz。还原脉冲的精度误差小于 1us。从发射端捕获脉冲到接收端还原脉冲的延迟小于 10ms。
- 为了确保传输过程中不丢包必须要用 2.4G 增强型模式，收发转换满足 150us。

6 开发说明

6.1 GPIO 初始化

```
void GPIO_Init(void)
{
        port = device_get_binding(DT_LABEL(DT_NODELABEL(p2)));

        gpio_pin_configure(port, 1, GPIO_OUTPUT);
        gpio_pin_configure(port, 3, GPIO_OUTPUT);
}
```

6.2 2.4G 接收初始化　接收频点为带外频点 2566Mhz

```
    pan_prf_config_t rx_config = {
        .work_mode                      = PRF_MODE_NORMAL,
        .chip_mode                      = PRF_CHIP_MODE_SEL_XN297,
        .trx_mode                      = PRF_RX_MODE,
```

(下页继续)



图 53: 发射端与接收端脉冲延迟

(续上页)

```
        .phy                                = PRF_PHY_1M,
        .crc                                = PRF_CRC_SEL_CRC8,
        .src                                = PRF_SRC_SEL_NOSRC,
        .rx_timeout                        = DISABLE,
        .rf_channel                        = 2566,
        .tx_no_ack                        = DISABLE,
        .nrf52_mode                        = DISABLE,
        .rx_length                        = 4,
        .addr_length                = 5,
        .addr                                = { 0x11, 0x22, 0x33, 0x44, 0x55 },
};
```

2.4G 初始化配置说明如下：

初始化配置的结构体 “pan_prf_config_t”

Type	name	Description
prf_mode_t	work_mode	工作模式配置，包括普通型和增强型
prf_chip_mode_sel_t	chip_mode	xn297 通信协议和 nordic 通信协议配置
prf_trx_mode_t	trx_mode	收发模式配置
prf_phy_t	phy	通信速率配置，可配置为 1M 和 2M
prf_crc_sel_t	crc	数据包 CRC 配置，可配置为 crc 16bit，crc 8bit，no crc
prf_scramble_sel_t	src	数据包扰码的配置，可配置为使用扰码和不使用扰码
uint16_t	rx_timeout	接收超时时间配置，最大 50000us
uint16_t	rf_channel	2.4g 频点配置，配置范围 2402-2480Mhz
uint8_t	tx_no_ack	配置增强型模式下 tx 是否需要 ack
uint8_t	nrf52_mode	nordic 的长包模式配置，最大 payload 的长度为 255
uint8_t	rx_length	rx 接收数据包长度配置，增强型模式下可不配置
uint8_t	addr_length	接入地址长度配置，可配置为 3、4、5 字节
uint8_t	addr[5]	接入地址的内容

prf_mode_t：

Type	Value	Description
PRF_MODE_NORMAL	0	普通型
PRF_MODE_ENHANCE	1	增强型

prf_chip_mode_sel_t：

Type	Value	Description
PRF_CHIP_MODE_SEL_BLE	1	蓝牙模式
PRF_CHIP_MODE_SEL_XN297	2	XN297 模式
PRF_CHIP_MODE_SEL_NORDIC	3	NORCDIC 模式

prf_trx_mode_t：

Type	Value	Description
PRF_TX_MODE	0	2.4G 发射
PRF_RX_MODE	1	2.4G 接收

prf_phy_t：

Type	Value	Description
PRF_PHY_1M	1	1M 通信速率
PRF_PHY_2M	2	2M 通信速率

prf_crc_sel_t:

Type	Value	Description
PRF_CRC_SEL_NOCRC	0	no crc
PRF_CRC_SEL_CRC8	1	crc 8bit
PRF_CRC_SEL_CRC16	2	crc 16bit

prf_scramble_sel_t:

Type	Value	Description
PRF_SRC_SEL_NOSRC	0	不使能扰码
PRF_SRC_SEL_EN	1	使能扰码

6.3 2.4G 接收中断处理

```
void event_rx_fun(void)
{
        static uint8_t flag;
        panchip_prf_payload_t rx_payload;

        rx_payload.data_length = panchip_prf_data_rec(&rx_payload);
        printk("rx data:");
        data_printk(rx_payload.data, rx_payload.data_length);

        flag ^= 1;
        gpio_pin_set(port, 1, (int)flag);                                   /* P2_1 */

        if (rx_config.work_mode == PRF_MODE_ENHANCE) {
                static panchip_prf_payload_t tx_payload = {
                        .data_length = 10,
                        .data = { 0x10, 0x22, 0x33, 0x44, 0x55, 0x66, 0x77, 0x88, 0x99, 0xaa },
                };

                tx_payload.data[0]++;
                panchip_prf_set_ack_data(&tx_payload);
        } else {
                panchip_prf_trx_start();
        }
}
```

注：此例程对时间要求较高，因此在 GPIO 中断和 LL 中断中不宜添加打印或者执行时间长的代码。

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       22700 B      1020 KB      2.17%
SRAM:         4296 B        64 KB      6.56%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

PRF: IO Pulse Transmitter

重要: 此例程仅存在于特殊版本的 SDK 中，如有需要请联系 Panchip。

1 **功能概述** 此项目演示了无线脉冲透传-发送端功能：通过 IO 口接收将外部的 PWM 波形，并通过 2.4G 传输给接收端设备。

发射端捕获上升沿和下降沿，在上升沿来到时，发个脉冲包，在下降沿来到时，再发个脉冲包。接收端（参考prf_io_pulse_rx）收到脉冲包后控制 GPIO 输出恢复原始脉冲。

系统框图：

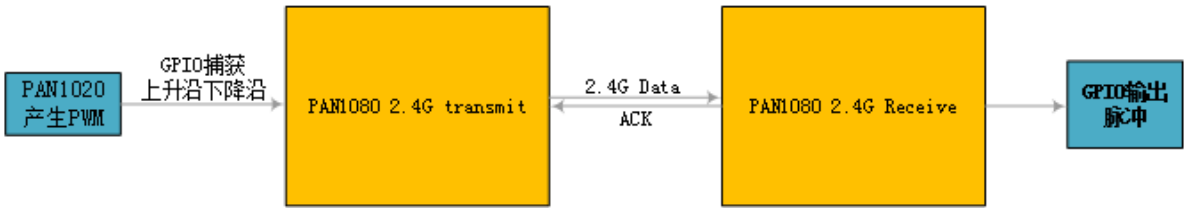


图 54: IO Pulse 通信系统框图

2 环境要求

- board: pan108xxb5_evb
- uart (option): 显示串口 log
- 脉冲输出: PAN1020 EVB 或者手动调整 IO 输入。
- 波形分析工具：逻辑分析仪或示波器。

  需要搭配一个运行 `prf_io_pulse_rx` 的板子一起使用。

3 编译和烧录

例程位置：`zephyr\samples_panchip\proprietary_radio\prf_io_pulse_tx`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. 将” samples_panchip\proprietary_radio\prf_io_pulse_tx\PAN1020_PWM.hex “通过 j-link 烧录到 PAN1020 EVB 板。

   如果使用 PAN1020 EVB 作为脉冲产生器，需要一块 PAN1020 开发板，烧录 `PAN1020_PWM.hex`。这个例程会有两个输出：

   - PWM FREQ 50Hz: P2_3
   - PWM FREQ 1Hz: P2_4
2. PAN1080 EVB 板发射端的 GPIO 捕获端口 P2_3 和 PAN1020 EVB 板输出端口连接 P2_3 或 P2_4，同时将捕获端口接到逻辑分析仪或示波器上。
3. 配置接收端（参考prf_io_pulse_rx）。
4. 在逻辑分析仪上检查输出波形。

4.1 演示结果

1. PAN1020 PWM 为 50hz，占空比为 50%，输出脉冲的宽度为 10ms。发射端和接收端的波形如下：

   发射端：

   接收端：

   发射端和接收端的脉冲宽度相差 1us。

   发射端和接收端的脉冲延迟 220us。

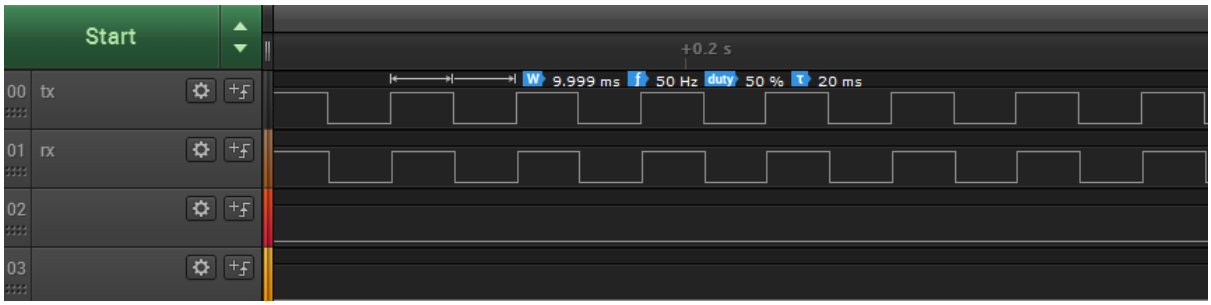


图 55: 发射端

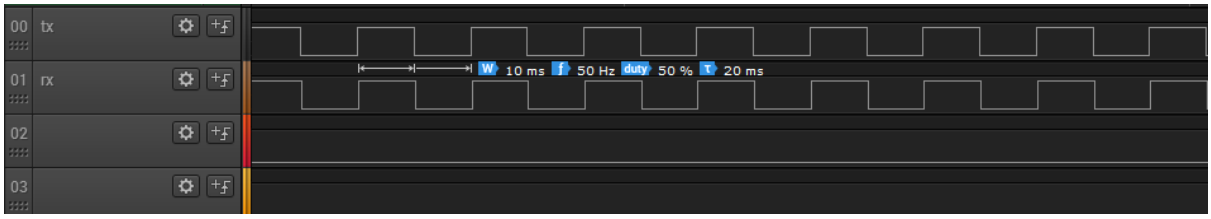


图 56: 接收端



图 57: 发射端与接收端脉冲延迟

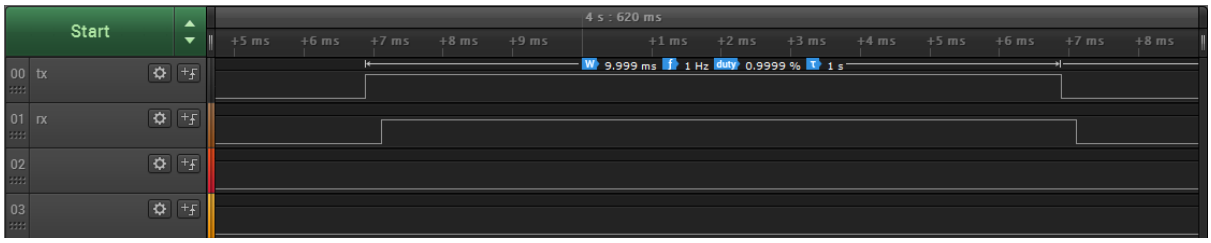


图 58: 发射端

2. PAN1020 PWM 为 1hz，占空比为 1%，输出脉冲的宽度为 10ms。发射端和接收端的波形如下：

   发射端：

   接收端：

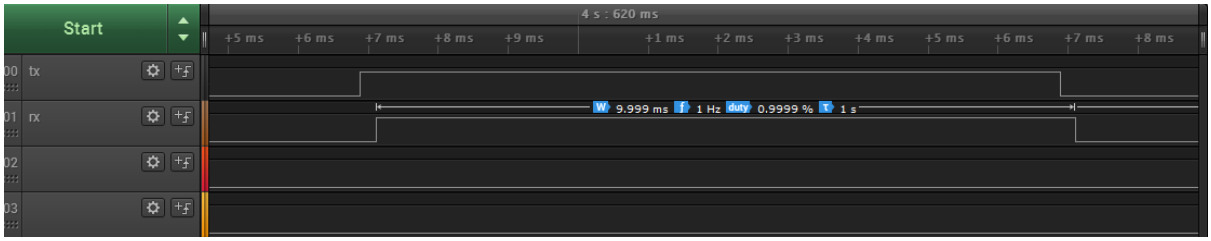


图 59: 接收端

发射端和接收端的脉冲宽度无误差。



图 60: 发射端与接收端脉冲延迟

发射端和接收端的脉冲延迟 220us。

5 性能指标

- 支持带外传输：脉冲包通过私有 2.4G 传输，传输频点为 2360~2510Mhz 中的非标频点。
- 一个脉冲的长度，约 10ms - 80ms，脉冲的频率 1hz~50hz。还原脉冲的精度误差小于 1us。从发射端捕获脉冲到接收端还原脉冲的延迟小于 10ms。
- 为了确保传输过程中不丢包必须要用 2.4G 增强型模式，收发转换满足 150us。

6 开发说明 发射端 GPIO 捕获上升沿和下降沿，上升沿和下降沿都会产生中断，每来一次中断发送一包 2.4G 数据。

6.1 GPIO 初始化

```
static void callback_edge(const struct device *port, struct gpio_callback *cb,
                          gpio_port_pins_t pins)
{
        panchip_prf_payload_t tx_payload = {
                .data_length                = 4,
                .data                                   = { 0x01, 0x02, 0x03, 0x04, },
        };

        if (pins == BIT(2)) {
        }

        if (pins == BIT(3)) {
                panchip_prf_set_data(&tx_payload);
                panchip_prf_trx_start();
        }
}
```

(下页继续)

(续上页)

```
void GPIO_Init(void)
{
        const struct device *port;

        port = device_get_binding(DT_LABEL(DT_NODELABEL(p2)));

        gpio_pin_configure(port, 2, GPIO_INPUT);
        gpio_pin_configure(port, 3, GPIO_INPUT);

        gpio_init_callback(&gpio_cb, callback_edge, BIT(2) | BIT(3));
        gpio_add_callback(port, &gpio_cb);

        gpio_pin_interrupt_configure(port, 2, GPIO_INT_EDGE_BOTH);
        gpio_pin_interrupt_configure(port, 3, GPIO_INT_EDGE_BOTH);
}
```

6.2 2.4G 发射初始化

发射频点为带外频点 2566Mhz:

```
pan_prf_config_t tx_config = {
                .work_mode                      = PRF_MODE_NORMAL,
                .chip_mode                      = PRF_CHIP_MODE_SEL_XN297,
                .trx_mode                      = PRF_TX_MODE,
                .phy                              = PRF_PHY_1M,
                .crc                              = PRF_CRC_SEL_CRC8,
                .src                              = PRF_SRC_SEL_NOSRC,
                .rx_timeout                     = 50000,
                .rf_channel                     = 2566,
                .tx_no_ack                     = DISABLE,
                .nrf52_mode                     = DISABLE,
                .rx_length                     = 0,
                .addr_length            = 5,
                .addr                                   = { 0x11, 0x22, 0x33, 0x44, 0x55 },
        };
```

2.4G 初始化配置说明如下:

初始化配置的结构体 “pan_prf_config_t”

Type	name	Description
prf_mode_t	work_mode	工作模式配置，包括普通型和增强型
prf_chip_mode_sel_t	chip_mode	xn297 通信协议和 nordic 通信协议配置
prf_trx_mode_t	trx_mode	收发模式配置
prf_phy_t	phy	通信速率配置，可配置为 1M 和 2M
prf_crc_sel_t	crc	数据包 CRC 配置，可配置为 crc 16bit，crc 8bit，no crc
prf_scramble_sel_t	src	数据包扰码的配置，可配置为使用扰码和不使用扰码
uint16_t	rx_timeout	接收超时时间配置，最大 50000us
uint16_t	rf_channel	2.4g 频点配置，配置范围 2402-2480Mhz
uint8_t	tx_no_ack	配置增强型模式下 tx 是否需要 ack
uint8_t	nrf52_mode	nordic 的长包模式配置，最大 payload 的长度为 255
uint8_t	rx_length	rx 接收数据包长度配置，增强型模式下可不配置
uint8_t	addr_length	接入地址长度配置，可配置为 3、4、5 字节
uint8_t	addr[5]	接入地址的内容

prf_mode_t:

Type	Value	Description
PRF_MODE_NORMAL	0	普通型
PRF_MODE_ENHANCE	1	增强型

prf_chip_mode_sel_t:

Type	Value	Description
PRF_CHIP_MODE_SEL_BLE	1	蓝牙模式
PRF_CHIP_MODE_SEL_XN297	2	XN297 模式
PRF_CHIP_MODE_SEL_NORDIC	3	NORCDIC 模式

prf_trx_mode_t:

Type	Value	Description
PRF_TX_MODE	0	2.4G 发射
PRF_RX_MODE	1	2.4G 接收

prf_phy_t:

Type	Value	Description
PRF_PHY_1M	1	1M 通信速率
PRF_PHY_2M	2	2M 通信速率

prf_crc_sel_t:

Type	Value	Description
PRF_CRC_SEL_NOCRC	0	no crc
PRF_CRC_SEL_CRC8	1	crc 8bit
PRF_CRC_SEL_CRC16	2	crc 16bit

prf_scramble_sel_t:

Type	Value	Description
PRF_SRC_SEL_NOSRC	0	不使能扰码
PRF_SRC_SEL_EN	1	使能扰码

6.3 2.4G 各中断处理

```
void event_tx_fun(void)
{
        printk("tx done\n");
}

void event_rx_fun(void)
{
        panchip_prf_payload_t rx_payload;

        rx_payload.data_length = panchip_prf_data_rec(&rx_payload);
        printk("rx data:");
        data_printk(rx_payload.data, rx_payload.data_length);
}

void event_rx_timeout_fun(void)
{
        printk("rx timeout\n");
}

void event_crc_err_fun(void)
{
        printk("rx data crc err\n");
```

(下页继续)

(续上页)

```
}

void event_pid_err_fun(void)
{

}
```

注：此例程对时间要求较高，因此在 GPIO 中断和 LL 中断中不宜添加打印或者执行时间长的代码。

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       22728 B      1020 KB      2.18%
SRAM:         4016 B        64 KB      6.13%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

PRF: 2.4G Receiver

1 功能概述 此项目演示了 2.4G 接收端功能：接收发送端的 2.4G 信号，并将接收到的数据通过串口打印出来。

发射端（参考prf_sample_tx）每隔 1s 发送一次 2.4G 数据包，长度 5 个字节。

2 环境要求

- board: pan108xxb5_evb
- uart: 显示串口输出 log
- PC 串口工具：Panchip Serial Assistant V0.0.006.exe

  需要搭配一个运行 `prf_sample_tx` 的板子一起使用。

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\proprietary_radio\prf_sample_rx`

目前可使用 ZAL 工具或 quick build **脚本**进行编译和下载。

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. 将接收端串口和发射端串口分别接到 PC 的 USB 端口上。
2. 配置接收端和发送端（参考prf_sample_tx）。
3. 观察 PC 串口工具的输出结果。

4.1 演示结果

1. 发射端输出结果：

1. 接收端输出结果：

5 开发说明

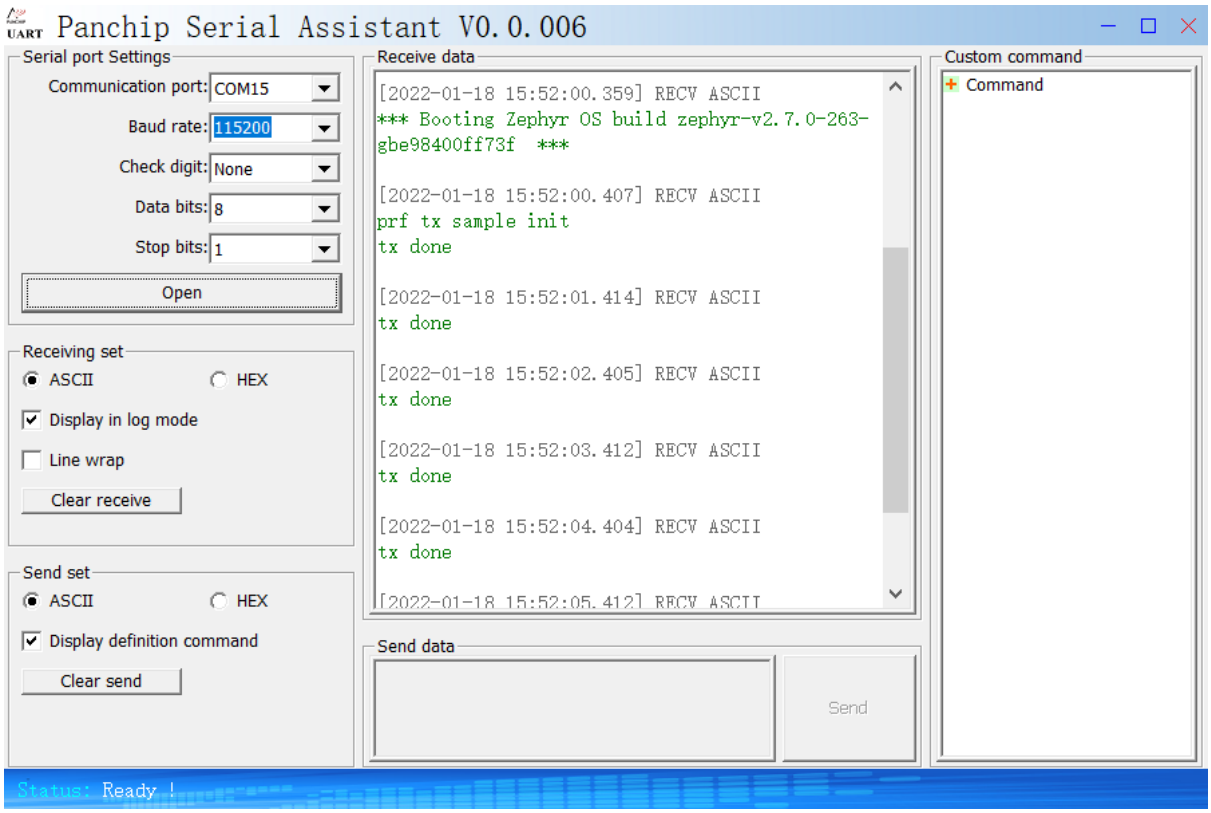


图 61: 发射端 Log

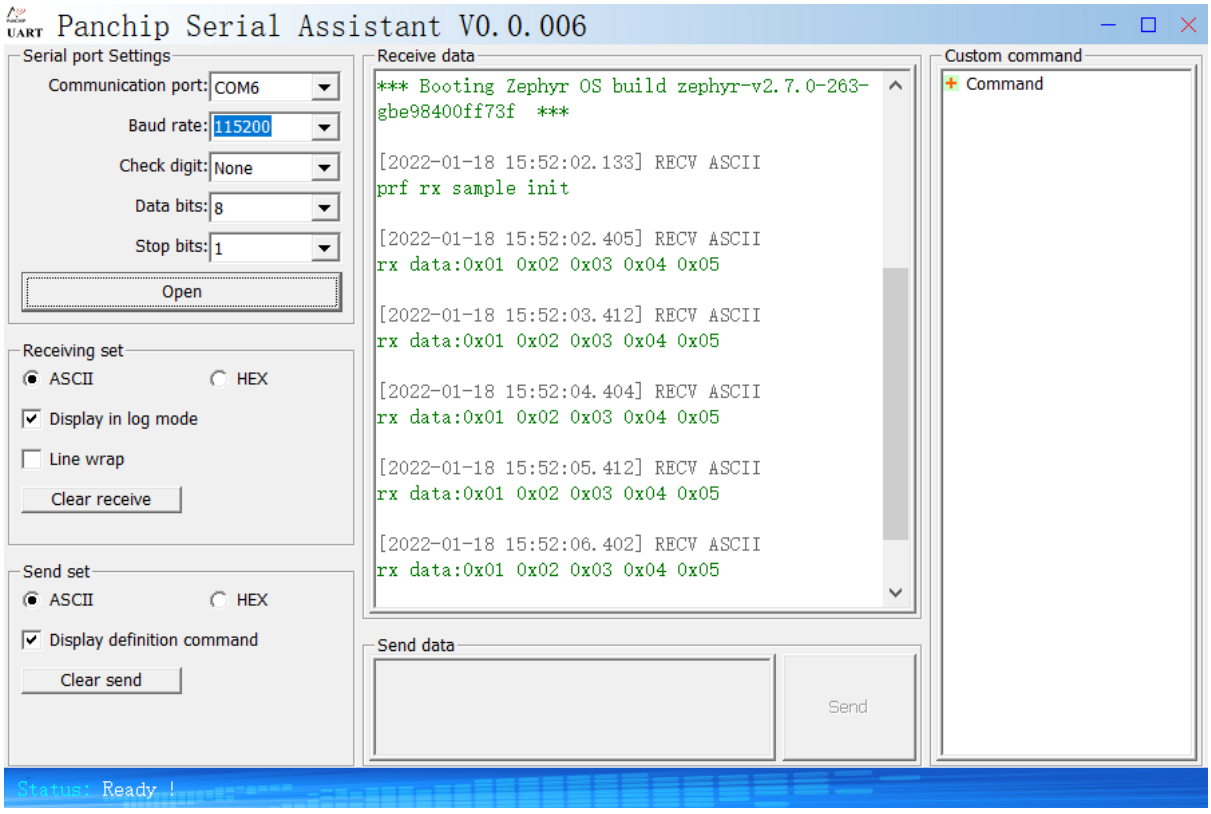


图 62: 接收端 Log

5.1 2.4G 接收初始化　设置接收频点 2450Mhz

```
pan_prf_config_t rx_config = {
        .work_mode                          = CONFIG_PRF_WORK_MODE,
        .chip_mode                          = CONFIG_PRF_CHIP_MODE,
        .trx_mode                          = PRF_RX_MODE,
        .phy                                  = PRF_PHY_1M,
        .crc                                  = CONFIG_PRF_CRC_MODE,
        .src                                  = CONFIG_PRF_SRC_MODE,
        .rx_timeout                         = DISABLE,
        .rf_channel                         = 2450,
        .tx_no_ack                         = DISABLE,
        .nrf52_mode                         = CONFIG_PRF_NRF52_MODE,
        .rx_length                         = 5,
        .addr_length                = 4,
        .addr                                     = { 0x71, 0x76, 0x41, 0x76 },
};
```

2.4G 初始化配置说明如下：

初始化配置的结构体“pan_prf_config_t”

Type	name	Description
prf_mode_t	work_mode	工作模式配置，包括普通型和增强型
prf_chip_mode_sel_t	chip_mode	xn297 通信协议和 nordic 通信协议配置
prf_trx_mode_t	trx_mode	收发模式配置
prf_phy_t	phy	通信速率配置，可配置为 1M 和 2M
prf_crc_sel_t	crc	数据包 CRC 配置，可配置为 crc 16bit，crc 8bit，no crc
prf_scramble_sel_t	src	数据包扰码的配置，可配置为使用扰码和不使用扰码
uint16_t	rx_timeout	接收超时时间配置，最大 50000us
uint16_t	rf_channel	2.4g 频点配置，配置范围 2402-2480Mhz
uint8_t	tx_no_ack	配置增强型模式下 tx 是否需要 ack
uint8_t	nrf52_mode	nordic 的长包模式配置，最大 payload 的长度为 255
uint8_t	rx_length	rx 接收数据包长度配置，增强型模式下可不配置
uint8_t	addr_length	接入地址长度配置，可配置为 3、4、5 字节
uint8_t	addr[5]	接入地址的内容

prf_mode_t：

Type	Value	Description
PRF_MODE_NORMAL	0	普通型
PRF_MODE_ENHANCE	1	增强型

prf_chip_mode_sel_t：

Type	Value	Description
PRF_CHIP_MODE_SEL_BLE	1	蓝牙模式
PRF_CHIP_MODE_SEL_XN297	2	XN297 模式
PRF_CHIP_MODE_SEL_NORDIC	3	NORCDIC 模式

prf_trx_mode_t：

Type	Value	Description
PRF_TX_MODE	0	2.4G 发射
PRF_RX_MODE	1	2.4G 接收

prf_phy_t：

Type	Value	Description
PRF_PHY_1M	1	1M 通信速率
PRF_PHY_2M	2	2M 通信速率

prf_crc_sel_t:

Type	Value	Description
PRF_CRC_SEL_NOCRC	0	no crc
PRF_CRC_SEL_CRC8	1	crc 8bit
PRF_CRC_SEL_CRC16	2	crc 16bit

prf_scramble_sel_t:

Type	Value	Description
PRF_SRC_SEL_NOSRC	0	不使能扰码
PRF_SRC_SEL_EN	1	使能扰码

5.2 中断处理

```
void event_rx_fun(void)
{
        panchip_prf_payload_t rx_payload;

        rx_payload.data_length = panchip_prf_data_rec(&rx_payload);
        printk("rx data:");
        data_printk(rx_payload.data, rx_payload.data_length);

        if (rx_config.work_mode == PRF_MODE_ENHANCE) {
                static panchip_prf_payload_t tx_payload = {
                        .data_length = 10,
                        .data = { 0x10, 0x22, 0x33, 0x44, 0x55, 0x66, 0x77, 0x88, 0x99, 0xaa },
                };

                tx_payload.data[0]++;
                panchip_prf_set_ack_data(&tx_payload);
        } else {
                panchip_prf_trx_start();
        }
}
```

- 普通型模式下将接收的数据打印出来并启动下一次接收。
- 增强型模式下将接收的数据打印出来并发送 ack 数据。

Note：2.4G **接收只支持一个通道，也就是点对点通信。如果要支持一对多通信需要遍历初始化接收端的接入的地址**。

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       30120 B      1020 KB      2.88%
SRAM:        10808 B        64 KB     16.49%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

PRF: 2.4G Transmitter

1 功能概述 此项目演示了 2.4G 发射端功能：每隔 1s 发送一次 2.4G 数据包，长度 5 个字节。

接收端（参考prf_sample_rx）接收发送端的 2.4G 信号，并将接收到的数据通过串口打印出来。

2 环境要求

- board: pan108xxb5_evb
- uart: 显示串口输出 log
- PC 串口工具：Panchip Serial Assistant V0.0.006.exe

  需要搭配一个运行 `prf_sample_rx` 的板子一起使用。

3 编译和烧录

例程位置：`zephyr\samples_panchip\proprietary_radio\prf_sample_tx`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. 将接收端串口和发射端串口分别接到 PC 的 USB 端口上。
2. 配置发送端和接收端（参考prf_sample_rx）。
3. 观察 PC 串口工具的输出结果。

4.1 演示结果

1. 发射端输出结果：

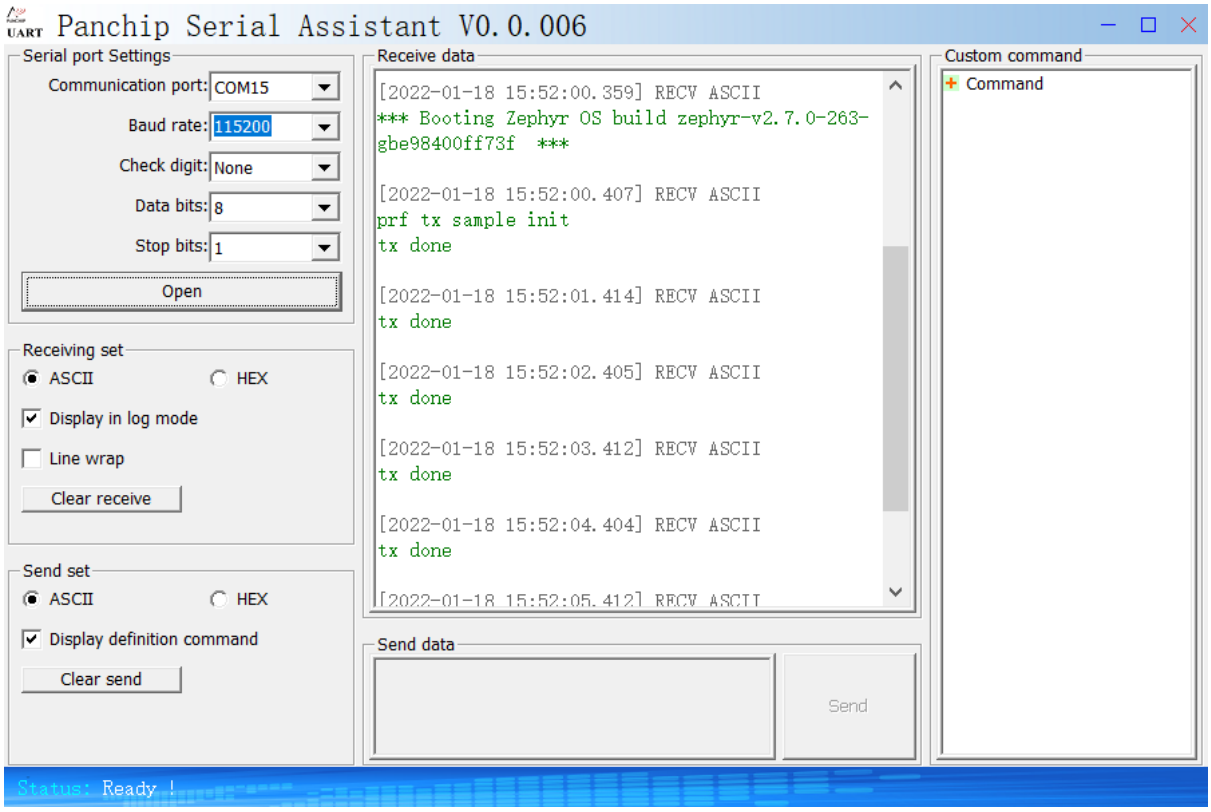


图 63: 发射端 Log

2. 接收端输出结果：

5 开发说明

发射端启动了一个 1s 的定时器，每隔 1s 发送一包 2.4G 数据。发送成功串口输出 log" tx done"。

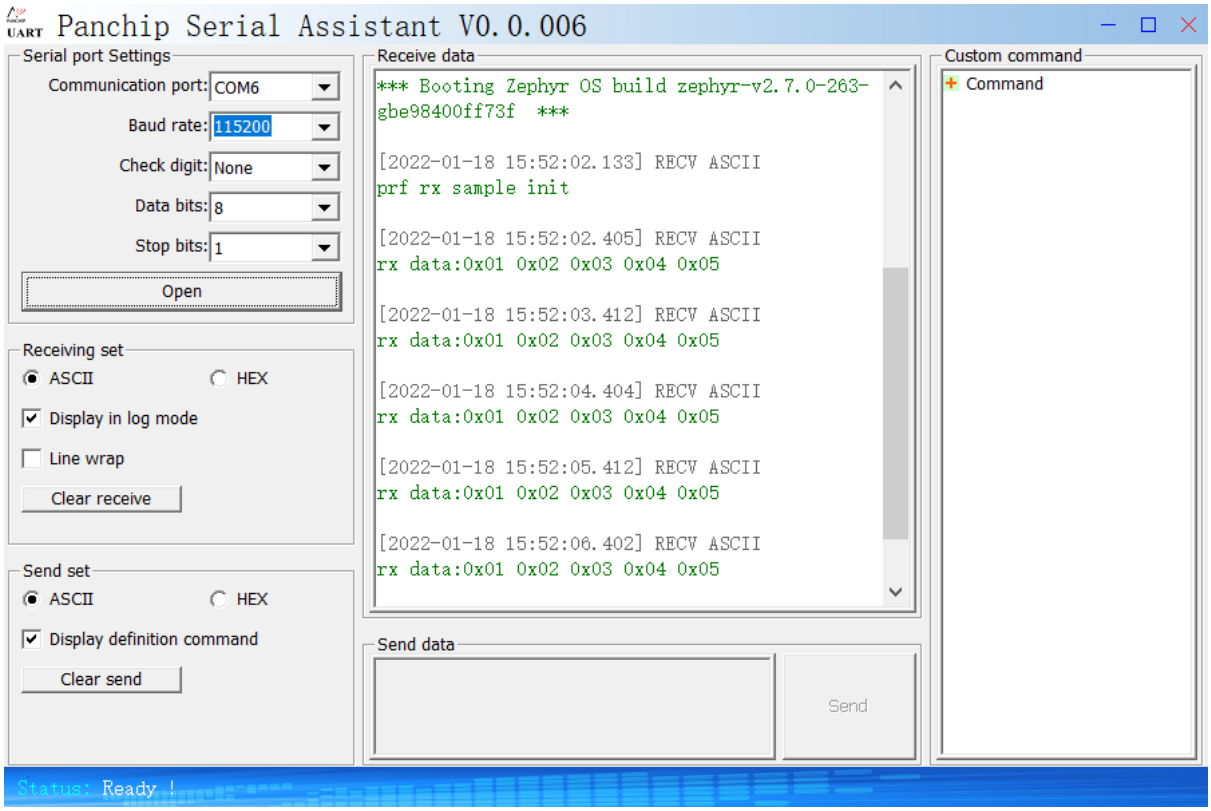


图 64: 接收端 Log

5.1 GPIO 初始化

```
static void callback_edge(const struct device *port, struct gpio_callback *cb,
                          gpio_port_pins_t pins)
{
        panchip_prf_payload_t tx_payload = {
                .data_length                = 4,
                .data                                   = { 0x01, 0x02, 0x03, 0x04, },
        };

        if (pins == BIT(2)) {
        }

        if (pins == BIT(3)) {
                panchip_prf_set_data(&tx_payload);
                panchip_prf_trx_start();
        }
}

void GPIO_Init(void)
{
        const struct device *port;

        port = device_get_binding(DT_LABEL(DT_NODELABEL(p2)));

        gpio_pin_configure(port, 2, GPIO_INPUT);
        gpio_pin_configure(port, 3, GPIO_INPUT);

        gpio_init_callback(&gpio_cb, callback_edge, BIT(2) | BIT(3));
        gpio_add_callback(port, &gpio_cb);
```

(下页继续)

(续上页)

```
        gpio_pin_interrupt_configure(port, 2, GPIO_INT_EDGE_BOTH);
        gpio_pin_interrupt_configure(port, 3, GPIO_INT_EDGE_BOTH);
}
```

5.2 2.4G 发射初始化　设置发射频点 2450Mhz

```
        pan_prf_config_t tx_config = {
                .work_mode                          = CONFIG_PRF_WORK_MODE,
                .chip_mode                          = CONFIG_PRF_CHIP_MODE,
                .trx_mode                          = PRF_TX_MODE,
                .phy                                  = PRF_PHY_1M,
                .crc                                  = CONFIG_PRF_CRC_MODE,
                .src                                  = CONFIG_PRF_SRC_MODE,
                .rx_timeout                          = 50000,
                .rf_channel                          = 2450,
                .tx_no_ack                          = DISABLE,
                .nrf52_mode                          = CONFIG_PRF_NRF52_MODE,
                .rx_length                          = 0,
                .addr_length                 = 4,
                .addr                                    = { 0x71, 0x76, 0x41, 0x76 },
        };
```

2.4G 初始化配置说明如下：

初始化配置的结构体“pan_prf_config_t”

Type	name	Description
prf_mode_t	work_mode	工作模式配置，包括普通型和增强型
prf_chip_mode_sel_t	chip_mode	xn297 通信协议和 nordic 通信协议配置
prf_trx_mode_t	trx_mode	收发模式配置
prf_phy_t	phy	通信速率配置，可配置为 1M 和 2M
prf_crc_sel_t	crc	数据包 CRC 配置，可配置为 crc 16bit，crc 8bit，no crc
prf_scramble_sel_t	src	数据包扰码的配置，可配置为使用扰码和不使用扰码
uint16_t	rx_timeout	接收超时时间配置，最大 50000us
uint16_t	rf_channel	2.4g 频点配置，配置范围 2402-2480Mhz
uint8_t	tx_no_ack	配置增强型模式下 tx 是否需要 ack
uint8_t	nrf52_mode	nordic 的长包模式配置，最大 payload 的长度为 255
uint8_t	rx_length	rx 接收数据包长度配置，增强型模式下可不配置
uint8_t	addr_length	接入地址长度配置，可配置为 3、4、5 字节
uint8_t	addr[5]	接入地址的内容

prf_mode_t：

Type	Value	Description
PRF_MODE_NORMAL	0	普通型
PRF_MODE_ENHANCE	1	增强型

prf_chip_mode_sel_t：

Type	Value	Description
PRF_CHIP_MODE_SEL_BLE	1	蓝牙模式
PRF_CHIP_MODE_SEL_XN297	2	XN297 模式
PRF_CHIP_MODE_SEL_NORDIC	3	NORCDIC 模式

prf_trx_mode_t：

Type	Value	Description
PRF_TX_MODE	0	2.4G 发射
PRF_RX_MODE	1	2.4G 接收

prf_phy_t:

Type	Value	Description
PRF_PHY_1M	1	1M 通信速率
PRF_PHY_2M	2	2M 通信速率

prf_crc_sel_t:

Type	Value	Description
PRF_CRC_SEL_NOCRC	0	no crc
PRF_CRC_SEL_CRC8	1	crc 8bit
PRF_CRC_SEL_CRC16	2	crc 16bit

prf_scramble_sel_t:

Type	Value	Description
PRF_SRC_SEL_NOSRC	0	不使能扰码
PRF_SRC_SEL_EN	1	使能扰码

5.3 中断处理

```
void event_tx_fun(void)
{
        printk("tx done\n");
}

void event_rx_fun(void)
{
        panchip_prf_payload_t rx_payload;

        rx_payload.data_length = panchip_prf_data_rec(&rx_payload);
        printk("rx data:");
        data_printk(rx_payload.data, rx_payload.data_length);
}

void event_rx_timeout_fun(void)
{
        printk("rx timeout\n");
}

void event_crc_err_fun(void)
{
        printk("rx data crc err\n");
}

void event_pid_err_fun(void)
{

}
```

- 增强型模式下发送完成后还会接收接收端发送的 ack 数据。

Note：2.4G **发射只支持一个通道，也就是点对点通信。如果要支持一对多通信需要遍历初始化发射端的接入的地址。**

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       30216 B      1020 KB      2.89%
SRAM:        10592 B        64 KB     16.16%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

3.2.6 解决方案

Solution: BLE Google Light

1 **功能概述** 本文主要介绍 PAN1080 BLE 灯控接入 google home 音箱，通过谷歌音箱控制 RGB 灯的亮度与颜色。

2 **环境要求**

- board: pan108xxb5_evb
- uart (option): 显示串口 log
- google home 音箱
- google home app

3 **编译和烧录** 例程位置：`zephyr\samples_panchip\solutions\ble_google_light`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 **演示说明**

1. PAN1080 EVB 板 GPIO P10、P11、P16 与 RGB 电路用跳线帽连接。
2. EVB 板上电灯的颜色默认是白色，BLE 广播设备的名字是 “EnergeticLighting”。
3. 打开安卓手机” google home “app 与 google home 音箱连接，然后在 app 上添加灯泡设备，app 上启动搜索灯泡。
4. 搜索到后连接并配网，配网的过程中灯会闪烁。
5. 配网成功后 app 上会显示一个灯泡的图案，然后就可以控制灯的开关、亮度和颜色。
6. 灯和音箱断开连接后的 BLE 广播设备的名字是 “EnergeticLightingPRO”，此时与音箱连接无需重新配网可以直接连接。
7. app 上设置移除灯泡后此时灯进入退网状态，BLE 广播设备的名字是 “EnergeticLighting”，与音箱连接需要重新配网。

5 **设备配网和控制**

5.1 **广播数据**

Data Type	Description	Length	Detail
0xff	Device id	6byte	mac addr
0xfe	Deviceinfo: Manufacturer model	7byte	“panchip”
0xfd	HW Version	1byte	0x01
0xfc	SW Version	1byte	0x01
0x09(未配网)	Device name	n byte	“EnergeticLighting”
0x09(已配网)	Device name	n byte	“EnergeticLightingPRO”

配网前和配网后的广播包主要是名字不一样，其他的都是一样的。

5.2 GATT 服务

Function	Service Attribute	UUID(128bit)
Useless	Primary service	0x1800（Generic GAP Service）
读灯的状态	Read characteristic declaration	0x35, 0xb1, 0xc3, 0xd8, 0x7e, 0xd4, 0x21, 0x81, 0x13, 0x46, 0xb7, 0x9c, 0x43, 0xaf, 0x83, 0x76
读灯的名字	Read characteristic declaration	0x36, 0xb1, 0xc3, 0xd8, 0x7e, 0xd4, 0x21, 0x81, 0x13, 0x46, 0xb7, 0x9c, 0x43, 0xaf, 0x83, 0x76
控制灯的配网和灯状态	Write characteristic declaration	0x37, 0xb1, 0xc3, 0xd8, 0x7e, 0xd4, 0x21, 0x81, 0x13, 0x46, 0xb7, 0x9c, 0x43, 0xaf, 0x83, 0x76
读灯的亮度和开关状态	Read characteristic declaration	0x38, 0xb1, 0xc3, 0xd8, 0x7e, 0xd4, 0x21, 0x81, 0x13, 0x46, 0xb7, 0x9c, 0x43, 0xaf, 0x83, 0x76
读灯的软件版本信息	Read characteristic declaration	0x39, 0xb1, 0xc3, 0xd8, 0x7e, 0xd4, 0x21, 0x81, 0x13, 0x46, 0xb7, 0x9c, 0x43, 0xaf, 0x83, 0x76
主动上报灯的亮度和开关状态	Notify characteristic declaration	0x40, 0xb1, 0xc3, 0xd8, 0x7e, 0xd4, 0x21, 0x81, 0x13, 0x46, 0xb7, 0x9c, 0x43, 0xaf, 0x83, 0x76

5.3 通信协议

5.3.1 Read Light Status　UUID = {0x35,0xb1,0xc3,0xd8,0x7e,0xd4,0x21,0x81,0x13,0x46,0xb7,0x9c,0x43,0xaf,0x83,0x76}

Function	Length	Detail
Light OnOff	1byte	0x0: 关闭，0x1: 使能
Light Brightness	1byte	0x0: 关闭，0x1: 使能
Light Color Temperature	1byte	0x0: 关闭，0x1: 使能
Light Color Setting	1byte	0x0: 关闭，0x1: 使能
Light Min Temperature	2byte	eg：2000
Light Max Temperature	2byte	eg：7500

灯发送数据如下：

data[8]={0x01 ,0x01 ,0x01 ,0x01 ,0x07 ,0xd0, 0x1d ,0x4c}

5.3.2 Read Light Name　UUID = {0x36,0xb1,0xc3,0xd8,0x7e,0xd4,0x21,0x81,0x13,0x46,0xb7,0x9c,0x43,0xaf,0x83,0x76}

Function	Length	Detail
Name	14byte	“A19 Full Color”

灯的名字：

name_data[] = “A19 Full Color”

5.3.3 Light Control　UUID = {0x37,0xb1,0xc3,0xd8,0x7e,0xd4,0x21,0x81,0x13,0x46,0xb7,0x9c,0x43,0xaf,0x83,0x76}

Function	Length	Type（1byte）	Detail
Onoff	2byte	0x00	on：0x01；off：0x00
Bright	2byte	0x01	bright：0~100
Color Temperature	3byte	0x02	temp：2000~7500
Blink	2byte	0x03	on：0x01；off：0x00
Provision	2byte	0x04	succeed：0x01；failed：0x00
Unprovision	2byte	0x05	succeed：0x01；failed：0x00
Color	4byte	0x06	red：0~255；green：0~255；blue：0~255

控制灯的开关、亮度、色温、颜色、闪烁、配网和退网。

5.3.4 Read Light Version　UUID = {0x39,0xb1,0xc3,0xd8,0x7e,0xd4,0x21,0x81,0x13,0x46,0xb7,0x9c,0x43,0xaf,0x83,0x76}

Function	Length	Detail
Hardware and software version	2byte	hw：0x01；sw：0x01

5.3.5 Read Light Bright and Color temp　UUID = {0x38,0xb1,0xc3,0xd8,0x7e,0xd4,0x21,0x81,0x13,0x46,0xb7,0x9c,0x43,0

Function	Length	Detail
Onoff	1byte	on：0x01；off：0x00
Bright	1byte	bright：0~100
ColorTemperature	2byte	temp：2000~7500

5.3.6 Notify Light Status　UUID = {0x40,0xb1,0xc3,0xd8,0x7e,0xd4,0x21,0x81,0x13,0x46,0xb7,0x9c,0x43,0xaf,0x83,0x76}

每次收到控制命令后将灯的状态通知给音箱。

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      213144 B      1020 KB     20.41%
SRAM:        27908 B        52 KB     52.41%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Solution: BLE HID Selfie

1 功能概述　此项目演示模拟蓝牙自拍杆功能。

2 环境要求

- board: pan108xxb5_evb
- uart (option): 显示串口 shell
- 测试硬件: 智能手机
- PC 工具: 软件 shell 工具（支持串口，波特率 921600）

3 编译和烧录　例程位置：`zephyr\samples_panchip\solutions\ble_hid_selfie`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. 将 ble_hid_selfie 烧录至 EVB 板后，使用 shell 工具连接上 EVB 开发板（波特率 921600），会显示如下 log。通过连续双击 tab 可以显示出当前可用的命令。

```
Bluetooth initialized
Advertising successfully started


[00:00:00.029,000] <inf> fs_nvs: 8 Sectors of 4096 bytes
[00:00:00.029,000] <inf> fs_nvs: alloc wra: 0, fe8
[00:00:00.029,000] <inf> fs_nvs: data wra: 0, 0
```

（下页继续）

(续上页)

```
[00:00:00.129,000] <inf> bt_hci_core: No ID address. App must call settings_load()
[00:00:00.139,000] <inf> bt_hci_core: Identity: EC:5F:48:F6:62:BD (random)
[00:00:00.139,000] <inf> bt_hci_core: HCI: version 5.1 (0x0a) revision 0x0003, manufacturer␣
↪0x07d1
[00:00:00.139,000] <inf> bt_hci_core: LMP: version 5.1 (0x0a) subver 0x0000
[00:00:00.154,000] <inf> bt_settings: Saving ID
uart:~$
  clear     date      device    devmem    flash     help      history   kernel
  log       resize    sensor    shell     test
uart:~$ test
  photos    ac_home   vol_up    vol_down  raw_hex
```

1. 智能手机蓝牙设置中找到 Pan Selfie 设备，选中连接并输入 shell 产生的随机数 Passkey 进行配对。

```
uart:~$ Connected 75:19:99:D2:BE:BA (random)
Passkey for 75:19:99:D2:BE:BA (random): 905570
Security changed: 75:19:99:D2:BE:BA (random) level 4
ccc 0001
ccc consumer 0001
```

1. 然后我们就可以通过支持的 test 命令来模拟蓝牙自拍杆的相关动作

5 支持的模拟测试命令

测试命令	功能描述
test photos	模拟拍照按键
test ac_home	模拟 Home 键
test vol_up	模拟音量 + 键
test vol_down	模拟音量-键

相应命令支持的函数可以参考 shell 命令实现：

```
SHELL_STATIC_SUBCMD_SET_CREATE(sub_test,
                               SHELL_CMD(photos,       NULL,   "Take Photos command",  cmd_
↪test_photos),
                               SHELL_CMD(ac_home,      NULL,   "AC Home command",      cmd_
↪test_ac_home),
                               SHELL_CMD(vol_up,       NULL,   "Volume up command",    cmd_
↪test_vol_up),
                               SHELL_CMD(vol_down,     NULL,   "Volume down command",  cmd_
↪test_vol_down),
                               SHELL_CMD(raw_hex,      NULL,   "RAW Hexgroup command", cmd_
↪test_raw_hex),
                               SHELL_SUBCMD_SET_END /* Array terminated. */
                               );
SHELL_CMD_REGISTER(test, &sub_test, "HID Over GATT Test commands", NULL);
```

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      297776 B      1020 KB     28.51%
SRAM:        41148 B        52 KB     77.28%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Solution: BLE Panchip-CTE Beacon

1 功能概述 此项目演示磐启蓝牙定位标签的功能，通过发送特定的广播数据，实现蓝牙定位功能。这是磐启蓝牙定位方案中的一部分，有关定位方案的更多信息请参考 **[待补充]**。

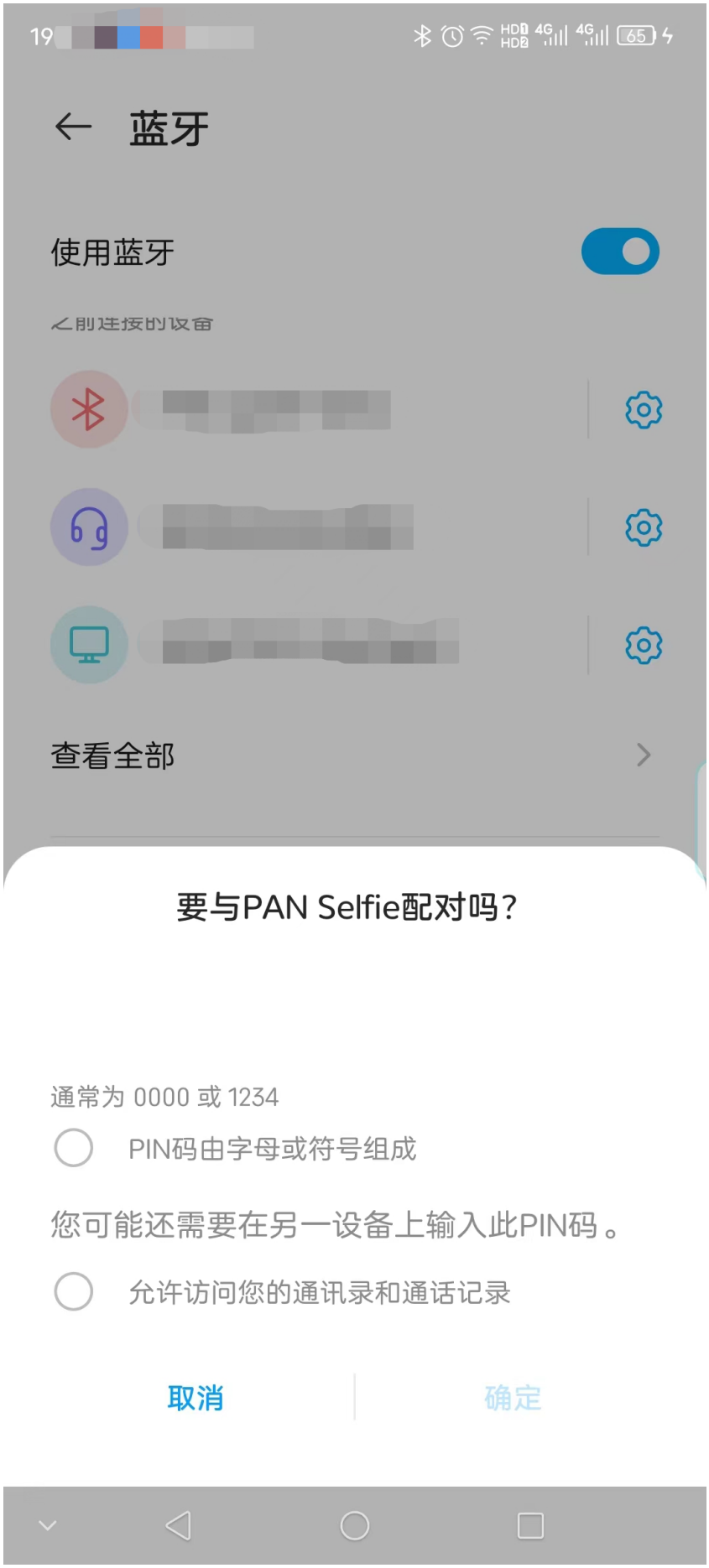

蓝牙
使用蓝牙
查看全部
要与PAN Selfie配对吗?
通常为 0000 或 1234
PIN码由字母或符号组成
您可能还需要在另一设备上输入此PIN码。
允许访问您的通讯录和通话记录
取消
确定

图 65: 手机配对界面

2 环境要求

- board: pan108xxb5_evb
- uart (option): 显示串口 log

3 编译和烧录

例程位置：`zephyr\samples_panchip\solutions\ble_pcte_beacon`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

烧录完成后，设备自动启动蓝牙广播，可以在手机 `nRF Connect` 或抓包工具上获取如下信息：

- Advertising Type: ADV_SCAN_IND
- Advertising Interval Time: 250ms
- Company ID: (Shanghai Panchip Microelectronics Co., Ltd (0x07D1)
- Device Name: PANCHIP-CTE Beacon

下图是 `nRF Connect`(Android) 扫描到设备后显示的信息。

5 广播数据

广播数据包含两个 AD Element，如下表。

Index (Byte)	Data	Name	Description
0	0x02	Length	Length of this AD Element 1
1	0x01	AD Type	Flags
2	0x06	Data	BT_LE_AD_GENERAL, BT_LE_AD_GENERAL
3	0x1B	Length	Length of this AD Element 2
4	0xFF	AD Type	Manufacturer Specific Data
5:6	0x07D1	Company ID	Shanghai Panchip Microelectronics Co., Ltd 厂商 ID 可由用户自定义用于区分设备厂家，标签和基站需要保持一致。
7	0x01	Packet ID	定位包 ID，用于区分同一厂家的不同设备，如标签、手环、IOS 微信小程序和安卓微信小程序等，标签使用 0x01。该部分可由用户自定义，标签和基站需保持一致。
8	0x20	Device Type	设备类型
9	0x15	Header	Carries information of Tag’ s TX rate, TX power and ID type
10:16	0xD2, 0x12, 0x03, 0x00, 0x02, 0x23,	Tag ID	用于区分不同的标签
17	0xC9	Checksum	CRC-8 [Device Type, Header, Tag ID]
18:31	0x67, 0xF7, 0xDB, 0x34, 0xC4, 0x03, 0x8E, 0x5C, 0x0B, 0xAA, 0x97, 0x30, 0x56, 0xE6	DF Field	该字段为辅助定位使用的固定字节。该段内容需保证空中抓取到的是固定频率的电磁波。根据 2402MHz 广播通道的白化算法规则和蓝牙先发送低字节的低比特的特性。修改信道时，需要对此进行调整。

6 RAM/Flash 资源使用情况

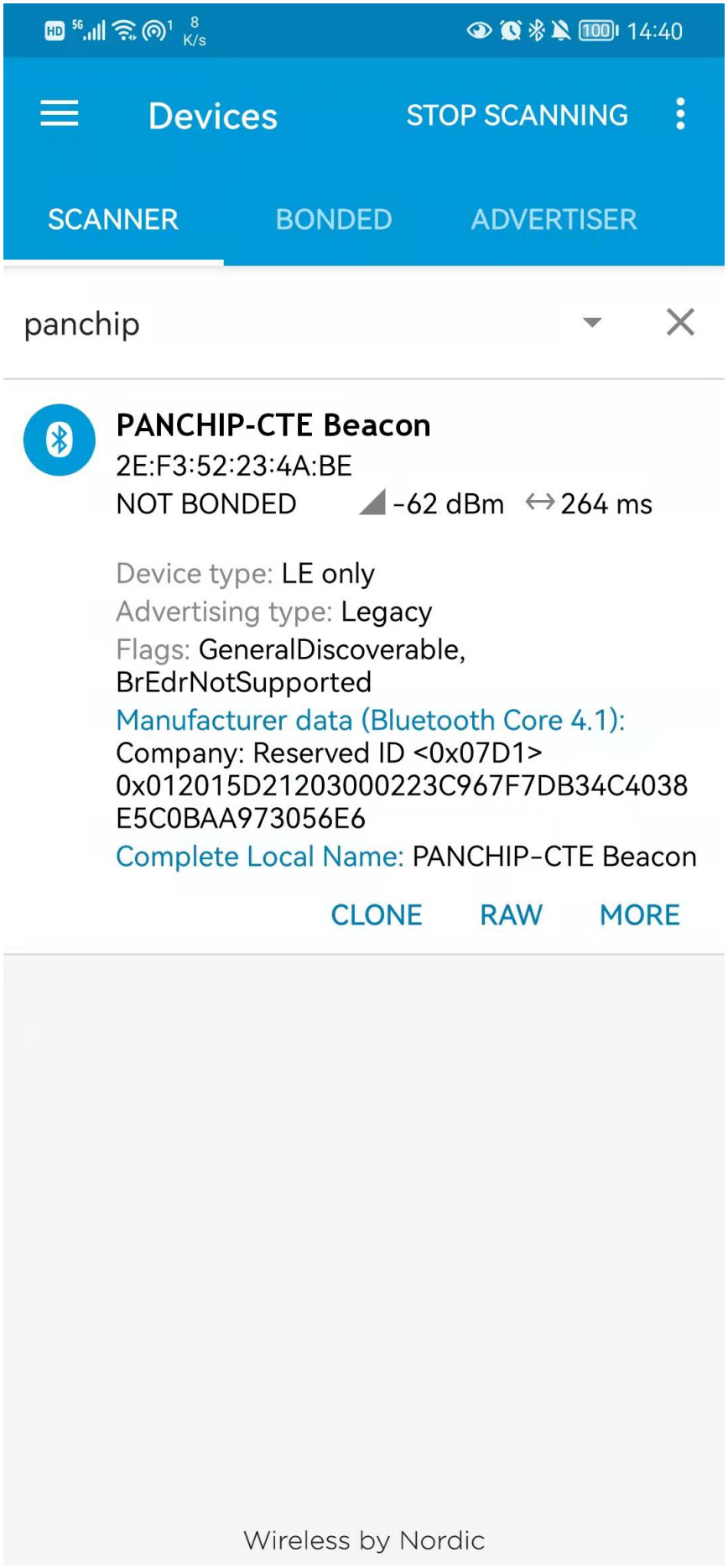


图 66: PANCHIP-CTE Beacon 手机端信息显示界面

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      179276 B      1020 KB     17.16%
SRAM:        25120 B        52 KB     47.18%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Solution: BLE RGB Light

1 **功能概述** 本文主要介绍 PAN1080 BLE RGB 灯和手机 APP 进行连接，通过 APP 控制 RGB 灯的亮度与颜色。

2 环境要求

- board: pan108xxb5_evb
- uart (option): 显示串口 log
- 安卓亿觅精灵灯 app V1.5.5，或微信小程序 (**待补充**)

3 编译和烧录

例程位置：`zephyr\samples_panchip\solutions\ble_rgb_light`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. PAN1080 EVB 板 GPIO P10、P11、P16 与 RGB 电路用跳线帽连接。
2. EVB 板上电灯的颜色默认是蓝色，BLE 广播设备的名字是”b+EMIE Elfy”。
3. 打开安卓手机”亿觅精灵灯“app，在 app 上启动搜索设备。
4. 搜索到后点击连接，连接成功后就可以控制灯的开关和颜色了。

5 设备连接和控制

5.1 广播数据

Adv Data Type	Description	Length	Detail
0xff	Device id	6byte	0x11, 0x00, 0xc9, 0x7a, 0xbb, 0x8f, 0xdd, 0x4b, 0x00, 0x11
0x07	128-bit UUID	16byte	0x9e, 0xca, 0xdc, 0x24, 0x0e, 0xe5, 0xa9, 0xe0,0x93, 0xf3, 0xa3, 0xb5, 0x01, 0x20, 0x40, 0x6e
0x09	Device name	n byte	“b+EMIE Elfy”

5.2 GATT 服务

Function	Service Attribute	UUID(128bit)
Useless	Primary service	0x9e, 0xca, 0xdc, 0x24, 0x0e, 0xe5, 0xa9, 0xe0,0x93, 0xf3, 0xa3, 0xb5, 0x01, 0x20, 0x40, 0x6e
控制灯的状态	Write characteristic declaration	0x9e, 0xca, 0xdc, 0x24, 0x0e, 0xe5, 0xa9, 0xe0, 0x93, 0xf3, 0xa3, 0xb5, 0x02, 0x20, 0x40, 0x6e
Notify 灯的状态	notify characteristic declaration	0x9e, 0xca, 0xdc, 0x24, 0x0e, 0xe5, 0xa9, 0xe0,0x93, 0xf3, 0xa3, 0xb5, 0x03, 0x20, 0x40, 0x6e

5.3 通信协议

5.3.1 Light Control UUID = {0x9e, 0xca, 0xdc, 0x24, 0x0e, 0xe5, 0xa9, 0xe0, 0x93, 0xf3, 0xa3, 0xb5, 0x03, 0x20, 0x40, 0x6e}

Function	Length	Detail
off	2byte	off：0xaa, 0x03
Color	5byte	0xaa,0x16,red：0~255,green：0~255,blue：0~255

控制灯的开关、颜色。

5.3.2 Notify Light Status UUID = {0x9e, 0xca, 0xdc, 0x24, 0x0e, 0xe5, 0xa9, 0xe0, 0x93, 0xf3, 0xa3, 0xb5, 0x02, 0x20, 0x40, 0x6e}

每次收到控制命令后将灯的状态通知给手机 app。

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      240448 B      1020 KB     23.02%
SRAM:        30024 B        52 KB     56.39%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Solution: Mesh Panchip

1 功能概述 此 sample 为 pan108xxb5_evb 在 solutin 应用中，多种 model 的应用，多种 function 的示例，目的为同时实现多种 model 的演示，方案级的代码构成。

具体支持的 feature 如下：1. Boot 应用 2. 多次擦除验证 BT Setting 操作 flash 3. 读取 DTS ADC 温度传感器 4. Light model DTS GPIO 灯控功能 5. Pb remote 入网功能 6. Panchip Test Vendor Model 测试收包率 7. output string oob 方式入网 8. BLE 更新连接参数

2 环境要求

- board: pan108xxb5_evb
- uart (option): 显示串口 log
- App: PanMesh(IOS) 或 nRF Mesh(IOS/Android)
- mesh:

1. 测试 PB Remote：需要额外准备一块开发板。
2. Mesh OTA 只能运行在 1K flash 的板子上。
3. 测试 Boot OTA: Boot 源码 keil 烧录，准备串口 dongle，升级及 boot log 通过 P30，P31 打印，固件生成需要拷贝 `ota.bin` 至 build 目录。

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\solutions\mesh_panchip`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

1. 根据 Zephyr 编译环境搭建 VSCode 开发环境, 准备至少 1 块其他待入网设备，发送 beacon 如 1020.
2. 下载前需要 erase chip（`CONFIG_BT_SETTINGS=y` 情况下需要，因为需要 stored cdb，防止 flash 冲突），`CONFIG_BT_SETTINGS=n` 情况下不需要
3. 观察 ADC 打印

4. 通过 Nrf Mesh 进行入网，入网时选择入网方式 output oob
5. 连接后可以通过抓包确认连接间隔为 100ms
6. 入网后按键 4 次擦除入网信息
7. 通过 PanMesh 入网，验证灯控
8. 通过 PanMesh 绑定 appkey 后验证 packet test vendor
9. 通过 PanMesh 验证 Pbremote 入网流程

5 开发说明

5.1 KCONFIG

1. 栈大小分配

```
CONFIG_SYSTEM_WORKQUEUE_STACK_SIZE=2048
CONFIG_ISR_STACK_SIZE=2048
CONFIG_BT_RX_STACK_SIZE=3072
```

2. flash 区域划分，boot 应用相关，带 boot 的程序需要如下配置

```
CONFIG_IS_BOOTLOADER=n
CONFIG_USE_DT_CODE_PARTITION=y
```

3. driver 相关，需要 adc driver 相关的宏

```
CONFIG_ADC=y
```

4. flash 相关，demo 开启了 flash 存储功能，入网信息可以保存擦除等操作，并且需要 flash driver 完成 ota

```
CONFIG_BT_SETTINGS=y
CONFIG_FLASH=y
CONFIG_FLASH_MAP=y
CONFIG_NVS=y
CONFIG_SETTINGS=y
```

5. BLE 相关，demo 涉及 DLE，CONFIG_BT_DEVICE_NAME 显示等

```
CONFIG_BT=y
CONFIG_BT_OBSERVER=y
CONFIG_BT_DATA_LEN_UPDATE=n
CONFIG_BT_AUTO_DATA_LEN_UPDATE=y
CONFIG_BT_PHY_UPDATE=n
CONFIG_BT_PERIPHERAL=y
CONFIG_BT_TINYCRYPT_ECC=y
CONFIG_BT_L2CAP_TX_BUF_COUNT=5
CONFIG_BT_DEVICE_NAME_DYNAMIC=y
CONFIG_BT_DEVICE_NAME="panchip"
```

6. mesh 相关参数
    1. `CONFIG_BT_PAN_MESH_MODELS=y` 开发 model 层总开关
    2. 可以有 3 个可选择 model
    3. 其他 mesh 参数的分配和使能

```
CONFIG_BT_MESH=y

CONFIG_BT_PAN_MESH_MODELS=y
```

(下页继续)

(续上页)

```
CONFIG_BT_MESH_PB_REMOTE_SRV=y
CONFIG_BT_MESH_SIG_OTA_SRV=y
CONFIG_BT_MESH_PTV_SRV=y

CONFIG_BT_MESH_SUBNET_COUNT=1
CONFIG_BT_MESH_APP_KEY_COUNT=2
CONFIG_BT_MESH_MODEL_GROUP_COUNT=2
CONFIG_BT_MESH_LABEL_COUNT=1

CONFIG_BT_MESH_TX_SEG_MSG_COUNT=6
CONFIG_BT_MESH_RX_SEG_MSG_COUNT=6
CONFIG_BT_MESH_ADV_BUF_COUNT=30
CONFIG_BT_MESH_TX_SEG_MAX=6
CONFIG_BT_MESH_RX_SEG_MAX=6

CONFIG_BT_MESH_UNPROV_BEACON_INT=5

CONFIG_BT_MESH_MODEL_EXTENSIONS=y
CONFIG_BT_MESH_RELAY=y
CONFIG_BT_MESH_FRIEND=n
CONFIG_BT_MESH_PB_GATT=y
CONFIG_BT_MESH_PB_ADV=y
CONFIG_BT_MESH_GATT_PROXY=y
```

7. 调试 LOG 宏，不建议全开，log 较多占一定 ram

```
CONFIG_BT_DEBUG_LOG=y

CONFIG_BT_MESH_DEBUG=y
CONFIG_BT_DEBUG_CONN=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_BEACON=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_PROV=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_ADV=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_PROXY=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_MODEL=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_ACCESS=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_TRANS=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_KEYS=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_NET=y
```

5.2 MAIN 函数

main 函数包括 3 部分

1. flash 相关的配置擦除, 包括函数 `ps_settings_init`,`short_time_multireset_bt_mesh_unprovisioning`
2. `bt_enable()` 初始化蓝牙
3. `bt_ready()` 初始化 MESH
4. 蓝牙回调接口

```
static void connected(struct bt_conn *conn, uint8_t err)
{
        if (err) {
                printk("Connection failed (err 0x%02x)\n", err);
        } else {
                printk("Connected\n");
        }
}

static void disconnected(struct bt_conn *conn, uint8_t reason)
```

(下页继续)

(续上页)

```
{
        printk("Disconnected (reason 0x%02x)\n", reason);
}

BT_CONN_CB_DEFINE(conn_callbacks) = {
        .connected = connected,
        .disconnected = disconnected,
};
```

5.3 ble_mesh ble/mesh 相关操作:

1. `static const struct bt_mesh_prov prov` 配置入网参数
2. `struct bt_mesh_model root_models[]` 配置 mesh model

   通过 `pro.conj` 配置使能相应 model
3. UUID 生成方式：静态数组 `static uint8_t dev_uuid[16]`
4. 入网认证方式：output string
5. 入网 beaer 选择：`bt_mesh_prov_enable(BT_MESH_PROV_ADV | BT_MESH_PROV_GATT);`

5.4 其他说明

1. light model 和 config model，health model 相关参考后续介绍 model 文档，参考 spec 文档。
2. Pb remote model 实现在 zephyr 内 `subsys\bluetooth\mesh_models\sig_models\remote_srv.c`
3. Sig OTA 实现在 zephyr 内 `subsys\bluetooth\mesh_models\sig_models\blob_srv.c`
4. Packet Test Vendor Model 实现在 zephyr 内 `subsys\bluetooth\mesh_models\vendor_models\ptv_srv.c`

6 补充说明

1. mesh_model 源码在 `subsys\bluetooth\mesh_models\`内统一 coding
2. 由于 Ram 剩余不足，Mesh Log 分情况打开。

7 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      322536 B      1020 KB     30.88%
SRAM:        39589 B        52 KB     74.35%
IDT_LIST:        0 GB         2 KB      0.00%
```

Solution: Multi Model Mouse

重要: 此例程仅存在于特殊版本的 SDK 中，如有需要请联系 Panchip。

---

1 **功能概述** 此 sample 为 `pan108xxb5`(64pin 芯片) 在实体鼠标板下的应用

具体支持的 feature 如下:

- 通用功能:
  1. 光电传感：通过 sensor 进行鼠标基础坐标获取，可以通过按键进行切换 Sensor DPI 切换（PAW3325 800-1600（默认）-2400-3200-6400-12000）

2. QDEC 滚轮模块：支持去抖的正交解码器，反馈鼠标滚轮变化情况
3. 按键模块：

   a. 基础按键左中右，中键长按 1s 切换 2.4G 上报率（1000-500-250-125），左中右长按进行强制对码

   b. 底部具有模式切换键
4. LED 模块：反馈对码情况（2.4G 未对码/强制对码快闪黄灯，已存储配对信息慢闪黄灯，已连接 RB 紫色灯呼吸）
5. 电量检测：ADC 采集电量信息，通过串口反馈电量情况
6. 供电及模式切换：

   a. 电池供电：底部按键可以切换 2.4G 模式与蓝牙模式，开关拨到中间中间为断电状态，USB 接入 PC 时为优先级最高的 USB 模式

   b. USB 仅供电：底部按键可以切换 2.4G 模式与蓝牙模式，中间为保电状态

   c. USB 插入 PC：USB 接入 PC 时为优先级最高的 USB 模式

- 2.4G 模式（PRF 增强型模式）
  1. 跳频：在信号质量不好 (连续 `FREQ_HOP_NOACK_THREHOLD`=15 个 ack 未收到)/对码前在 8 个频点进行跳频
  2. 对码：上电跳频找到 dongle 端的频点后，通信互发对端的 MAC 地址后 2 字节，之后切换到私有地址进行通信
  3. 重传：丢包时会进行重传，以最快速度进行重传直到收到对端回复
  4. ACK：可解析的 ACK，具有演示代码
  5. 性能：默认上报率 1000 的情况下，近距离稳定在 990 包以上，8-9 米稳定在 960 包以上；近距离可以切换上报率进行测试（可选）
  6. 测试模式（可选）：宏控制自动画圈；关闭 PWM 灯测试功耗；设置功率测试；ACK 测试
- BLE 模式
  1. 蓝牙白名单，分时连接
  2. 配对，保存
  3. 连接，重连功能：
  4. OTA（未实现）：与 mcuboot 配合通过 NRF 工具进行升级
  5. 性能：133HZ 上报率
  6. 性能：兼容性
- USB 模式
  1. 性能：USB2.0 最高速率 1000hz
  2. 电脑的休眠唤醒（未做）
  3. 升级（未做）：与 mcuboot 配合通过 USB 工具进行升级
- EMI 测试（未做）

2 环境要求

- board: `pan108xxb5`（芯片型号）鼠标板
- uart (option): overlay 中默认 P24 显示串口 log
- USB 升级工具（未有）
- 鼠标测试工具：`MouseTest.exe`

3 编译和烧录

例程位置：`zephyr\samples_panchip\solutions\multi_model_mouse`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

芯片全部擦除还原默认状态，准备好烧录 `prf_model_dongle` 的接收器

4.1 电池供电模式

1. 电池上电，鼠标端默认中键关闭状态
2. 鼠标端开关拨到左边为 2.4G 模式，黄色灯快闪，插入接收器至 PC，黄色灯变为紫色呼吸灯，可以测试鼠标基础功能，最大上报率近距离达到 1000，远距离 8-9m 达到 900+，通过按 DPI 键切换 DPI，通过长按中键测试上报率
3. 鼠标端开关拨到右边为蓝牙模式，可以在开启蓝牙的 PC 端搜索到名为 `Pan_Mouse` 的蓝牙设备，连接后进行控制，最大可以达到 133hz（蓝牙性能最优情况下，目前暂未稳定）
4. 拔出 dongle，鼠标端通过拨动模式切换键再次进入 2.4G 模式，黄色灯慢闪，插入 dongle 变为呼吸灯，鼠标功能恢复
5. 鼠标端通过拨动模式切换键再次进入 BLE 模式，等待蓝牙重新连接至 PC，鼠标功能恢复
6. 不拔出 dongle，鼠标端再次通过拨动模式切换键进入 2.4G 模式，黄色灯慢闪，随后变为呼吸灯，鼠标功能恢复
7. 长按左中右 3 键，黄色灯快闪，进入强制对码模式，此时重新复位 dongle，鼠标对码成功呼吸灯启动，鼠标功能恢复

4.2 USB 仅供电模式

USB 供电与鼠标供电区别在于模式切换键在中间档位不断电，灯的状态暂时未固定，验证非断电模式切换正常即可

模式切换键在中间状态下，插入 USB 供电，参考电池步骤 5.6，测试 2.4G 与蓝牙下鼠标功能恢复

4.3 USB 模式（USB 插入 PC）

在以上任何情况下（电池供电下任何模式或者关闭/电池未供电），插入 USB，鼠标变为 USB 功能，拔出 USB 退出到插入之前的状态

4.4 测试模式

4.4.1 自动画圈

```
#define MOUSE_AUTO_CIRCLE                1
```

4.4.2 开启低功耗（休眠唤醒）

```
CONFIG_BT_CTLR_SLEEP_CLOCK_SOURCE=1
CONFIG_PM=y
```

5 开发说明

5.1 架构说明

`multi_model_mouse` 基于 zephyr 架构，进行多线程编程，线程静态初始化后，根据优先级进行先后初始化，之后各个线程运行至 while（1）等待相应的信号量，以此通过控制信号量控制各个线程的调度关系

架构中主要包含 PRF 中断和多个线程

5.2 线程说明　线程定义方式如下

```
/**
 * @brief Statically define and initialize a thread.
 *
 * The thread may be scheduled for immediate execution or a delayed start.
 *
 * Thread options are architecture-specific, and can include K_ESSENTIAL,
 * K_FP_REGS, and K_SSE_REGS. Multiple options may be specified by separating
 * them using "|" (the logical OR operator).
 *
 * The ID of the thread can be accessed using:
 *
 * @code extern const k_tid_t <name>; @endcode
 *
 * @param name Name of the thread.
 * @param stack_size Stack size in bytes.
 * @param entry Thread entry function.
 * @param p1 1st entry point parameter.
 * @param p2 2nd entry point parameter.
 * @param p3 3rd entry point parameter.
 * @param prio Thread priority.
 * @param options Thread options.
 * @param delay Scheduling delay (in milliseconds), zero for no delay.
 *
 *
 * @internal It has been observed that the x86 compiler by default aligns
 * these _static_thread_data structures to 32-byte boundaries, thereby
 * wasting space. To work around this, force a 4-byte alignment.
 *
 */
#define K_THREAD_DEFINE(name, stack_size,                                  \
                        entry, p1, p2, p3,                                 \
                        prio, options, delay)                              \
        K_THREAD_STACK_DEFINE(_k_thread_stack_##name, stack_size);          \
        struct k_thread _k_thread_obj_##name;                                \
        STRUCT_SECTION_ITERABLE(_static_thread_data, _k_thread_data_##name) = \
                Z_THREAD_INITIALIZER(&_k_thread_obj_##name,                  \
                                     _k_thread_stack_##name, stack_size,  \
                                entry, p1, p2, p3, prio, options, delay, \
                                NULL, name);                                       \
        const k_tid_t name = (k_tid_t)&_k_thread_obj_##name
```

根据线程定义，定义了如下几个线程

5.2.1 BLE 线程　蓝牙线程，主要处理蓝牙的初始化，广播开启关闭，及蓝牙获取组包数据，

```
#define BLE_THREAD_PRIORITY                             2
#define BLE_THREAD_STACKSIZE                            1024
K_THREAD_DEFINE(ble, BLE_THREAD_STACKSIZE, thread_ble, NULL, NULL, NULL,
                BLE_THREAD_PRIORITY, 0, 0);
```

5.2.2 FRAME 线程　组包线程，以 timer 为调度周期（给出信号量）（以上报率 1000 为例，调度周期 1ms）

主要处理组包有关逻辑（ringbuffer 的填入），组合按键检测（基础按键组包，DPI 模式切换，上报率切换，低电量 ADC 检测）

```
#define FRAME_PACK_THREAD_PRIORITY                      1
#define FRAME_PACK_THREAD_STACKSIZE                     1024
```

（下页继续）

(续上页)

```
K_THREAD_DEFINE(frame_pack, FRAME_PACK_THREAD_STACKSIZE, thread_frame_pack, NULL, NULL, NULL,
                FRAME_PACK_THREAD_PRIORITY, 0, 0);
```

5.2.3 LED 线程　灯控线程，通过信号量控制主要灯的状态

```
#define LED_THREAD_PRIORITY             8
#define LED_THREAD_STACKSIZE            512

K_THREAD_DEFINE(led, LED_THREAD_STACKSIZE, thread_led, NULL, NULL, NULL,
                LED_THREAD_PRIORITY, 0, 0);
```

5.2.4 PM 线程　低功耗休眠唤醒线程，控制低功耗休眠唤醒的逻辑

```
#define LOWPOWER_THREAD_PRIORITY                4
#define LOWPOWER_THREAD_STACKSIZE               256

K_THREAD_DEFINE(lowpower, LOWPOWER_THREAD_STACKSIZE, thread_lowpower, NULL, NULL, NULL,
                LOWPOWER_THREAD_PRIORITY, 0, 0);
```

5.2.5 FREQ_HOP 线程　跳频线程，初始化对码线程会触发进入，在收到 ACK 少的时候会触发，通过信号量与 PRF 线程存在互斥关系

```
#define FREQ_HOP_THREAD_PRIORITY                2
#define FREQ_HOP_THREAD_STACKSIZE               512

K_THREAD_DEFINE(freq_hop, FREQ_HOP_THREAD_STACKSIZE, thread_freq_hop, NULL, NULL, NULL,
                FREQ_HOP_THREAD_PRIORITY, 0, 0);
```

5.2.6 PRF_PAIR 线程　配对线程，强制对码/初始化会进入

```
#define PAIR_THREAD_PRIORITY            2
#define PAIR_THREAD_STACKSIZE           512

K_THREAD_DEFINE(pair, PAIR_THREAD_STACKSIZE, thread_pair, NULL, NULL, NULL,
                PAIR_THREAD_PRIORITY, 0, 0);
```

5.2.7 PRF 线程　2.4G 主线程，会进行重传处理，在重传条件下收到 ACK 数量低于阈值进入跳频线程

```
#define PRF_THREAD_PRIORITY             2
#define PRF_THREAD_STACKSIZE            512

K_THREAD_DEFINE(prf, PRF_THREAD_STACKSIZE, thread_prf, NULL, NULL, NULL,
                PRF_THREAD_PRIORITY, 0, 0);
```

5.2.8 TIMER 线程　根据上报率处理 MCU TIMER0 的调度周期

```
#define TIMER0_THREAD_PRIORITY                          4
#define TIMER0_THREAD_STACKSIZE                         512
#define CONFIG_TIMER_IRQ_PRIO                           2

K_THREAD_DEFINE(timer0, TIMER0_THREAD_STACKSIZE, thread_timer0, NULL, NULL, NULL,
                TIMER0_THREAD_PRIORITY, 0, 0);
```

5.2.9 USB 线程

USB 线程，USB 插入 PC 时进入，获取组包并且上报

```
#define USB_THREAD_PRIORITY                    2
#define USB_THREAD_STACKSIZE            512

K_THREAD_DEFINE(usb, USB_THREAD_STACKSIZE, thread_usb, NULL, NULL, NULL,
                USB_THREAD_PRIORITY, 0, 0);
```

5.3 RF 中断说明

鼠标端为 PRF TX 端，增强型模式会在 TX 后自动转入 RX, 中断中主要处理信号量 sem_prf_isr 的给出及 ack_lost_cnt 的计数

5.4 主要数据结构说明

5.4.1 枚举状态

5.4.1.1 配对状态

```
enum prf_pair_stat_t {
        prf_pair_start,
        prf_pair_comm,
        prf_pair_addr,
        prf_pair_end,
        prf_paired_private,
        prf_paired_public,
};
```

5.4.1.2. 连接状态

```
enum ble_connect_stat_t {
        ble_disconnect_stat,
        ble_connect_stat,
};
```

5.4.1.3 工作模式

```
enum mouse_work_mode_t {
        mouse_null_mode,
        mouse_usb_mode,
        mouse_prf_mode,
        mouse_ble_mode,
};
```

5.4.1.4 2.4Grf 状态

```
enum prf_trx_stat_t {
        prf_idle_stat,
        prf_tx_done_stat,
        prf_rx_done_stat,
        prf_rx_timeout_stat,
        prf_rx_crc_err_stat,
        prf_rx_pid_err_stat,
};
```

5.4.1.5 跳频状态

```
enum prf_freq_hop_stat_t {
        freq_hop_disconnect_stat,
        freq_hop_connecting_stat,
        freq_hop_done_stat,
};
```

5.4.1.6 USB 状态

```
enum usb_plug_mode_t {
        usb_plug_in,
        usb_plug_out,
};
```

5.4.1.7 灯状态

```
enum mouse_led_stat_t {
        led_unpair_stat,
        led_paired_stat,
        led_low_batt_stat,
        led_prf_connected,
        led_key_stat,
};
```

5.4.1.8 休眠唤醒低功耗状态

```
enum mouse_low_power_stat_t {
        active_stat,
        prf_off_stat,
        deep_sleep_v1_stat,
        deep_sleep_v2_stat,
        standby_stat,
};
```

5.4.2 全局结构

5.4.2.1 组包 ring_buf（zephyr）

```
/**
 * @brief A structure to represent a ring buffer
 */
struct ring_buf {
        uint32_t head;         /**< Index in buf for the head element */
        uint32_t tail;         /**< Index in buf for the tail element */
        union ring_buf_misc {
                struct ring_buf_misc_item_mode {
                        uint32_t dropped_put_count; /**< Running tally of the
                                                     * number of failed put
                                                     * attempts.
                                                     */
                } item_mode;
                struct ring_buf_misc_byte_mode {
                        uint32_t tmp_tail;
                        uint32_t tmp_head;
                } byte_mode;
        } misc;
        uint32_t size;   /**< Size of buf in 32-bit chunks */

        union ring_buf_buffer {
```

（下页继续）

(续上页)

```
                uint32_t *buf32; /**< Memory region for stored entries */
                uint8_t *buf8;
        } buf;
        uint32_t mask;    /**< Modulo mask if size is a power of 2 */

        struct k_spinlock lock;
};
```

5.4.2.2 传感器结构体

```
struct sensor_data_t {
        uint8_t motion;
        uint8_t observation;
        uint8_t x_delta_l;
        uint8_t x_delta_h;
        uint8_t y_delta_l;
        uint8_t y_delta_h;
};
```

5.4.2.3 packet 格式结构体

```
struct pkt_detect_t {
        uint8_t key_value;
        int16_t x_value;
        int16_t y_value;
        int16_t roll_value;
        int8_t header;
        int8_t sequence;
        int16_t reserved;
};
```

5.4.2.4 收包计数结构体

```
struct prf_pkt_cnt_t {
        uint32_t tx_cnt;
        uint32_t rx_cnt;
        uint8_t prf_repeat_cnt;
};
```

5.4.2.5 配对信息结构体

```
struct pair_ctrl_t {
        enum prf_pair_stat_t prf_pair_stat;
        uint32_t prf_pair_timeout;
        uint8_t pair_own_addr[2];
        uint8_t pair_peer_addr[2];
        bool paired_flag;
};
```

6 补充说明　补充说明当前功耗测试情况，支持中遇到的问题（供参考）及已知仍可能存在的问题

6.1 功耗说明　功耗测试首先进行不开启休眠唤醒的测试，但需要关闭 PWM 灯进行测试

```
CONFIG_LED_THREAD_ENABLE=n
```

之后进行休眠唤醒电流测试，生成表格记录如下

设备	LED 灯 (clk off)	ADC 配置	apb div	上报率	一级休眠 mA	二级休眠 mA	二级休眠 uA QDEC	电流（静止）mA	电流（移动）mA
鼠标 Y	OFF	50ms，空闲关闭	4	1000	3.68	0.04	29/38	7.1-7.7	12.0-12.4
鼠标 Y	OFF	50ms，空闲关闭	4	500	2.94	0.05	29/38	4.9-5.4	9.8-10.1
鼠标 Y	OFF	50ms，空闲关闭	4	250	2.58	0.05	29/38	3.7-4.1	8.5-8.9
鼠标 Y	OFF	50ms，空闲关闭	4	125	2.37	0.04	29/38	3.2-3.4	8.0-8.1

6.2 已知问题（待测试）

No	已知问题	目前状态
1	qdec 计数有时异常，滑动 1 格动 2 格 qdec 需要按需求详细测试慢速，快速，反复上下滚动	2 个电平变化配置为 1 次 event QDEC_SetCntResolution(QDEC_CNT_RESOLUTION_2X); 上拉电阻已使用外部 1m 上拉，内部太小，会有漏电
2	鼠标 USB 异常	注意电压不要损坏硬件 DPDM 不能接上拉需要复现 USB 插入异常情况 fix 点：延时确认 + 计数处理 bugfix
3	电脑重启后，dongle 异常	重启电脑插入 dongle 时可能有问题
4	DPI 切模式可能存在 SPI 操作未成功	SPI 存入和读取值不一样 SPI 软件读写延时 100us
5	蓝牙的长时间可能断连	存在若干小时蓝牙断连的可能性
6	蓝牙存在一些兼容性问题	有些电脑重连不是特别容易，重连上去上报率不能达到 133Hz

7 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      252716 B      1020 KB     24.20
SRAM:        38324 B        52 KB     71.97%
```

Solution: Prf Model Dongle

重要: 此例程仅存在于特殊版本的 SDK 中，如有需要请联系 Panchip。

---

1 **功能概述** 此 sample 为 `pan108xxb1`(32pin 芯片) 在实体接收器板下的应用

具体支持的 feature 如下：

- 2.4G 模式（PRF 增强型模式）
  1. 跳频：在信号质量不好（连续 `RX_LOST_PKT_LIMIT` = 9ms 收不到数据）/对码前在 8 个频点 (每个频点 `RX_FREQ_HOP_MS`=9ms) 进行跳频
  2. 对码：上电跳频找到 dongle 端的频点后，通信互发对端的 MAC 地址后 2 字节，之后切换到私有地址进行通信
  3. 数据：数据跟随方案，对鼠标数据进行解析上报
  4. 性能：配合鼠标端性能

- EMI 测试（未做）

2 环境要求

- board: `pan108xxb1`（芯片型号）接收器（带 usb）/`pan108xxb1`（芯片型号）evb 开发板（调试使用）
- uart (option): overlay 中默认 P06 显示串口 log
- 鼠标测试工具：MouseTest.exe

3 编译和烧录

例程位置：`zephyr\samples_panchip\solutions\prf_model_dongle`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

芯片全部擦除还原默认状态，准备好烧录 `multi_model_mouse` 的接收器

4.1 初始对码

1. 初始对码时，初始鼠标板（全擦除后烧录）先上电，鼠标端快速闪动时插入接收器，鼠标由快闪变为呼吸灯
2. 之后鼠标未强制对码时，接收器可以一直保持，鼠标端重新上电可以与接收器通信

4.2 强制对码

鼠标端进入强制对码时，需要重新插拔接收器，鼠标端快速闪动时插入接收器，鼠标由快闪变为呼吸灯

5 开发说明

5.1 架构说明

`prf_model_dongle` 基于 zephyr 架构，进行多线程编程，线程静态初始化后，根据优先级进行先后初始化，之后各个线程运行至 while（1）等待相应的信号量，以此通过控制信号量控制各个线程的调度关系

架构中主要包含 PRF 中断和多个线程

5.2 线程说明

线程定义方式如下

```
/**
 * @brief Statically define and initialize a thread.
 *
 * The thread may be scheduled for immediate execution or a delayed start.
 *
 * Thread options are architecture-specific, and can include K_ESSENTIAL,
 * K_FP_REGS, and K_SSE_REGS. Multiple options may be specified by separating
 * them using "|" (the logical OR operator).
 *
 * The ID of the thread can be accessed using:
 *
 * @code extern const k_tid_t <name>; @endcode
 *
 * @param name Name of the thread.
 * @param stack_size Stack size in bytes.
 * @param entry Thread entry function.
 * @param p1 1st entry point parameter.
 * @param p2 2nd entry point parameter.
 * @param p3 3rd entry point parameter.
```

（下页继续）

(续上页)

```
 * @param prio Thread priority.
 * @param options Thread options.
 * @param delay Scheduling delay (in milliseconds), zero for no delay.
 *
 *
 * @internal It has been observed that the x86 compiler by default aligns
 * these _static_thread_data structures to 32-byte boundaries, thereby
 * wasting space. To work around this, force a 4-byte alignment.
 *
 */
#define K_THREAD_DEFINE(name, stack_size,                                  \
                        entry, p1, p2, p3,                                 \
                        prio, options, delay)                              \
        K_THREAD_STACK_DEFINE(_k_thread_stack_##name, stack_size);          \
        struct k_thread _k_thread_obj_##name;                                  \
        STRUCT_SECTION_ITERABLE(_static_thread_data, _k_thread_data_##name) = \
                Z_THREAD_INITIALIZER(&_k_thread_obj_##name,                  \
                                     _k_thread_stack_##name, stack_size,  \
                                entry, p1, p2, p3, prio, options, delay, \
                                NULL, name);                                       \
        const k_tid_t name = (k_tid_t)&_k_thread_obj_##name
```

根据线程定义，定义了如下几个线程

5.2.1 FREQ_HOP 线程

跳频线程，内部计算丢包数，达到阈值进行跳频，收到数据结束跳频

```
#define FREQ_HOP_THREAD_PRIORITY                2
#define FREQ_HOP_THREAD_STACKSIZE               1024

K_THREAD_DEFINE(freq_hop, FREQ_HOP_THREAD_STACKSIZE, thread_freq_hop, NULL, NULL, NULL,
                FREQ_HOP_THREAD_PRIORITY, 0, 0);
```

5.2.2 PRF_PAIR 线程

配对线程，上电在公共地址和私有地址进行切换接收，公共地址收到对码数据后，切换为私有地址，私有地址收到数据后直接退出对码维持私有地址，不再切换地址

```
#define PAIR_THREAD_PRIORITY            2
#define PAIR_THREAD_STACKSIZE           1024

K_THREAD_DEFINE(pair, PAIR_THREAD_STACKSIZE, thread_pair, NULL, NULL, NULL,
                PAIR_THREAD_PRIORITY, 0, 0);
```

5.2.3 PRF 线程

2.4G 主线程，接收数据，判断数据 seq 并为 USB 准备数据

```
#define PRF_THREAD_PRIORITY             2
#define PRF_THREAD_STACKSIZE            1024

K_THREAD_DEFINE(prf, PRF_THREAD_STACKSIZE, thread_prf, NULL, NULL, NULL,
                PRF_THREAD_PRIORITY, 0, 0);
```

5.2.4 USB 线程

USB 线程，USB 插入 PC 时进入，获取组包并且上报

```
#define USB_THREAD_PRIORITY                     1
#define USB_THREAD_STACKSIZE                            1024

K_THREAD_DEFINE(usb, USB_THREAD_STACKSIZE, thread_usb, NULL, NULL, NULL,
                USB_THREAD_PRIORITY, 0, 0);
```

5.3 RF 中断说明　接收器为 PRF RX 端，增强型模式会在 RX 后自动转入 TX，中断中主要处理信号量 sem_prf_isr 的给出及再次开启 rx，rx_lost_cnt 的计数

5.4 主要数据结构说明

5.4.1 枚举状态

5.4.1.1 配对状态、地址类型

```
enum prf_pair_stat_t {
        prf_pair_default,
        prf_pair_start,
        prf_pair_comm,
        prf_pair_end,
};

enum pair_addr_type_t {
        prf_pair_public,
        prf_pair_private,
};
```

5.4.1.2 2.4G RF 状态

```
enum prf_trx_stat_t {
        prf_idle_stat,
        prf_tx_done_stat,
        prf_rx_done_stat,
        prf_rx_timeout_stat,
        prf_rx_crc_err_stat,
        prf_rx_pid_err_stat,
};
```

5.4.1.3 跳频状态

```
enum prf_freq_hop_stat_t {
        freq_hop_disconnect_stat,
        freq_hop_done_stat,
};
```

5.4.2 全局结构

5.4.2.1 组包 ring_buf（zephyr）

```
/**
 * @brief A structure to represent a ring buffer
 */
struct ring_buf {
        uint32_t head;         /**< Index in buf for the head element */
        uint32_t tail;         /**< Index in buf for the tail element */
        union ring_buf_misc {
                struct ring_buf_misc_item_mode {
                        uint32_t dropped_put_count; /**< Running tally of the
                                                     * number of failed put
                                                     * attempts.
                                                     */
                } item_mode;
                struct ring_buf_misc_byte_mode {
```

（下页继续）

(续上页)

```
                        uint32_t tmp_tail;
                        uint32_t tmp_head;
                } byte_mode;
        } misc;
        uint32_t size;   /**< Size of buf in 32-bit chunks */

        union ring_buf_buffer {
                uint32_t *buf32; /**< Memory region for stored entries */
                uint8_t *buf8;
        } buf;
        uint32_t mask;   /**< Modulo mask if size is a power of 2 */

        struct k_spinlock lock;
};
```

5.4.2.2 packet 格式结构体

```
struct pkt_detect_t {
        uint8_t key_value;
        int16_t x_value;
        int16_t y_value;
        int16_t roll_value;
        int8_t header;
        int8_t sequence;
        int16_t reserved;
};
```

5.4.2.3 配对信息结构体

```
struct pair_ctrl_t {
        enum prf_pair_stat_t prf_pair_stat;
        bool prf_pair_timeout;
        bool paired_flag;
        uint8_t pair_own_addr[2];
        uint8_t pair_peer_addr[2];
        uint8_t pair_cnt;
        bool pair_saved_flag;
        enum pair_addr_type_t pair_addr_type;
};
```

6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      183440 B      1020 KB     17.56%
SRAM:        25616 B        52 KB     48.11%
```

3.2.7 子系统例程

SUBSYS: USB DFU

1 功能概述 `usb hid dfu sample` 演示了 Zephyr USB DFU(Device Firmware Update) 在 PAN1080 SoC 上的使用方法，主要包括：

- 结合 `mcuboot` 为固件分配区域位置
- 通过 usb 升级工具 `dfu-util` 检测 usb dfu device 并为固件进行升级

2 环境准备

- PAN1080A-AFLD （LQFP 封装、1MB Flash、64 Pin）
- Micro USB 线两条
  1. 用于供电和查看串口打印 Log
  2. 用于 USB 通信升级
- 硬件接线：
  - 将 PAN1080A-AFLD EVB 板上的 P02，P03 通过跳线帽与 USB DM 和 USB DP 相连
- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600
- USB Host 环境：`dfu-util` 运行在 `MAC OS` 环境下，相关环境搭建参考 http://dfu-util.sourceforge.net/

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\subsys\usb\dfu`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

需要注意，编译后下载时需要将程序 bin 文件下载入固定程序区域，并烧录 mcuboot

具体操作请参考 `04_dev_guides\zephyr_bootloader_guidance.md`

4 演示说明

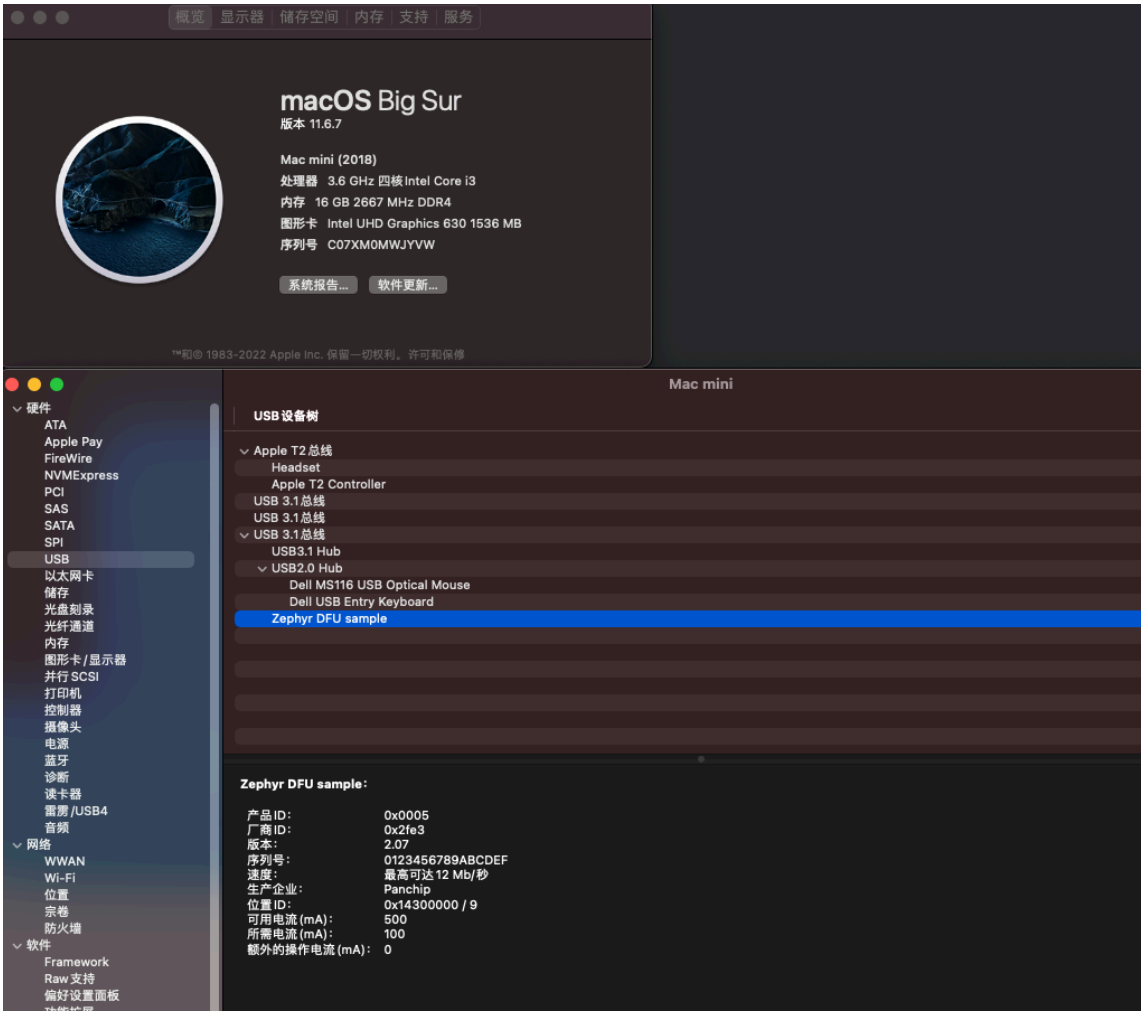
4.1 下载程序 参考 `04_dev_guides\zephyr_bootloader_guidance.md`

1. 以默认升级方式，下载 `mcuboot` 程序
2. 将编译好的 `dfu` 程序，通过 `imgtool` 处理，生成签名好的文件并下载入 `slot0_partition`, 复位确认 `mcuboot` 可以正常跳转至 `dfu` 程序
3. 参考 `03_samples\basic\hello_world` 准备 `hello_world_with_boot` 作为待升级程序，通过 `imgtool` 进行操作，生成 `signed1.0.bin`, 大小为 32k

```
python bootloader\mcuboot\scripts\imgtool.py sign --key bootloader\mcuboot\root-rsa-2048.pem --
↪header-size 0x200 --align 8 --version 1.0 --slot-size 0x8000 --pad  build\$(sample_name)\
↪zephyr\zephyr.bin  build\$(sample_name)\zephyr\signed1.0.bin
```

4.2 USB Host 识别 参考 http://dfu-util.sourceforge.net/

1. 将运行的 dfu 程序板卡，通过 usb 与 MAC 电脑相连，在 MAC 的系统报告 usb 界面，正确识别到 Zephyr DFU sample



2. MAC OS X 操作系统下准备 USB Host 端的升级工具

   Mac OS X users can also get dfu-util from Homebrew with "brew install dfu-util" or from MacPorts.

   - 准备 Homebrew(mac os 下载开源库工具)，下载按照以下命令在根目录按照 bash（命令行）运行

   ```
   /bin/bash -c "$(curl -fsSL https://raw.githubusercontent.com/Homebrew/install/HEAD/
   ↪install.sh)"
   ```

   - 通过 homebrew 下载开源工具 dfu-util，参考以下命令下载并配置

   ```
   brew install dfu-util
   export HOMEBREW_NO_INSTALL_CLEANUP=TRUE
   ```

   - 通过 dfu-tool 命令 dfu-util -l 查看 usb dfu 信息,log 如下，usb dfu 可以正常识别通信

   ```
   dfu-util 0.11

   Copyright 2005-2009 Weston Schmidt, Harald Welte and OpenMoko Inc.
   Copyright 2010-2021 Tormod Volden and Stefan Schmidt
   This program is Free Software and has ABSOLUTELY NO WARRANTY
   Please report bugs to http://sourceforge.net/p/dfu-util/tickets/

   Found DFU: [2fe4:ffff] ver=0207, devnum=21, cfg=1, intf=0, path="20-3", alt=1, name=
   ↪"image-1", serial="0123456789ABCDEF"
   Found DFU: [2fe4:ffff] ver=0207, devnum=21, cfg=1, intf=0, path="20-3", alt=0, name=
   ↪"image-0", serial="0123456789ABCDEF"
   ```

4.3 DFU 升级　以上环境正确运行后，将准备好的 signed1.0.bin 存在 mac 用户根目录，通过命令 dfu-util --alt 1 --download signed1.0.bin 运行，开始进行升级

升级进行并成功后，显示如下 log

```
dfu-util 0.11

Copyright 2005-2009 Weston Schmidt, Harald Welte and OpenMoko Inc.
Copyright 2010-2021 Tormod Volden and Stefan Schmidt
This program is Free Software and has ABSOLUTELY NO WARRANTY
Please report bugs to http://sourceforge.net/p/dfu-util/tickets/

dfu-util: Warning: Invalid DFU suffix signature
dfu-util: A valid DFU suffix will be required in a future dfu-util release
Opening DFU capable USB device...
Device ID 2fe4:0005
Device DFU version 0110
Claiming USB DFU (Run-Time) Interface...
Setting Alternate Interface zero...
Determining device status...
DFU state(0) = appIDLE, status(0) = No error condition is present
Device really in Run-Time Mode, send DFU detach request...
Resetting USB...
Opening DFU USB Device...
Claiming USB DFU Interface...
Setting Alternate Interface #1 ...
Determining device status...
DFU state(2) = dfuIDLE, status(0) = No error condition is present
DFU mode device DFU version 0110
Device returned transfer size 64
Copying data from PC to DFU device
Download        [=========================] 100%        32768 bytes
Download done.
```

4.4 LOG 说明　为减少 LOG 对 usb 通信影响，USB DFU 运行没有开启通信中的 LOG，下载 mcuboot 运行后，LOG 显示如下

```
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0-416-g5b5cf2f6d901  ***
I: Starting bootloader
I: Primary image: magic=good, swap_type=0x4, copy_done=0x1, image_ok=0x1
I: Secondary image: magic=unset, swap_type=0x1, copy_done=0x3, image_ok=0x3
I: Boot source: none
I: Swap type: none
I: Bootloader chainload address offset: 0x10000
I: Jumping to the first image slot
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0-488-g22d426332c5f  ***
```

USB DFU 在升级完成后，hello_world_with_boot 程序存储在 slot1_partition，以 Swap type: test 模式进行运行，第一次复位芯片，hello_world_with_boot 程序运行

```
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0-416-g5b5cf2f6d901  ***
I: Starting bootloader
I: Primary image: magic=good, swap_type=0x4, copy_done=0x1, image_ok=0x1
I: Secondary image: magic=good, swap_type=0x2, copy_done=0x3, image_ok=0x3
I: Boot source: none
I: Swap type: test
I: Bootloader chainload address offset: 0x10000
I: Jumping to the first image slot
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0-472-g6a4336897fe6  ***
Hello World from Zephyr on pan108xxb5_evb with boot!
ih_magic 96f3b83d
```

(下页继续)

(续上页)

```
ih_load_addr 0
ih_hdr_size 200
ih_protect_tlv_size 0
ih_img_size 3f6c
version 1.0.0.0
```

第二次复位芯片，芯片重新运行在 dfu 程序中

```
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0-416-g5b5cf2f6d901  ***
I: Starting bootloader
I: Primary image: magic=good, swap_type=0x2, copy_done=0x1, image_ok=0x3
I: Secondary image: magic=unset, swap_type=0x1, copy_done=0x3, image_ok=0x3
I: Boot source: none
I: Swap type: revert
I: Secondary image: magic=unset, swap_type=0x1, copy_done=0x3, image_ok=0x3
I: Bootloader chainload address offset: 0x10000
I: Jumping to the first image slot
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0-488-g22d426332c5f  ***
```

5 开发说明

5.1 参考链接

dfu-util 工具：http://dfu-util.sourceforge.net/

《USB DFU Spec》DFU Spec 文档：DFU 1.1

5.2 代码实现

zephyr 中代码位置：

```
zephyr\subsys\usb\class\dfu\usb_dfu.c
```

5.3 补充说明

- dfu-util 暂时不支持在 window 环境下运行，即使通过 Zadig 安装 windows usb 驱动程序，可以正常识别，并且 dfu-util 可以正常检测到 dfu dev, 仍有以下限制

  ```
  # This composite configuration may not work for Windows OS Host.
  # Windows OS does not send reset after DFU_DETACH request
  # (does not re-enumerates) and thus make it unable for the device
  # to restart in DFU mode.
  ```

- mac os 环境下 dfu-util 通信速率为 64B/260ms，受限于主机发包速率，通信包效率通过逻辑分析仪抓包，约为 1~2ms 传输 64B
  - FIFO size：Endpoint0 64B（max）
  - Transfer Type：Control Transfer
  - one block 传输通信：Get status—DFU download 64B—Get status

    通过逻辑分析仪链接 USB pin（P02—USB DM，P03—USB DP），可以抓取传输过程的一个 USB download block 数据交互流程如下



6 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:       31464 B      1020 KB      8.00%
SRAM:         7024 B        64 KB     10.72%
```

Subsys: USB HID Mouse

1 功能概述 `usb hid mouse sample` 演示了 Zephyr USB HID MOUSE 在 PAN1080 SoC 上的使用方法，主要包括：

- USB 识别为鼠标设备
- 定时单次上报鼠标数据完成移动鼠标操作

2 环境准备

- PAN1080A-AFLD （LQFP 封装、1MB Flash、64 Pin）
- Micro USB 线两条
  1. 用于供电和查看串口打印 Log
  2. 用于连接 usb 端口与 PC，输出数据模拟 usb 鼠标通信
- 硬件接线：
  - 将 PAN1080A-AFLD EVB 板上的 P02，P03 通过跳线帽与 USB DM 和 USB DP 相连
- PC 软件: 串口调试助手（UartAssist）或终端工具（SecureCRT），波特率 921600

3 编译和烧录 例程位置：`zephyr\samples_panchip\subsys\usb\hid_mouse`

使用 ZAL 工具可以对其进行编译、烧录、打开 VS Code 调试等操作。关于 ZAL 工具的详细介绍请参考：Zephyr APP Launcher 工具介绍。

4 演示说明

** 步骤 1：** **上电初始化 USB HID 设备描述符** **先不连接 usb 到 PC，下载程序后复位，首先输出 LOG 如下**

```
[00:00:00.000,000] <dbg> usb_hid.usb_hid_device_init: Init HID Device: dev 0x7760 (HID_0)
[00:00:00.001,000] <dbg> usb_descriptor.usb_get_device_descriptor: __usb_descriptor_start␣
↪0x200000e4
[00:00:00.003,000] <dbg> usb_descriptor.usb_get_device_descriptor: __usb_descriptor_end␣
↪0x20000180
[00:00:00.004,000] <dbg> usb_descriptor.usb_fix_descriptor: Configuration descriptor 0x200000f6
[00:00:00.005,000] <dbg> usb_descriptor.usb_fix_descriptor: Interface descriptor 0x200000ff
[00:00:00.006,000] <dbg> usb_hid.hid_interface_config:
[00:00:00.007,000] <dbg> usb_descriptor.usb_fix_descriptor: Endpoint descriptor 0x20000111
[00:00:00.009,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_check_cap: ep 81, mps 16, type 3
[00:00:00.010,000] <dbg> usb_descriptor.usb_validate_ep_cfg_data: Fixing EP address 80 -> 81
[00:00:00.011,000] <dbg> usb_descriptor.usb_validate_ep_cfg_data: endpoint 0x81
[00:00:00.013,000] <dbg> usb_descriptor.usb_fix_descriptor: Now the wTotalLength is 34
[00:00:00.014,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: idx_max 13, ascii_idx_max 6, buf␣
↪0x2000011e
[00:00:00.015,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char p : 70, idx 6 -> 13
[00:00:00.016,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char i : 69, idx 5 -> 11
[00:00:00.018,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char h : 68, idx 4 -> 9
[00:00:00.019,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char c : 63, idx 3 -> 7
[00:00:00.020,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char n : 6e, idx 2 -> 5
[00:00:00.021,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char a : 61, idx 1 -> 3
[00:00:00.023,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char P : 50, idx 0 -> 1
[00:00:00.024,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: idx_max 45, ascii_idx_max 22, buf␣
↪0x2000012e
[00:00:00.025,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char e : 65, idx 22 -> 45
[00:00:00.027,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char l : 6c, idx 21 -> 43
[00:00:00.028,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char p : 70, idx 20 -> 41
[00:00:00.029,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char m : 6d, idx 19 -> 39
[00:00:00.031,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char a : 61, idx 18 -> 37
[00:00:00.032,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char s : 73, idx 17 -> 35
[00:00:00.033,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char   : 20, idx 16 -> 33
[00:00:00.034,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char e : 65, idx 15 -> 31
[00:00:00.036,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char s : 73, idx 14 -> 29
[00:00:00.037,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char u : 75, idx 13 -> 27
[00:00:00.038,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char o : 6f, idx 12 -> 25
[00:00:00.040,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char m : 6d, idx 11 -> 23
[00:00:00.041,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char   : 20, idx 10 -> 21
[00:00:00.042,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char D : 44, idx 9 -> 19
[00:00:00.043,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char I : 49, idx 8 -> 17
[00:00:00.045,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char H : 48, idx 7 -> 15
[00:00:00.046,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char   : 20, idx 6 -> 13
[00:00:00.047,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char r : 72, idx 5 -> 11
[00:00:00.049,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char y : 79, idx 4 -> 9
[00:00:00.050,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char h : 68, idx 3 -> 7
[00:00:00.051,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char p : 70, idx 2 -> 5
[00:00:00.052,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char e : 65, idx 1 -> 3
[00:00:00.054,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char Z : 5a, idx 0 -> 1
[00:00:00.055,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: idx_max 31, ascii_idx_max 15, buf␣
↪0x2000015e
[00:00:00.056,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char F : 46, idx 15 -> 31
[00:00:00.058,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char E : 45, idx 14 -> 29
[00:00:00.059,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char D : 44, idx 13 -> 27
[00:00:00.060,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char C : 43, idx 12 -> 25
[00:00:00.061,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char B : 42, idx 11 -> 23
[00:00:00.063,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char A : 41, idx 10 -> 21
[00:00:00.064,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char 9 : 39, idx 9 -> 19
[00:00:00.065,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char 8 : 38, idx 8 -> 17
[00:00:00.067,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char 7 : 37, idx 7 -> 15
[00:00:00.068,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char 6 : 36, idx 6 -> 13
[00:00:00.069,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char 5 : 35, idx 5 -> 11
[00:00:00.070,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char 4 : 34, idx 4 -> 9
[00:00:00.072,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char 3 : 33, idx 3 -> 7
```

(下页继续)

(续上页)

```
[00:00:00.073,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char 2 : 32, idx 2 -> 5
[00:00:00.074,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char 1 : 31, idx 1 -> 3
[00:00:00.075,000] <dbg> usb_descriptor.ascii7_to_utf16le: char 0 : 30, idx 0 -> 1
*** Booting Zephyr OS build zephyr-v2.7.0-471-g07d05fd46729  ***
[00:00:00.077,000] <dbg> usb_hid.usb_hid_register_device: Added dev_data 0x20000550 dev 0x7760␣
↪to devlist 0x20000568
[00:00:00.079,000] <dbg> usb_hid.usb_hid_init: Initializing HID Device: dev 0x7760
[00:00:00.080,000] <dbg> usb_hid.usb_set_hid_report_size: if_desc 0x200000ff desc 0x200000ff␣
↪size 52
[00:00:00.082,000] <dbg> usb_device.usb_enable: lock usb_enable_lock mutex
[00:00:00.083,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_set_status_callback:
[00:00:00.084,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_attach:
[00:00:00.085,000] <inf> usb_dc_panchip: ep_in_reg = 0x0f
[00:00:00.086,000] <inf> usb_dc_panchip: ep_out_reg = 0x0e
[00:00:00.087,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_attach: usb_panchip_init finished

[00:00:00.088,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00000000
[00:00:00.089,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: Plug out
[00:00:00.090,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_configure: 0x00,0x0040,0
[00:00:00.091,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_configure: reg_maxp_div = 8
[00:00:00.093,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_configure: config out ep0
[00:00:00.094,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_configure: 0x80,0x0040,0
[00:00:00.095,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_configure: reg_maxp_div = 8
[00:00:00.096,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_configure: config in ep0
[00:00:00.097,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_set_callback:
[00:00:00.098,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_set_callback:
[00:00:00.099,000] <dbg> usb_device.composite_setup_ep_cb: set cb, ep: 0x81
[00:00:00.101,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_set_callback:
[00:00:00.102,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_enable: ep = 0x00
[00:00:00.103,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_enable: ep = 0x80
[00:00:00.104,000] <dbg> usb_device.usb_enable: unlock usb_enable_lock mutex
usb enable[00:00:05.105,000] <dbg> main.tx_timeout_handler: tx_timeout handler out
```

5s 后输出 LOG，由于未插入 USB，打印上报失败信息

```
[00:00:05.106,000] <dbg> main.main: HID write
[00:00:05.107,000] <wrn> usb_hid: Device is not configured
[00:00:05.108,000] <err> main: HID write error, -11
```

** 步骤 2: ** 插入 USB 并进行设备识别 打开设备管理器，连接 usb，串口显示 LOG 如下，同时设备管理器/鼠标和其他指针设备出现新设备

```
[00:00:50.242,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00000000
[00:00:50.243,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: Plug in
[00:00:50.369,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00000000
[00:00:50.370,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: RST
[00:00:50.371,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_handle_reset: USB RESET event
[00:00:50.372,000] <dbg> usb_hid.hid_status_cb: cfg 0x20000180 status 1
[00:00:50.373,000] <inf> usb_hid: Device reset detected
status = 1[00:00:50.416,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00010000
[00:00:50.418,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: EP0 IN
[00:00:50.419,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: byCSR0 0x01
[00:00:50.420,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: ep0 out packet ready
[00:00:50.421,000] <dbg> usb_device.usb_handle_control_transfer: ep 0x00, status 0x00
[00:00:50.422,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read:
[00:00:50.423,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: ep 00, data addr :, max_data_len 8
[00:00:50.425,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: bmRT 80 bR 06 wV 0100 wI 0000 wL 0040
[00:00:50.426,000] <dbg> usb_device.custom_handler: bRequest 0x06, wIndex 0x0000
[00:00:50.427,000] <dbg> usb_hid.hid_custom_handle_req: Standard request:bRequest 0x06,␣
↪bmRequestType 0x80, len 64
```

(下页继续)

(续上页)

```
[00:00:50.429,000] <dbg> usb_device.usb_get_descriptor: Get Descriptor request
[00:00:50.430,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write:
[00:00:50.431,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep 0x80, data_len 18
[00:00:50.432,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[0] = 0x12
[00:00:50.434,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[1] = 0x01
[00:00:50.435,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[2] = 0x00
[00:00:50.436,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[3] = 0x02
[00:00:50.437,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[4] = 0x00
[00:00:50.438,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[5] = 0x00
[00:00:50.439,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[6] = 0x00
[00:00:50.440,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[7] = 0x40
[00:00:50.442,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[8] = 0xe4
[00:00:50.443,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[9] = 0x2f
[00:00:50.444,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[10] = 0x07
[00:00:50.445,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[11] = 0x00
[00:00:50.446,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[12] = 0x07
[00:00:50.447,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[13] = 0x02
[00:00:50.449,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[14] = 0x01
[00:00:50.450,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[15] = 0x02
[00:00:50.451,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[16] = 0x03
[00:00:50.452,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[17] = 0x01
[00:00:50.453,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep0 write
[00:00:50.454,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00010000
[00:00:50.456,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: EP0 IN
[00:00:50.457,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: byCSR0 0x01
[00:00:50.458,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: ep0 out packet ready
[00:00:50.459,000] <dbg> usb_device.usb_handle_control_transfer: ep 0x00, status 0x00
[00:00:50.460,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read:
[00:00:50.461,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: ep 00, data addr :, max_data_len 8
[00:00:50.463,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: bmRT 12 bR 01 wV 0200 wI 0000 wL 4000
[00:00:50.464,000] <err> usb_device: Request buffer too small
[00:00:50.465,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_set_stall: ep 0x80
[00:00:50.466,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_set_stall: ep 0x00
[00:00:50.468,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00010000
[00:00:50.469,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: EP0 IN
[00:00:50.470,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: byCSR0 0x20
[00:00:50.471,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: ep0 out packet not ready
[00:00:50.480,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00000000
[00:00:50.481,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: RST
[00:00:50.482,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_handle_reset: USB RESET event
[00:00:50.484,000] <dbg> usb_hid.hid_status_cb: cfg 0x20000180 status 1
[00:00:50.485,000] <inf> usb_hid: Device reset detected
status = 1[00:00:50.529,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00010000
[00:00:50.530,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: EP0 IN
[00:00:50.531,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: byCSR0 0x01
[00:00:50.532,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: ep0 out packet ready
[00:00:50.534,000] <dbg> usb_device.usb_handle_control_transfer: ep 0x00, status 0x00
[00:00:50.535,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read:
[00:00:50.536,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: ep 00, data addr :, max_data_len 8
[00:00:50.537,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: bmRT 00 bR 05 wV 0003 wI 0000 wL 0000
[00:00:50.539,000] <dbg> usb_device.custom_handler: bRequest 0x05, wIndex 0x0000
[00:00:50.540,000] <dbg> usb_hid.hid_custom_handle_req: Standard request:bRequest 0x05,␣
↪bmRequestType 0x00, len 0
[00:00:50.542,000] <dbg> usb_device.usb_handle_std_device_req: Set Address 3 request
[00:00:50.543,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_set_address:
[00:00:50.544,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write:
[00:00:50.545,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep 0x80, data_len 0
[00:00:50.546,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep0 write
[00:00:50.547,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00010000
[00:00:50.549,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: EP0 IN
[00:00:50.550,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: byCSR0 0x00
```

(下页继续)

(续上页)

```
[00:00:50.551,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: ep0 out packet not ready
[00:00:50.558,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00010000
[00:00:50.559,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: EP0 IN
[00:00:50.560,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: byCSR0 0x01
[00:00:50.561,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: ep0 out packet ready
[00:00:50.562,000] <dbg> usb_device.usb_handle_control_transfer: ep 0x00, status 0x00
[00:00:50.564,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read:
[00:00:50.565,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: ep 00, data addr :, max_data_len 8
[00:00:50.566,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: bmRT 80 bR 06 wV 0100 wI 0000 wL 0012
[00:00:50.567,000] <dbg> usb_device.custom_handler: bRequest 0x06, wIndex 0x0000
[00:00:50.569,000] <dbg> usb_hid.hid_custom_handle_req: Standard request:bRequest 0x06,␣
↪bmRequestType 0x80, len 18
[00:00:50.570,000] <dbg> usb_device.usb_get_descriptor: Get Descriptor request
[00:00:50.572,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write:
[00:00:50.573,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep 0x80, data_len 18
[00:00:50.574,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[0] = 0x12
[00:00:50.575,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[1] = 0x01
[00:00:50.576,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[2] = 0x00
[00:00:50.577,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[3] = 0x02
[00:00:50.578,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[4] = 0x00
[00:00:50.580,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[5] = 0x00
[00:00:50.581,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[6] = 0x00
[00:00:50.582,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[7] = 0x40
[00:00:50.583,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[8] = 0xe4
[00:00:50.584,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[9] = 0x2f
[00:00:50.585,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[10] = 0x07
[00:00:50.587,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[11] = 0x00
[00:00:50.588,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[12] = 0x07
[00:00:50.589,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[13] = 0x02
[00:00:50.590,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[14] = 0x01
[00:00:50.591,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[15] = 0x02
[00:00:50.593,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[16] = 0x03
[00:00:50.594,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[17] = 0x01
[00:00:50.595,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep0 write
[00:00:50.596,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00010000
[00:00:50.598,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: EP0 IN
[00:00:50.599,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: byCSR0 0x01
[00:00:50.600,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: ep0 out packet ready
[00:00:50.601,000] <dbg> usb_device.usb_handle_control_transfer: ep 0x00, status 0x00
[00:00:50.602,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read:
[00:00:50.603,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: ep 00, data addr :, max_data_len 8
[00:00:50.605,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: bmRT 80 bR 06 wV 0200 wI 0000 wL 00ff
[00:00:50.606,000] <dbg> usb_device.custom_handler: bRequest 0x06, wIndex 0x0000
[00:00:50.608,000] <dbg> usb_hid.hid_custom_handle_req: Standard request:bRequest 0x06,␣
↪bmRequestType 0x80, len 255
[00:00:50.609,000] <dbg> usb_device.usb_get_descriptor: Get Descriptor request
[00:00:50.610,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write:
[00:00:50.611,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep 0x80, data_len 34
[00:00:50.613,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[0] = 0x09
[00:00:50.614,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[1] = 0x02
[00:00:50.615,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[2] = 0x22
[00:00:50.616,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[3] = 0x00
[00:00:50.617,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[4] = 0x01
[00:00:50.618,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[5] = 0x01
[00:00:50.620,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[6] = 0x00
[00:00:50.621,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[7] = 0xc0
[00:00:50.622,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[8] = 0x32
[00:00:50.623,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[9] = 0x09
[00:00:50.624,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[10] = 0x04
[00:00:50.625,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[11] = 0x00
[00:00:50.627,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[12] = 0x00
```

(下页继续)

(续上页)

```
[00:00:50.628,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[13] = 0x01
[00:00:50.629,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[14] = 0x03
[00:00:50.630,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[15] = 0x00
[00:00:50.631,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[16] = 0x00
[00:00:50.633,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[17] = 0x00
[00:00:50.634,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[18] = 0x09
[00:00:50.635,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[19] = 0x21
[00:00:50.636,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[20] = 0x10
[00:00:50.637,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[21] = 0x01
[00:00:50.638,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[22] = 0x00
[00:00:50.640,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[23] = 0x01
[00:00:50.641,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[24] = 0x22
[00:00:50.642,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[25] = 0x34
[00:00:50.643,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[26] = 0x00
[00:00:50.644,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[27] = 0x07
[00:00:50.646,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[28] = 0x05
[00:00:50.647,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[29] = 0x81
[00:00:50.648,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[30] = 0x03
[00:00:50.649,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[31] = 0x10
[00:00:50.650,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[32] = 0x00
[00:00:50.652,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[33] = 0x09
[00:00:50.653,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep0 write
[00:00:50.654,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00010000
[00:00:50.655,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: EP0 IN
[00:00:50.656,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: byCSR0 0x01
[00:00:50.657,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: ep0 out packet ready
[00:00:50.659,000] <dbg> usb_device.usb_handle_control_transfer: ep 0x00, status 0x00
[00:00:50.660,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read:
[00:00:50.661,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: ep 00, data addr :, max_data_len 8
[00:00:50.662,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: bmRT 80 bR 06 wV 0303 wI 0409 wL 00ff
[00:00:50.664,000] <dbg> usb_device.custom_handler: bRequest 0x06, wIndex 0x0409
[00:00:50.665,000] <dbg> usb_device.usb_get_descriptor: Get Descriptor request
[00:00:50.666,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write:
[00:00:50.667,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep 0x80, data_len 34
[00:00:50.668,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[0] = 0x22
[00:00:50.670,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[1] = 0x03
[00:00:50.671,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[2] = 0x30
[00:00:50.672,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[3] = 0x00
[00:00:50.673,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[4] = 0x31
[00:00:50.674,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[5] = 0x00
[00:00:50.675,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[6] = 0x32
[00:00:50.677,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[7] = 0x00
[00:00:50.678,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[8] = 0x33
[00:00:50.679,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[9] = 0x00
[00:00:50.680,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[10] = 0x34
[00:00:50.681,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[11] = 0x00
[00:00:50.683,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[12] = 0x35
[00:00:50.684,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[13] = 0x00
[00:00:50.685,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[14] = 0x36
[00:00:50.686,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[15] = 0x00
[00:00:50.687,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[16] = 0x37
[00:00:50.689,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[17] = 0x00
[00:00:50.690,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[18] = 0x38
[00:00:50.691,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[19] = 0x00
[00:00:50.692,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[20] = 0x39
[00:00:50.693,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[21] = 0x00
[00:00:50.694,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[22] = 0x41
[00:00:50.696,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[23] = 0x00
[00:00:50.697,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[24] = 0x42
[00:00:50.698,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[25] = 0x00
[00:00:50.699,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[26] = 0x43
```

(下页继续)

(续上页)

```
[00:00:50.700,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[27] = 0x00
[00:00:50.702,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[28] = 0x44
[00:00:50.703,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[29] = 0x00
[00:00:50.704,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[30] = 0x45
[00:00:50.705,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[31] = 0x00
[00:00:50.706,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[32] = 0x46
[00:00:50.708,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[33] = 0x00
[00:00:50.709,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep0 write
[00:00:50.710,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00010000
[00:00:50.711,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: EP0 IN
[00:00:50.712,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: byCSR0 0x01
[00:00:50.713,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: ep0 out packet ready
[00:00:50.715,000] <dbg> usb_device.usb_handle_control_transfer: ep 0x00, status 0x00
[00:00:50.716,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read:
[00:00:50.717,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: ep 00, data addr :, max_data_len 8
[00:00:50.718,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: bmRT 80 bR 06 wV 0300 wI 0000 wL 00ff
[00:00:50.720,000] <dbg> usb_device.custom_handler: bRequest 0x06, wIndex 0x0000
[00:00:50.721,000] <dbg> usb_hid.hid_custom_handle_req: Standard request:bRequest 0x06,␣
↪bmRequestType 0x80, len 255
[00:00:50.723,000] <dbg> usb_device.usb_get_descriptor: Get Descriptor request
[00:00:50.724,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write:
[00:00:50.725,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep 0x80, data_len 4
[00:00:50.726,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[0] = 0x04
[00:00:50.727,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[1] = 0x03
[00:00:50.728,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[2] = 0x09
[00:00:50.730,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[3] = 0x04
[00:00:50.731,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep0 write
[00:00:50.732,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00010000
[00:00:50.733,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: EP0 IN
[00:00:50.734,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: byCSR0 0x01
[00:00:50.735,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: ep0 out packet ready
[00:00:50.736,000] <dbg> usb_device.usb_handle_control_transfer: ep 0x00, status 0x00
[00:00:50.738,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read:
[00:00:50.739,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: ep 00, data addr :, max_data_len 8
[00:00:50.740,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: bmRT 80 bR 06 wV 0302 wI 0409 wL 00ff
[00:00:50.742,000] <dbg> usb_device.custom_handler: bRequest 0x06, wIndex 0x0409
[00:00:50.743,000] <dbg> usb_device.usb_get_descriptor: Get Descriptor request
[00:00:50.744,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write:
[00:00:50.745,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep 0x80, data_len 48
[00:00:50.746,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[0] = 0x30
[00:00:50.748,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[1] = 0x03
[00:00:50.749,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[2] = 0x5a
[00:00:50.750,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[3] = 0x00
[00:00:50.751,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[4] = 0x65
[00:00:50.752,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[5] = 0x00
[00:00:50.753,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[6] = 0x70
[00:00:50.755,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[7] = 0x00
[00:00:50.756,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[8] = 0x68
[00:00:50.757,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[9] = 0x00
[00:00:50.758,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[10] = 0x79
[00:00:50.759,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[11] = 0x00
[00:00:50.760,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[12] = 0x72
[00:00:50.762,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[13] = 0x00
[00:00:50.763,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[14] = 0x20
[00:00:50.764,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[15] = 0x00
[00:00:50.765,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[16] = 0x48
[00:00:50.766,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[17] = 0x00
[00:00:50.768,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[18] = 0x49
[00:00:50.769,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[19] = 0x00
[00:00:50.770,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[20] = 0x44
[00:00:50.771,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[21] = 0x00
```

(下页继续)

(续上页)

```
[00:00:50.772,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[22] = 0x20
[00:00:50.774,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[23] = 0x00
[00:00:50.775,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[24] = 0x6d
[00:00:50.776,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[25] = 0x00
[00:00:50.777,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[26] = 0x6f
[00:00:50.778,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[27] = 0x00
[00:00:50.780,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[28] = 0x75
[00:00:50.781,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[29] = 0x00
[00:00:50.782,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[30] = 0x73
[00:00:50.783,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[31] = 0x00
[00:00:50.784,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[32] = 0x65
[00:00:50.786,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[33] = 0x00
[00:00:50.787,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[34] = 0x20
[00:00:50.788,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[35] = 0x00
[00:00:50.789,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[36] = 0x73
[00:00:50.790,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[37] = 0x00
[00:00:50.792,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[38] = 0x61
[00:00:50.793,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[39] = 0x00
[00:00:50.794,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[40] = 0x6d
[00:00:50.795,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[41] = 0x00
[00:00:50.796,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[42] = 0x70
[00:00:50.798,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[43] = 0x00
[00:00:50.799,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[44] = 0x6c
[00:00:50.800,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[45] = 0x00
[00:00:50.801,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[46] = 0x65
[00:00:50.802,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[47] = 0x00
[00:00:50.804,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep0 write
[00:00:50.805,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00010000
[00:00:50.806,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: EP0 IN
[00:00:50.807,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: byCSR0 0x01
[00:00:50.808,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: ep0 out packet ready
[00:00:50.809,000] <dbg> usb_device.usb_handle_control_transfer: ep 0x00, status 0x00
[00:00:50.811,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read:
[00:00:50.812,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: ep 00, data addr :, max_data_len 8
[00:00:50.813,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: bmRT 80 bR 06 wV 0600 wI 0000 wL 000a
[00:00:50.814,000] <dbg> usb_device.custom_handler: bRequest 0x06, wIndex 0x0000
[00:00:50.816,000] <dbg> usb_hid.hid_custom_handle_req: Standard request:bRequest 0x06,␣
↪bmRequestType 0x80, len 10
[00:00:50.817,000] <dbg> usb_device.usb_get_descriptor: Get Descriptor request
[00:00:50.819,000] <dbg> usb_device.usb_get_descriptor: Desc 600 not found!
[00:00:50.820,000] <dbg> usb_device.usb_handle_request: Handler Error 0
[00:00:50.821,000] <dbg> usb_device.usb_print_setup: Setup: bmRT 0x80, bR 0x06, wV 0x0600, wI␣
↪0x0000, wL 0x000a
[00:00:50.822,000] <dbg> usb_device.usb_handle_control_transfer: usb_handle_request failed
[00:00:50.824,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_set_stall: ep 0x80
[00:00:50.825,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00010000
[00:00:50.826,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: EP0 IN
[00:00:50.827,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: byCSR0 0x04
[00:00:50.828,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: ep0 out packet not ready
[00:00:50.830,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: M_CSR0_SENTSTALL
[00:00:50.831,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00010000
[00:00:50.832,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: EP0 IN
[00:00:50.833,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: byCSR0 0x05
[00:00:50.834,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: ep0 out packet ready
[00:00:50.835,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: M_CSR0_SENTSTALL
[00:00:50.836,000] <dbg> usb_device.usb_handle_control_transfer: ep 0x00, status 0x00
[00:00:50.838,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read:
[00:00:50.839,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: ep 00, data addr :, max_data_len 8
[00:00:50.840,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: bmRT 80 bR 06 wV 0100 wI 0000 wL 0012
[00:00:50.842,000] <dbg> usb_device.custom_handler: bRequest 0x06, wIndex 0x0000
[00:00:50.843,000] <dbg> usb_hid.hid_custom_handle_req: Standard request:bRequest 0x06,␣
↪bmRequestType 0x80, len 18
```

(下页继续)

(续上页)

```
[00:00:50.844,000] <dbg> usb_device.usb_get_descriptor: Get Descriptor request
[00:00:50.846,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write:
[00:00:50.847,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep 0x80, data_len 18
[00:00:50.848,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[0] = 0x12
[00:00:50.849,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[1] = 0x01
[00:00:50.850,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[2] = 0x00
[00:00:50.851,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[3] = 0x02
[00:00:50.853,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[4] = 0x00
[00:00:50.854,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[5] = 0x00
[00:00:50.855,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[6] = 0x00
[00:00:50.856,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[7] = 0x40
[00:00:50.857,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[8] = 0xe4
[00:00:50.858,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[9] = 0x2f
[00:00:50.860,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[10] = 0x07
[00:00:50.861,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[11] = 0x00
[00:00:50.862,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[12] = 0x07
[00:00:50.863,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[13] = 0x02
[00:00:50.864,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[14] = 0x01
[00:00:50.865,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[15] = 0x02
[00:00:50.867,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[16] = 0x03
[00:00:50.868,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[17] = 0x01
[00:00:50.869,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep0 write
[00:00:50.870,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00010000
[00:00:50.872,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: EP0 IN
[00:00:50.873,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: byCSR0 0x01
[00:00:50.874,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: ep0 out packet ready
[00:00:50.875,000] <dbg> usb_device.usb_handle_control_transfer: ep 0x00, status 0x00
[00:00:50.876,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read:
[00:00:50.877,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: ep 00, data addr :, max_data_len 8
[00:00:50.879,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: bmRT 80 bR 06 wV 0200 wI 0000 wL 0009
[00:00:50.880,000] <dbg> usb_device.custom_handler: bRequest 0x06, wIndex 0x0000
[00:00:50.881,000] <dbg> usb_hid.hid_custom_handle_req: Standard request:bRequest 0x06,␣
↪bmRequestType 0x80, len 9
[00:00:50.883,000] <dbg> usb_device.usb_get_descriptor: Get Descriptor request
[00:00:50.885,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write:
[00:00:50.886,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep 0x80, data_len 9
[00:00:50.887,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[0] = 0x09
[00:00:50.888,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[1] = 0x02
[00:00:50.889,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[2] = 0x22
[00:00:50.890,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[3] = 0x00
[00:00:50.891,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[4] = 0x01
[00:00:50.893,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[5] = 0x01
[00:00:50.894,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[6] = 0x00
[00:00:50.895,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[7] = 0xc0
[00:00:50.896,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[8] = 0x32
[00:00:50.897,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep0 write
[00:00:50.898,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00010000
[00:00:50.900,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: EP0 IN
[00:00:50.901,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: byCSR0 0x01
[00:00:50.902,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: ep0 out packet ready
[00:00:50.903,000] <dbg> usb_device.usb_handle_control_transfer: ep 0x00, status 0x00
[00:00:50.904,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read:
[00:00:50.905,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: ep 00, data addr :, max_data_len 8
[00:00:50.907,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: bmRT 80 bR 06 wV 0200 wI 0000 wL 0022
[00:00:50.908,000] <dbg> usb_device.custom_handler: bRequest 0x06, wIndex 0x0000
[00:00:50.909,000] <dbg> usb_hid.hid_custom_handle_req: Standard request:bRequest 0x06,␣
↪bmRequestType 0x80, len 34
[00:00:50.911,000] <dbg> usb_device.usb_get_descriptor: Get Descriptor request
[00:00:50.912,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write:
[00:00:50.913,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep 0x80, data_len 34
[00:00:50.915,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[0] = 0x09
```

(下页继续)

(续上页)

```
[00:00:50.916,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[1] = 0x02
[00:00:50.917,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[2] = 0x22
[00:00:50.918,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[3] = 0x00
[00:00:50.919,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[4] = 0x01
[00:00:50.920,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[5] = 0x01
[00:00:50.921,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[6] = 0x00
[00:00:50.923,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[7] = 0xc0
[00:00:50.924,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[8] = 0x32
[00:00:50.925,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[9] = 0x09
[00:00:50.926,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[10] = 0x04
[00:00:50.927,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[11] = 0x00
[00:00:50.928,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[12] = 0x00
[00:00:50.930,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[13] = 0x01
[00:00:50.931,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[14] = 0x03
[00:00:50.932,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[15] = 0x00
[00:00:50.933,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[16] = 0x00
[00:00:50.934,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[17] = 0x00
[00:00:50.936,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[18] = 0x09
[00:00:50.937,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[19] = 0x21
[00:00:50.938,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[20] = 0x10
[00:00:50.939,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[21] = 0x01
[00:00:50.940,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[22] = 0x00
[00:00:50.942,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[23] = 0x01
[00:00:50.943,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[24] = 0x22
[00:00:50.944,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[25] = 0x34
[00:00:50.945,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[26] = 0x00
[00:00:50.946,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[27] = 0x07
[00:00:50.948,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[28] = 0x05
[00:00:50.949,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[29] = 0x81
[00:00:50.950,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[30] = 0x03
[00:00:50.951,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[31] = 0x10
[00:00:50.952,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[32] = 0x00
[00:00:50.954,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[33] = 0x09
[00:00:50.955,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep0 write
[00:00:50.956,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00010000
[00:00:50.957,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: EP0 IN
[00:00:50.958,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: byCSR0 0x01
[00:00:50.959,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: ep0 out packet ready
[00:00:50.960,000] <dbg> usb_device.usb_handle_control_transfer: ep 0x00, status 0x00
[00:00:50.962,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read:
[00:00:50.963,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: ep 00, data addr :, max_data_len 8
[00:00:50.964,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: bmRT 00 bR 09 wV 0001 wI 0000 wL 0000
[00:00:50.966,000] <dbg> usb_device.custom_handler: bRequest 0x09, wIndex 0x0000
[00:00:50.967,000] <dbg> usb_hid.hid_custom_handle_req: Standard request:bRequest 0x09,␣
↪bmRequestType 0x00, len 0
[00:00:50.968,000] <dbg> usb_device.usb_set_configuration: Set Configuration 1 request
[00:00:50.970,000] <dbg> usb_device.set_endpoint: Set endpoint 0x81 type 3 MPS 16
[00:00:50.971,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_configure: 0x81,0x0010,3
[00:00:50.972,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_configure: reg_maxp_div = 2
[00:00:50.974,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_configure: config in ep1
[00:00:50.975,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_enable: ep = 0x81
[00:00:50.976,000] <dbg> usb_hid.hid_status_cb: cfg 0x20000180 status 3
[00:00:50.977,000] <inf> usb_hid: Device configured
status = 3[00:00:50.978,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write:
[00:00:50.979,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep 0x80, data_len 0
[00:00:50.981,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep0 write
[00:00:50.982,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00010000
[00:00:50.983,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: EP0 IN
[00:00:50.984,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: byCSR0 0x00
[00:00:50.985,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: ep0 out packet not ready
[00:00:50.986,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00010000
```

(下页继续)

(续上页)

```
[00:00:50.988,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: EP0 IN
[00:00:50.989,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: byCSR0 0x01
[00:00:50.990,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: ep0 out packet ready
[00:00:50.991,000] <dbg> usb_device.usb_handle_control_transfer: ep 0x00, status 0x00
[00:00:50.992,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read:
[00:00:50.993,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: ep 00, data addr :, max_data_len 8
[00:00:50.995,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: bmRT 21 bR 0a wV 0000 wI 0000 wL 0000
[00:00:50.996,000] <dbg> usb_device.class_handler: bRequest 0x0a, wIndex 0x0000
[00:00:50.997,000] <dbg> usb_hid.hid_class_handle_req: Class request:bRequest 0x0a,␣
↪bmRequestType 0x21 len 0
[00:00:50.999,000] <dbg> usb_device.usb_handle_request: Handler Error 1
[00:00:51.000,000] <dbg> usb_device.usb_print_setup: Setup: bmRT 0x21, bR 0x0a, wV 0x0000, wI␣
↪0x0000, wL 0x0000
[00:00:51.002,000] <dbg> usb_device.usb_handle_control_transfer: usb_handle_request failed
[00:00:51.003,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_set_stall: ep 0x80
[00:00:51.004,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00010000
[00:00:51.005,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: EP0 IN
[00:00:51.006,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: byCSR0 0x15
[00:00:51.007,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: ep0 out packet ready
[00:00:51.008,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: M_CSR0_SENTSTALL
[00:00:51.010,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: M_CSR0_SETUPEND
[00:00:51.011,000] <dbg> usb_device.usb_handle_control_transfer: ep 0x00, status 0x00
[00:00:51.012,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read:
[00:00:51.013,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: ep 00, data addr :, max_data_len 8
[00:00:51.014,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: bmRT 81 bR 06 wV 2200 wI 0000 wL 0074
[00:00:51.016,000] <dbg> usb_device.custom_handler: bRequest 0x06, wIndex 0x0000
[00:00:51.017,000] <dbg> usb_hid.hid_custom_handle_req: Standard request:bRequest 0x06,␣
↪bmRequestType 0x81, len 116
[00:00:51.019,000] <dbg> usb_hid.hid_custom_handle_req: Return Report Descriptor
[00:00:51.020,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write:
[00:00:51.021,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep 0x80, data_len 52
[00:00:51.022,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[0] = 0x05
[00:00:51.023,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[1] = 0x01
[00:00:51.024,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[2] = 0x09
[00:00:51.025,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[3] = 0x02
[00:00:51.026,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[4] = 0xa1
[00:00:51.028,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[5] = 0x01
[00:00:51.029,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[6] = 0x09
[00:00:51.030,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[7] = 0x01
[00:00:51.031,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[8] = 0xa1
[00:00:51.032,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[9] = 0x00
[00:00:51.033,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[10] = 0x05
[00:00:51.035,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[11] = 0x09
[00:00:51.036,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[12] = 0x19
[00:00:51.037,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[13] = 0x01
[00:00:51.038,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[14] = 0x29
[00:00:51.039,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[15] = 0x02
[00:00:51.040,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[16] = 0x15
[00:00:51.042,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[17] = 0x00
[00:00:51.043,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[18] = 0x25
[00:00:51.044,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[19] = 0x01
[00:00:51.045,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[20] = 0x75
[00:00:51.046,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[21] = 0x01
[00:00:51.048,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[22] = 0x95
[00:00:51.049,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[23] = 0x02
[00:00:51.050,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[24] = 0x81
[00:00:51.051,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[25] = 0x02
[00:00:51.052,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[26] = 0x75
[00:00:51.053,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[27] = 0x06
[00:00:51.055,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[28] = 0x95
[00:00:51.056,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[29] = 0x01
```

(下页继续)

(续上页)

```
[00:00:51.057,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[30] = 0x81
[00:00:51.058,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[31] = 0x01
[00:00:51.059,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[32] = 0x05
[00:00:51.061,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[33] = 0x01
[00:00:51.062,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[34] = 0x09
[00:00:51.063,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[35] = 0x30
[00:00:51.064,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[36] = 0x09
[00:00:51.065,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[37] = 0x31
[00:00:51.066,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[38] = 0x09
[00:00:51.068,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[39] = 0x38
[00:00:51.069,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[40] = 0x15
[00:00:51.070,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[41] = 0x81
[00:00:51.071,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[42] = 0x25
[00:00:51.072,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[43] = 0x7f
[00:00:51.074,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[44] = 0x75
[00:00:51.075,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[45] = 0x08
[00:00:51.076,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[46] = 0x95
[00:00:51.077,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[47] = 0x03
[00:00:51.078,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[48] = 0x81
[00:00:51.080,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[49] = 0x06
[00:00:51.081,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[50] = 0xc0
[00:00:51.082,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[51] = 0xc0
[00:00:51.083,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep0 write
[00:00:51.084,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00010000
[00:00:51.086,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: EP0 IN
[00:00:51.087,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: byCSR0 0x01
[00:00:51.088,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: ep0 out packet ready
[00:00:51.089,000] <dbg> usb_device.usb_handle_control_transfer: ep 0x00, status 0x00
[00:00:51.090,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read:
[00:00:51.091,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: ep 00, data addr :, max_data_len 8
[00:00:51.092,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_read: bmRT 05 bR 01 wV 0209 wI 01a1 wL 0109
[00:00:51.094,000] <err> usb_device: Request buffer too small
[00:00:51.095,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_set_stall: ep 0x80
[00:00:51.096,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_set_stall: ep 0x00
[00:00:51.097,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00010000
[00:00:51.098,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: EP0 IN
[00:00:51.100,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: byCSR0 0x20
[00:00:51.101,000] <dbg> usb_dc_panchip.Endpoint0: ep0 out packet not ready
```

步骤 3：复位芯片，识别为鼠标并且完成数据上报 保持 usb 连接，reset 芯片，usb 成功被识别，并且 5s 后鼠标位置右移一段距离，5s 后的 log 显示如下

```
[00:00:05.106,000] <dbg> main.main: HID write
[00:00:05.107,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write:
[00:00:05.108,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep 0x81, data_len 4
[00:00:05.110,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[0] = 0x00
[00:00:05.111,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[1] = 0x64
[00:00:05.112,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[2] = 0x00
[00:00:05.113,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: data[3] = 0x00
[00:00:05.114,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_dc_ep_write: ep1 write
[00:00:05.120,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: IntrFlag 0x00020000
[00:00:05.121,000] <dbg> usb_dc_panchip.usb_panchip_isr_handler: EP1 IN
```

5 RAM/Flash 资源使用情况

```
Memory region         Used Size  Region Size  %age Used
FLASH:      39976 B      1020 KB      3.83%
SRAM:        6224 B        64 KB      9.50%
```

Chapter 4

开发指南

4.1 SoC App 开发指南

本文介绍 PAN1080 SDK APP 开发的基础知识，如何新建一个简单的 App 工程，并举例说明如何在 App 工程中操作 PAN1080 EVB 开发板的外设模块。

4.1.1 1 概述

PAN1080 SDK 基于 Zephyr OS 开发，其构建系统（Build System）使用 CMake。

`01_SDK/zephyr` 目录下存放有 Zephyr OS 的核心代码、内核配置信息、SoC 定义、开发板定义以及 Panchip 提供的例程等。

Zephyr 目录结构如下所示：

- Zephyr 的核心代码位于 `01_SDK/zephyr` 目录下，其中包含一些重要的文件：
  - `CMakeLists.txt`：CMake 构建系统的顶层文件，包含构建 Zephyr 核心代码所需的 CMake 信息。
  - `Kconfig`：Kconfig 顶层文件，其直接引用另一个顶层文件 `Kconfig.zephyr`。
  - `west.yml`：west manifest 文件，其中列出了 west 工具能够识别和管理的外部模块目录。
- Zephyr 的核心代码还包括如下这些顶层目录（每个顶层目录下还包括一个或多个子目录）：
  - `arch`：存放芯片 CPU 架构级信息，由于 PAN1080 是 ARM 架构，因此其中只保留了 ARM 架构信息。
  - `soc`：存放芯片 SoC 级信息及一些默认配置。
  - `boards`：存放板级信息，比如 PAN1080 各种 EVB 开发板。
  - `doc`：Zephyr 官方文档，其内容与 Zephyr 文档官网一致。
  - `drivers`：存放设备驱动代码。
  - `dts`：存放 DeviceTree（芯片硬件初始化配置）信息。
  - `include`：存放 Zephyr 公开的 API 头文件。
  - `kernel`：存放 Zephyr OS 内核代码。
  - `lib`：存放库文件，包含一个简单的标准 C 语言库等。
  - `misc`：其他一些不便分类的文件。
  - `samples_panchip`：存放 Panchip 提供的 PAN1080 官方例程。
  - `scripts`：存放编译测试相关的脚本文件。

- `cmake`：存放 CMake 构建 Zephyr App 所需的相关配置和脚本文件。
- `subsys`：Zephyr 子系统，包括：USB Device Stack（USB 设备栈）、File System（文件系统）、Bluetooth Host and Controller（低功耗蓝牙 Host 端与 Controller 端）等实现代码。
- `share`：存放一些额外的架构无关的数据，目前包含 Zephyr CMake Package。

一个最简单的 APP 工程文件结构如下所示：

```
<work_dir>/my_app
   CMakeLists.txt
   prj.conf
   src
       main.c
```

其中：

- CMakeLists.txt: 构建系统从此文件中查找待编译 APP 源码，并将 APP 目录与 Zephyr 链接起来，使得 APP 可以编译、配置、使用 Zephyr 提供的各种功能。
- **配置文件**: APP 需要提供一个 Kconfig 配置文件（通常称为 `prj.conf`），其中包含一个或多个 Zephyr 内核配置信息，这些配置与特定的芯片（SoC）配置、特定的开发板（Board）配置等配置信息合并，生成最终的配置文件（`.config` 文件与 `autoconf.h` 文件）。
- APP **源码文件**: APP 需要包含一个或多个 C 语言或汇编源码文件，这些文件通常位于名为 `src` 的目录下。
- <work_dir>：App 工程所在的目录，一般放在 `samples_panchip` 目录内。

  注：从文件结构上来说，构建系统允许我们将自己的 APP 工程创建在任意目录下；只要配置正确，命令行方式的构建系统可以在编译 APP 工程的时候，自动识别到 SDK 中 Zephyr 的路径；但目前 ZAL 工具只支持从 `samples_panchip` 和 `tests_panchip` 两个目录中搜索 App 工程。

APP 工程创建后，我们即可以使用 `ZAL` 工具（或直接使用 `west build` CLI 命令）触发编译操作（其内部是调用 CMake），编译过程中会自动生成单独的 Build（**构建）目录**，其中存放编译输出的所有文件。

下面介绍如何创建、构建和运行一个自定义的 APP。

4.1.2 2 确认开发环境

参考SDK 快速入门 文档，确认软硬件开发环境，可以正常编译、下载和调试程序。

4.1.3 3 参考相关例程

SDK 中提供了一些例程（位于 `01_SDK/zephyr/samples_panchip` 目录），可以直接编译下载到 EVB 开发板上执行，包括多线程打印消息、LED 闪灯、以及蓝牙相关例程等等。

在进行开发之前，建议先看一下相关的例程和文档，熟悉 Zephyr OS 的基本框架；然后实际将这些例程编译烧录至 EVB 开发板中查看运行效果，同时进一步熟悉开发环境的使用。

另外，SDK 中也提供了一些 Zephyr 的测试用例（位于 `01_SDK/zephyr/tests_panchip` 目录），用于测试外设 Driver、OS Kernel 等功能是否正常。阅读这些测试用例代码，也有助于熟悉 Zephyr OS 提供的各种 API 的使用方法。

4.1.4 4 新建一个 App 工程

创建一个 APP 最简单的方式，是从 `01_SDK/zephyr/samples_panchip` 目录下，Copy 一个例程，并将其中的非必要文件（如 `README.rst` 和 `sample.yaml`）删除即可。

假设我们希望创建一个名为 `my_led_blink` 的 App 工程，使用 PWM 的方式将 EVB 开发板上的 LED 灯点亮并令其闪烁，要求：

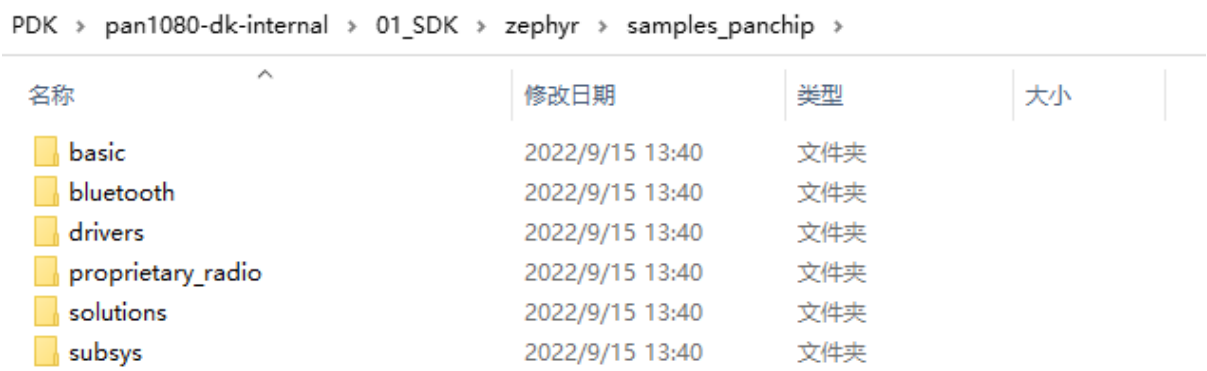


图 1: SDK 例程目录



图 2: SDK 测试用例目录

1. 首先，LED 灯在每 100ms 的时间内，亮 20ms、灭 80ms，持续 3s
2. 然后，LED 灯在每 100ms 的时间内，亮 80ms、灭 20ms，持续 3s
3. 重复上述闪烁规则
4. 每次闪烁频率切换的时候，均向 UART 串口打印闪烁频率信息

下面我们详细讲解如何新建一个工程来实现上述需求。

4.1 从例程中拷贝一份相似的工程

例程 `blinky`（位置：`01_SDK/zephyr/samples_panchip/basic/blinky` 目录）演示了如何使用 GPIO 的方式点亮 LED 并令其每隔 1s 闪烁一次。

我们以此例程为基础进行修改：

1. 拷贝一份 `blinky` 并将其重命名为 `my_led_blink`：



图 3: 拷贝一个现有的例程

打开 `CMakeList.txt`，将第 5 行 project 参数修改为新的项目名称 `my_led_blink`：

```
# SPDX-License-Identifier: Apache-2.0

cmake_minimum_required(VERSION 3.20.0)
find_package(Zephyr REQUIRED HINTS $ENV{ZEPHYR_BASE})
project(my_led_blink)

target_sources(app PRIVATE src/main.c)
```

注：本 App 工程目录中，必要的文件为：

- `src\main.c`: 主程序代码
- `CMakeList.txt`: cmake 文件
- `prj.conf`: 项目配置文件

其它两个文件不是必须的（在本示例中我们可以直接将其删除）：

- `README.rst`: 例程说明文件
- `sample.yaml`: 用于 Zephyr 单元测试的信息描述文件

2. 确认 EVB 硬件接线：
   1. 使用 USB 线，将 PC USB 与 EVB Type-C USB（USB->UART）相连，用于供电及串口 Log 打印
   2. 将 JLink SWD 正确连接至 EVB 板（`P46: ICEK`，`P47: ICED`）
   3. 使用跳线帽将 P16 引脚与 RGB 灯的蓝色通道（RGB-B）引脚相连
3. 打开 ZAL 工具，在 Project List 中找到新建的工程：

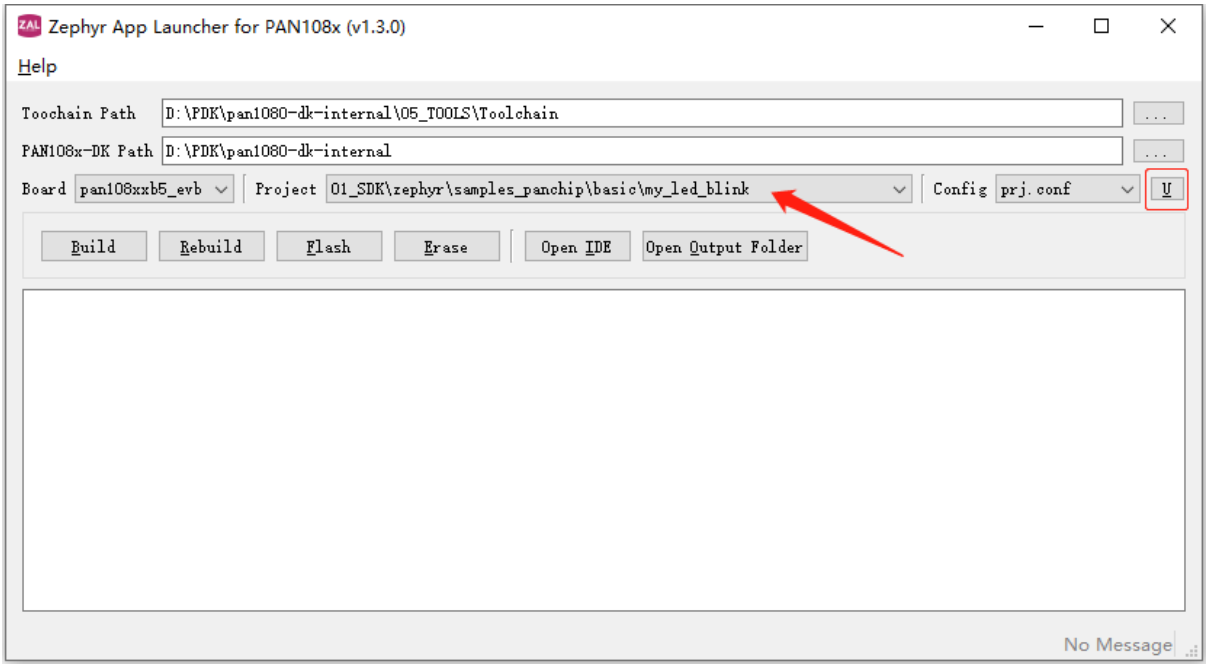


图 4: ZAL 选择新建的工程配置

如果在新增 App 工程目录之前，已经打开了 ZAL 工具，则在选择新的 App 工程之前，应先点击一下 ZAL 工具 Config 列表右面的 `U` 按钮，更新 Project 列表。

4. 点击 `build` 按钮，编译成功后会显示生成名为 `zephyr.elf` 的输出文件，同时显示当前工程的 FLASH 和 SRAM 占用信息：
5. 点击 `Flash` 按钮，将程序烧录至芯片 Flash 中：
6. 烧录成功后，即可观察到 EVB 板上的蓝色 LED 灯以 1Hz 的频率不断闪烁：
7. 最后，点击 `Open IDE` 按钮，启动 `VS Code`，后续代码修改与编译烧录调试均可在 VS Code 环境下进行：

4.2 硬件资源规划

4.2.1 时钟与电源配置 在实际项目中我们需要确定 SoC 时钟源、内部各模块的时钟配置、电源选择等事项。但这里我们直接使用 EVB 板开发，因此暂不关注这些内容，使用默认配置参数即可。

EVB 板的电源选择相关，请参考PAN108x EVB 硬件资源介绍 文档。

4.2.2 PWM 模块配置 我们使用 PAN1080 SoC 的 PWM 模块控制 EVB 板上的 LED 灯，为此我们需要规划：

- 使用哪个 PWM 模块的哪个输出通道（PAN1080 SoC 中内置了 3 个硬件 PWM 模块，分别为 `PWM0`、`PWM1`、`PWM2`，每个模块均有 8 个通道）
- 将 PWM 波形输出到 SoC 的哪个引脚

需要注意的是，由于 PAN1080 SoC 的每个引脚最多只能配置成预设的 8 个功能之一，因此我们在规划引脚资源的时候，要查阅各个引脚的 PINMUX 定义，从中找到合适的引脚使用。

1. 我们可以从 PAN1080 Development Kit 中的如下几个文件的任意一个中找到 PAN1080 SoC 的 PINMUX 引脚定义：
    - `01_SDK/zephyr/dts/arm/panchip/pan1080/pan1080xx1_pinctrl.dtsi` (32-Pin 封装引脚定义)

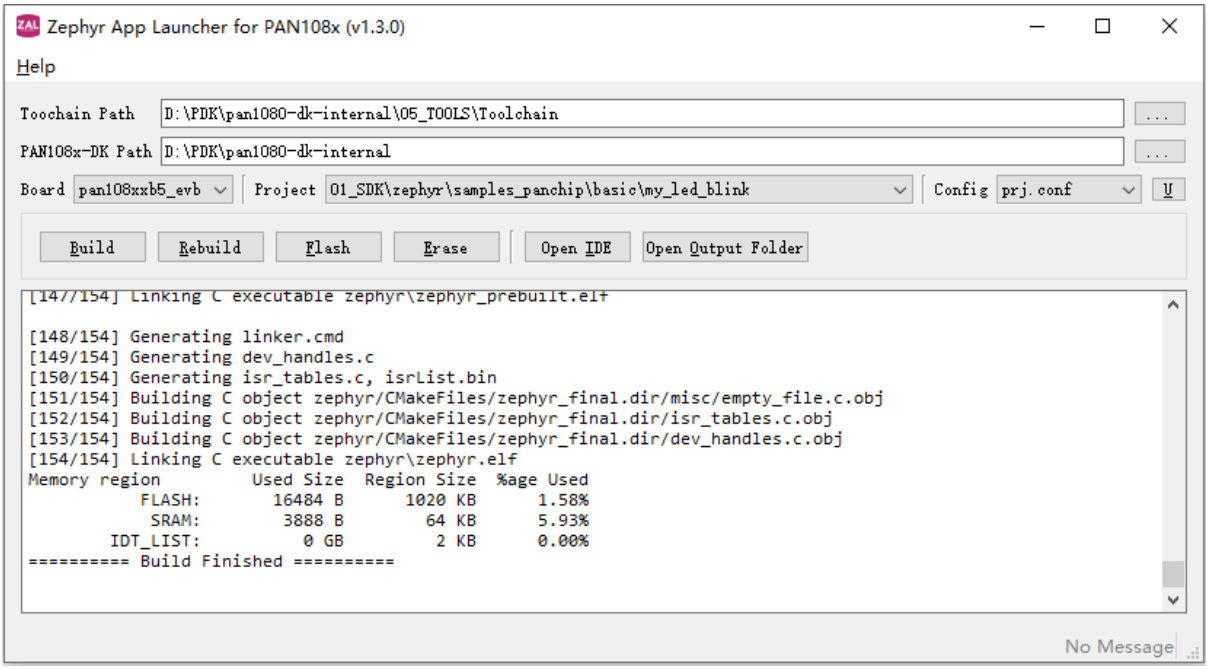


图 5: ZAL Build 新建的工程

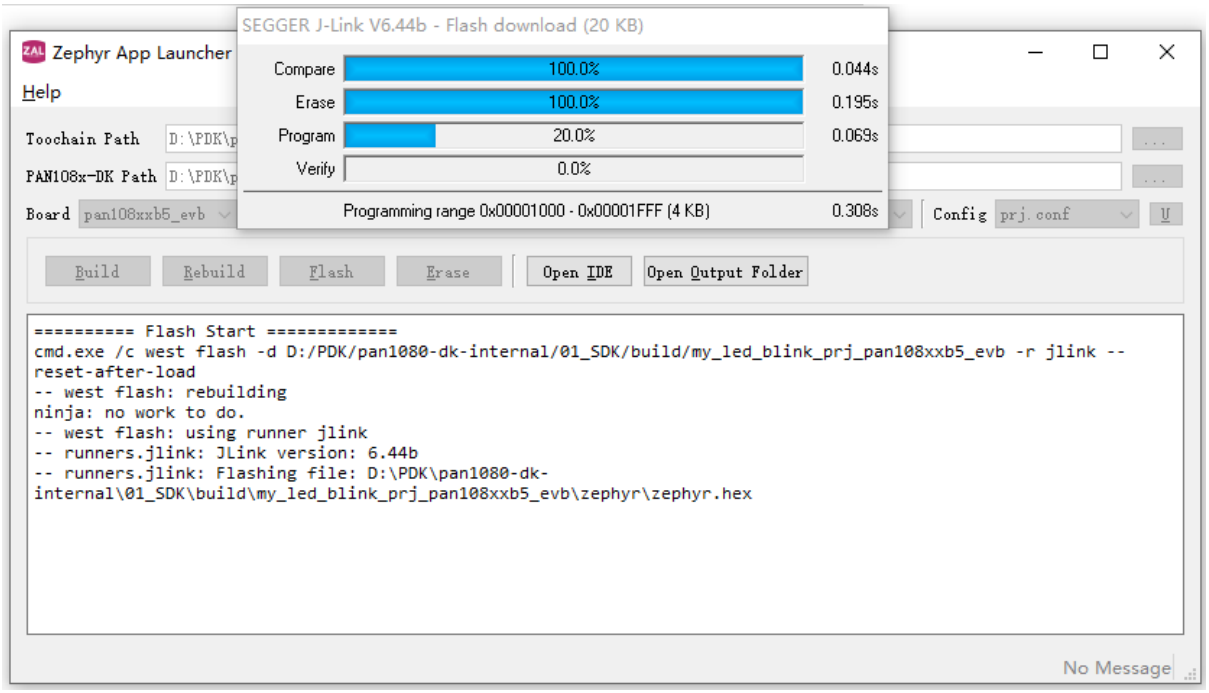


图 6: ZAL 烧录新建的工程

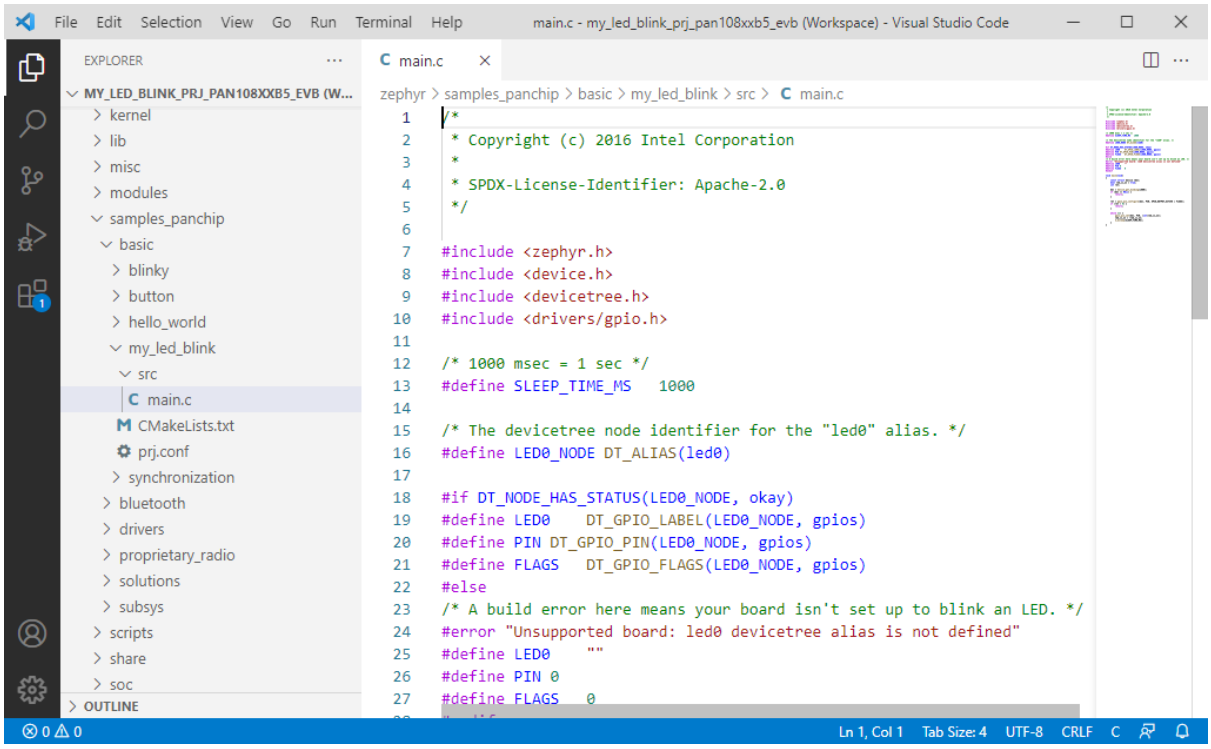


图 7: 启动 VS Code

- `01_SDK/zephyr/dts/arm/panchip/pan1080/pan1080xx5_pinctrl.dtsi` (64-Pin 封装引脚定义)
- `01_SDK/zephyr/include/drivers/pinmux/pinmux_pan1080.h`
- `04_DOC/06_others/PAN108x-Datasheet.pdf` 或 `04_DOC/06_others/PAN1080x-产品说明书.pdf`

2. 这里，我们直接从 VS Code 中打开 `pan1080xx5_pinctrl.dtsi` 文件（按快捷键 `Ctrl+P`，输入文件名即可）
3. 由于 EVB 板上的蓝色 LED 灯已经与 `P16` 引脚相连，我们先查找 `P16` 引脚的 PINMUX 定义，看是否有 PWM 功能；查阅后发现其正好有一个 `pwm0_ch6 (PWM0 Channel 6)` 的定义，可以供我们使用：
4. 为使规划的硬件资源生效，我们需要修改 SDK 中的板级 DeviceTree 文件。

   从 VS Code 中打开名为 `pan108xxb5_evb.dts` 的文件（按快捷键 `Ctrl+P`，输入文件名即可）：

   此文件中描述了关于 PAN108X-XB5 EVB 的所有板级硬件配置信息，这些配置保证了我们可以使用 EVB 开发板成功运行 SDK 中的所有例程（`samples_panchip`）和测试用例（`tests_panchip`）。

   关于 Zephyr DeviceTree（`.dts/.dtsi`）的更多细节，请参考：

   - Zephyr Devicetree 与 Kconfig 配置指南
   - Zephyr 官方文档：Introduction to devicetree

5. 我们暂不关心除 PWM 以外的模块配置，可以看到，`pan108xxb5_evb.dts` 文件第 172~175 行描述了一个 `PWM0` 模块的配置：

```
...

&pwm0 {
        pinctrl-0 = <&p1_0_pwm0_ch4 &p1_1_pwm0_ch5 &p1_6_pwm0_ch6>;
        status = "okay";
};
```

(下页继续)

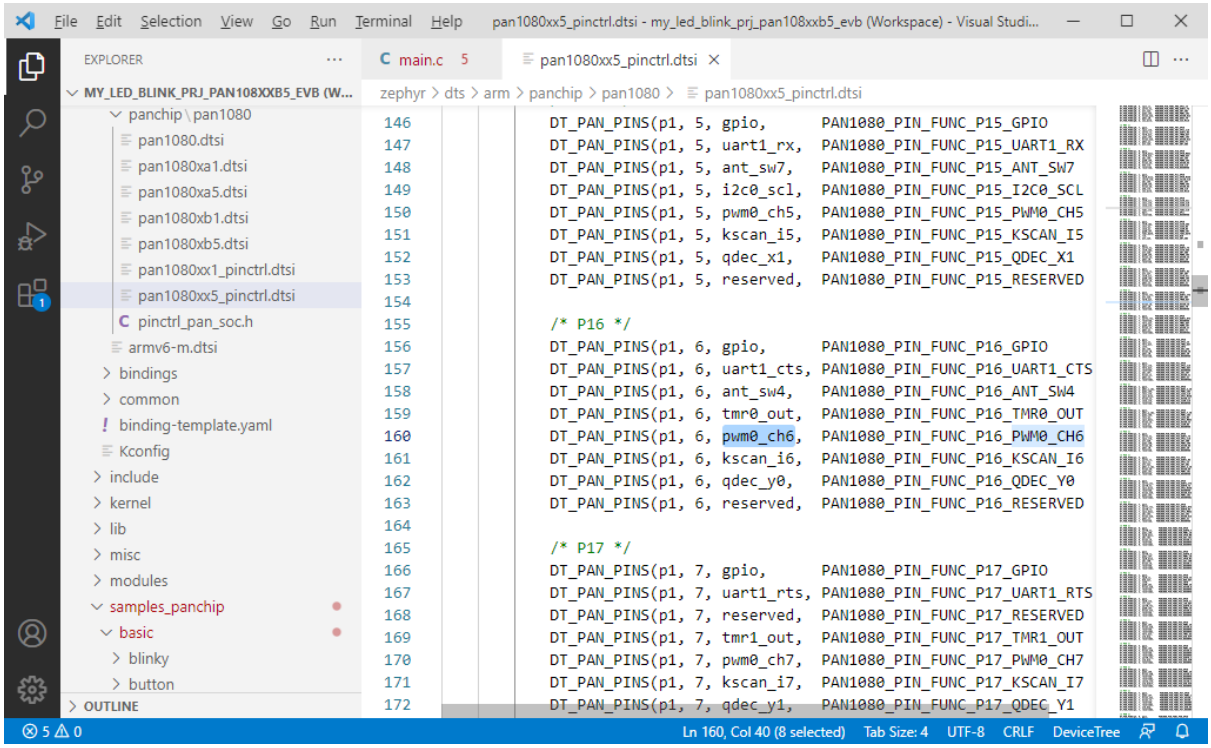


图 8: 打开 pan1080xx5_pinctrl.dtsi 文件

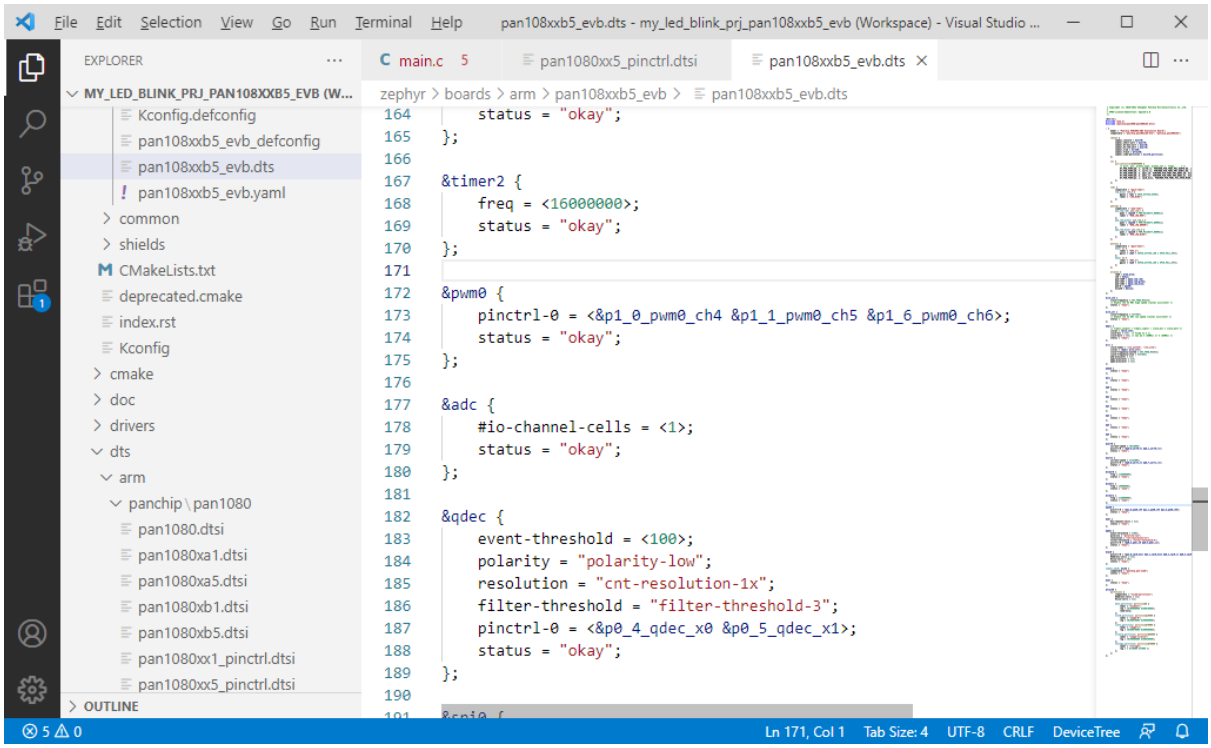


图 9: 打开 pan108xxb5_evb.dts 文件

(续上页)

```
...
```

其含义如下：

- 第一行 `&pwm0` 表示，当前配置文件中对 `pwm0` 中属性值的修改会更新默认的（名为 `pan1080.dtsi` 的）配置文件中的值，亦即，若本次更新的属性不在默认配置文件中，则为此属性赋予一个值；若本次更新的属性已经在默认配置文件中已经有一个值，则覆盖此属性的默认值；
- 第二行 `pinctrl-0` 表示，修改当前 `pwm0` 模块的 PINMUX 配置，其中尖括号中：
  - `&p1_0_pwm0_ch4` 表示将芯片 `P10` 引脚的 PINMUX 切换为 PWM0 Channel 4 功能；
  - `&p1_1_pwm0_ch5` 表示将芯片 `P11` 引脚的 PINMUX 切换为 PWM0 Channel 5 功能；
  - `&p1_6_pwm0_ch6` 表示将芯片 `P16` 引脚的 PINMUX 切换为 PWM0 Channel 6 功能；
- 第三行 `status = "okay"` 表示，在系统初始化过程中，使能 DeviceTree 中对当前 `PWM` 模块的各项参数配置；

6. 由于我们的规划是使用 `PWM0 Channel 6` 从芯片 `P16` 引脚输出方波，而此处已经配置好，因此 DTS 文件中我们无需做任何改动。

4.2.3 UART 模块配置

我们希望使用 PAN1080 SoC 的 `UART` 模块输出 Log 日志到 PC，为此我们需要明确：

- 使用哪个 UART 模块（PAN1080 SoC 中内置了 2 个 UART 模块，分别为 `UART0`、`UART1`）
- UART Tx/Rx 分别映射到 SoC 的哪个引脚
- 如何与 PC 通信

PAN1080 EVB 底板中提供了一个 USB 转 UART 的模块电路，其可以很方便地通过跳线帽与 PAN1080 SoC 的 `P00`（`UART0 TX`）、`P01`（`UART0 RX`）相连，这里我们就使用这种方式与 PC 通信。

1. 使用跳线帽将 EVB 底板（左侧）的 USB 转 UART 模块的 2 个通信排针连接至 PAN1080 SoC：
   - 将 TX0 引脚连接至 P00
   - 将 RX0 引脚连接至 P01
2. 再次在 VS Code 中打开板级 DeviceTree 文件 `pan108xxb5_evb.dts`，我们可以看到其中已经有了一些与 UART 有关的配置：

```
...

        chosen {
                zephyr,console = &uart0;
                zephyr,shell-uart = &uart0;
                zephyr,bt-mon-uart = &uart0;
                zephyr,bt-c2h-uart = &uart0;
        ...
        };

        soc {
                pin-controller@40030000 {
                        /* port, pin, pinmux_name, pinmux_sel [, flag1, ... ] */
                        DT_PAN_PINS(p0, 1, uart0_rx, PAN1080_PIN_FUNC_P01_UART0_RX, input-
↪enable);
                };
        };

...

&uart0 {
```

(下页继续)

(续上页)

```
        current-speed = <921600>;
        pinctrl-0 = <&p0_0_uart0_tx &p0_1_uart0_rx>;
        status = "okay";
};

...
```

其含义如下：

- chosen 节点描述了 Zephyr OS 用到的硬件模块与实际硬件的映射关系：
  - zephyr,console = &uart0 表示将 Zephyr Console 模块配置为使用 UART0 通信，我们此次向 UART 打印 LED 状态消息即使用此方式；
  - zephyr,shell-uart = &uart0、zephyr,bt-mon-uart = &uart0、zephyr,bt-c2h-uart = &uart0 均与本文内容无关，这里不做详细介绍，只需了解我们将 Zephyr 所有用到的串口均默认映射到了 PAN1080 SoC 的 UART0 模块即可；
- soc 节点描述了芯片级的硬件配置信息：
  - pin-controller@40030000 是一个子节点，代表 PAN1080 SoC 的 PINMUX（MFP）模块；
  - DT_PAN_PINS(p0, 1, uart0_rx, PAN1080_PIN_FUNC_P00_UART0_RX, input-enable) 用来辅助配置 UART0 的 PINMUX 参数；其中，此配置的前 4 个参数表示我们将芯片 P01 引脚的 PINMUX 切换为 UART0 RX 功能，最后一个参数表示辅助配置参数，这里 input-enable 表示打开此引脚的数字信号输入功能；

    注 1：除 input-enable 参数外，此处还可以配置 bias-pull-up 以使用当前引脚的**内部上拉**电阻，或配置 bias-pull-down 以使用当前引脚的**内部下拉**电阻；

    注 2：此处的 PINMUX 配置不是必须的，只有在需要打开某个引脚**数字信号输入**功能或**内部上拉/下拉电阻**功能的时候，才应该在此处进行配置，并且配置的引脚功能应当与对应外设模块中的 pinxtrl-0 中的配置一致，例如：

    * 我们在 DeviceTree 的 uart0 节点中将 Tx 功能配置到了 P00 引脚，将 Rx 功能配置到了 P01 引脚，因此我们需要在 soc/pin-controller 节点中将 P01 引脚的数字信号**输入**功能打开，但无需配置数字信号输出引脚 P06；
    * 如果我们使用 I2C 模块，则由于 I2C 协议要求有上拉电阻，因此我们可以配置 bias-pull-up 参数以使用 SoC 内部上拉电阻；如果我们将 I2C 模块配置为 Slave，则由于 SCL 和 SDA 两根线均为输入信号，因此还需要配置 input-enable 参数以打开这两个引脚的数字信号输入功能；
- &uart0 表示，修改 uart0 节点中的属性，且其中的修改会更新默认配置文件（名为 pan1080.dtsi）中的值：
  - current-speed = <921600> 表示，波特率配置为 921600；
  - pinctrl-0 = <&p0_0_uart0_tx &p0_1_uart0_rx> 表示：
    * 将芯片 P00 引脚的 PINMUX 切换为 UART1 TX 功能；
    * 将芯片 P01 引脚的 PINMUX 切换为 UART1 RX 功能（与 soc/pin-controller 节点中的配置一致）；
  - status = "okay" 表示，在系统初始化过程中，使能 DeviceTree 中对当前 UART 模块的各项参数配置；

3. 从 dts 文件中可知，SDK 中对于 UART 的配置已经与我们在 EVB 板中的接线一致，因此无需再做修改。

4.3 修改代码

下面我们演示如何在 VS Code 环境下写 App 代码，实现预期功能。

4.3.1 使用 PWM

1. Zephyr 提供了标准的 PWM API 接口（头文件位置：`01_SDK/zephyr/include/drivers/pwm.h`），为了使用这些接口，我们需要先使能 Zephyr PWM Driver，方法是在 App 目录的 `prj.conf`，增加一个 Config 项：

```
CONFIG_PWM=y
```

增加后文件内容如图所示：

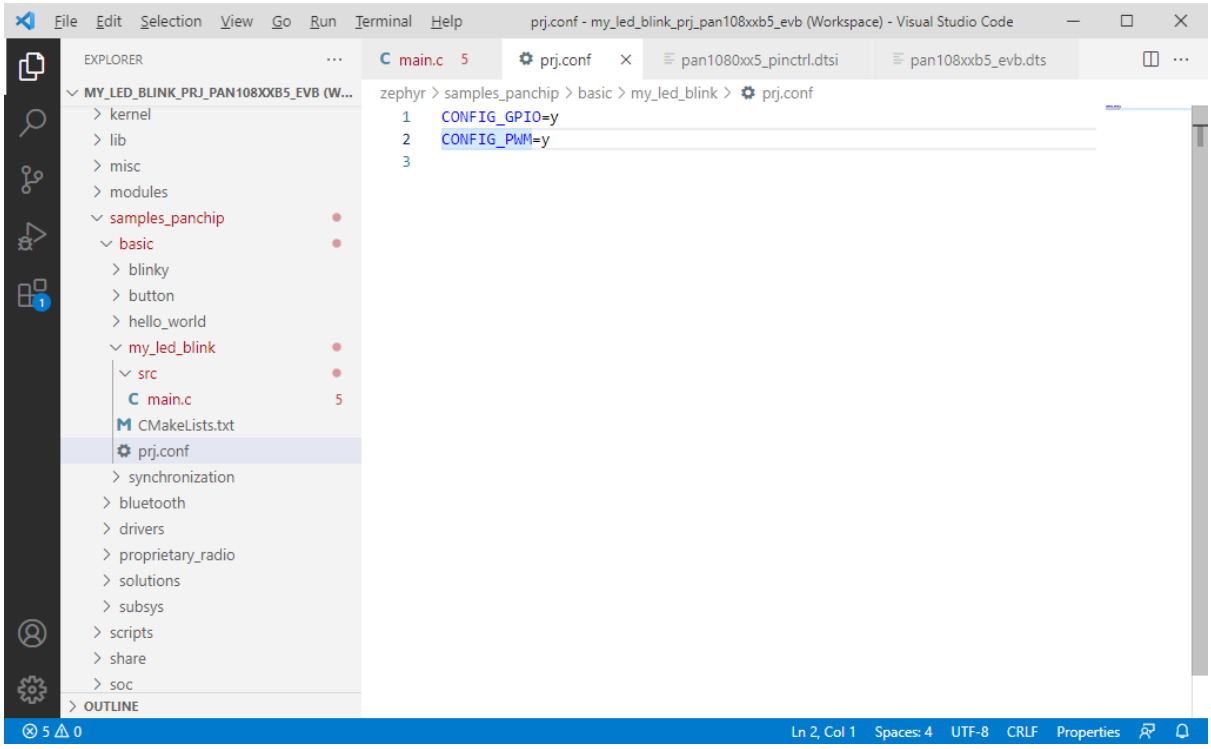


图 10: 在 prj.conf 文件中使能 PWM Driver

2. 接着，我们在 `main.c` 中，删除一些无关的代码，并增加 PWM 相关操作代码：

```
/*
 * Copyright (c) 2021-2022 Shanghai Panchip Microelectronics Co.,Ltd.
 *
 * SPDX-License-Identifier: Apache-2.0
 */

#include <zephyr.h>
#include <device.h>
#include <devicetree.h>
#include <drivers/gpio.h>
#include <drivers/pwm.h>

void main(void)
{
        const struct device *pwm_dev;
        bool flag = true;

        pwm_dev = DEVICE_DT_GET(DT_NODELABEL(pwm0));
        if (pwm_dev == NULL) {
                return;
        }
```

（下页继续）

(续上页)

```
        while (1) {
                if (flag == true) {
                        flag = !flag;
                        /* LED Blink, turn on 20ms and turn off 80ms in every 100ms */
                        pwm_pin_set_usec(pwm_dev, 6, 100000, 20000, PWM_POLARITY_NORMAL);
                } else {
                        flag = !flag;
                        /* LED Blink, turn on 80ms and turn off 20ms in every 100ms */
                        pwm_pin_set_usec(pwm_dev, 6, 100000, 80000, PWM_POLARITY_NORMAL);
                }
                k_msleep(3000);
        }
}
```

3. 点击 VS Code 的 `Terminal` 菜单，选择 `Run Build Task...`（或直接快捷键 `Ctrl + Shift + B`），依次执行 Build 和 Flash 命令，将程序烧录至芯片中，即可观察到 LED 灯闪烁，且每 3s 切换一次闪烁频率。

4.3.2 **使用 UART** 我们可以直接使用 zephyr 提供的 printk 函数，将 Log 信息输出至串口，修改 `while(1)` 循环内的代码如下：

```
        while (1) {
                if (flag == true) {
                        flag = !flag;
                        /* LED Blink, turn on 20ms and turn off 80ms in every 100ms */
                        if (pwm_pin_set_usec(pwm_dev, 6, 100000, 20000, PWM_POLARITY_NORMAL)␣
↪== 0) {
                                printk("LED Blink, turn-on 20ms and turn-off 80ms in every␣
↪100ms..");
                        } else {
                                printk("error occurs\n");
                        }
                } else {
                        flag = !flag;
                        /* LED Blink, turn on 80ms and turn off 20ms in every 100ms */
                        if (pwm_pin_set_usec(pwm_dev, 6, 100000, 80000, PWM_POLARITY_NORMAL)␣
↪== 0) {
                                printk("LED Blink, turn-on 80ms and turn-off 20ms in every␣
↪100ms..");
                        } else {
                                printk("error occurs\n");
                        }
                }
                k_msleep(3000);
        }
```

重新编译烧录后，在 PC 中使用串口工具（如 SecureCRT）即可看到每 3s 打印一次消息：

4.1.5 5 更多相关文档

1. Zephyr Devicetree 与 Kconfig 配置指南：介绍 Zephyr Kconfig 配置的相关技巧
2. Zephyr DeviceTree APIs：Zephyr 官方对于 DeviceTree 接口的详细介绍
3. Zephyr Peripheral APIs：Zephyr 官方提供的外设 Driver API 接口详细介绍

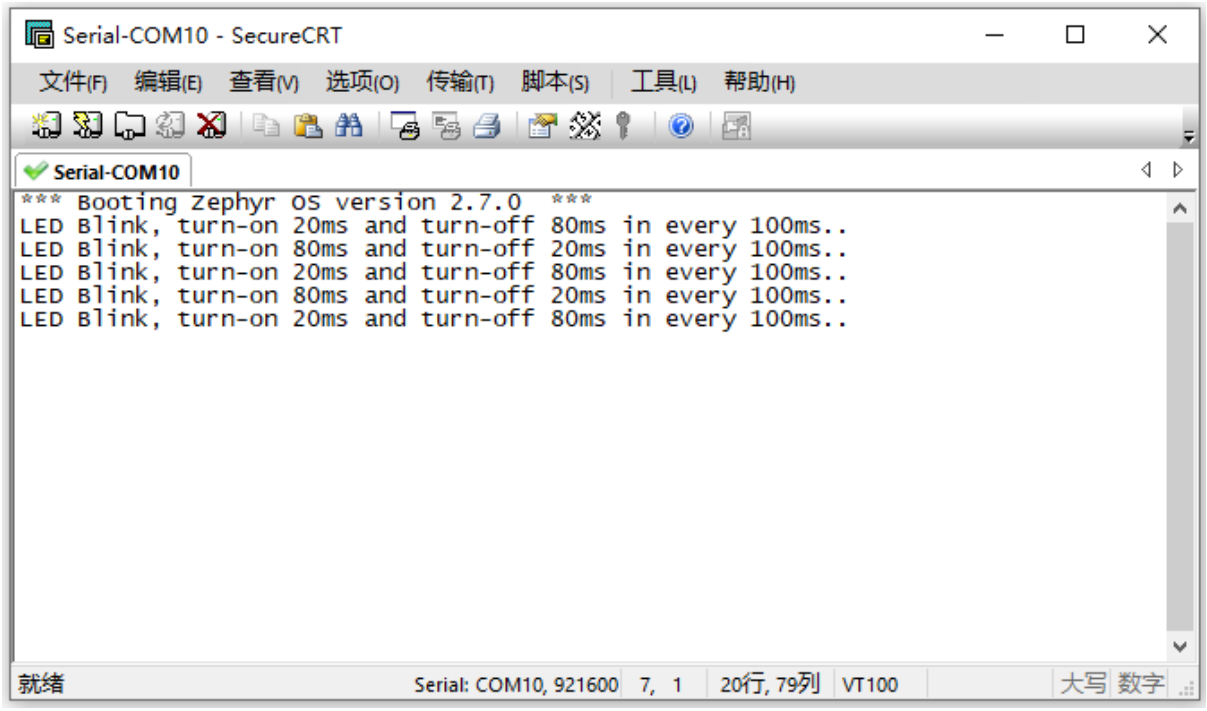


图 11: 修改后的 App Log 打印

4.2 BLE App 开发指南

本文主要通过一些示例，介绍**蓝牙应用开发**过程中常用的方法以及可能遇到的问题。

4.2.1 1 基础指标

1.1 功耗

蓝牙在不同的工作模式下功耗如下表所示：

以下数据基于例程 `bluetooth\peripheral_hr`，配置文件 `prj_lp_rcl.conf&prj_lp_xtl.conf` 进行的测试。

- 发射功率：0 dBm，广播数据：33 Bytes，其它参数请参考项目文件。

工作模式	模式	休眠时钟	峰值电流(mA)	休眠电流(uA)	平均电流 (uA, 100ms)	平均电流 (uA, 1000ms)
蓝牙广播	DCDC	XTL	7.5	9	313.6	37.22
		RCL	7.5	8	272.77	34.97
	LDO	XTL	13.54	9	471.07	54.51
		RCL	13.53	8	417.42	52.07
蓝牙连接	DCDC	XTL	6.81	9	198.03	29.77
		RCL	7.56	8	200.43	41.75
	LDO	XTL	12.25	9	291.62	40.1
		RCL	13.54	8	312.65	42.8

图 12: 不同工作模式下的功耗数据

1.2 RSSI

PAN1080 在天线直连模式下测试，RSSI 精度在 ±2 dB。在蓝牙扫描模式下，使用板载天线测试不同距离下的 RSSI 分布，大致符合高斯分布，如下图：

以下数据基于例程 `bluetooth\central_hr` 进行的测试。

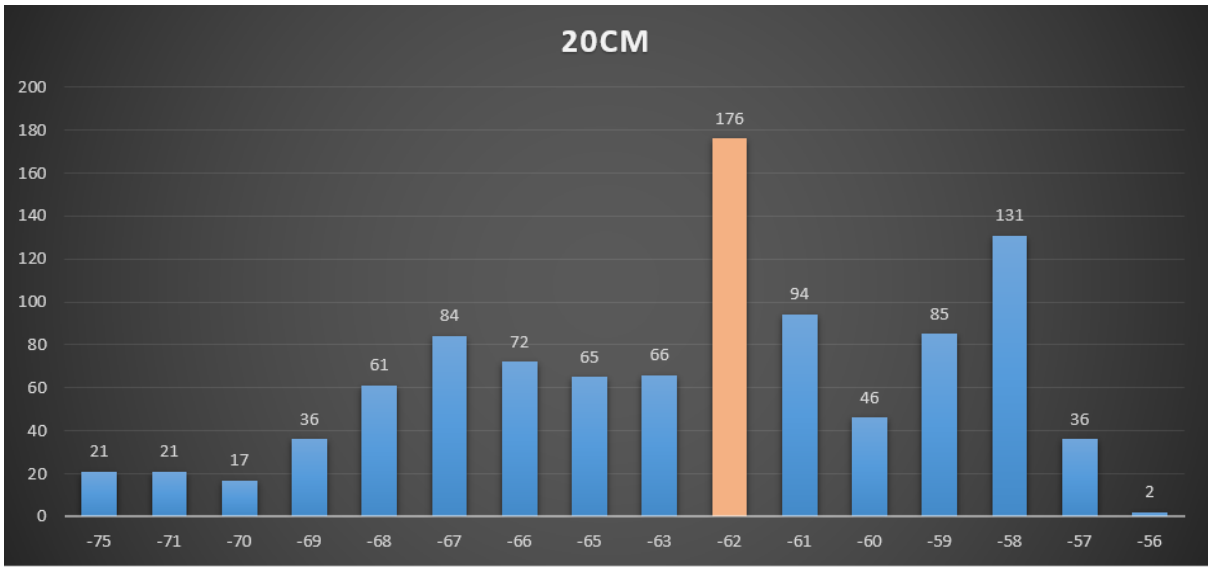


图 13: 20cm 时，RSSI 分布

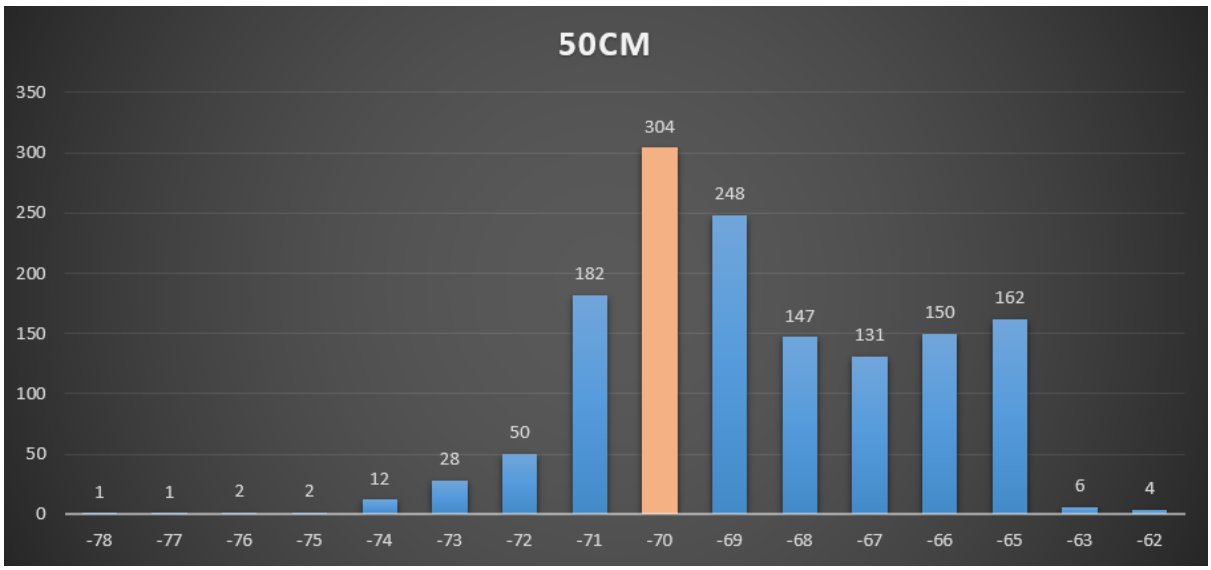


图 14: 50cm 时，RSSI 分布

4.2.2 2 添加 GATT 服务

2.1 确认开发环境

参考SDK 快速入门，确认软硬件开发环境，可以正常的编译、下载和调试 SDK 提供的基础例程。

建议连接板载的 micro USB，通过串口工具监测 Log。

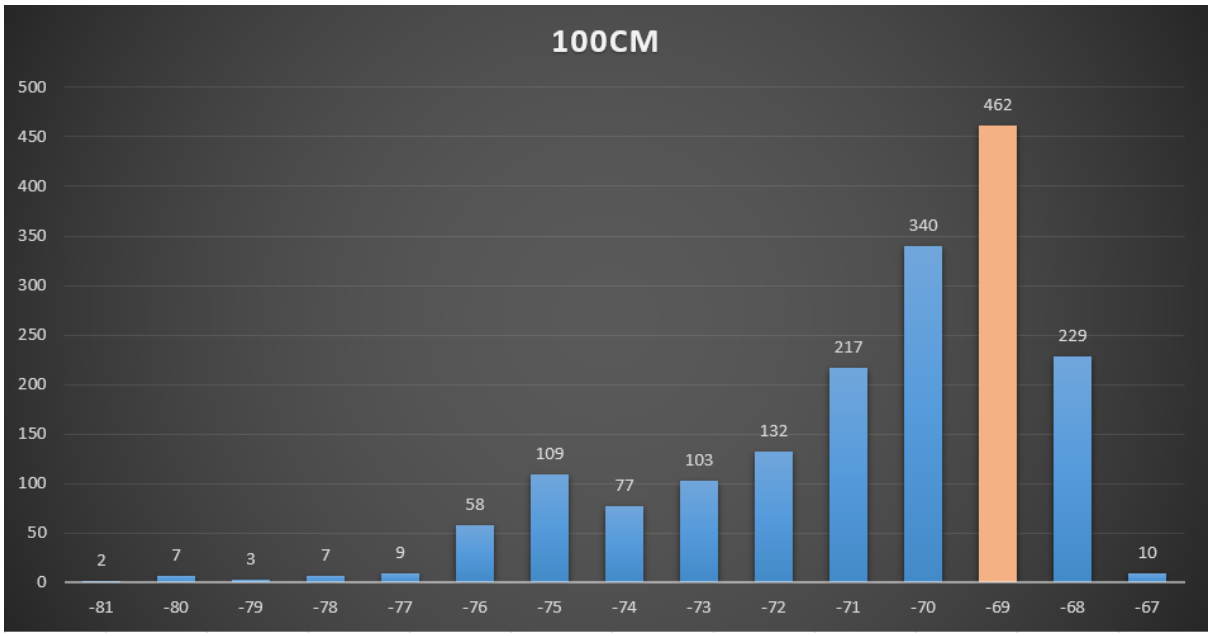


图 15: 100cm 时，RSSI 分布

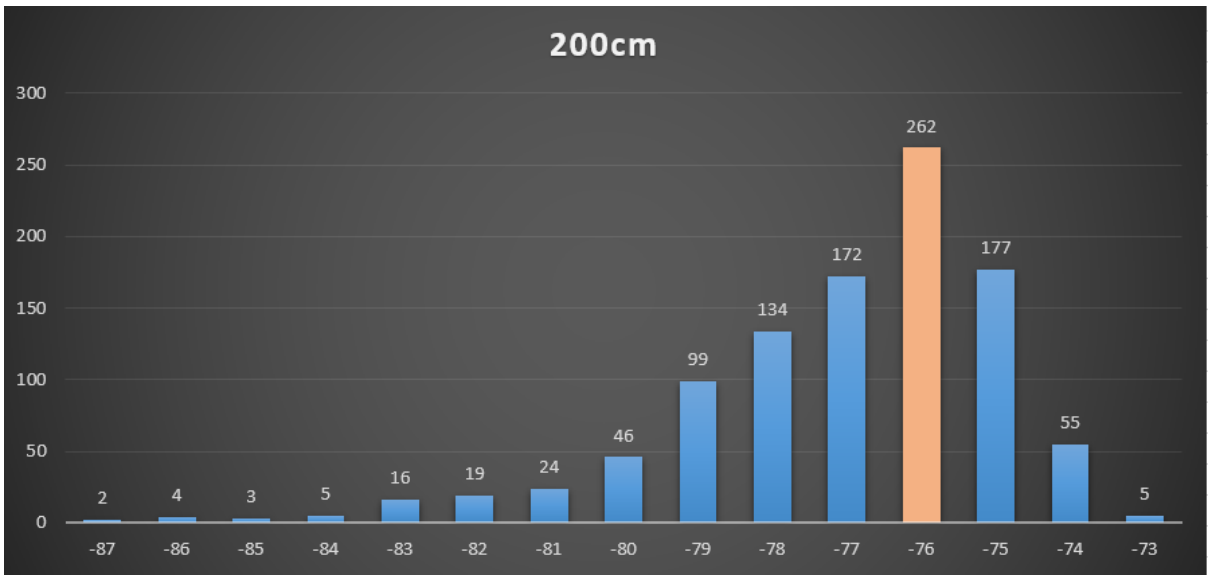


图 16: 200cm 时，RSSI 分布

2.2 参考相关例程

蓝牙开发需要了解一些蓝牙协议相关的知识，可以参考蓝牙协议规范，网上也有很多协议的介绍，此处不作为重点。

当前 SDK 中提供了一些蓝牙相关的例程，涵盖了 beacon、central、peripheral、hid、mesh 等。

在进行蓝牙开发之前，建议先看一下相关的例程和文档，磨刀不误砍柴工，相信这些例程会对你的开发有所帮助。

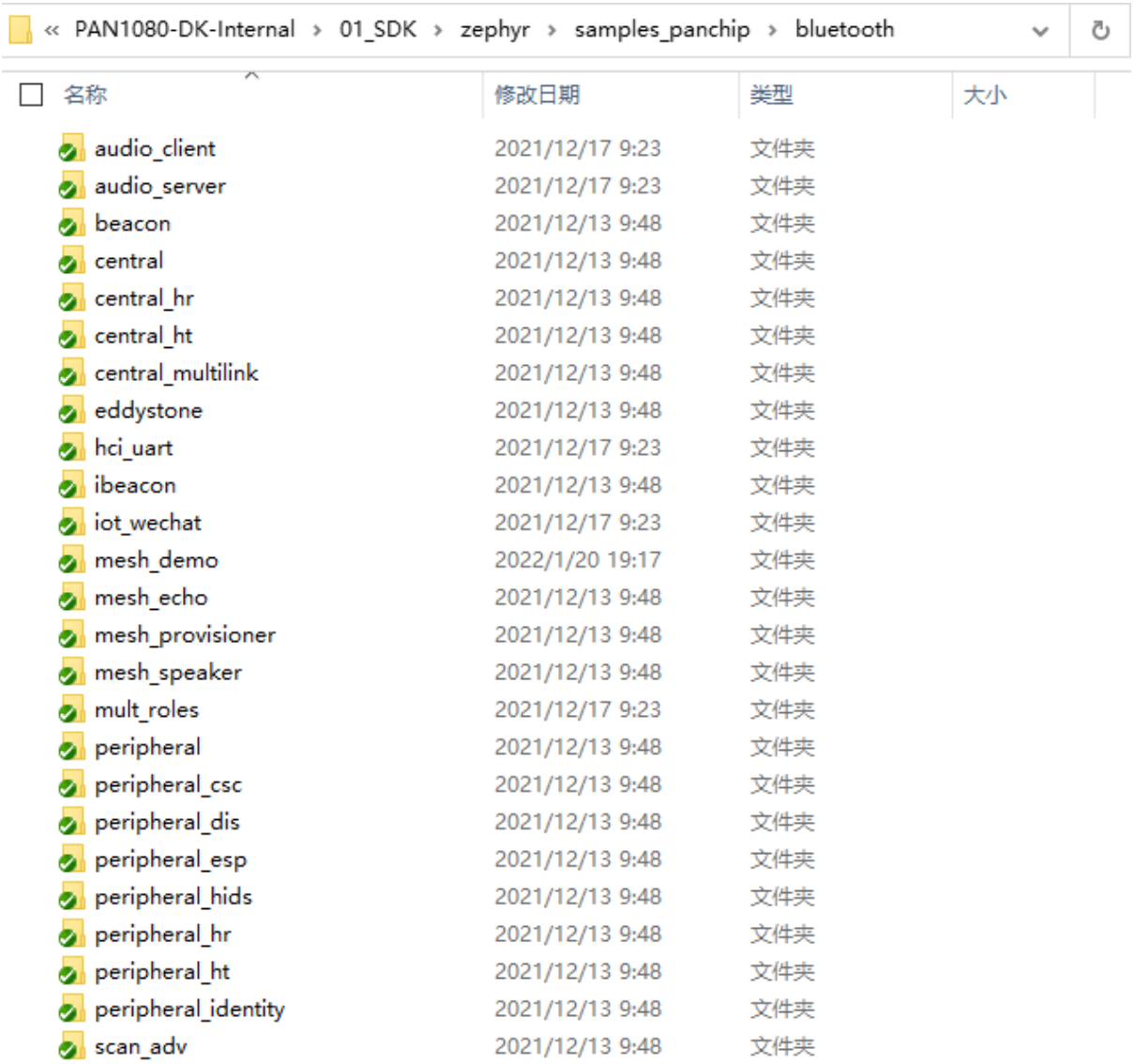


图 17: 蓝牙例程目录

2.3 新建一个蓝牙例程

在对蓝牙协议以及相关例程有一些了解之后，就可以尝试进行开发了，这里我们演示一个蓝牙收、发服务例程，具体服务描述如下：

Service or Characteristic	UUID	Properties
T/Rx Service	0x12345678-1234-5678-1234-56789abcdef0	
Data From Client to Server Characteristic	0x12345678-1234-5678-1234-56789abcdef1	Write
Data From Server to Client Characteristic	0x12345678-1234-5678-1234-56789abcdef2	Read, Notify

2.3.1 **拷贝一份相似的工程** 当然你也可以在原有例程上进行修改，初期并不建议开发者从头开始进行开发。

例程peripheral_hr 演示了简单的健康温度计 (Health Thermometer) 服务，可以在建立连接后将采集温度并上报给主机，我们将以这个例程为基础，来进行修改和补充，首先拷贝一份 `peripheral_hr` 并重命名为 `peripheral_trx`。

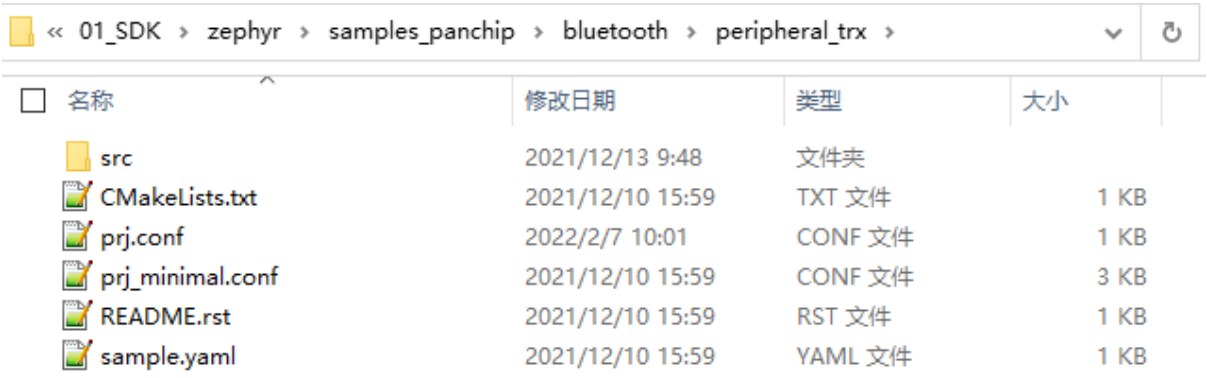


图 18: 拷贝一份相似的工程

其中的必要的文件为:

- `src\main.c`: 主程序代码
- `CMakeList.txt`: cmake 文件
- `prj.conf`: 项目配置文件

其它几个文件都不是必须的:

- `prj_minimal.conf`: 编译阶段可选的项目配置文件
- `README.rst`: 项目说明文件
- `sample.yaml`: 用于 zephyr tests 的文件

2.3.2 **进行必要的调整** (1) 为了简单起见，我们删掉不必要的文件。

删掉 `prj_minimal.conf`，`README.rst`，`sample.yaml`。

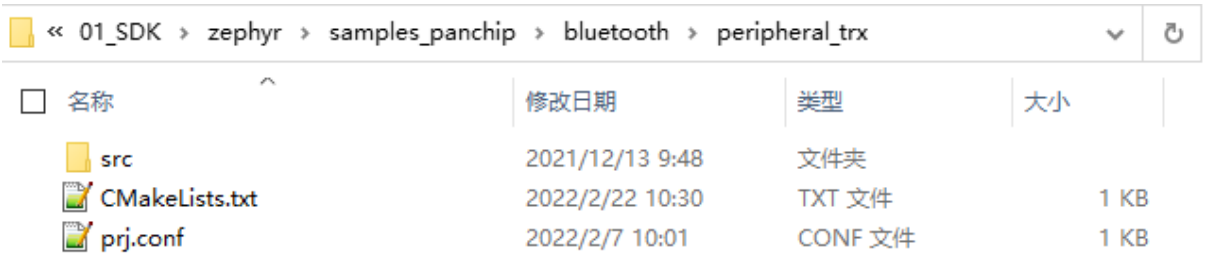


图 19: 只保留必要的文件

(2) 在 CMakeList.txt 文件中修改项目名称为 peripheral_trx。

```
## SPDX-License-Identifier: Apache-2.0

cmake_minimum_required(VERSION 3.20.0)

find_package(Zephyr REQUIRED HINTS $ENV{ZEPHYR_BASE})
project(peripheral_trx)

FILE(GLOB app_sources src/*.c)
target_sources(app PRIVATE
  ${app_sources}
  )

zephyr_library_include_directories(${ZEPHYR_BASE}/samples/bluetooth)
```

(3) 在 prj.conf 中修改项目的配置，关闭不必要的配置。

```
CONFIG_BT=y
CONFIG_BT_DEBUG_LOG=y
CONFIG_BT_PERIPHERAL=y
CONFIG_BT_DEVICE_NAME="Peripheral TRx"
CONFIG_BT_DEVICE_NAME_DYNAMIC=y
```

- CONFIG_BT=y: 使能蓝牙
- CONFIG_BT_DEBUG_LOG=y: 使能蓝牙 log
- CONFIG_BT_PERIPHERAL=y: 使能 peripheral
- CONFIG_BT_DEVICE_NAME="Peripheral TRx": 修改蓝牙设备名称

(4) 在 main.c 中删掉不必要的代码，如原来代码中关于 BAS、HRS、AUTH 相关的内容。

```
#include <zephyr/types.h>
#include <stddef.h>
#include <string.h>
#include <errno.h>
#include <sys/printk.h>
#include <sys/byteorder.h>
#include <zephyr.h>

#include <bluetooth/bluetooth.h>
#include <bluetooth/hci.h>
#include <bluetooth/conn.h>
#include <bluetooth/uuid.h>
#include <bluetooth/gatt.h>

static const struct bt_data ad[] = {
        BT_DATA_BYTES(BT_DATA_FLAGS, (BT_LE_AD_GENERAL | BT_LE_AD_NO_BREDR)),
};

static void connected(struct bt_conn *conn, uint8_t err)
{
        if (err) {
                printk("Connection failed (err 0x%02x)\n", err);
        } else {
                printk("Connected\n");
        }
}

static void disconnected(struct bt_conn *conn, uint8_t reason)
{
        printk("Disconnected (reason 0x%02x)\n", reason);
```

(下页继续)

(续上页)

```
}

BT_CONN_CB_DEFINE(conn_callbacks) = {
        .connected = connected,
        .disconnected = disconnected,
};

static void bt_ready(void)
{
        int err;

        printk("Bluetooth initialized\n");

        err = bt_le_adv_start(BT_LE_ADV_CONN_NAME, ad, ARRAY_SIZE(ad), NULL, 0);
        if (err) {
                printk("Advertising failed to start (err %d)\n", err);
                return;
        }

        printk("Advertising successfully started\n");
}

void main(void)
{
        int err;

        err = bt_enable(NULL);
        if (err) {
                printk("Bluetooth init failed (err %d)\n", err);
                return;
        }

        bt_ready();
}
```

上述代码比较简单，但有个点需要说明一下：

- 你可以使用 BT_CONN_CB_DEFINE 来为连接事件注册回调函数，但却不需要对它进行额外的初始化；系统会将用这种方法定义的回调函数放到特定代码空间进行统一处理。
- 初次接触的开发者可能会感到困惑，但它会很方便，特别是多个文件都需要处理这个回调函数时，只需要按照同样的方式处理即可。

(5) 重新编译和下载例程

此时我们重新编译 (rebuild)，并下载。

下载成功，系统执行起来以后，串口工具将显示如下 Log：

```
*** Booting Zephyr OS version 2.7.0  ***
Bluetooth initialized
Advertising successfully started
[00:00:00.186,000] <inf> bt_hci_core: Identity: C4:3E:A1:88:FD:9A (random)
[00:00:00.186,000] <inf> bt_hci_core: HCI: version 5.1 (0x0a) revision 0x0003, manufacturer␣
↪0x07d1
[00:00:00.187,000] <inf> bt_hci_core: LMP: version 5.1 (0x0a) subver 0x0000
```

手机端可以通过 nRF Connect APP 进行搜索、连接蓝牙设备

> 注意，非 HID 相关的例程，不建议通过手机设置界面查看和连接蓝牙设备，因为这可能涉及到一些手机系统的设备过滤和功能要求。

2.3.3 添加 GATT 服务 (1) 定义 UUID

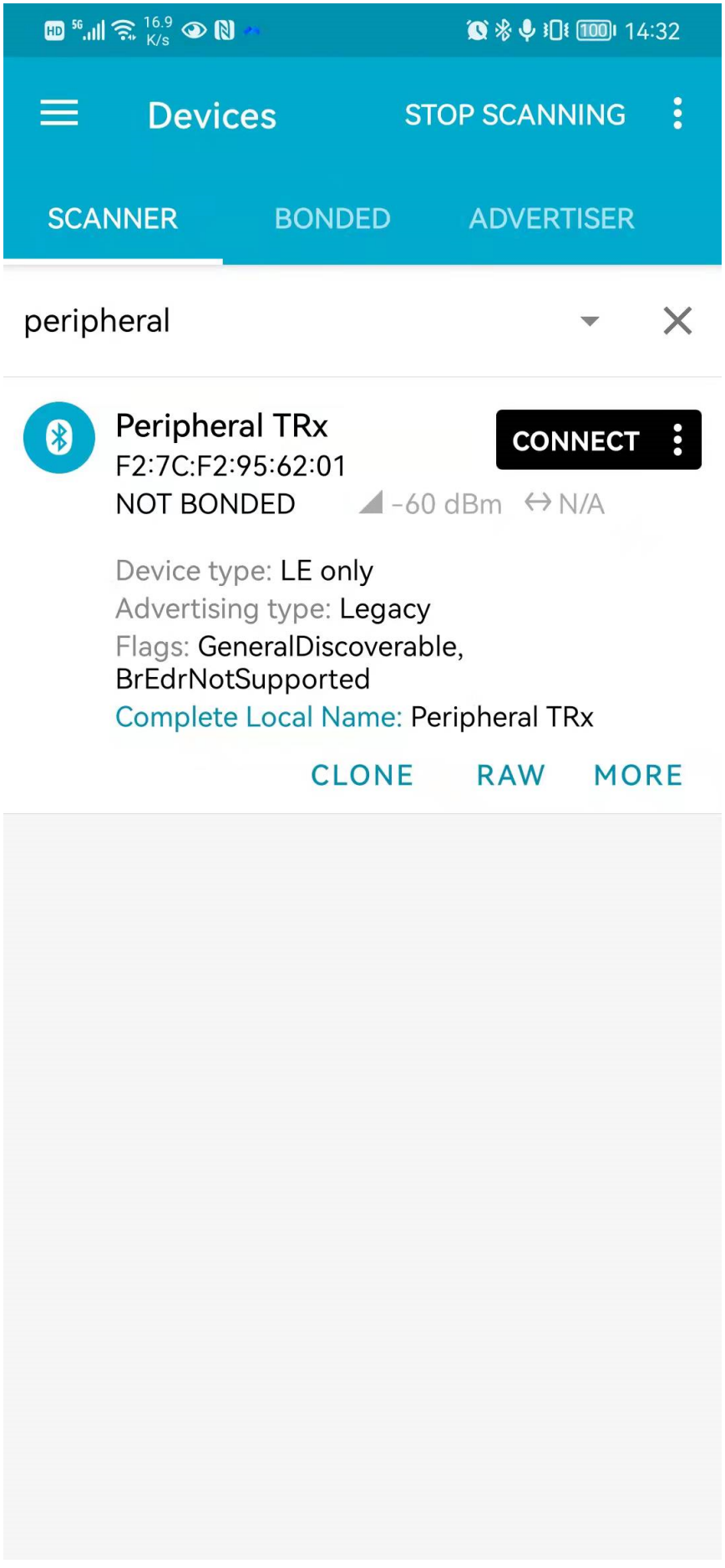


图 20: nRF Connect 搜索广播

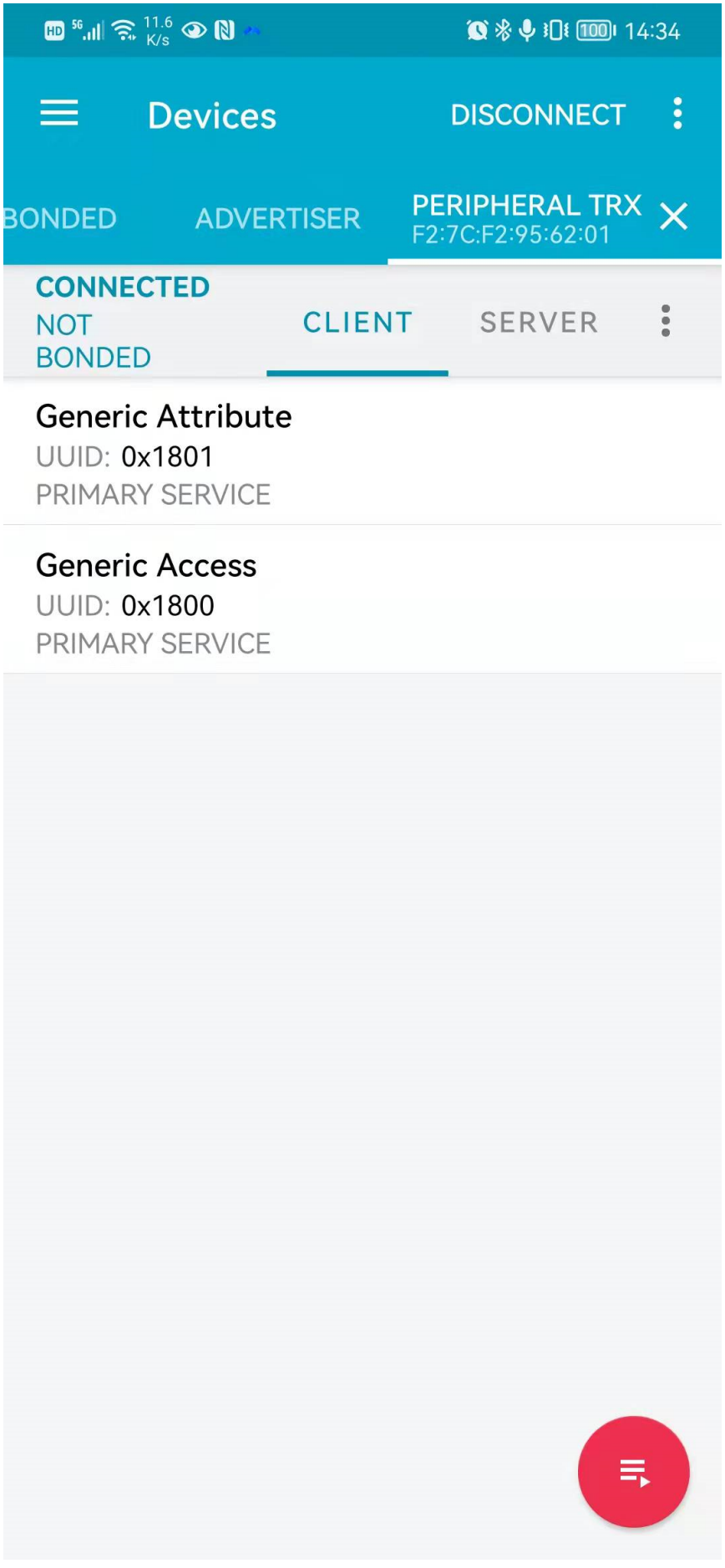


图 21: nRF Connect 成功连接并显示 Service 信息

```
/* TRx Service Variables */
#define BT_UUID_TRX_SERVICE_VAL \
        BT_UUID_128_ENCODE(0x12345678, 0x1234, 0x5678, 0x1234, 0x56789abcdef0)

static struct bt_uuid_128 trx_svc_uuid = BT_UUID_INIT_128(
        BT_UUID_TRX_SERVICE_VAL);

static struct bt_uuid_128 trx_c2s_uuid = BT_UUID_INIT_128(
        BT_UUID_128_ENCODE(0x12345678, 0x1234, 0x5678, 0x1234, 0x56789abcdef1));

static struct bt_uuid_128 trx_s2c_uuid = BT_UUID_INIT_128(
        BT_UUID_128_ENCODE(0x12345678, 0x1234, 0x5678, 0x1234, 0x56789abcdef2));
```

这里把 BT_UUID_TRX_SERVICE_VAL 单独列出来，是为了后面加到广播数据中，以暴露此服务。

(2) 定义 GATT 服务

可以使用 BT_GATT_SERVICE_DEFINE 来定义服务，它和前面介绍的 BT_CONN_CB_DEFINE 一样，将被系统放到特定代码空间，不需要额外初始化。

定义了三个 buffer 来存放待收发的数据：trx_c2s_value，trx_s2c_value，trx_s2c_ntf_value。

定义了三个接口，处理数据收发：write_trx_c2s，read_trx_s2c，trx_s2c_ccc_cfg_changed。

GATT 服务一般要包含：BT_GATT_PRIMARY_SERVICE, BT_GATT_CHARACTERISTIC，包含 notify / indicate 时，还需要用到 BT_GATT_CCC 来进行管理是否使能。

更多的示例，请参考例程 bluetooth\peripheral。

```
#define TRX_MAX_LEN 20

static uint8_t trx_c2s_value[TRX_MAX_LEN + 1] = {
        'T', 'R', 'X', '_', 'C', '2', 'S'
};
static uint8_t trx_s2c_value[TRX_MAX_LEN + 1] = {
        'T', 'R', 'X', '_', 'S', '2', 'C'
};
static uint32_t trx_s2c_ntf_value;

static ssize_t write_trx_c2s(struct bt_conn *conn, const struct bt_gatt_attr *attr,
                         const void *buf, uint16_t len, uint16_t offset,
                         uint8_t flags)
{
        uint8_t *value = attr->user_data;

        if (offset + len > TRX_MAX_LEN) {
                return BT_GATT_ERR(BT_ATT_ERR_INVALID_OFFSET);
        }

        memcpy(value + offset, buf, len);
        value[offset + len] = 0;

        printk("write (%d): ", len);
        for (uint8_t i = 0; i < len; i++)
        {
                printk("0x%02X ", value[i]);
        }
        printk("\n");

        return len;
}

static ssize_t read_trx_s2c(struct bt_conn *conn, const struct bt_gatt_attr *attr,
                        void *buf, uint16_t len, uint16_t offset)
```

(下页继续)

(续上页)

```
{
        const char *value = attr->user_data;

        return bt_gatt_attr_read(conn, attr, buf, len, offset, value,
                                 strlen(value));
}

static uint8_t simulate;

static void trx_s2c_ccc_cfg_changed(const struct bt_gatt_attr *attr, uint16_t value)
{
        simulate = (value == BT_GATT_CCC_NOTIFY) ? 1 : 0;
}

/* TRx Primary Service Declaration */
BT_GATT_SERVICE_DEFINE(trx_svc,
        BT_GATT_PRIMARY_SERVICE(&trx_svc_uuid),
        BT_GATT_CHARACTERISTIC(&trx_c2s_uuid.uuid,
                               BT_GATT_CHRC_WRITE, BT_GATT_PERM_WRITE,
                               NULL, write_trx_c2s, trx_c2s_value),
        BT_GATT_CHARACTERISTIC(&trx_s2c_uuid.uuid,
                               BT_GATT_CHRC_READ | BT_GATT_CHRC_NOTIFY,
                               BT_GATT_PERM_READ,
                               read_trx_s2c, NULL, trx_s2c_value),
        BT_GATT_CCC(trx_s2c_ccc_cfg_changed,
                    BT_GATT_PERM_READ | BT_GATT_PERM_WRITE),
);
```

(3) 定义接口

这里定义了两个接口：

- `trx_init`：初始化 notify attribute
- `trx_notify`：上报数据给 client

```
static struct bt_gatt_attr *trx_ntf_attr;

static void trx_init(void)
{
        trx_ntf_attr = bt_gatt_find_by_uuid(trx_svc.attrs, trx_svc.attr_count, &trx_s2c_uuid.
↪uuid);
}

static void trx_notify(void)
{
        if (simulate) {
                bt_gatt_notify(NULL, trx_ntf_attr, &trx_s2c_ntf_value, sizeof(trx_s2c_ntf_
↪value));
                trx_s2c_ntf_value++;
        }
}
```

(4) 修改广播数据

添加了 TRx Service UUID，以便在广播数据中发现它。

```
static const struct bt_data ad[] = {
        BT_DATA_BYTES(BT_DATA_FLAGS, (BT_LE_AD_GENERAL | BT_LE_AD_NO_BREDR)),
        BT_DATA_BYTES(BT_DATA_UUID128_ALL, BT_UUID_TRX_SERVICE_VAL),
};
```

(5) 初始化 trx service 并在连接建立且使能 notify 后上报数据

```
void main(void)
{
        int err;

        err = bt_enable(NULL);

        trx_init();

        if (err) {
                printk("Bluetooth init failed (err %d)\n", err);
                return;
        }

        bt_ready();

        while (1) {
                k_sleep(K_SECONDS(1));

                trx_notify();
        }
}
```

2.3.4 **功能演示** (1) 扫描设备

(2) 建立连接

串口工具将打印连接状态变化的信息:

```
Connected
```

(3) 写数据

串口工具将打印收到的数据:

```
write (5): 0x12 0x34 0x56 0x78 0x90
```

(4) 读数据

(5) Notify

4.2.3 3 蓝牙相关的接口说明

3.1 GAP

3.1.1 **使用静态地址** 开发过程中，我们有时想使用静态（随机）地址，可以在 `bt_enable` 之前，先设置一下设备地址，如下:

```
#include <bluetooth/addr.h>
#include <bluetooth/hci_ble.h>

void main(void)
{
        bt_addr_t addr = {
                .val = { 0x55, 0x44, 0x33, 0x22, 0x11, 0xC0 }
        };

        bt_static_address_init(&addr);

        ...
        bt_enable(NULL);
```

(下页继续)

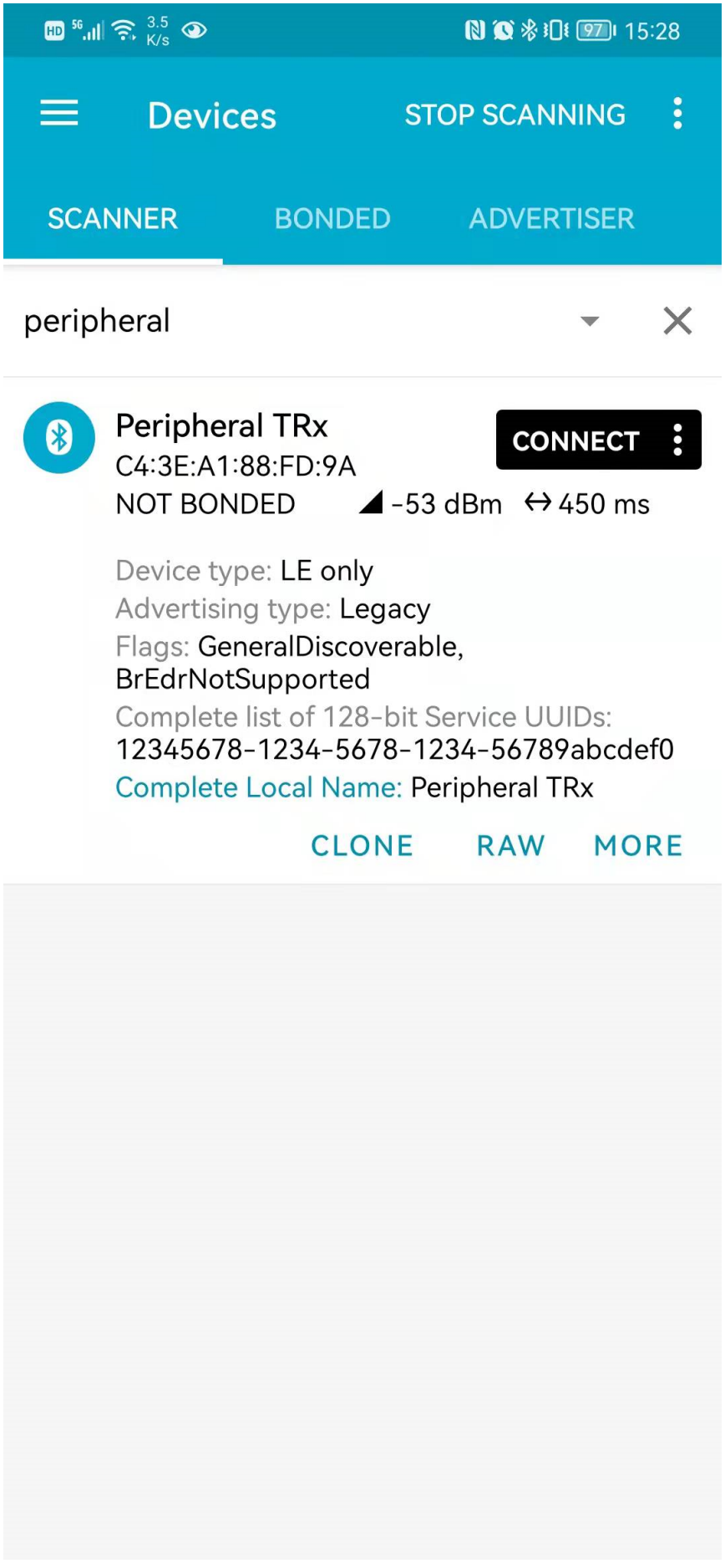

3.5
K/s
15:28
Devices
STOP SCANNING
SCANNER
BONDED
ADVERTISER
peripheral
Peripheral TRx
C4:3E:A1:88:FD:9A
CONNECT
NOT BONDED
-53 dBm
450 ms
Device type: LE only
Advertising type: Legacy
Flags: GeneralDiscoverable,
BrEdrNotSupported
Complete list of 128-bit Service UUIDs:
12345678-1234-5678-1234-56789abcdef0
Complete Local Name: Peripheral TRx
CLONE
RAW
MORE

图 22: 扫描设备

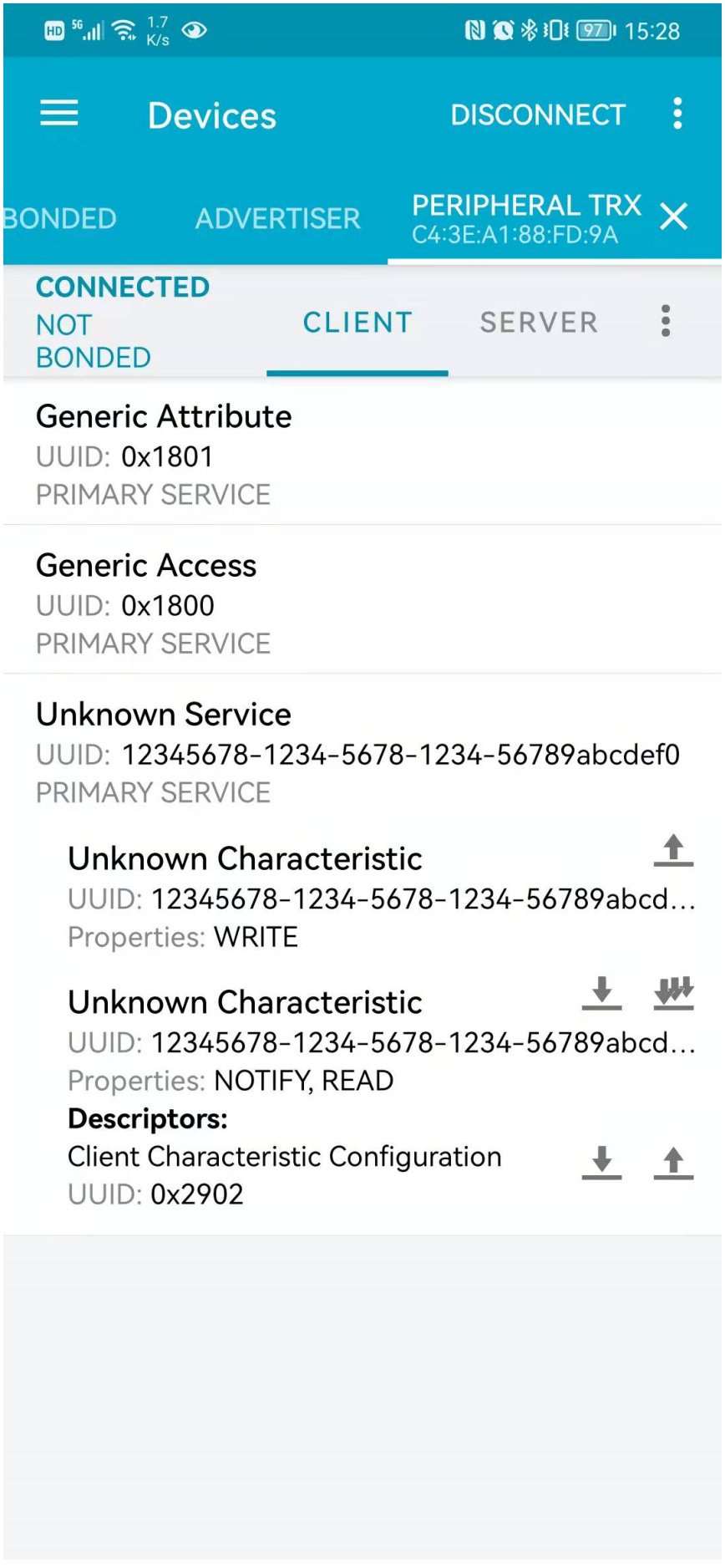

15:28
Devices
DISCONNECT
BONDED
ADVERTISER
PERIPHERAL TRX
C4:3E:A1:88:FD:9A
CONNECTED
NOT
BONDED
CLIENT
SERVER
Generic Attribute
UUID: 0x1801
PRIMARY SERVICE
Generic Access
UUID: 0x1800
PRIMARY SERVICE
Unknown Service
UUID: 12345678-1234-5678-1234-56789abcdef0
PRIMARY SERVICE
Unknown Characteristic
UUID: 12345678-1234-5678-1234-56789abcd...
Properties: WRITE
Unknown Characteristic
UUID: 12345678-1234-5678-1234-56789abcd...
Properties: NOTIFY, READ
Descriptors:
Client Characteristic Configuration
UUID: 0x2902

图 23: 建立连接

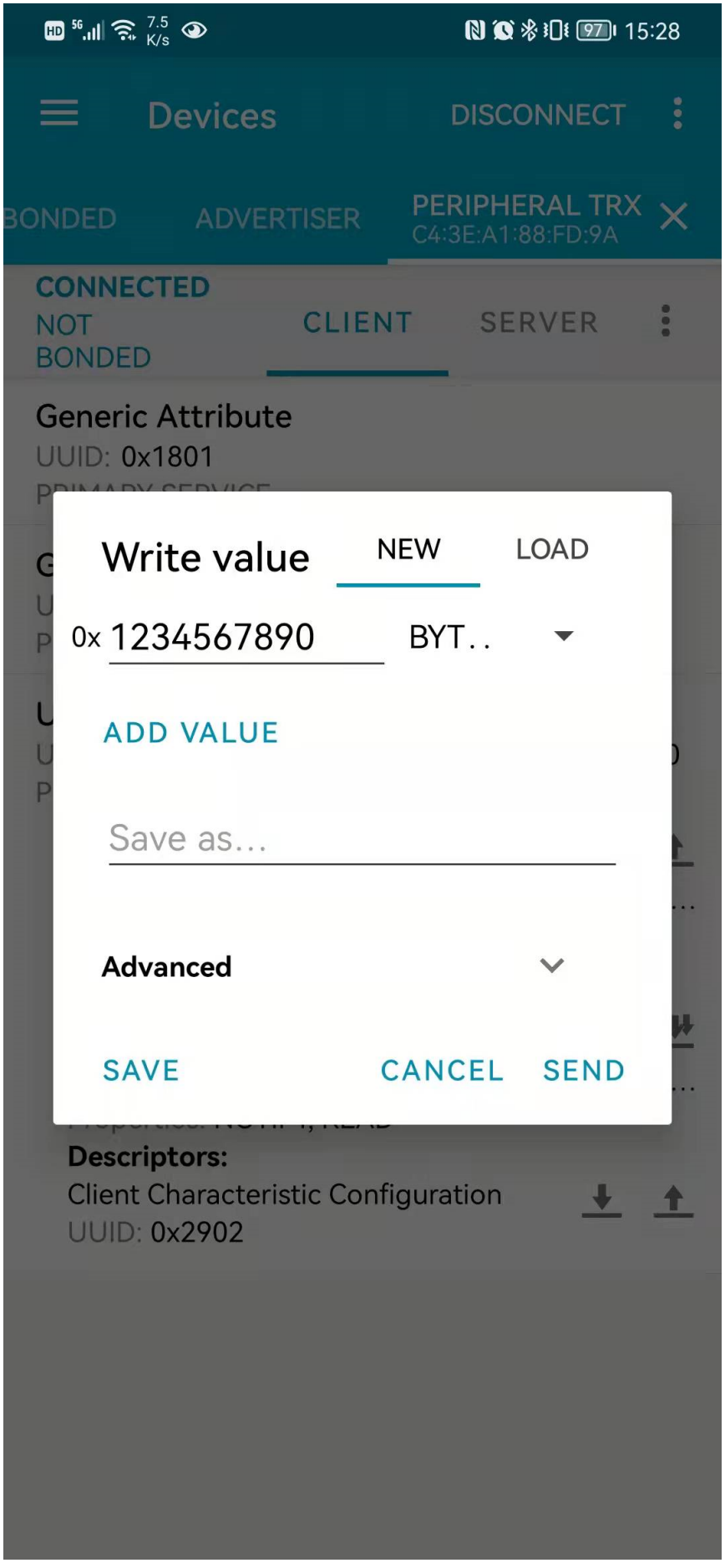

7.5 K/s
15:28
Devices
DISCONNECT
BONDED
ADVERTISER
PERIPHERAL TRX
C4:3E:A1:88:FD:9A
CONNECTED
NOT BONDED
CLIENT
SERVER
Generic Attribute
UUID: 0x1801
Write value
NEW
LOAD
0x 1234567890
BYT..
ADD VALUE
Save as...
Advanced
SAVE
CANCEL
SEND
Descriptors:
Client Characteristic Configuration
UUID: 0x2902

图 24: 写数据

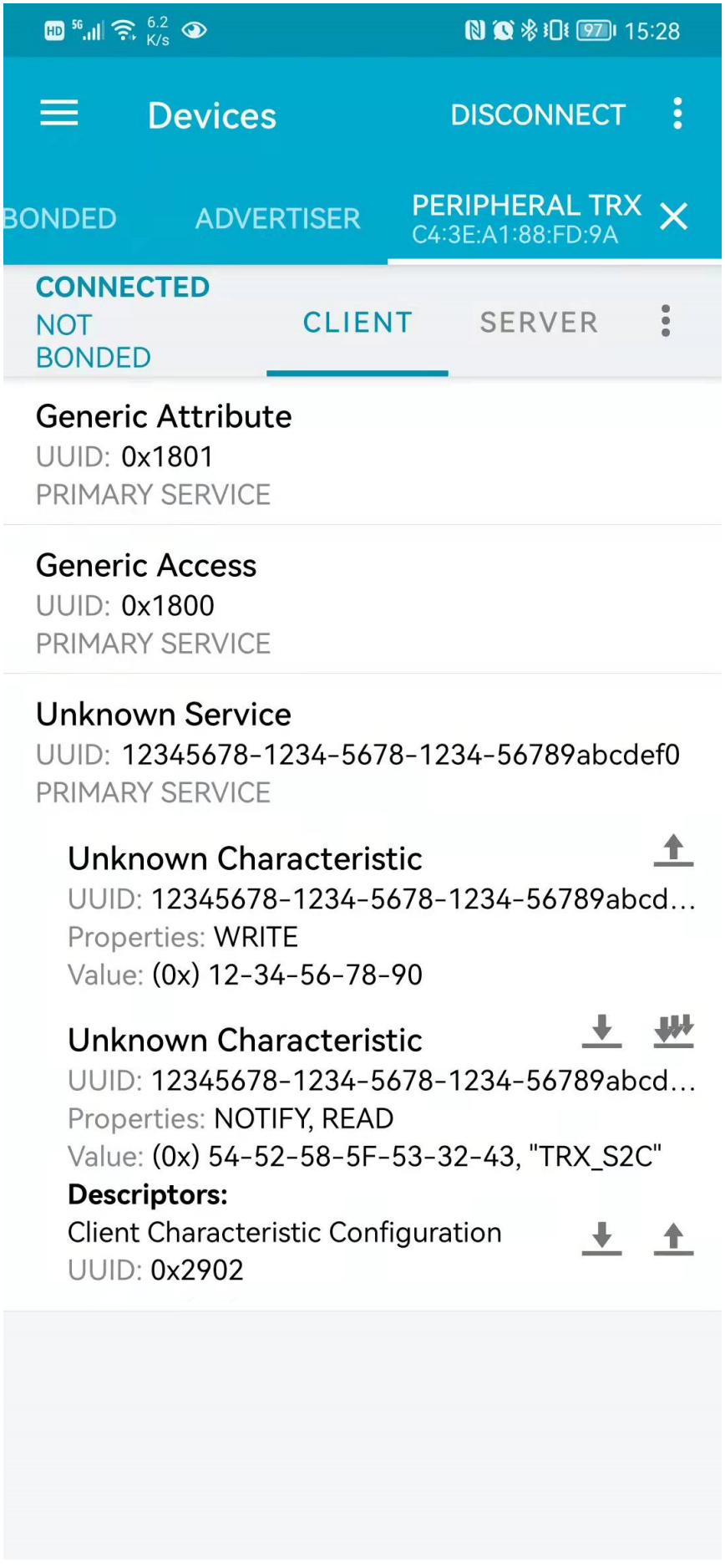

6.2 K/s
15:28
Devices
DISCONNECT
BONDED
ADVERTISER
PERIPHERAL TRX
C4:3E:A1:88:FD:9A
CONNECTED
NOT BONDED
CLIENT
SERVER
Generic Attribute
UUID: 0x1801
PRIMARY SERVICE
Generic Access
UUID: 0x1800
PRIMARY SERVICE
Unknown Service
UUID: 12345678-1234-5678-1234-56789abcdef0
PRIMARY SERVICE
Unknown Characteristic
UUID: 12345678-1234-5678-1234-56789abcd...
Properties: WRITE
Value: (0x) 12-34-56-78-90
Unknown Characteristic
UUID: 12345678-1234-5678-1234-56789abcd...
Properties: NOTIFY, READ
Value: (0x) 54-52-58-5F-53-32-43, "TRX_S2C"
Descriptors:
Client Characteristic Configuration
UUID: 0x2902

图 25: 读数据

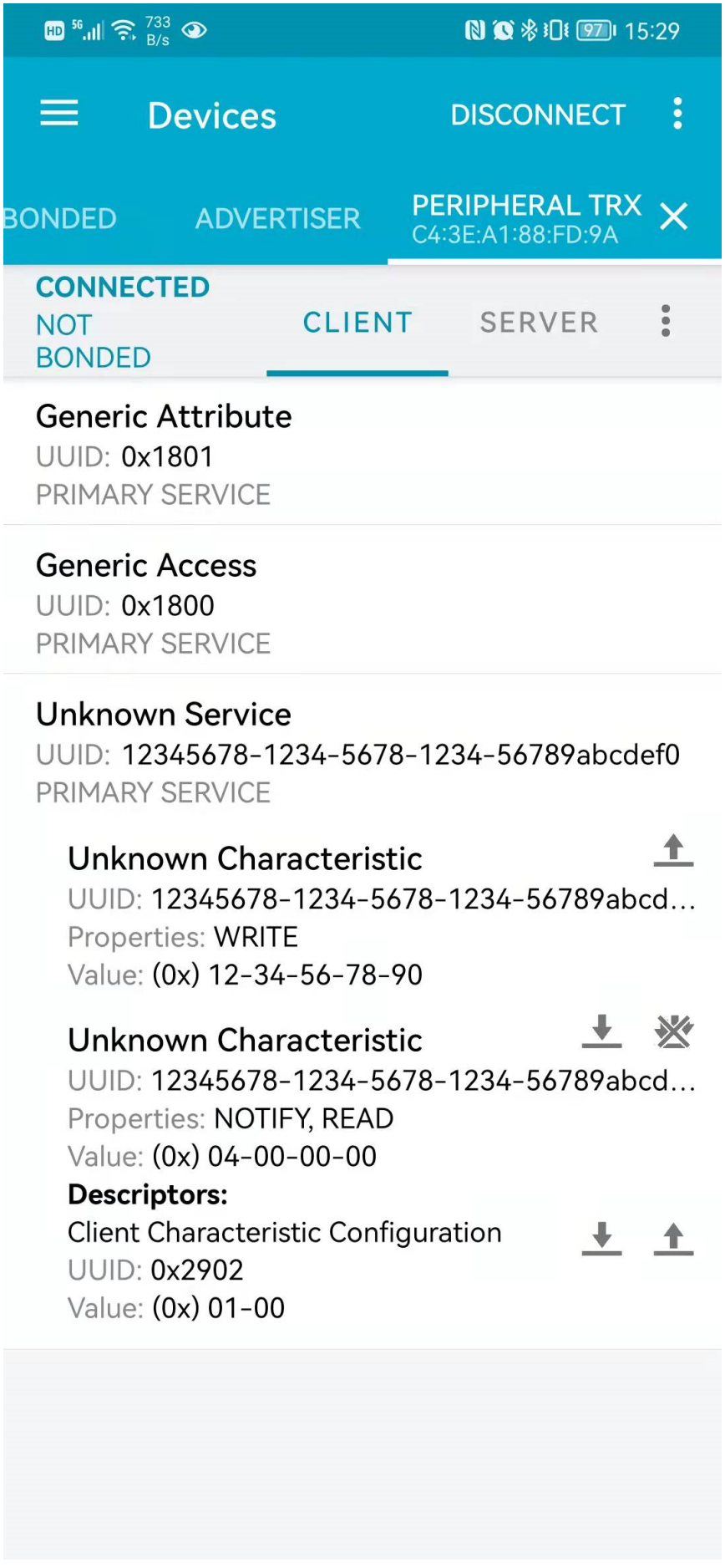

733 B/s
15:29
Devices
DISCONNECT
BONDED
ADVERTISER
PERIPHERAL TRX
C4:3E:A1:88:FD:9A
CONNECTED
NOT BONDED
CLIENT
SERVER
Generic Attribute
UUID: 0x1801
PRIMARY SERVICE
Generic Access
UUID: 0x1800
PRIMARY SERVICE
Unknown Service
UUID: 12345678-1234-5678-1234-56789abcdef0
PRIMARY SERVICE
Unknown Characteristic
UUID: 12345678-1234-5678-1234-56789abcd...
Properties: WRITE
Value: (0x) 12-34-56-78-90
Unknown Characteristic
UUID: 12345678-1234-5678-1234-56789abcd...
Properties: NOTIFY, READ
Value: (0x) 04-00-00-00
Descriptors:
Client Characteristic Configuration
UUID: 0x2902
Value: (0x) 01-00

图 26: Notify

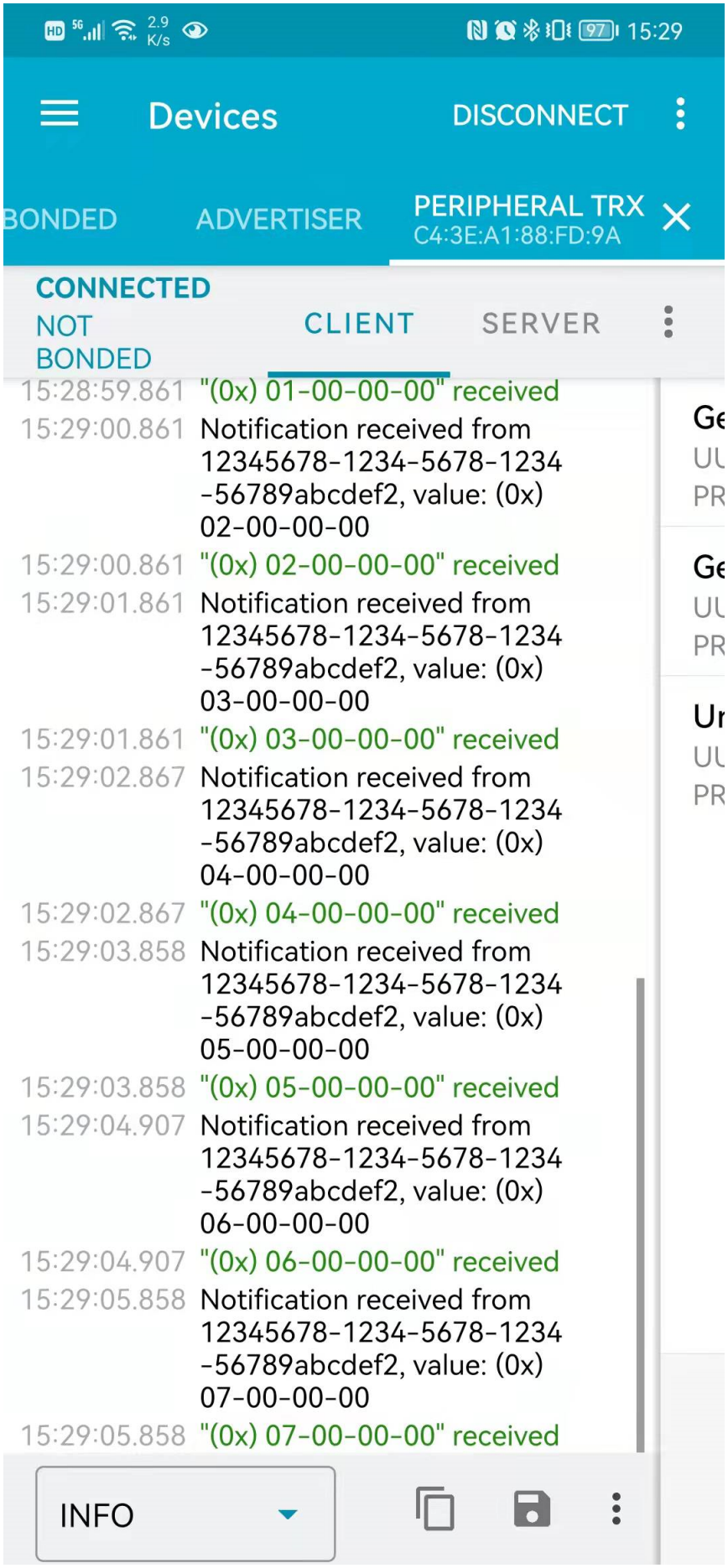

15:29
Devices
DISCONNECT
BONDED
ADVERTISER
PERIPHERAL TRX
C4:3E:A1:88:FD:9A
CONNECTED
NOT BONDED
CLIENT
SERVER
15:28:59.861 "(0x) 01-00-00-00" received
15:29:00.861 Notification received from 12345678-1234-5678-1234-56789abcdef2, value: (0x) 02-00-00-00
15:29:00.861 "(0x) 02-00-00-00" received
15:29:01.861 Notification received from 12345678-1234-5678-1234-56789abcdef2, value: (0x) 03-00-00-00
15:29:01.861 "(0x) 03-00-00-00" received
15:29:02.867 Notification received from 12345678-1234-5678-1234-56789abcdef2, value: (0x) 04-00-00-00
15:29:02.867 "(0x) 04-00-00-00" received
15:29:03.858 Notification received from 12345678-1234-5678-1234-56789abcdef2, value: (0x) 05-00-00-00
15:29:03.858 "(0x) 05-00-00-00" received
15:29:04.907 Notification received from 12345678-1234-5678-1234-56789abcdef2, value: (0x) 06-00-00-00
15:29:04.907 "(0x) 06-00-00-00" received
15:29:05.858 Notification received from 12345678-1234-5678-1234-56789abcdef2, value: (0x) 07-00-00-00
15:29:05.858 "(0x) 07-00-00-00" received
INFO

图 27: Logs

(续上页)

```
        ...
}
```

需要注意的是，48-bit 静态地址的最高两位会被强制写为 1。

3.2 GATT

16-bit 或 128-bit 的 UUID 唯一决定了 Service/Characteristic.

- 16-bit UUID 用于标准 Bluetooth Service/Characteristic
- 128-bit UUID 用于厂商自定义的一些服务

3.2.1 Bluetooth Service

GAP Service 这是一个基础服务，默认开启，不建议用户修改。

如果确实需要修改，建议使用 `CONFIG_BT_GAP_SERVICE=n` 关掉这个服务，然后在应用层重新实现，这样可以避免代码更新导致的冲突。

源码路径：`zephyr\subsys\bluetooth\host\gatt.c`。

Service or Characteristics	Kconfig	Description	ROM	SRAM
GAP Service	`CONFIG_BT_GAP_SERVICE`	Enable GAP service (Enabled by default)		
Device Name Characteristic	`N/A`	Device name characteristic (Always enable)	-	-
Appearance Characteristic	`N/A`	Appearance characteristic (Always enable)	-	-
Central Address Resolution Characteristic	`CONFIG_BT_CENTRALCONFIG_BT_PRIVACY`	Depends on Central Role & Privacy Feature	-	-
Service Changed Characteristic	`CONFIG_BT_GAP_PERIPHERAL_PREF_PARAMS`	Configure peripheral preferred connection parameters		

GATT Service 这是一个基础服务，默认开启，不建议用户修改。

如果确实需要修改，建议使用 `CONFIG_BT_GATT_SERVICE=n` 关掉这个服务，然后在应用层重新实现，这样可以避免代码更新导致的冲突。

源码路径：`zephyr\subsys\bluetooth\host\gatt.c`。

Service or Characteristics	Kconfig	Description	ROM	SRAM
GATT Service	`CONFIG_BT_GATT_SERVICE`	Enable GATT service (Enabled by default)		
Service Changed Characteristic	`CONFIG_BT_GATT_SERVICE_CHANGED`	GATT Service Changed support		
Client Supported Features & Database Hash Characteristic	`CONFIG_BT_GATT_CACHING`	GATT Caching support		
Server Supported Features Characteristic	`CONFIG_BT_EATT`	Enhanced ATT Bearers support [EXPERIMENTAL]		

Battery Service　源码路径：`zephyr\subsys\bluetooth\services\bas.c`。

Service or Characteristics	Kconfig	Description	ROM	SRAM
Battery Service	`CONFIG_BT_BAS`	Enable GATT Battery service		
Battery Level Characteristic	`N/A`	BAS Battery level characteristic (Always enable)	-	-

APIs

- bt_bas_get_battery_level
- bt_bas_set_battery_level

  需要包含头文件 `#include <bluetooth/services/bas.h>`

Device Information Service　源码路径：`zephyr\subsys\bluetooth\services\dis.c`。

Service or Characteristics	Kconfig	Description	ROM	SRAM
Device Information Service	CONFIG_BT_DIS	Enable GATT Device Information service		
	CONFIG_BT_DIS_SETTINGS	Enable Settings usage in Device Information Service		
	CONFIG_BT_DIS_STR_MAX	Maximum size in bytes for DIS strings	-	-
Model Number String Characteristic	N/A	DIS Model number string characteristic (Always enable)	-	-
	CONFIG_BT_DIS_MODEL	Model name	-	-
Manufacturer Name String Characteristic	N/A	DIS Manufacturer name string characteristic (Always enable)	-	-
	CONFIG_BT_DIS_MANUF	Manufacturer name	-	-
Firmware Revision String Characteristic	CONFIG_BT_DIS_FW_REV	Enable DIS Firmware Revision characteristic		
	CONFIG_BT_DIS_FW_REV_STR	Firmware revision	-	-
Hardware Revision String Characteristic	CONFIG_BT_DIS_HW_REV	Enable DIS Hardware Revision characteristic		
	CONFIG_BT_DIS_HW_REV_STR	Hardware revision	-	-
PnP ID Characteristic	CONFIG_BT_DIS_PNP	Enable PnP_ID characteristic		
	CONFIG_BT_DIS_PNP_PID	Product ID	-	-
	CONFIG_BT_DIS_PNP_VER	Product Version	-	-
	CONFIG_BT_DIS_PNP_VID	Vendor ID	-	-
	CONFIG_BT_DIS_PNP_VID_SRC	Vendor ID source	-	-
Serial Number String Characteristic	CONFIG_BT_DIS_SERIAL_NUMBER	Enable DIS Serial number characteristic		
	CONFIG_BT_DIS_SERIAL_NUMBER_STR	Serial Number	-	-
Software Revision String Characteristic	CONFIG_BT_DIS_SW_REV	Enable DIS Software Revision characteristic		
	CONFIG_BT_DIS_SW_REV_STR	Software revision	-	-

Heart Rate Service　源码路径：`zephyr\subsys\bluetooth\services\hrs.c`。

Service or Characteristics	Kconfig	Description	ROM	SRAM
Heart Rate Service	CONFIG_BT_HRS	Enable GATT Heart Rate service		
	CONFIG_BT_HRS_DEFAULT_PERM_RW	Read and write allowed		
	CONFIG_BT_HRS_DEFAULT_PERM_RW_AUTHEN	Require encryption and authentication for access		
	CONFIG_BT_HRS_DEFAULT_PERM_RW_ENCRYPT	Require encryption for access		
Measurement Interval Characteristic	N/A	HRS Measurement interval characteristic (Always enable)	-	-
Body Sensor Location Characteristic	N/A	HRS Body sensor location characteristic (Always enable)	-	-
Control Point Characteristic	N/A	HRS Control Point characteristic (Always enable)	-	-

APIs

- bt_hrs_notify

  需要包含头文件 `#include <bluetooth/services/hrs.h>`

Object Transfer Service　源码路径：`zephyr\subsys\bluetooth\services\ots\*`。

Service or Characteristics	Kconfig	Description	ROM	SRAM
Object Transfer Service	CONFIG_BT_OTS	Object Transfer Service (OTS) [EXPERIMENTAL]		
	CONFIG_BT_OTS_DIR_LIST_OBJ	Enables the Directory Listing Object		
	CONFIG_BT_OTS_DIR_LIST_OBJ_NAME	The object name of the Directory Listing Object		
	CONFIG_BT_OTS_L2CAP_CHAN_RX_MTU	Size of RX MTU for Object Transfer Channel		
	CONFIG_BT_OTS_L2CAP_CHAN_TX_MTU	Size of TX MTU for Object Transfer Channel		
	CONFIG_BT_OTS_MAX_INSTANCE	Maximum number of available OTS instances		
	CONFIG_BT_OTS_MAX_OBJ_CNT	Maximum number of objects that each service instance can store		
	CONFIG_BT_OTS_OACP_CREATE_SUPPORT	Support OACP Create Operation		
	CONFIG_BT_OTS_OACP_DELETE_SUPPORT	Support OACP Delete Operation		
	CONFIG_BT_OTS_OACP_PATCH_SUPPORT	Support patching of objects		
	CONFIG_BT_OTS_OACP_READ_SUPPORT	Support OACP Read Operation		
	CONFIG_BT_OTS_OACP_WRITE_SUPPORT	Support OACP Write Operation		
	CONFIG_BT_OTS_OBJ_MAX_NAME_LEN	Maximum object name length		
	CONFIG_BT_OTS_OBJ_NAME_WRITE_SUPPORT	Support object name write		
	CONFIG_BT_OTS_OLCP_GOTO_SUPPORT	Support OLCP Go To Operation		
	CONFIG_BT_OTS_SECONDARY_SVC	Register OTS as Secondary Service		
OTS Feature Characteristic	N/A	OTS Feature characteristic (Always enable)	-	-
OTS Object Name Characteristic	N/A	OTS Object name characteristic (Always enable)	-	-
OTS Object Type Characteristic	N/A	OTS Object type characteristic (Always enable)	-	-
OTS Object Size Characteristic	N/A	OTS Object size characteristic (Always enable)	-	-
OTS Object ID Characteristic	N/A	OTS Object ID characteristic (Always enable)	-	-
OTS Object Properties Characteristic	N/A	OTS Object properties characteristic (Always enable)	-	-
OTS Object Action Control Point Characteristic	N/A	OTS Object action control point characteristic (Always enable)	-	-
OTS Object List Control Point Characteristic	N/A	OTS Object list control point characteristic (Always enable)	-	-

APIs

- bt_ots_init
- bt_ots_obj_add
- bt_ots_obj_delete

- bt_ots_svc_decl_get
- bt_ots_free_instance_get
- bt_ots_obj_id_to_str

  需要包含头文件 #include <bluetooth/services/ots.h>

3.3 Notify

参考 bt_gatt_indicate 参数计算。

```
int notify_send(const void *data, uint16_t len)
{
    return bt_gatt_notify(NULL, &cvs.attrs[1], data, len);
}
```

3.3 Indicate

```
static void indicate_cb(struct bt_conn *conn,
                                                struct bt_gatt_indicate_params *params, uint8_
↪t err)
{
        printk("Indication %s\n", err != 0U ? "fail" : "success");
}

static void indicate_destroy(struct bt_gatt_indicate_params *params)
{
        printk("Indication complete\n");
}

int indicate_send(const void *data, uint16_t len)
{
    static struct bt_gatt_attr *ind_attr;
    static struct bt_gatt_indicate_params ind_params;

    vnd_ind_attr = bt_gatt_find_by_uuid(svc.attrs, svc.attr_count,
                                                    &chr_uuid.uuid);

    ind_params.attr = ind_attr;
        ind_params.func = indicate_cb;
        ind_params.destroy = indicate_destroy;
        ind_params.data = data;
        ind_params.len  = len;

    return bt_gatt_indicate(NULL, &ind_params);
}
```

3.4 Attribute Index

我们在使用 bt_gatt_indicate，bt_gatt_notify 时，需要传入一个参数 attr，这个参数与 GATT Service 的定义有关。下面介绍一下这个参数如何填写。

Service 是多个 Attribute 的集合，为了方便定义，我们使用宏进行组织服务，每个宏包含 1 或 2 个 Attribute，如下：

宏	描述	数量
BT_GATT_PRIMARY_SERVICE	Primary Service Declaration Macro.	1
BT_GATT_SECONDARY_SERVICE	Secondary Service Declaration Macro.	1
BT_GATT_INCLUDE_SERVICE	Include Service Declaration Macro.	1
BT_GATT_CHARACTERISTIC	Characteristic and Value Declaration Macro.	2
BT_GATT_CCC	Client Characteristic Configuration Declaration Macro.	1
BT_GATT_CEP	Characteristic Extended Properties Declaration Macro.	1
BT_GATT_CUD	Characteristic User Format Descriptor Declaration Macro.	1
BT_GATT_CPF	Characteristic Presentation Format Descriptor Declaration Macro.	1
BT_GATT_DESCRIPTOR	Descriptor Declaration Macro.	1

如下是 Battery Service 的定义，源码位置：`\subsys\bluetooth\services\bas.c`

```
BT_GATT_SERVICE_DEFINE(bas,
        BT_GATT_PRIMARY_SERVICE(BT_UUID_BAS),
        BT_GATT_CHARACTERISTIC(BT_UUID_BAS_BATTERY_LEVEL,
                               BT_GATT_CHRC_READ | BT_GATT_CHRC_NOTIFY,
                               BT_GATT_PERM_READ, read_blvl, NULL,
                               &battery_level),
        BT_GATT_CCC(blvl_ccc_cfg_changed,
                    BT_GATT_PERM_READ | BT_GATT_PERM_WRITE),
);
```

其 Notify Characteristic Attribute index 为 1 (`BT_GATT_PRIMARY_SERVICE`)。

同样的，如下 `hog_svc`：

```
BT_GATT_SERVICE_DEFINE(hog_svc,
        BT_GATT_PRIMARY_SERVICE(BT_UUID_HIDS),
        BT_GATT_CHARACTERISTIC(BT_UUID_HIDS_INFO, BT_GATT_CHRC_READ,
                               BT_GATT_PERM_READ, read_info, NULL, &info),
        BT_GATT_CHARACTERISTIC(BT_UUID_HIDS_REPORT_MAP, BT_GATT_CHRC_READ,
                               BT_GATT_PERM_READ, read_report_map, NULL, NULL),
        BT_GATT_CHARACTERISTIC(BT_UUID_HIDS_REPORT,
                               BT_GATT_CHRC_READ | BT_GATT_CHRC_NOTIFY,
                               BT_GATT_PERM_READ_AUTHEN,
                               read_input_report, NULL, NULL),
        BT_GATT_CCC(input_ccc_changed,
                    BT_GATT_PERM_READ | BT_GATT_PERM_WRITE),
        BT_GATT_DESCRIPTOR(BT_UUID_HIDS_REPORT_REF, BT_GATT_PERM_READ,
                           read_report, NULL, &input),
        BT_GATT_CHARACTERISTIC(BT_UUID_HIDS_REPORT,
                               BT_GATT_CHRC_READ | BT_GATT_CHRC_NOTIFY,
                               BT_GATT_PERM_READ_AUTHEN,
                               read_input_report_consumer, NULL, NULL),
        BT_GATT_CCC(input_ccc_changed_consumer,
                    BT_GATT_PERM_READ | BT_GATT_PERM_WRITE),
        BT_GATT_DESCRIPTOR(BT_UUID_HIDS_REPORT_REF, BT_GATT_PERM_READ,
                           read_report_consumer, NULL, &input_consumer),
        BT_GATT_CHARACTERISTIC(BT_UUID_HIDS_CTRL_POINT,
                               BT_GATT_CHRC_WRITE_WITHOUT_RESP,
                               BT_GATT_PERM_WRITE,
                               NULL, write_ctrl_point, &ctrl_point),
);
```

- 第一个 Notify Characteristic Attribute index 为 5

  `BT_GATT_PRIMARY_SERVICE`+`BT_GATT_CHARACTERISTIC`+`BT_GATT_CHARACTERISTIC` = 1+2+2

- 第二个 Notify Characteristic Attribute index 为 9

  `BT_GATT_PRIMARY_SERVICE`+`BT_GATT_CHARACTERISTIC`+`BT_GATT_CHARACTERISTIC` + `BT_GATT_CHARACTERISTIC` + `BT_GATT_CCC` + `BT_GATT_DESCRIPTOR` = 1+2+2+2+1+1

4.3 Zephyr Devicetree 与 Kconfig 配置指南

4.3.1 1 概述

Zephyr Configuration System 是 PAN1080 SDK 配置各种 Feature 功能的核心框架。

实际上，zephyr 使用 CMake 进行构建，在生成 Application Image 的过程中，又可分为两大阶段：

1. 配置阶段（Configuration Phase）：此阶段下，通过执行相关目录下的 `CMakeLists.txt` 脚本，对当前的 Kconfig 配置、dts 配置等进行解析，最终产生一些配置输出文件（`autoconf.h`、`devicetree.h`、`make/ninja file` 等），供下一阶段使用；
2. 构建阶段（Build Phase）：此阶段下，在前一阶段的输出文件的基础上，调用 `GCC-ARM` 编译工具链进行编译链接，最终生成可执行文件供后续烧录调试使用；

本文将介绍 zephyr 配置阶段（Configuration Phase）的基本概念和相关知识，包括 2 大部分：

- Devicetree（设备树）配置；
- Kconfig 选项配置；

Zephyr Configuration System 整体框架如下图所示：

Zephyr 使用 CMake 实现了以上所有流程，CMake 从 App 工程目录下的 `CMakeLists.txt` 脚本开始执行，在执行过程中，此文件又会引用 zephyr 根目录下的 `CMakeLists.txt` 脚本，在其执行过程中又会转而引用分散在各个待编译目录下的 `CMakeLists.txt` 脚本，最终生成一组 Ninja（类似于 Makefile）文件供后续编译使用。

而在 CMake 执行过程中，除了生成 Ninja 文件外，还会调用相关脚本工具，解析 Devicetree 和 Kconfig 文件，并生成对应的`.h` 文件供后续使用：

- Devicetree：
  - `*.dts` (DeviceTree Source) 和 `*.dtsi` (DeviceTree Source Include) 文件由构建系统从 architecture、soc、board、app 等目录中收集；
  - `*.dtsi` 文件由 `#include` 的方式包含在 `*.dts` 文件中，并由 C 预处理器进行解析；另一方面，C 预处理器同时还会解析 `*.overlay` 文件；在解析的过程中，其中的宏定义也将被展开；
  - 经过预处理后的 Devicetree 文件将会合并保存至一个名为 `*.dts.pre.tmp` 的文件中，此文件一方面会被一个名为 DeviceTree Compiler (dtc) 的工具检查，确保其中没有语法错误；另一方面会作为源文件，输入给 dts **工具**进行后续处理；
  - 上述 dts **工具**在处理 `*.dts.pre.tmp` 文件的同时，还会从 `zephyr/dts/bindings` 目录下拉取相关的 `*.yaml` 文件，对 dts 中的各个 property 值进行检查，检查通过后会生成一个名为 `zephyr.dts` 的文件，供后续参考；
  - 除 `zephyr.dts` 文件以外，dts **工具**还会生成一个名为 `devicetree_unfixed.h` 的头文件，此文件会与另一个名为 `devicetree_fixups.h` 的头文件一起，被包含在 `devicetree.h` 中，作为后续构建阶段的输入；
- Devicetree fixups：
  - 在 architecture、soc、board、app 等目录中可能会存在一些名为 `dts_fixup.h` 的头文件，这些文件用于重命名 `devicetree_unfixed.h` 中的一些宏，以满足的某些 app 的需求；

    注：PAN1080 SDK 中所有的 app 代码均直接使用 `zephyr.dts` 对应的 `devicetree_unfixed.h` 文件，因此无需关注 `dts_fixup.h`。
- Kconfig：

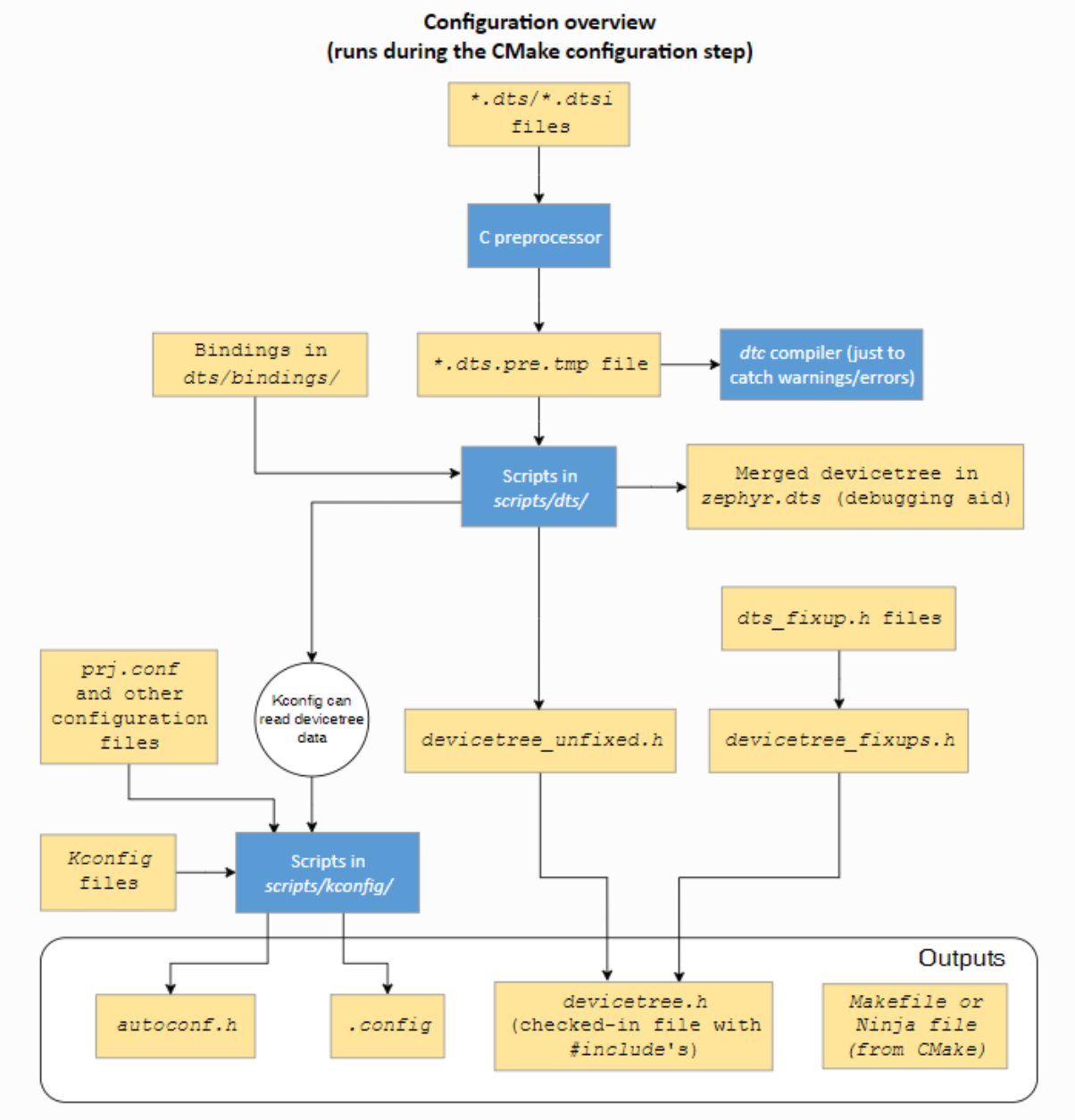


图 28: Zephyr Configuration 系统框图

- Kconfig 文件分布在 architecture、soc、board、app 等目录中，其定义了各个目录模块中当前的配置选项以及各选项之间的依赖关系；
- 构建系统调用 Kconfig **工具**，将 app 级的配置文件（*.conf）、board 级的配置文件（*Kconfig.defconfig/Kconfig.board/*_defconfig）、soc 级的配置文件（Kconifg、Kconfig.defconfig、Kconfig.soc）、以及其他分散在各个目录中的相关 Kconfig 文件进行解析和合并处理，最终生成 2 个文件：autoconf.h 和.config；其中：autoconf.h 文件用于后续构建阶段的输入，而.config 文件则用于后续通过 menuconfig / guiconfig 的方式修改配置；

4.3.2 2 Devicetree 配置

2.1 基本概念

Devicetree 是从 Linux Kernel 借取的概念，其本质是一系列用于描述硬件的分层数据结构。Zephyr 使用 Devicetree 来描述其支持的 soc 和 board 级硬件，以及各个硬件模块的初始配置。

前面的框图中也提到，Devicetree 有两种输入源文件：devicetree sources 与 devicetree bindings，其中 devicetree sources 是后缀为.dts 和.dtsi 的文件，用于描述 Devicetree 自身，而 devicetree bindings 则是后缀为.yaml 的文件，其用于描述 devicetree sources 文件中各个属性的定义和数据类型。

Devicetree 的最终输出为一个名为 devicetree_unfixed.h 的头文件，而 zephyr 提供了一个名为 devicetree.h 的文件，其在包含 devicetree_unfixed.h 的同时，还提供了可以访问 devicetree 的 API 接口（函数式宏），它们都以 DT_ 开头，zephyr 在编译时会默认包含此文件，保证 devicetree 中的内容可以在各个 C 文件中访问到。

一个简化的 devicetree 相关文件处理流程如下：

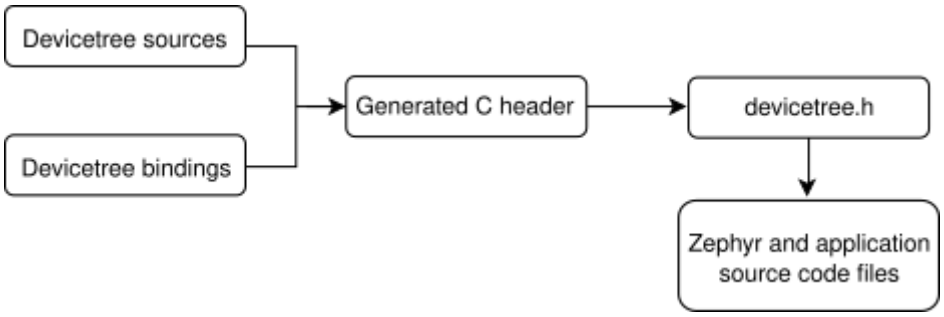


图 29: 简化的 Zephyr Devicetree 处理流程

下面举一个简单的例子说明 devicetree 的基本语法。

正如其名，devicetree 本质上是一个树（tree）状的数据结构，其对应一种名为 DTS (DeviceTree Source) 的易读文本格式（关于此格式的 SPEC 细节可参考 Devicetree specification）。

一个简单而完整的 DTS 文件内容如下：

```
/dts-v1/;

/ {
        a-node {
                subnode_label: a-sub-node {
                        foo = <3>;
                };
        };
};
```

其中：

- 第 1 行 /dts-v1/; 表示当前 DTS 格式的版本号为 version 1（用于区分已经废弃的 version 0 版本）；

- 其后的内容表示此树（tree）包含 3 个节点（nodes）：
  1. 根节点: /
  2. 根节点的直接子节点 a-node
  3. 节点 a-node 的直接子节点 a-sub-node,

节点可以有一个 ** 唯一（不重名）** 的标签（labels），在 dts 文件的其他位置中可以通过标签名的方式快速引用其他节点。例如，上述 dts 文件中，a-sub-node 的即有一个名为 subnode_label 的标签。一个节点可以有 0 个、1 个或多个标签。

除标签以外，还可以使用类似 Unix 文件系统中的完整路径来描述节点，上述 dts 文件中，a-sub-node 的完整路径为/a-node/a-sub-node。

Devicetree 节点中可以定义属性（properties），属性实际上是键值对（name/value pairs）。属性的值可以是任意字节串（属性值的具体含义需要在当前节点对应的 dts bindings 文件中定义）。

上述 dts 文件中 a-sub-node 节点中包含了一个名为 foo 的属性，其数据是一个 int 类型，值为 3。

> **注**：更多 Devicetree 基本概念介绍请参考 Zephyr 官方文档：Introduction to devicetree。

2.2 Devicetree Bindings

Devicetree 设备树本身只是 Zephyr 硬件描述机制的半壁江山，因为其是一种非结构化（unstructured）的格式；换句话说，仅用.dts 文件是无法完整准确描述硬件的，原因是其虽然包含了完整的节点（Node）和属性（Property）描述，但其自身是无法确保这些描述准确无误的。于是 Zephyr 硬件描述机制的另外半壁江山：Devicetree Bindings 就应运而生了。

Devicetree Bindings 文件（*.yaml）用于描述 Devicetree 文件（*.dts）中各个节点（Node）及其中各个属性（Property）的准确含义，为它们提供必要的语义信息（semantic information）。

需要注意的是，Zephyr devicetree bindings 文件是一组自定义内容的 YAML 格式文件，并不与 Linux kernel 共用的 dt-schema 工具。

下面举一个简单的例子阐述构建系统是如何将 Devicetree 与 Devicetree Bingdings 关联起来的。

一个简单的 Devicetree 文件中（example.dts）含有如下所示的节点：

```
/* Node in a DTS file */
bar-device {
     compatible = "foo-company,bar-device";
     num-foos = <3>;
};
```

而其对应的 bindings 文件（foo-company,bar-device.yaml）内容如下：

```
# A YAML binding matching the node

compatible: "foo-company,bar-device"

properties:
  num-foos:
    type: int
    required: true
```

1. Devicetree 文件（example.dts）中，名为 bar-device 的节点内，有一个 compatible 属性，值为"foo-company,bar-device"；而上述 Binding 文件，名称为 foo-company,bar-device.yaml，其中包含一个 compatible: "foo-company,bar-device" 的键值对；这样就成功将 Devicetree 某个节点与对应的 Binding 文件关联了起来；
2. Devicetree 文件中的 bar-device 的节点还描述了一个名为 num-foos 的节点，其值为 3；同时我们看到对应的 Binding 文件中，描述了一个名为 num-foos 的属性，其类型（type）为 int，表示整型数据，而需求（required）为 true，表示此属性为必需：当构建系统在当前 dts 节点中发现此属性未赋值时会直接报错；

注：更详细的 Devicetree Bindings 介绍请参考官方文档：Devicetree bindings。

2.3 Devicetree Overlays

普通的 Devicetree 文件（`.dts/.dtsi`），一般用于描述 SoC **级**和**板级**硬件参数，但有时候我们会遇到这种场景：

板级 Devicetree 文件中配置的硬件参数，可适用于大多数 App 工程；但某个特殊的 App 工程，需要做额外的修改才能正常工作。

我们不希望专门为某个特殊的 App 需求直接修改板级 Devicetree 文件，因为这可能会影响其他 App 的工作，这时候，我们可以在此特殊的 App 工程下，加入一个 Devicetree Overlay 文件，用来覆盖板级 Devicetree 的配置。

达成以上目的的方法是（这里以 `pan108xxb5_evb` board 为例）：

1. 在当前 App 工程的目录下，新建一个 `boards` 目录；
2. 在此 `boards` 目录下，新建一个名为 `pan108xxb5_evb.overlay` 的文件；
3. 假设当前 App 需要修改串口 Log 打印的波特率：
   - 在板级 Devicetree 配置文件`\zephyr\boards\arm\pan108xxb5_evb\pan108xxb5_evb.dts` 中可以看到，默认的串口 Log 打印波特率为 921600：

     ```
     &uart0 {
             current-speed = <921600>;
             pinctrl-0 = <&p0_0_uart0_tx &p0_1_uart0_rx>;
             status = "okay";
     };
     ```

   - 我们在 App 工程新建的 `pan108xxb5_evb.overlay` 文件中，直接加入如下的语句，即可将波特率改为 115200：

     ```
     &uart0 {
             current-speed = <115200>;
     };
     ```

   更多 Devicetree Overlay 细节请参考 Zephyr 官方文档：

   1. Set Devicetree Overlays；
   2. Use Devicetree Overlays；

2.4 如何从 C 代码中获取 Driver 的 device 结构体指针

在开发 App 的过程中，经常会需要调用 Zephyr Driver API 操作 SoC 的外设，而所有的 Zephyr Driver API 接口均需要传入一个类型为 `device` 的结构体指针，而此指针只能通过调用 Devicetree 相关 API 进行间接获取。

这里我们介绍获取 `device` 的结构体指针的方法。

假设我们有如下的 Devicetree 文件片段，我们需要获取 UART 节点 `serial@40002000` 对应的 device 结构体指针：

```
{
        soc {
                serial0: serial@40002000 {
                        status = "okay";
                        current-speed = <115200>;
                        /* ... */
                };
        };
```

（下页继续）

(续上页)

```
        aliases {
                my-serial = &serial0;
        };

        chosen {
                zephyr,console = &serial0;
        };
};
```

我们可以先在 C 源文件中使用如下方式之一，定义一个名为 MY_SERIAL 的宏，获取 UART0 节点的标识符（Identifier）：

```
/* Option 1: by node label */
#define MY_SERIAL DT_NODELABEL(serial0)

/* Option 2: by alias */
#define MY_SERIAL DT_ALIAS(my_serial)

/* Option 3: by chosen node */
#define MY_SERIAL DT_CHOSEN(zephyr_console)

/* Option 4: by path */
#define MY_SERIAL DT_PATH(soc, serial_40002000)
```

接着，我们可是有如下 2 种方式之一获取 UART0 对应的 device 结构体指针：

```
/* Option 1: use device_get_binding() */
#if DT_NODE_HAS_STATUS(MY_SERIAL, okay)
const struct device *uart_dev = device_get_binding(DT_LABEL(MY_SERIAL));
#else
#error "Node is disabled"
#endif
```

或

```
/* Option 2: use DEVICE_DT_GET() */
const struct device *uart_dev = DEVICE_DT_GET(MY_SERIAL);

if (!device_is_ready(uart_dev)) {
        /* Not ready, do not use */
        return -ENODEV;
}
```

UART0 对应的 device 结构体指针获取成功后，即可调用 UART Driver API 接口进行后续操作。

注：更多 C 代码中访问 Devicetree 的介绍请参考 Zephyr 官方文档：

1. Get a struct device from a devicetree node
2. Devicetree access from C/C++
3. Devicetree API

2.5 PAN1080 SDK 相关 Devicetree 配置文件

1. soc 级 dts 配置：
   - `zephyr\dts\arm\panchip\pan1080\pan1080.dtsi`：PAN1080 硬件描述；
   - `zephyr\dts\arm\panchip\pan1080\pan1080xb1.dtsi`：PAN1080XB1 SoC 硬件描述；
   - `zephyr\dts\arm\panchip\pan1080\pan1080xb5.dtsi`：PAN1080XB5 SoC 硬件描述；

- `zephyr\dts\arm\panchip\pan1080\pan1080xx1_pinctrl.dtsi`：PAN1080XX1 SoC 对应的 PINMUX 硬件描述（32 Pin）；
- `zephyr\dts\arm\panchip\pan1080\pan1080xx5_pinctrl.dtsi`：PAN1080XX5 SoC 对应的 PINMUX 硬件描述（64 Pin）；

2. board 级 dts 配置：
   - `boards\arm\pan108xxb5_evb\pan108xxb5_evb.dts`：PAN108X-XB5 EVB 板级硬件描述；
   - `boards\arm\pan108xxb1_evb\pan108xxb1_evb.dts`：PAN108X-XB1 EVB 板级硬件描述；
3. dts-bindings：
   - `dts\bindings\<driver>\*.yaml`：各个硬件模块的 dts 属性对应数据定义；

2.6 如何调试 Devicetree 编译错误

有时候我们在修改 Devicetree（`*.dts`）文件的过程中会出现错误，zephyr 提供了一些方法，用于帮助我们找到错误的原因。

前面介绍 Zephyr Configuration System 整体框架的时候提到，在生成 `zephyr.dts` 的过程中，会先产生一个临时的用于调试的文件 `*.dts.pre.tmp`，如果出现 dts 编译错误，可能无法成功生成 `zephyr.dts`，但 `*.dts.pre.tmp` 文件仍然会生成，这时候只需阅读编译错误的 Log，即可在 `*.dts.pre.tmp` 文件中找到错误位置。

例如，我们尝试修改板级 dts 文件 `pan108xxb5_evb.dts`，但是在随后的编译过程中发现如下错误：

```
Error: pan108xxb5_evb.dts.pre.tmp:864.1-8 syntax error
FATAL ERROR: Unable to parse input tree
CMake Error at D:/PDK/pan1080-dk-internal/01_SDK/zephyr/cmake/dts.cmake:225 (message):
  command failed with return code: 1
Call Stack (most recent call first):
  D:/PDK/pan1080-dk-internal/01_SDK/zephyr/cmake/app/boilerplate.cmake:541 (include)
  D:/PDK/pan1080-dk-internal/01_SDK/zephyr/share/zephyr-package/cmake/ZephyrConfig.cmake:24␣
↪(include)
  D:/PDK/pan1080-dk-internal/01_SDK/zephyr/share/zephyr-package/cmake/ZephyrConfig.cmake:40␣
↪(include_boilerplate)
  CMakeLists.txt:4 (find_package)
```

从第一行提示可知，dts 中出现了句法错误；我们找到输出目录中名为 `pan108xxb5_evb.dts.pre.tmp` 的文件，定位到 864 行：

```
859  &uart1 {
860  current-speed = <921600>;
861  pinctrl-0 = <&p0_6_uart1_tx &p0_7_uart1_rx>;
862  status = "okay";
863  }
864  &timer0 {
865  freq = <16000000>;
866  status = "okay";
867  };
868  &timer1 {
869  freq = <8000000>;
870  status = "okay";
871  };
```

图 30: dts build 临时文件

观察上下文，可以发现 863 行少了一个分号；，在 `pan108xxb5_evb.dts` 中修复后，重新编译 app 工程，即可发现问题解决。

注：更多 Devicetree 调试技巧请参考 Zephyr 官方文档：Troubleshooting devicetree。

4.3.3 3 Kconfig 配置

3.1 基本概念

Zephyr 的内核（Kernel）和子系统（Subsystem）支持的 Features 均可以根据实际应用需求，在构建阶段进行配置，而配置的方法是通过一个名为 Kconfig 的机制进行的。正如其名，Zephyr Kconfig 机制在概念上与 Linux Kernel Kconfig 是基本相同的。

配置选项（通常也称为 symbols）在一系列 `Kconfig` 文件中定义，其中还描述了各个配置选项之间的依赖关系和层次关系等信息。

Kconfig 机制的最终有效输出是一个名为 `autoconf.h` 的头文件，此文件会在编译阶段作为最优先的头文件包含在各个 C 源文件中，供各个文件编译使用。`autoconf.h` 中名为 `CONFIG_XXX` 的宏定义，其在 Kconfig 文件中的对应定义是 `config XXX`。

一个典型的 Kconfig 文件具有如下的形式 (`zephyr/Kconfig.zephyr` 文件片段)：

```
...
source "boards/Kconfig"
source "soc/Kconfig"
source "arch/Kconfig"
source "kernel/Kconfig"
source "dts/Kconfig"
source "drivers/Kconfig"
source "lib/Kconfig"
source "subsys/Kconfig"

osource "$(TOOLCHAIN_KCONFIG_DIR)/Kconfig"

...

menu "Linker Options"

choice
        prompt "Optimization level"
        default NO_OPTIMIZATIONS    if COVERAGE
        default DEBUG_OPTIMIZATIONS if DEBUG
        default SPEED_OPTIMIZATIONS
        help
          Note that these flags shall only control the compiler
          optimization level, and that no extra debug code shall be
          conditionally compiled based on them.

config SIZE_OPTIMIZATIONS
        bool "Optimize for size"
        help
          Compiler optimizations will be set to -Os independently of other
          options.

config SPEED_OPTIMIZATIONS
        bool "Optimize for speed"
        help
          Compiler optimizations will be set to -O2 independently of other
          options.

config DEBUG_OPTIMIZATIONS
        bool "Optimize debugging experience"
        help
          Compiler optimizations will be set to -Og independently of other
          options.
```

(下页继续)

(续上页)

```
config NO_OPTIMIZATIONS
        bool "Optimize nothing"
        help
          Compiler optimizations will be set to -O0 independently of other
          options.

endchoice
...
```

注：更详细的 Kconfig 基本概念请参考 Zephyr 官方文档：Zephyr Kconfig System。

3.2 如何确认当前 App 开启了哪些 Kconfig

根据前面介绍，所有使能的 Kconfig 选项，最终会合并输出到一个名为 `autoconf.h` 的头文件中。因此在成功编译 App 后，可以从生成目录中找到 autoconf.h 文件，即可了解当前哪些 Kconfig 选项被使能了。

这里以编译 `blinky` 例程为例，假设输出目录为 `01_SDK\build\basic_blinky_pan108xxb5_evb`，则编译成功后，可以在以下目录中找到 `autoconf.h` 文件：

- `01_SDK\build\basic_blinky_pan108xxb5_evb`\zephyr\include\generated‘

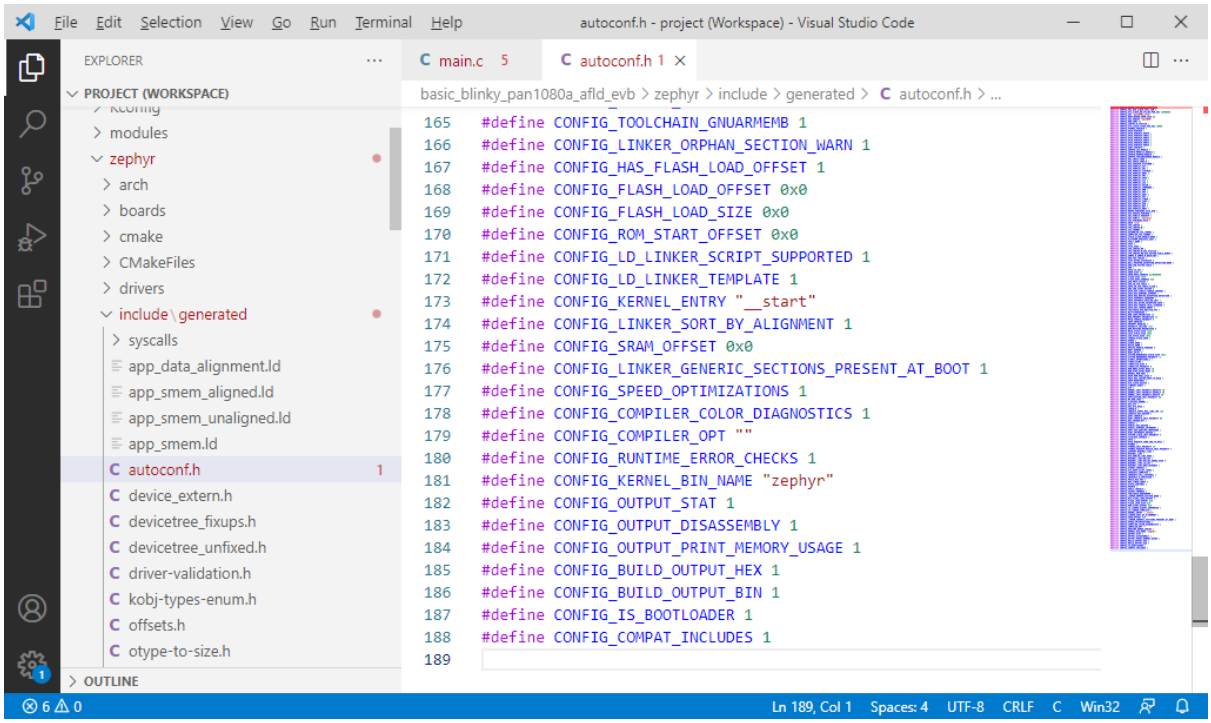


图 31: Zephyr autoconf.h 文件

3.3 如何查找 Kconfig 定义

在 Zephyr App 开发过程中，我们经常会遇到以下问题：

1. 我们在 `autoconf.h` 中发现有些可疑的 Kconfig 被使能，需要追踪，但却不知道其在哪里；
2. 我们预期的某个 Kconfig 宏应该打开，但在 `autoconf.h` 中却找不到；

这时候，我们可以利用 Menuconfig（或 Gui Config）工具，追踪特定 Kconfig 选项的定义即调用关系。

这里以 Menuconfig 为例演示一种场景：

1. 我们在 autoconf.h 中发现一处感兴趣的配置：

```
#define CONFIG_SPEED_OPTIMIZATIONS 1
```

   看名字，似乎是将编译优化选项配置为速度优先的方式。

2. 为确认此配置的真实含义，在当前工程的 VS Code 界面中按快捷键 `Ctrl + Shift + B`，打开 Build 菜单，然后执行 `Menu Config` 命令：

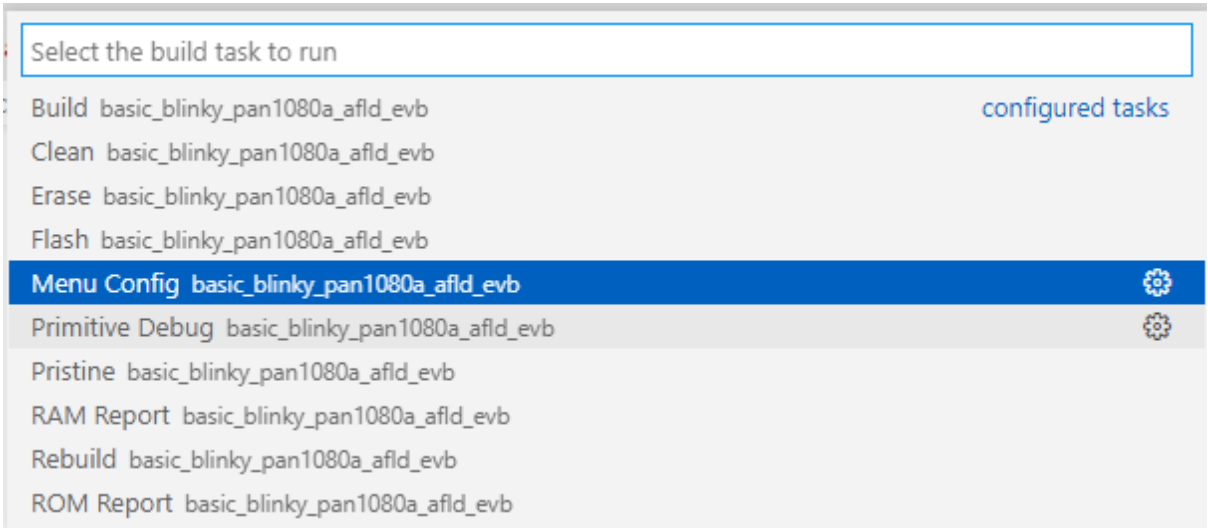


图 32: 从 VS Code 打开 Zephyr Menuconfig

3. 打开的 Menuconfig 主界面如下：

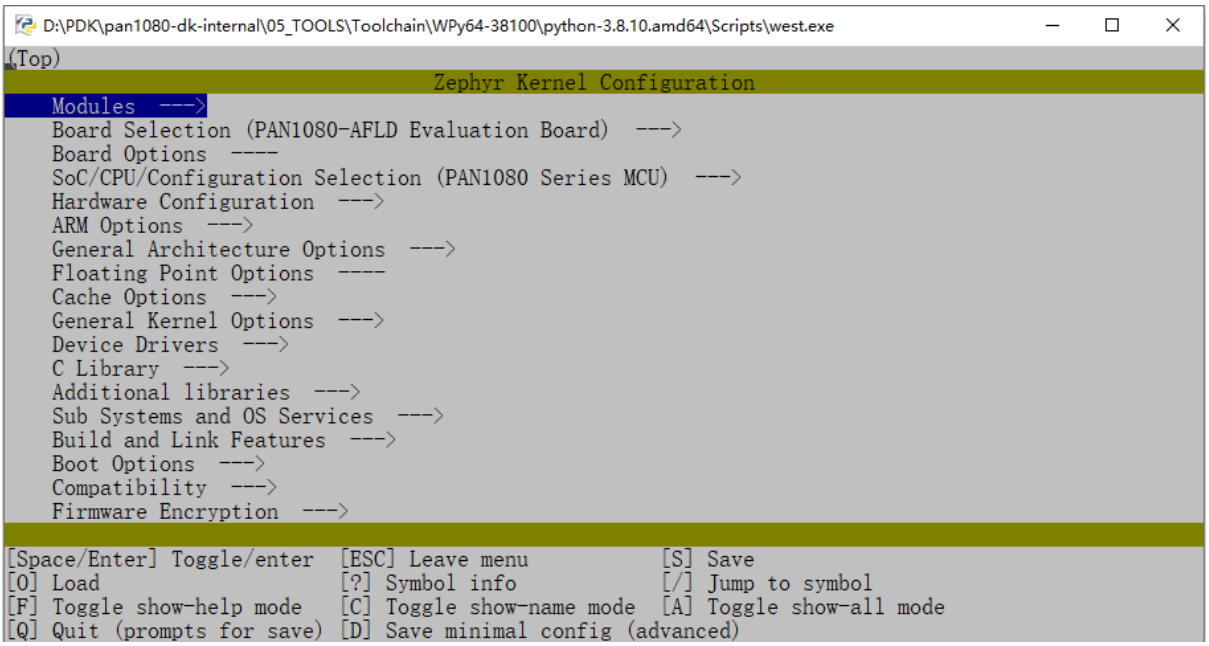


图 33: Menuconfig 主界面

4. 按键盘上的/键进入 Symbol 搜索模式：
5. 在顶部搜索框中输入想要搜索的 Symbol（`SPEED_OPTIMIZATIONS`，不区分大小写）：
6. 找到后，按回车键，即可跳转到对应的选项：
7. 向 Menuconfig 工具中输入? 字符（实际上是按键盘上的 `Shift + /`）键，跳转至当前 Symbol 的定义：

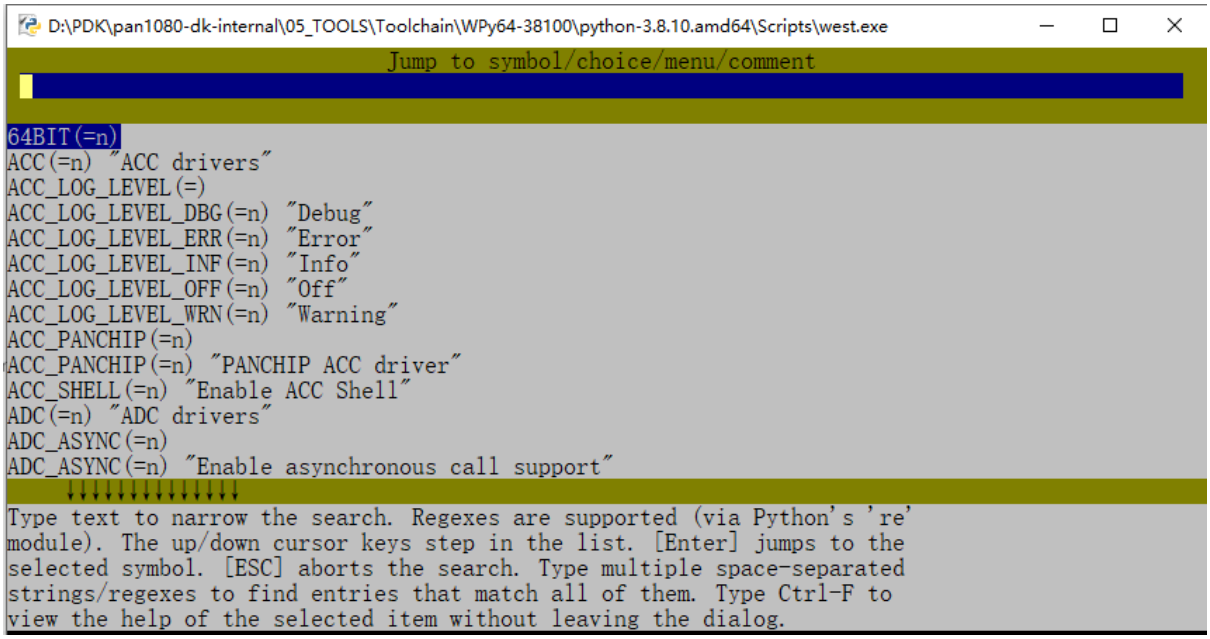


图 34: Menuconfig Symbol 搜索模式

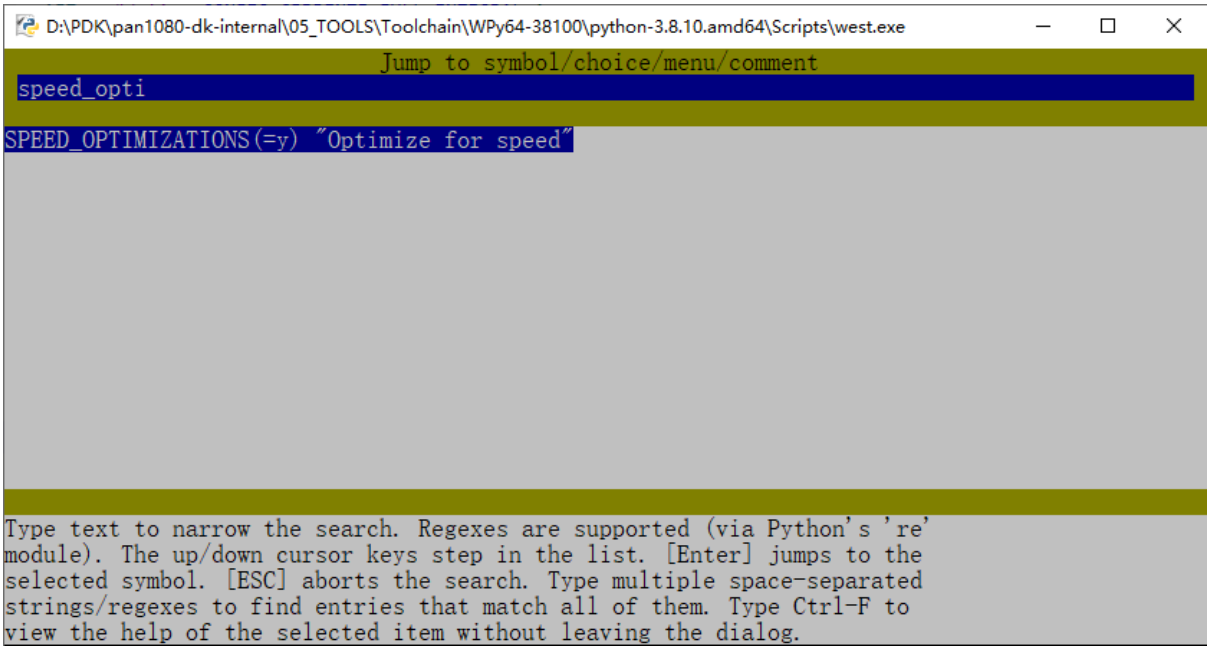


图 35: Menuconfig 开始搜索 Symbol

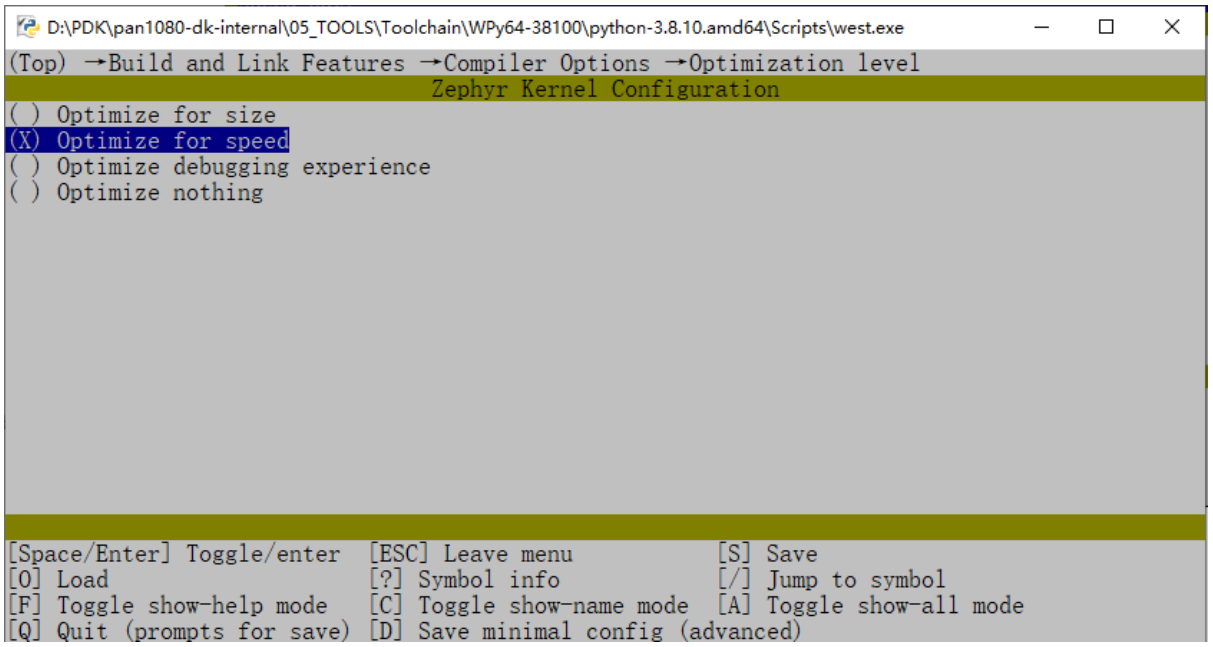


图 36: Menuconfig 跳转至搜索到的 Symbol

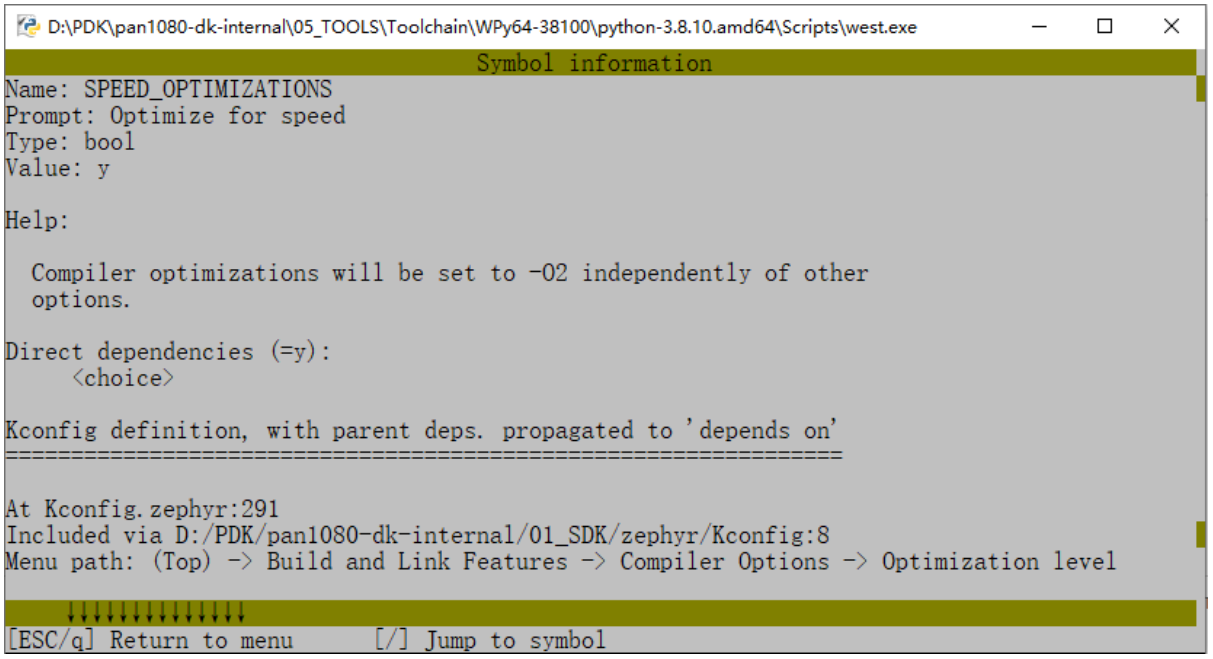


图 37: Menuconfig 跳转到 Symbol 详细信息

上述界面各字段含义如下：

1. Name 字段表示当前 Symbol 名称为：SPEED_OPTIMIZATIONS；
2. Prompt 字段表示当前 Symbol 在 Menuconfig 菜单中的显示名为：Optimize for speed；
3. Type 字段表示当前 Symbol 类型为：bool；
4. Name 字段表示当前 Kconfig Symbol 名称为：SPEED_OPTIMIZATIONS；
5. Value 字段表示当前 Symbol 的使能情况为：y，表示 yes；
6. Help 字段是当前 Symbol 的帮助信息（字符串），一般用于描述此 Symbol 的功能或用法；
7. Direct dependencies 字段列出了当前 Symbol 的依赖关系，对于 SPEED_OPTIMIZATIONS 来说，其直接依赖于<choice> 菜单选项，并不依赖其他任何 Kconfig 选项；
8. At Kconfig.zephyr:291 及之后的 2 行描述，提供了 2 个信息：
9. 此 Symbol 在 Kconfig 文件中的定义位置为 zephyr 目录顶层 Kconfig.zephyr 文件的第 291 行；
10. 此 Symbol 在 Menuconfig 中的菜单层次为 Menu path: (Top) -> Build and Link Features -> Compiler Options -> Optimization level；
11. 有些 Symbol Info 比较多，一页无法显示完全，此时可以按键盘的上下键和翻页键进行翻页查看；翻页后可以看到再后面是当前 Symbol 在 Kconfig 源文件中的完整定义信息：

```
config SPEED_OPTIMIZATIONS
        bool "Optimize for speed"
        help
          Compiler optimizations will be set to -O2 independently of other
          options.
```

注：更多 Menuconfig 使用技巧请参考 Zephyr 官方文档：Interactive Kconfig interfaces。

3.4 如何修改 Kconfig

在实际开发过程中，我们经常需要修改 Kconfig 配置，以满足各种不同的需求。

这里仍然以前面编译的 blinky 例程为例，分别介绍 2 种比较常用的修改 Kconfig 配置的方法，将此 App 的编译优化选项由 SPEED_OPTIMIZATIONS 修改为 SIZE_OPTIMIZATIONS。

3.4.1 使用 Menuconfig 进行修改（临时方式）

1. 在 3.3 节的步骤 6 中我们看到，Menuconfig 的 Optimization level 子界面中，Optimize for speed 选项是被勾选上的：
2. 我们此时只需按键盘的上下键，选择 Optimzie for size 选项，然后按回车键确定即可：
3. 接着直接按 Q 键退出 Menuconfig，在退出的过程中会提示是否保存配置，输入 Y 即可实现保存并退出：
4. 再次执行 Build 指令，可以看到，autoconf.h 中 #define CONFIG_SPEED_OPTIMIZATIONS 1 宏定义被替换为 #define CONFIG_SIZE_OPTIMIZATIONS 1，说明编译优化选项已经被我们成功修改了：

   注意：使用 Menuconfig 修改 Kconfig 配置是**临时的**；之所以这样说，是因为此方法修改后的配置会先更新至 build 输出目录中一个名为.config 的文件中（本文开始的框图中有介绍）；而这个文件在执行重新编译（Rebuild 或 Pristine）操作之后会被删除；之后如果还要修改，则需重新进入 Menuconfig 菜单中进行配置。

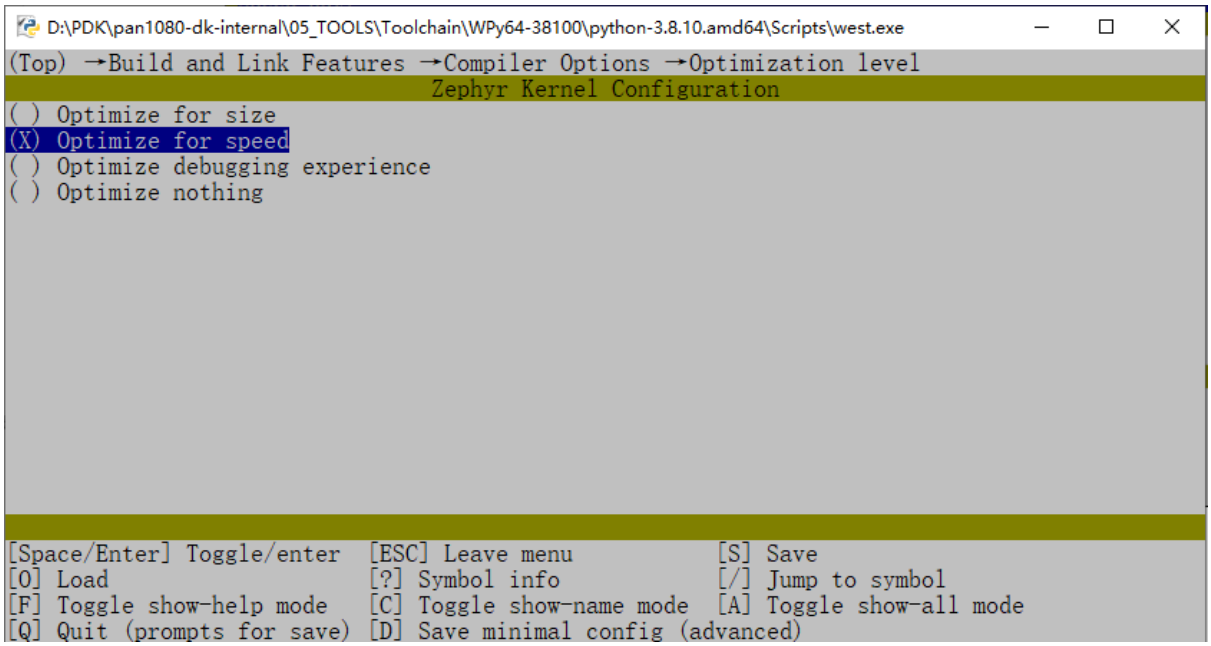


图 38: Menuconfig `Optimize for speed` 选项

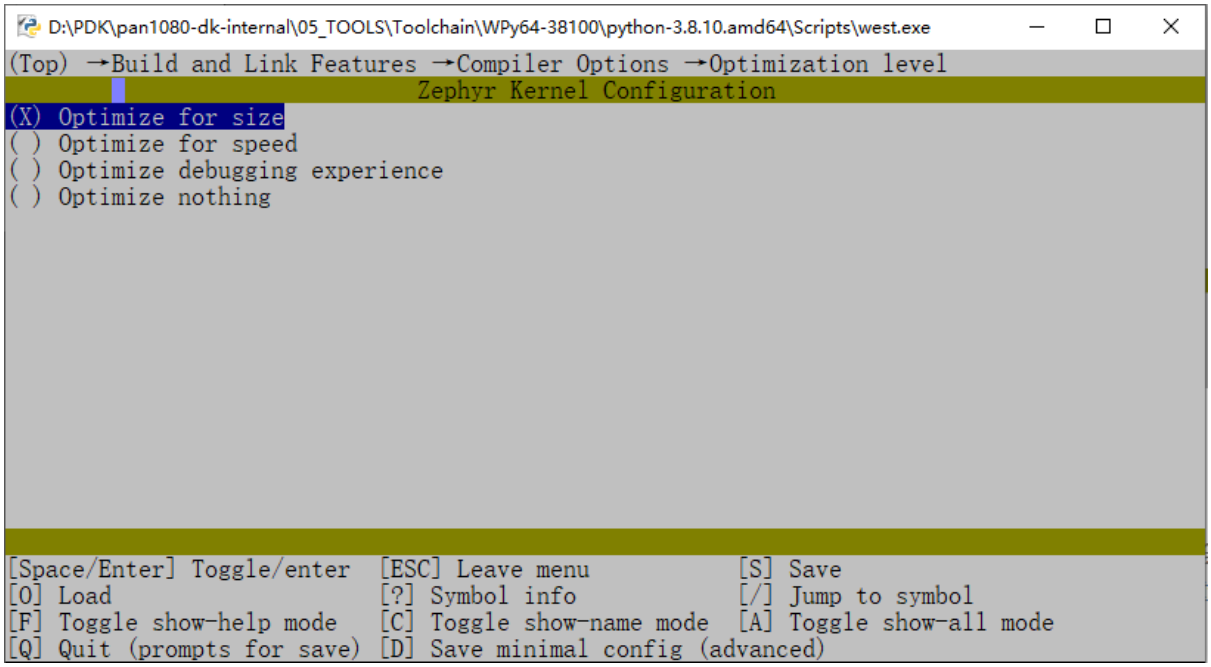


图 39: 使用 Menuconfig 切换至 `Optimzie for size` 选项

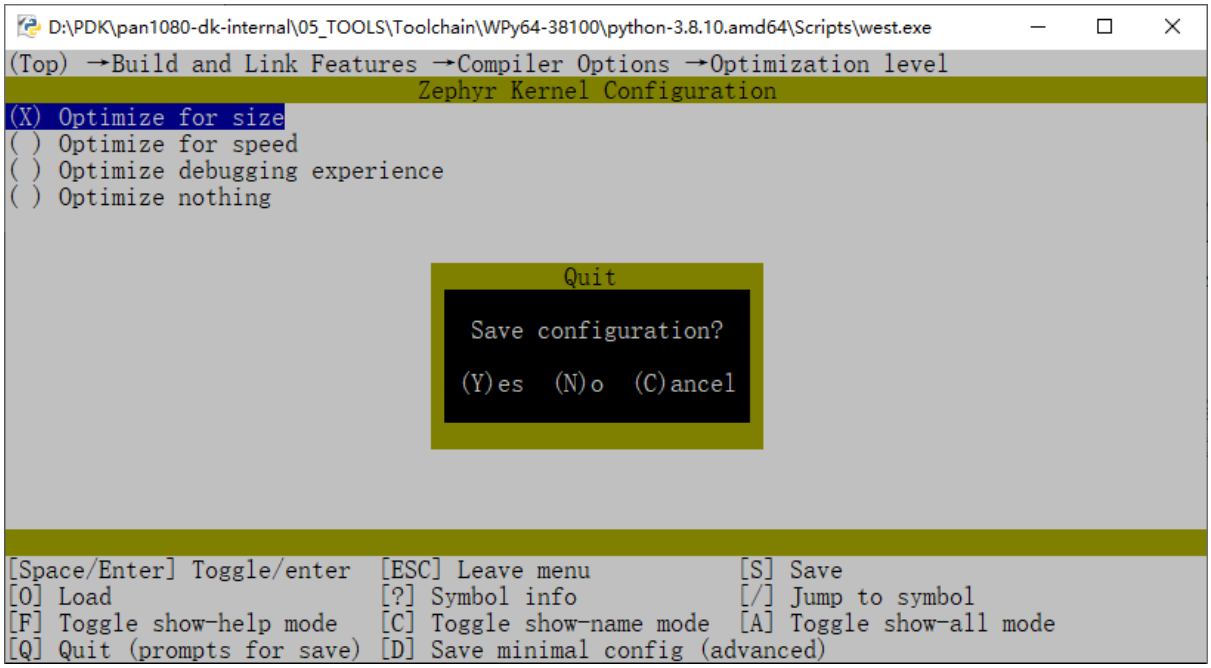


图 40: Menuconfig 保存修改

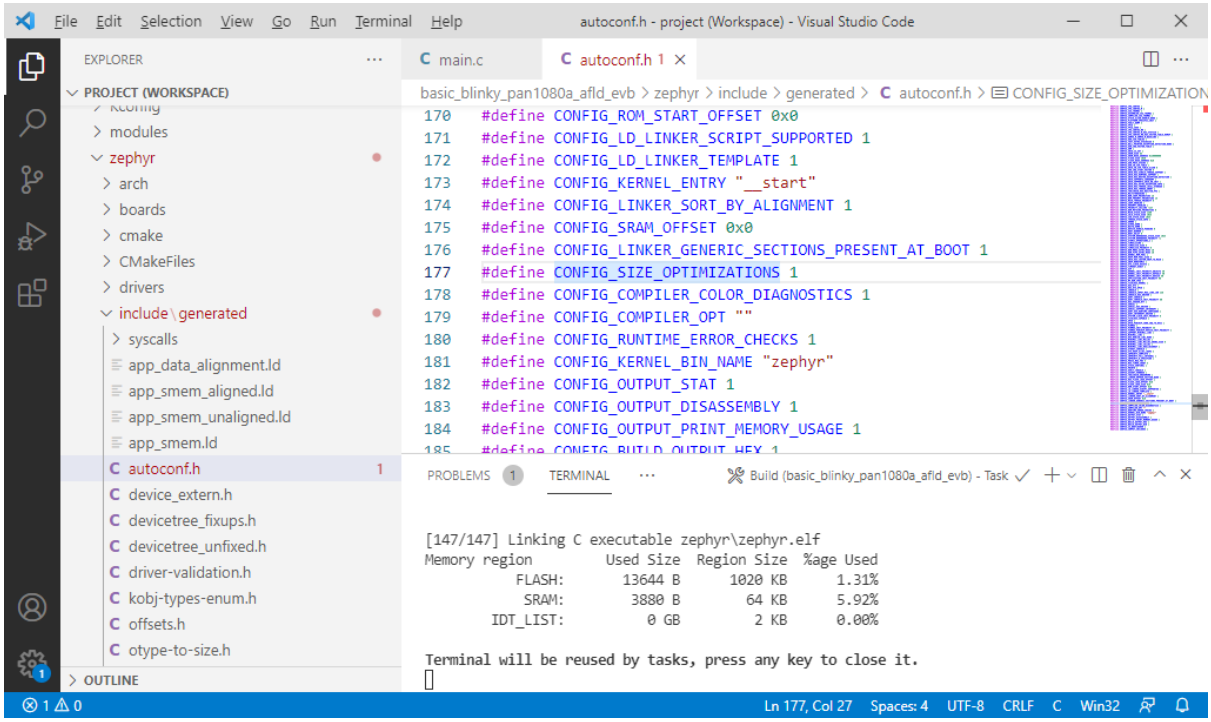


图 41: 更新后的 autoconf.h 文件

3.4.2 直接编辑 config 相关源文件进行修改（长久方式） 我们可以使用另一种更直接的方式修改 Kconfig 配置：直接修改 config 相关的源文件。

从 config 源文件中修改配置，也有多种途径可供：

1. 直接修改 Kconfig 定义中的 `default` 值，例如，直接将 `Kconfig.zephyr` 中的 `choice` 改为 `default SIZE_OPTIMIZATIONS`：

```
choice
        prompt "Optimization level"
        default NO_OPTIMIZATIONS    if COVERAGE
        default DEBUG_OPTIMIZATIONS if DEBUG
        default SIZE_OPTIMIZATIONS
        help
          Note that these flags shall only control the compiler
          optimization level, and that no extra debug code shall be
          conditionally compiled based on them.
```

   注：此方法会影响到所有 board 编译的 App 工程，一般不推荐使用。

2. 在当前 board 目录中的 `pan108xxb5_evb_defconfig` 文件中，新增 `CONFIG_SIZE_OPTIMIZATIONS=y` 语句，将当前 board 的编译优化配置强制修改为新的配置：

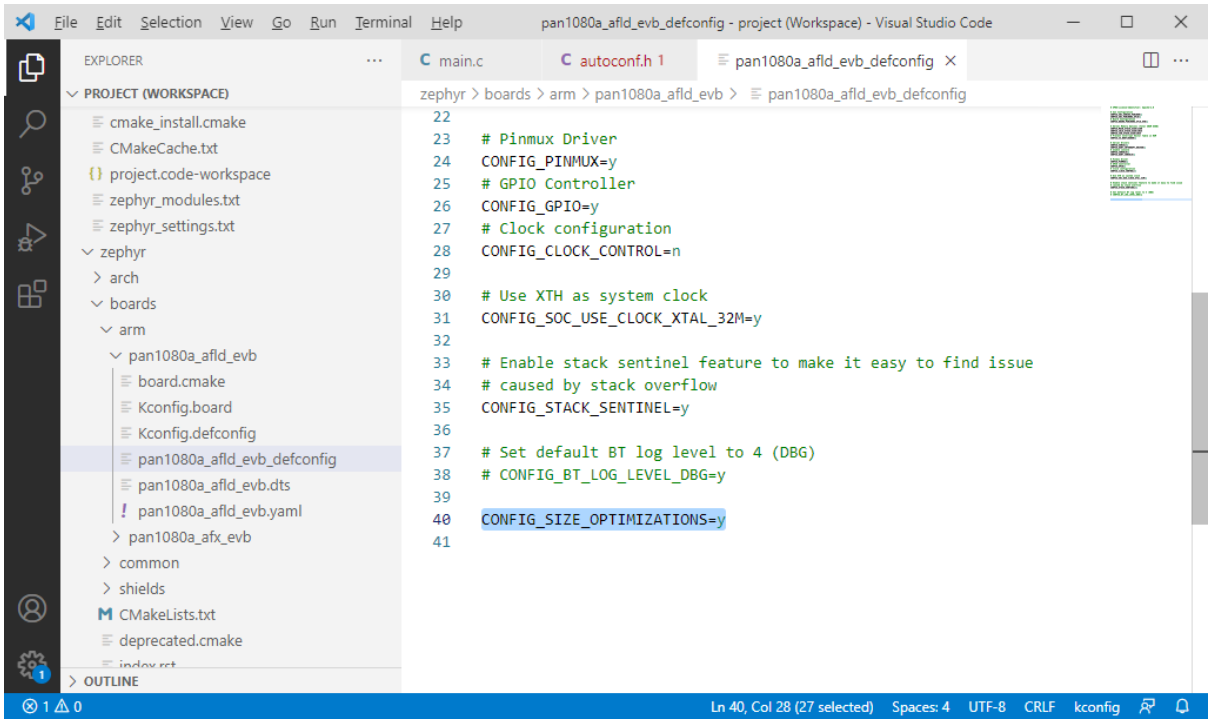


图 42: 在 board 目录下更新 config

   注：此方法会影响到某个特定 board 编译的所有 App 工程，仅当确实这种需求的时候才推荐这么修改。

3. 在当前 App 工程目录中的 `prj.conf` 文件中，新增 `CONFIG_SIZE_OPTIMIZATIONS=y` 语句，将当前 App 工程的编译优化配置强制修改为新的配置：

   注：此方法仅会影响当前 App 工程，在没有特殊需求的场景下，推荐使用这种方式。

   注：更多 Kconfig 配置方法请参考 Zephyr 官方文档：Setting Kconfig configuration values。

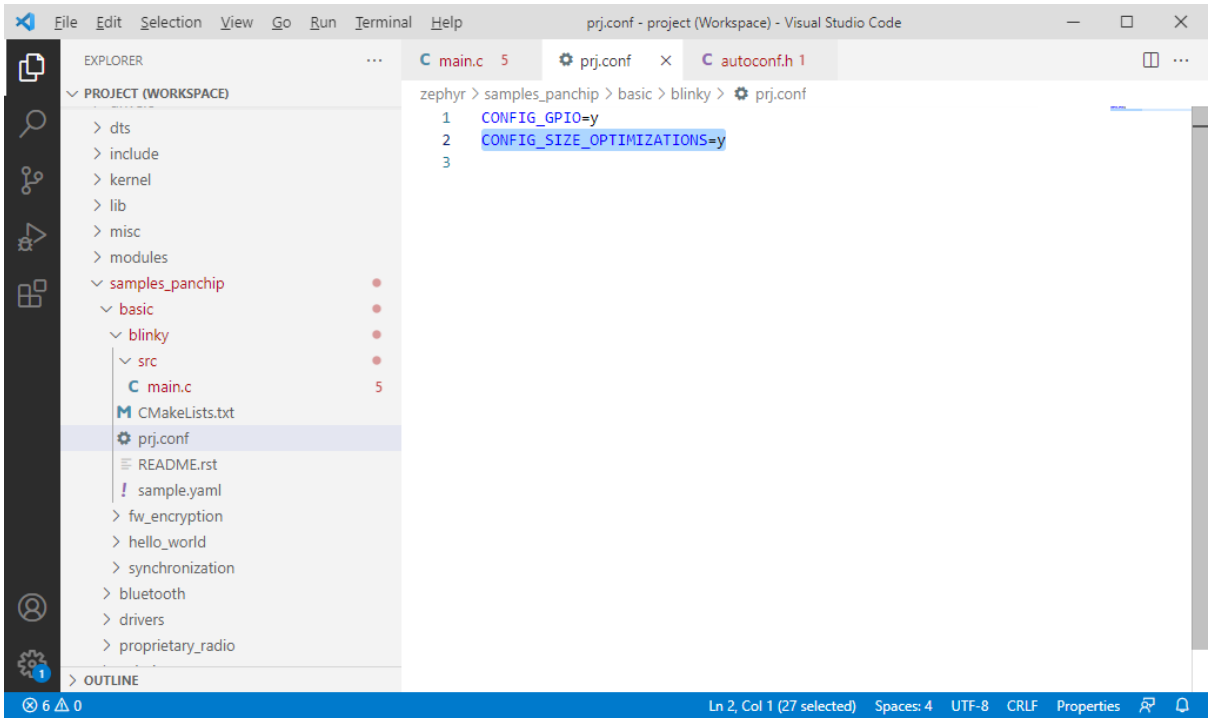


图 43: 在 App 目录下更新 config

4.3.4 5 Devicetree 与 Kconfig 的关系

1. Devicetree 是用来描述 SoC 级和板级**硬件资源**的易读文本，同时也给系统上电的**初始化阶段**提供各个硬件的初始化配置；
2. Kconfig 是用来配置系统各个**软件功能模块**的一种机制，其中的大部分配置都是与硬件无关的；
3. 但是，有一部分 Kconfig 配置是与硬件有关（也即与 Devicetree 有关），那就是 Zephyr Drivers。对于一个特定的 Zephyr Driver，我们：
   - 使用 Kconfig 来决定是否将此 Driver 源码加入编译系统
   - 在特定 Driver 被加入编译系统的前提下，Driver 内代码才会从 Devicetree 中获取具体的配置，如是否初始化、初始化的各个参数配置等
   - 如果某个 Driver 未在 Kconfig 中使能，则无论 Devicetree 中的配置

     例如，为使能 UART Driver，我们需要先在 Kconfig 中配置 `CONFIG_SERIAL=y`，然后在 Devicetree 中，将对应 UART 的 `status` 属性配置为 `okay`，之后在系统启动过程中，才会按照当前 Devicetree 中的描述，配置 UART 的其他参数。

4.3.5 6 更多相关文档

1. Zephyr Build and Configuration Systems：Zephyr 官方对于 Build 和 Configuration 的整体流程介绍
2. Zephyr Kconfig System：Zephyr 官方 Kconfig 介绍
3. Devicetree Guide：Zephyr 官方 Devicetree 指南
4. Zephyr Kconfig Options：Zephyr 官方支持的所有 Kconfig 选项列表

4.4 Zephyr Board 配置指南

4.4.1 1 概述

Zephyr 使用一个名为 Board 的概念将各个板级硬件区分开，于是我们可以使用不同的 “board” 来编译不同的 App 工程；这种特性为实际项目提供了某种灵活性：如果 App 代码架构规划合理，将有办法使其很容易在不同 board 甚至 SoC 之间进行移植，缩短后续的开发周期。

Zephyr 默认的 board 存放目录为 `zephyr\boards`，而对于 PAN1080 来说，其支持的所有 boards 所在目录为 `zephyr\boards\arm`。目前 SDK 中支持 2 种 PAN1080 EVB Board：

1. `pan108xxb1_evb`：子板主控型号为 `PAN108X-XB1`（1MiB Flash Size、32 Pin）
2. `pan108xxb5_evb`：子板主控型号为 `PAN108X-XB5`（1MiB Flash Size、64 Pin）

4.4.2 2 PAN1080 Evaluation Board

下面以 `pan108xxb5_evb` board 为例，介绍相关文件含义。

`pan108xxb5_evb` 目录树结构如下：

```
<home>/01_SDK/zephyr/boards/arm/pan108xxb5_evb
 board.cmake
 Kconfig.board
 Kconfig.defconfig
 pan108xxb5_evb.dts
 pan108xxb5_evb.yaml
 pan108xxb5_evb_defconfig
```

其中：

- `board.cmake`：板级 CMake 配置；
- `Kconfig.board`：板级 Kconfig 定义；
- `Kconfig.defconfig`：板级 Kconfig 默认值，配置后在 Menuconfig 中可修改；
- `pan108xxb5_evb.dts`：板级 Devicetree 定义；
- `pan108xxb5_evb.yaml`：板级测试相关信息（用于 zephyr 自动化单元测试系统）；
- `pan108xxb5_evb_defconfig`：板级 Kconfig 默认值，配置后在 Menuconfig 中不可修改；

2.1 board.cmake

`board.cmake` 文件用于描述当前板级的 cmake 信息，目前主要是配置了 Jlink 相关参数，供 JLink 烧录和调试的时候调用：

```
# SPDX-License-Identifier: Apache-2.0

board_runner_args(jlink "--device=PAN1080XB" "--speed=2000")

include(${ZEPHYR_BASE}/boards/common/openocd.board.cmake)
include(${ZEPHYR_BASE}/boards/common/jlink.board.cmake)
```

> **注**：此文件非必要请不要修改，唯一可考虑修改的参数为`"--speed=2000"`，可以根据实际情况修改 JLink 通信速率。

2.2 Kconfig.board

`Kconfig.board` 文件用于描述当前板级的 Kconfig 定义，目前主要定义了当前 EVB 板的名称为 `BOARD_PAN108XXB5_EVB`，并通过一系列 `select` 关键字，使能了 PAN1080 HAL 层的各个底层 Driver：

```
# PAN108X-XB5-EVB MCU configuration

# Copyright (c) 2020-2022 Shanghai Panchip Microelectronics Co.,Ltd.
# SPDX-License-Identifier: Apache-2.0

config BOARD_PAN108XXB5_EVB
        bool "PAN108X-XB5 Evaluation Board"
        depends on SOC_PAN1080XB5
        select USE_PANPLAT_ACC
        select USE_PANPLAT_ADC
        select USE_PANPLAT_CLKTRIM
        select USE_PANPLAT_DMAC
        select USE_PANPLAT_FMC
        select USE_PANPLAT_GPIO
        select USE_PANPLAT_I2C
        select USE_PANPLAT_I2S
        select USE_PANPLAT_KSCAN
        select USE_PANPLAT_LOWPOWER
        select USE_PANPLAT_PWM
        select USE_PANPLAT_PRF
        select USE_PANPLAT_QDEC
        select USE_PANPLAT_SPI
        select USE_PANPLAT_TIMER
        select USE_PANPLAT_UART
        select USE_PANPLAT_USB
        select USE_PANPLAT_WDT
        select USE_PANPLAT_WWDT
        select USE_PANPLAT_EFUSE
```

注：此文件非必要请不要修改，但如果希望新增一些板级 Kconfig 定义，则直接在文件结尾新增定义即可。

2.3 Kconfig.defconfig

`Kconfig.defconfig` 文件用于描述当前板级的默认值，并且此处配置的默认值是非强制的；换句话说，即使在此处配置了默认值，后续仍然可以在 Menuconfig 中或者 App 工程目录的 `prj.conf` 文件中进行强制修改：

```
# PAN108X-XB5-EVB MCU configuration

# Copyright (c) 2020-2022 Shanghai Panchip Microelectronics Co.,Ltd.
# SPDX-License-Identifier: Apache-2.0

if BOARD_PAN108XXB5_EVB

config BOARD
        default "pan108xxb5_evb"

# BT_CTLR depends on BT. When BT is enabled we should default to also
# enabling the controller.
config BT_CTLR
        default y if BT

# Use Panchip BLE Link Layer instead of Zephyr's
choice BT_LL_CHOICE
        default BT_LL_PANCHIP if BT_CTLR
endchoice

if BT_LL_PANCHIP

config BT_HCI_TX_STACK_SIZE
```

(下页继续)

(续上页)

```
        default 2048

endif # BT_LL_PANCHIP

# Change default Logging configurations
if LOG

config LOG_BUFFER_SIZE
        default 5120

config LOG_STRDUP_BUF_COUNT
        default 8

config LOG_DEFAULT_LEVEL
        default 3

endif # LOG

if USB_DEVICE_STACK

config USB_DEVICE_VID
        default 0x2FE4

config USB_DEVICE_PID
        default 0x0001

config USB_DEVICE_MANUFACTURER
        default "Panchip"

config USB_DEVICE_REMOTE_WAKEUP
        default n

endif # USB_DEVICE_STACK

# Increase ztest_thread_stack[] from default 1024 to 2048, since
# the default size is not enough, such as when test fcb_raw cases.
config ZTEST_STACKSIZE
        default 2048
        depends on ZTEST

endif # BOARD_PAN108XXB5_EVB
```

注：此文件可以根据实际需要进行修改。

2.4 pan108xxb5_evb.dts

pan108xxb5_evb.dts 文件用于描述当前板级的 Devicetree 定义：

```
/*
 * Copyright (c) 2020-2022 Shanghai Panchip Microelectronics Co.,Ltd.
 *
 * SPDX-License-Identifier: Apache-2.0
 */

/dts-v1/;
#include <mem.h>
#include <panchip/pan1080/pan1080xb5.dtsi>

/ {
        model = "Panchip PAN108X-XB5 Evaluation Board";
```

(下页继续)

(续上页)

```
        compatible = "panchip,pan108xxb5-evb", "panchip,pan1080xb5";

        chosen {
                zephyr,console = &uart0;
                zephyr,shell-uart = &uart0;
                zephyr,bt-mon-uart = &uart0;
                zephyr,bt-c2h-uart = &uart0;
                zephyr,sram = &sram0;
                zephyr,flash = &flash0;
                zephyr,code-partition = &slot0_partition;
        };

        soc {
                pin-controller@40030000 {
                        /* port, pin, pinmux_name, pinmux_sel [, flag1, ... ] */
                        DT_PAN_PINS(p0, 1, uart0_rx, PAN1080_PIN_FUNC_P01_UART0_RX, input-
↪enable);
                        DT_PAN_PINS(p0, 7, uart1_rx, PAN1080_PIN_FUNC_P07_UART1_RX, input-
↪enable);
                        DT_PAN_PINS(p0, 4, qdec_x0, PAN1080_PIN_FUNC_P04_QDEC_X0, bias-pull-up,
↪ input-enable);
                        DT_PAN_PINS(p0, 5, qdec_x1, PAN1080_PIN_FUNC_P05_QDEC_X1, bias-pull-up,
↪ input-enable);
                        DT_PAN_PINS(p3, 1, spi0_miso, PAN1080_PIN_FUNC_P31_SPI0_MISO, input-
↪enable);
                };
        };

        leds {
                compatible = "gpio-leds";
                led_blue: led_b {
                        gpios = <&p1 6 GPIO_ACTIVE_HIGH>;
                        label = "LED_BLUE";
                };
        };

        pwmleds {
                compatible = "pwm-leds";
                pwm_led_red: pwm_led_r {
                        pwms = <&pwm0 4 PWM_POLARITY_NORMAL>;
                        label = "RGB_LED_RED";
                };
                pwm_led_green: pwm_led_g {
                        pwms = <&pwm0 5 PWM_POLARITY_NORMAL>;
                        label = "RGB_LED_GREEN";
                };
                pwm_led_blue: pwm_led_b {
                        pwms = <&pwm0 6 PWM_POLARITY_NORMAL>;
                        label = "RGB_LED_BLUE";
                };
        };

        buttons {
                compatible = "gpio-keys";
                key1: k1 {
                        label = "KEY_1";
                        gpios = <&p0 4 (GPIO_ACTIVE_LOW | GPIO_PULL_UP)>;
                };
                key2: k2 {
                        label = "KEY_2";
                        gpios = <&p0 5 (GPIO_ACTIVE_LOW | GPIO_PULL_UP)>;
```

(下页继续)

(续上页)

```
                };
        };

        aliases {
                led0 = &led_blue;
                sw0 = &key1;
                pwm-led0 = &pwm_led_red;
                pwm-led1 = &pwm_led_green;
                pwm-led2 = &pwm_led_blue;
                pwm-0 = &pwm0;
                kscan0 = &kscan;
        };
};

&clk_xth {
        clock-frequency = <DT_FREQ_M(32)>;
        /* Enable the 32 MHz high speed crystal oscillator */
        status = "okay";
};

&clk_xtl {
        clock-frequency = <32768>;
        /* Enable the 32 KHz low speed crystal oscillator */
        status = "okay";
};

&dpll {
        /* f(dpll_output) = f(dpll_input) / clock_div * clock_mult */
        clocks = <&clk_xth>;
        clock-div = <2>;  /* Fixed to 2 */
        clock-mult = <4>; /* Can be 3 (48MHz) or 4 (64MHz) */
        status = "okay";
};

&rcc {
        clock-names = "clk_system", "clk_slow";
        clocks = <&dpll &clk_xtl>;
        clock-frequency-system = <DT_FREQ_M(64)>;
        clock-frequency-slow = <32768>;
        ahb-prescaler = <1>;
        apb1-prescaler = <1>;
        apb2-prescaler = <1>;
};

&dma0 {
        status = "okay";
};

&acc {
        status = "okay";
};

&p0 {
        status = "okay";
};

&p1 {
        status = "okay";
};

&p2 {
```

(下页继续)

(续上页)

```
        status = "okay";
};

&p3 {
        status = "okay";
};

&p4 {
        status = "okay";
};

&p5 {
        status = "okay";
};

&uart0 {
        current-speed = <921600>;
        pinctrl-0 = <&p0_0_uart0_tx &p0_1_uart0_rx>;
        status = "okay";
};

&uart1 {
        current-speed = <115200>;
        pinctrl-0 = <&p0_6_uart1_tx &p0_7_uart1_rx>;
        status = "okay";
};

&timer0 {
        freq = <16000000>;
        status = "okay";
};

&timer1 {
        freq = <8000000>;
        status = "okay";
};

&timer2 {
        freq = <16000000>;
        status = "okay";
};

&pwm0 {
        pinctrl-0 = <&p1_0_pwm0_ch4 &p1_1_pwm0_ch5 &p1_6_pwm0_ch6>;
        status = "okay";
};

&adc {
        #io-channel-cells = <1>;
        status = "okay";
};

&qdec {
        event-threshold = <100>;
        polarity = "polarity-low";
        resolution = "cnt-resolution-1x";
        filter-threshold = "filter-threshold-3";
        pinctrl-0 = <&p0_4_qdec_x0 &p0_5_qdec_x1>;
        status = "okay";
};
```

(下页继续)

(续上页)

```
&spi0 {
        pinctrl-0 = <&p3_0_spi0_mosi &p3_1_spi0_miso &p0_2_spi0_cs &p0_3_spi0_clk>;
        #address-cells = <1>;
        #size-cells = <0>;
        status = "okay";
};

zephyr_udc0: &usbd {
        compatible = "panchip,pan-usbd";
        status = "okay";
};

&wdt {
        status = "okay";
};

&flash0 {
        partitions {
                compatible = "fixed-partitions";
                #address-cells = <1>;
                #size-cells = <1>;

                boot_partition: partition@0 {
                        label = "mcuboot";
                        reg = <0x00000000 0x00010000>;
                        read-only;
                };
                slot0_partition: partition@10000 {
                        label = "image-0";
                        reg = <0x00010000 0x00060000>;
                };
                slot1_partition: partition@70000 {
                        label = "image-1";
                        reg = <0x00070000 0x00060000>;
                };
                scratch_partition: partition@D0000 {
                        label = "image-scratch";
                        reg = <0x000D0000 0x00020000>;
                };
                storage_partition: partition@f0000 {
                        label = "storage";
                        reg = < 0xf0000 0xF000 >;
                };
        };
};
```

> **注**：此文件请谨慎修改，因为修改后可能会导致某些例程执行条件发生变化。如果某个 App 确实需要修改 dts 文件，则可以优先考虑通过 DTS Overlay 的方式进行修改，相关说明请参考Zephyr 配置系统指南 文档中的介绍。

2.5 pan108xxb5_evb.yaml

pan108xxb5_evb.yaml 文件用于描述当前板级的测试环境相关信息，供 zephyr 自动化单元测试系统解析，以了解当前的板级硬件资源情况：

```
identifier: pan108xxb5_evb
name: PAN108X-XB5 Evaluation Board
type: mcu
arch: arm
toolchain:
```

(下页继续)

(续上页)

```
  - zephyr
  - gnuarmemb
  - xtools
ram: 64
flash: 1020
supported:
  - adc
  - counter
  - dma
  - flash
  - gpio
  - i2c
  - kscan
  - pinmux
  - pwm
  - qdec
  - serial
  - spi
  - usb
  - watchdog
```

注：仅供 Zephyr 自动化单元测试系统使用，一般实际项目中可以不用关心此文件。

2.6 pan108xxb5_evb_defconfig

pan108xxb5_evb_defconfig 文件用于配置当前板级的默认值，并且此处配置的默认值是强制的，注意这点与 Kconfig.defconfig 不同；换句话说，如果在此处配置了默认值，那么后续将无法在 Menuconfig 中或者 App 工程目录的 prj.conf 文件中再进行修改：

```
# SPDX-License-Identifier: Apache-2.0

# SoC Configuration
CONFIG_SOC_SERIES_PAN1080=y
CONFIG_SOC_PAN1080XB5=y
# Board Configuration
CONFIG_BOARD_PAN108XXB5_EVB=y

# Kernel Memory Options (Total SRAM 64KB)
CONFIG_MAIN_STACK_SIZE=1280
CONFIG_IDLE_STACK_SIZE=1024
CONFIG_ISR_STACK_SIZE=1024
# Prevent Interrupt Vector Table in RAM
CONFIG_IS_BOOTLOADER=y

# Serial Drivers
CONFIG_SERIAL=y
CONFIG_UART_INTERRUPT_DRIVEN=y
# UART Console
CONFIG_CONSOLE=y
CONFIG_UART_CONSOLE=y

# Pinmux Driver
CONFIG_PINMUX=y
# GPIO Controller
CONFIG_GPIO=y
# Clock Control
CONFIG_CLOCK_CONTROL=y

# Enable stack sentinel feature to make it easy to find issue
# caused by stack overflow
```

(下页继续)

(续上页)

```
CONFIG_STACK_SENTINEL=y

# Set default BT log level to 4 (DBG)
# CONFIG_BT_LOG_LEVEL_DBG=y
```

注：此文件可以根据实际需要进行修改。

4.4.3 3 创建一个自己的 Board

3.1 为什么要创建自己的 Board

由前面的介绍我们知道，SDK 中已经存在 2 个对应 PAN1080 EVB 的 board，其中的 DTS 文件描述了 EVB 的板级硬件资源以及各板级硬件模块之间的连接关系，Kconfig 文件中则配置了能保证各个例程均能正确运行所需要开启的 Zephyr 功能。

而然，对于一个实际项目来说，一定有单独的板级硬件，其中的硬件资源可能与 EVB 上的完全不同了，并且使用过程中所需的板级 Kconfig 配置也大概率会与 EVB 不同，因此，为自己的项目重新创建一个 zephyr board 是一个必要且合理的选择。

3.2 如何创建 Board

创建 Board 最简单的方法是从当前已有的模板中修改，方法如下（假设新的 board 硬件主控 SoC 型号与 pan108xxb5_evb 相同，如 `PAN1080LB5`，并将新的 board 命名为 `my_custom_board`）：

1. 将 `zephyr\boards\arm` 路径下的 `pan108xxb5_evb` 目录整体拷贝一份，并重新命名为 `my_custom_board`；
2. 进入 `my_custom_board` 子目录：
    1. 将 `pan108xxb5_evb.yaml` 文件删除；
    2. 分别将 `pan108xxb5_evb.dts` 和 `pan108xxb5_evb_defconfig` 文件重命名为 `my_custom_board.dts` 和 `my_custom_board_defconfig`；
    3. 打开 `Kconfig.board` 文件，将其中的 Kconfig 定义修改为：

    ```
    config BOARD_MY_CUSTOM_BOARD
            bool "My Custom Board"
    ```

    4. 打开 `Kconfig.defconfig` 文件，将其开头的 if 判断条件，以及 BOARD 默认值改为：

    ```
    if BOARD_MY_CUSTOM_BOARD

    config BOARD
            default "my_custom_board"

    ...

    endif # BOARD_MY_CUSTOM_BOARD
    ```

    5. 打开 `my_custom_board_defconfig` 文件，将当前的 Board Configuration 修改为新的 board 名称：

    ```
    ...

    # Board Configuration
    CONFIG_BOARD_MY_CUSTOM_BOARD=y

    ...
    ```

6. 打开 `my_custom_board.dts` 文件，修改根节点下的 `model` 与 `compatible` 值，以与 EVB 作区分：

```
...

/ {
        model = "My custom Board";
        compatible = "vendor,my-custom-board", "panchip,pan1080a-afld";

...
```

3. 至此，一个除名称不同外，各种配置完全与 EVB 相同的可用 board 就创建好了；这时候我们打开 `ZAL` 工具，在 Board 下拉菜单上可以看到新创建的 board 已经被成功识别：

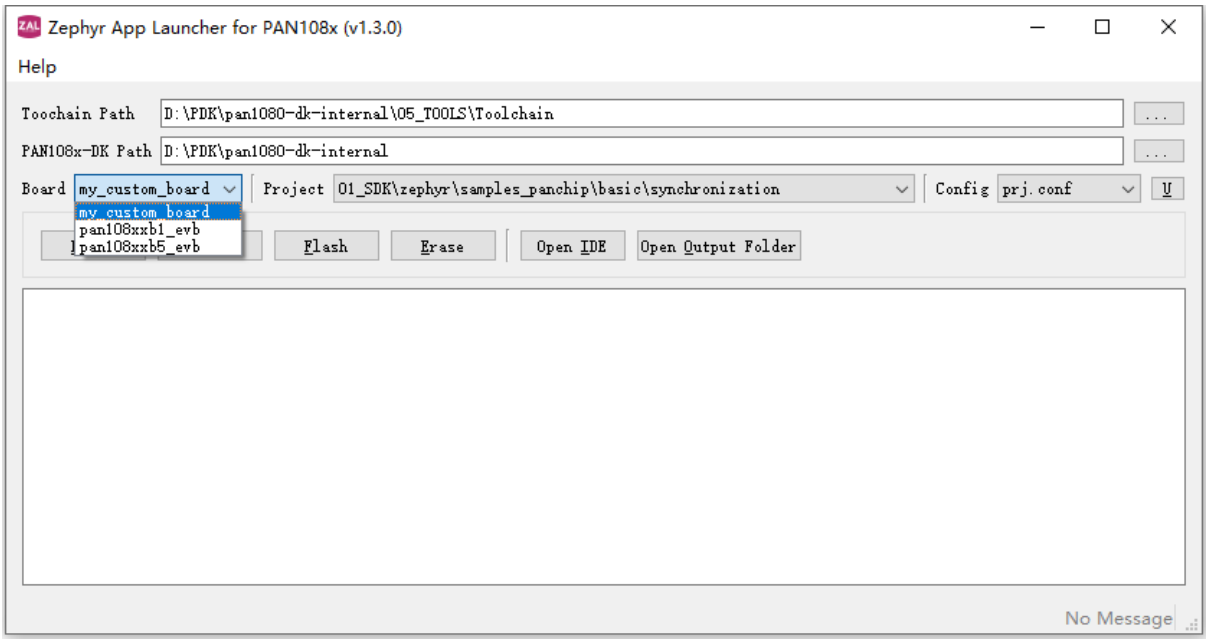


图 44: 使用 ZAL 工具识别新增的 Board

4. 我们选择这个新增的 `my_custom_board`，编译 Synchronization 例程：
5. 直接点击 `Flash` 按钮进行烧录，查看 UART 串口 Log，可以看到例程成功运行，并且 board 名称也已经与我们新修改的相同：

   注意：在实际项目中，仅仅将 Board 重命名是不够的，后续还应根据实际需要：

   1. 修改 DTS 文件中的其他部分，以符合实际的板级硬件情况；
   2. 修改 Kconfig 文件中的其他部分，以符合当前项目的实际需求；

4.4.4 4 更多相关文档

1. Zephyr Board Porting Guide：Zephyr 官方板级目录移植指南

4.5 BLE Mesh 开发指南

4.5.1 1 Mesh Introduce

PAN1080 基于 zephyr，验证并开发了 Mesh 大部分 feature 和 model, 并兼容了 PAN1080 方案内的部分功能

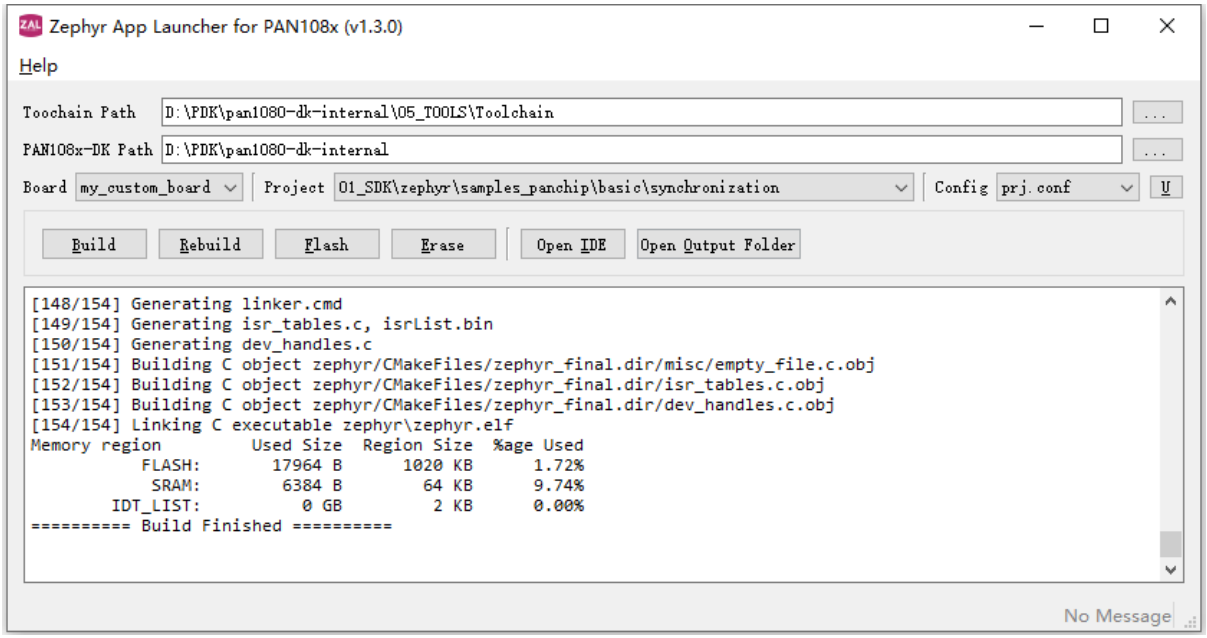


图 45: 使用新增的 Board 编译 Synchronization 例程

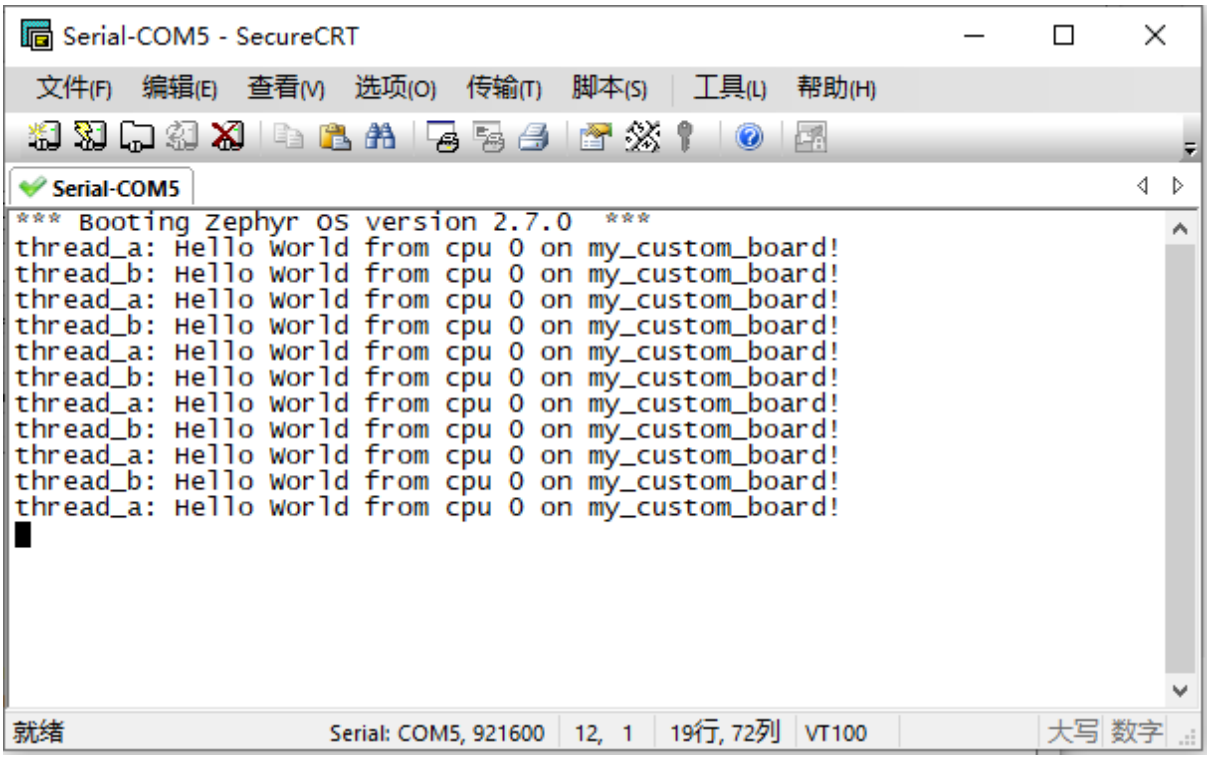


图 46: 烧录新编译的 Synchronization 例程

1.1 区域划分

Mesh 可以选择带 Boot 程序的烧录方式，支持 OTA 功能，config 宏需要配置

```
CONFIG_IS_BOOTLOADER=y
CONFIG_USE_DT_CODE_PARTITION=n
```

也可以选择不带 Boot 程序的烧录方式，config 宏需要配置

```
CONFIG_IS_BOOTLOADER=n
CONFIG_USE_DT_CODE_PARTITION=y
```

当使能**带 Boot 程序的烧录方式**时，zephyr 区域划分如下



图 47: Zephyr Flash 区域划分

Chip Data **区**:

- 4K 受保护的出厂 info 区;

- 存放不同项目定制的 OTA 区域划分，关键参数
  - OTA_header_addr , OTA_header_size
    - OTA header 文件存储位置和大小
  - OTA_image_addr ， image_max_size
    - OTA image 文件起始位置，image 最大大小
  - zephyr_data_start_addr,zephyr_data_max_size
    - Zephyr 系统存储数据区起始位置和大小

Bootloader 区：

- 28K 出厂烧录，通常不会进行更新的 boot 程序，包含搬运程序（最大 4k）及兼容后续开发上位机通信升级程序（最大 24K）

Main Program header 区：

- 大小 512B
- 存放备用信息，便于扩展 B 方案

Main Program 区：

- 大小根据项目不同 = image_max_size；
- bootloader 跳转的实际程序区

OTA temporary 区 header：

- 大小：512B
- 存放固件对应信息，搬运时使用 crc 及 size 确认固件完整性，搬运后标志相应 flag 标识结束

OTA temporary 区：

分为 OTA header 及 OTA image，合起来在固件传输时可以称为 firmware

- 临时存放升级程序区，大小 = image_max_size
- OTA image 内容同 Main Program；编译生成固件方式同 Main Program（不需要特殊映射编译地址）

Reserved Code 区

- 大小：zephyr_data_start_addr - (OTA_image_addr + OTA_image_max_size) ;
- 剩余空闲区域

Reserved Data 区

- 存放用户数据区，预留大小为剩余部分

Zephyr OS Data 区

- 存放系统数据区（CONFIG_FLASH 区），使用 zephyr config flash 方式存储项目中的信息（如入网信息）
- 用户可以选择升级后擦除/保留该数据区内容

1.2 Provisioning

Mesh provisioning 为 Mesh 最主要的组网功能，未入网设备可以通过以下 3 种方式进行入网

入网通过 Nrf Mesh App 时，可以选择 OOB 入网方式进行

广义入网通常还包括入网后的 Config 过程，狭义正式的入网通常只包括到 Provision data 分配完成

1.2.1 Key 说明

入网涉及到多种 key，在抓包分析时起到比较重要的作用，以下对其进行介绍

1.2.1.1 Session Key　狭义入网过程并不需要 key 进行解析，但在入网过程中，涉及到 ECDH 中交换 session key 的过程，用来完成 ECC 加解密完成入网，可以参考 Mesh Spec 进行简单了解

1.2.1.2 Network Key　在网络层加密认证消息。有了网络层的密钥就可以成为 Mesh 网络的一员，可以对数据进行加密、解密和转发。如果 Mesh 网络中有多个子网，每个子网都会用自己的 Network Key，不同子网的设备是没有办法进行数据转发的

1.2.1.3 Device Key　Device Key 是一种特殊的 App Key，每个节点的 Device Key 都是独一无二的，它用在配网阶段，用于实现数据的安全传输。只有 Provisioner 和入网的设备知道这个 Device Key

Foundation Model 需要用 dev key 加密进行传输

1.2.1.4 App Key　在 access 层加密认证消息。虽然有 Network Key 可以实现数据的加解密和转发，但是网络层不知道应用层的数据具体是什么。要解决这个问题，就需要用到 Application Key，简称 App Key。在一个 Mesh 网络里，可能有多个 App Key，每个 App Key 对应一组应用和相关的节点

1.2.1.5 Key **通过** Code **获取**　Key 通过 code 开启相应的宏，可以打印出来供解析使用

1. netkey&devkey 通过入网是 prov_data 获取，通过开启

```
CONFIG_BT_DEBUG_LOG=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_PROV=y
```

在 subsys\bluetooth\mesh\prov_device.c 中打印

```
static void prov_data(const uint8_t *data)
{
        ...

        /* Log of netkey & devkey */
        uint8_t netkey[16];

        memcpy(netkey, &pdu, 16);
        BT_DBG("NetKey: %s", bt_hex(netkey, 16));
        BT_DBG("DevKey: %s", bt_hex(dev_key, 16));

        ...
}
```

2. appkey 在入网后 config 进行获取，通过开启 config 宏

```
CONFIG_BT_DEBUG_LOG=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG=y
CONFIG_BT_MESH_DEBUG_KEYS=y
```

在 app_keys.c 中打印

```
uint8_t bt_mesh_app_key_add(uint16_t app_idx, uint16_t net_idx,
                            const uint8_t key[16])
{
        struct app_key *app;

        BT_DBG("net_idx 0x%04x app_idx %04x val %s", net_idx, app_idx,
               bt_hex(key, 16));

    ...

}
```

1.2.2 OOB 方式入网说明　入网时，需要了解入网的验证方式，入网验证方式在 provisioner 发送 invite 后，由设备将支持的 oob 方式在 capabilities 内体现，由 provisioner 发送 Start 消息时继进行选择，有如下几种

oob 配置方式为通常在 mesh init prov 结构体时选择支持方式如下

```
static const struct bt_mesh_prov prov = {

        ...

        .output_size = 4,
        .output_actions = BT_MESH_DISPLAY_STRING,
        .output_string = prov_output_string,

        ...

};
```

1.2.2.1 No OOB　PanMesh/Echo 入网时，start 内选择 No OOB，不需要额外进行交互即可进行入网

1.2.2.2 Static OOB　天猫精灵/小度音箱通过三元组生成的 Static OOB 在云端请求验证方式进行入网，因此三元组在入网流程中是必要的

1.2.2.3 Input OOB　由 provisioner show，由芯片端进行输入的方式进行入网 oob 交互验证

1.2.2.4 Output OOB　由芯片端 show，由 provisioner 进行输入的方式进行入网 oob 交互验证

1.2.3 pb_adv 入网　pb_adv 在项目内通过使能相应宏

```
CONFIG_BT_MESH_PB_ADV=y
```

并且 code 内开启 pb_adv 入网方式, 通常 code 如下即可开启两种 bearer 的应用，而之上的 Config 决定最终生效的 bearer

```
bt_mesh_prov_enable(BT_MESH_PROV_ADV | BT_MESH_PROV_GATT);
```

1.2.3.1 功能说明　设备入网是指将一个未入网的设备加入到 Mesh 网络的过程，这整个过程是由 Provisioner 管理的。Provisioner 提供给未入网的设备一些入网数据（包括 Network Key，当前的 IV Index，元素的单播地址等）来使其成为一个入网的 Mesh 节点。Provisioner 主要是智能手机或者一些智能设备，我们这里介绍的 Provisioner 主要指的是天猫精灵。

（1）建立入网 bearer

要入网一个设备，Provisioner 和设备之间要建立入网的 bearer，Provisioner 主要通过设备的 Device UUID 和其他信息来对设备进行识别。

（2）建立共享的密钥

Provisioner 和设备使用 ECDH 协议建立一个共享的密钥。

（3）认证设备

然后使用指定的 OOB 信息（设备的 public key 等等）认证设备。

（4）传输加密的数据

传输加密（使用共享的密钥）的数据。

如图所示，展示的是我们 Mesh 入网的协议栈，GAP 入网主要走的是红框标注的流程。

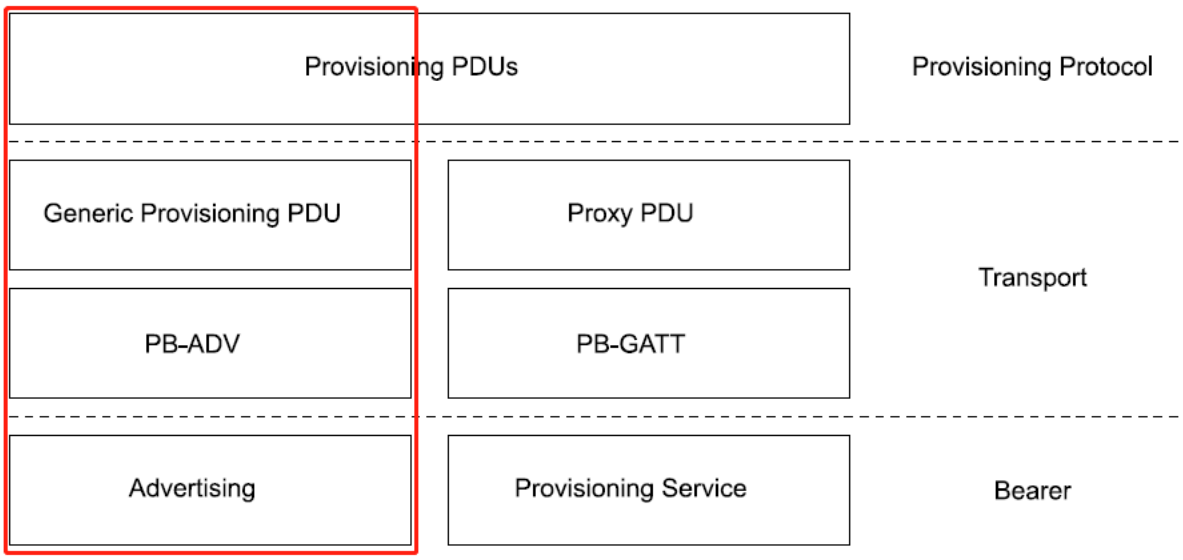


图 48: Mesh 入网协议栈框图

Provisioner 使用 PB-ADV，通过广播的方式向未入网的设备发送 Generic Provisioning PDU 对设备进行入网。Provisioner 一次可以对多个设备入网，但 Provisionee 一次只能被一个 Provisioner 入网。PB-ADV bearer 被用来传输 Generic Provisioning PDU，PB-ADV bearer MTU（最大传输单元）长度是 24 字节。

1.2.3.2 **入网流程** GAP 入网通常需要 5 个步骤来完成，分别是设备发现，入网邀请，交换公钥，认证和分配入网数据，关于 GAP 的详细入网流程可以参考下图。

（1）设备发现

设备（如 PAN1080）在未入网且没有处在入网流程时，应该向外界广播未入网的 Beacon 数据包。Provisioner（如天猫精灵）在准备好对未入网设备入网时，一直处于扫描状态，扫描窗口接近 100%，当扫描到未入网设备发的 Beacon 包之后，进行一些验证，完成设备发现操作。

（2）入网邀请

在建立了一个入网 bearer 之后，Provisioner 应该向未入网的设备发送 Provisioning Invite PDU，未入网的设备收到邀请后向 Provisioner 回复一个 Provisioning Capabilities PDU。

（3）交换公钥

在收到设备的入网能力之后，一旦 Provisioner 决定对设备进行入网，它应该发送一个 Provisioning Start PDU。紧接着 Provisioner 和设备之间交换公钥。

（4）认证

Provisioner 和设备接着发送 Provisioning Confirmation PDU 给对方，来确认到目前为止接收到的值。然后 Provisioner 和设备互相发送 Provisioning Random PDU 来使对方的确认生效。

（5）分配入网数据

一旦设备被认证了，Provisioner 和设备应该使用密钥加密入网的数据。Provisioner 然后向设备发送 Provisioning Data PDU（包含加密和认证的入网数据）给设备。发送完且设备接收配置完成之后，入网操作完成。

1.2.3.3 **多音箱支持同时入网** Panchip 为适配同一代码实现不同音箱根据不同三元组开发了兼容入网的功能

当客户有需求实现一个设备同时可以通过天猫精灵和小度入网时，使能兼容入网功能，

```
CONFIG_BT_MESH_MULTIPLE_BEACON=y
```

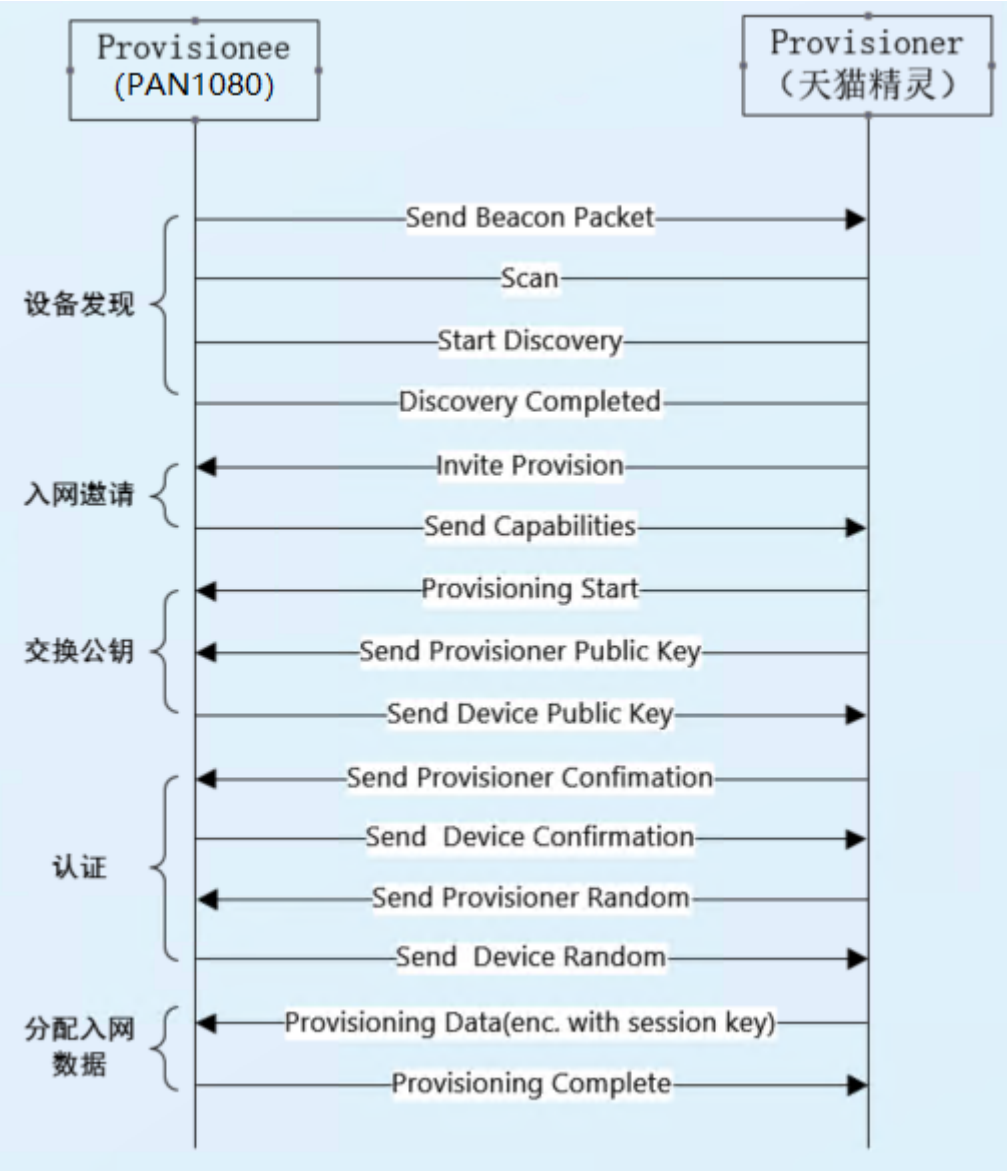

Provisionee
(PAN1080)
Provisioner
（天猫精灵）
Send Beacon Packet
Scan
Start Discovery
Discovery Completed
Invite Provision
Send Capabilities
Provisioning Start
Send Provisioner Public Key
Send Device Public Key
Send Provisioner Confimation
Send Device Confirmation
Send Provisioner Random
Send Device Random
Provisioning Data(enc. with session key)
Provisioning Complete
设备发现
入网邀请
交换公钥
认证
分配入网
数据

图 49: GAP 入网流程

交替广播天猫精灵和小度广播使天猫精灵和小度都可以发现设备并入网

需要注意入网过程中会通过 link ID 选择不同的 static OOB（三元组生成）

```
static void link_open(struct prov_rx *rx, struct net_buf_simple *buf)
{
        ...
#if defined(CONFIG_BT_MESH_MULTIPLE_BEACON)

        if (!memcmp(buf->data, bt_mesh_prov_get()->uuid, 16)) {
                BT_DBG("Bearer open message for tmall");
                speaker_dev_type = SPEAKER_DEV_TMALL;
        } else if(!memcmp(buf->data, bt_mesh_prov_get()->uuid2, 16)) {
                BT_DBG("Bearer open message for xiaodu");
                speaker_dev_type = SPEAKER_DEV_XIAODU;
        } else {
                BT_DBG("Bearer open message not for us");
                return;
        }
#else
        if (memcmp(buf->data, bt_mesh_prov_get()->uuid, 16)) {
                BT_DBG("Bearer open message not for us");
                return;
        }
#endif
        ...
}
```

1.2.3.4 pb_remote_adv **入网** pb remote model server 对 unprovisionee node 进行入网时，实际上是通过 pb adv 进行最后的入网消息通信，对于 unprovisionee 来说，支持 pb adv 入网的功能即可验证 pb remote 的功能

具体请参考 Remote Model 的介绍

1.2.4 pb_gatt **入网** pb_gatt 在项目内通过使能相应宏

```
CONFIG_BT_MESH_PB_GATT=y
```

并且 code 内开启 pb_gatt 入网方式, 通常 code 如下即可开启两种 bearer 的应用，而之上的 Config 决定最终生效的 bearer

```
bt_mesh_prov_enable(BT_MESH_PROV_ADV | BT_MESH_PROV_GATT);
```

pb-gatt 入网主要应用与手机入网及 Echo 入网，较 pb adv 入网，由于 pb gatt 是基于连接，入网会更稳定更快速

pb gatt 入网连接建立需要参考 Mesh Profile，Mesh GATT Provisioning Services 介绍

连接建立后消息 network 层消息同 pb adv 一致

入网后通常通过 Network ID/Node ID 进行重连 config

入网后 config 阶段有些情况下需要 proxy protocol 内的 configuration 对 proxy 进行细节 filtrting 配置（如 echo，每次重新连接 gatt 时需要增加白名单过滤）

1.2.5 **开发说明** 以兼容入网为例，`ble_mesh.c` 中可以追溯 prov 结构体的 APIs

```
static const struct bt_mesh_prov prov = {
        .uuid = dev_uuid_tmall,
        .output_size = 4,
        .output_actions = BT_MESH_DISPLAY_STRING,
```

（下页继续）

(续上页)

```
        .static_val = m_auth_data_tmall,
        .static_val_len = 16,
        .complete = prov_complete,
        .reset = prov_reset,
        .output_string = prov_output_string,
#if defined(CONFIG_BT_MESH_MULTIPLE_BEACON)
        .uuid2 = dev_uuid_xiaodu,
        .static_val2 = m_auth_data_xiaodu,
#endif
};
```

pb bearer 使能：

```
bt_mesh_prov_enable(BT_MESH_PROV_ADV | BT_MESH_PROV_GATT);
```

1.3 Features

Mesh Spec 支持 4 种大的 Feature，分别为 proxy，relay，friend，low power

1.3.1 Proxy

1.3.1.1 功能说明

1.3.1.1.1 **广播行为** 入网以后，通过广播 gatt 广播包，内容为 node id 广播包，Provisioner 可以通过扫描进行重连配置

配置之后，node id 广播包存在周期 60s 后，切换为 net id 广播包

此时入网设备（如 PanMesh）可以通过扫描 netid 广播包对 proxy node 进行重连

1.3.1.2 参数

1.3.1.2.1 **使能** Proxy 为 mesh 一大特色，通过使能节点的 proxy 功能

```
CONFIG_BT_MESH_GATT_PROXY=y
```

gatt client 可以连接 gatt server，对整个 mesh 网络进行控制

1.3.1.2.2 **配置连接参数** 通常，节点作为 proxy 被连接时，遵守 proxy client 的连接参数

某些情况下，需要 proxy server 端主动更新连接参数以适应部分场景

作为 gatt 连接 proxy 节点时，需要代码内进行主动更新连接参数，code 参考如下，此段逻辑可以完成 proxy 连接时，更新连接参数 gatt interval 到 100ms，并在 connected 与 disconneted 时进行 log 打印。

```
static void connected(struct bt_conn *conn, uint8_t err)
{
        /* gatt interval adjust to 100 ms to improve scan */
        const struct bt_le_conn_param *param = BT_LE_CONN_PARAM(80, 80, 0, 500);

        bt_conn_le_param_update(conn, param);
        if (err) {
                printk("Connection failed (err 0x%02x)\n", err);
        } else {
                printk("Connected\n");
```

(下页继续)

(续上页)

```
        }
}

static void disconnected(struct bt_conn *conn, uint8_t reason)
{
        printk("Disconnected (reason 0x%02x)\n", reason);
}

BT_CONN_CB_DEFINE(conn_callbacks) = {
        .connected = connected,
        .disconnected = disconnected,
};
```

1.3.1.2.3 Proxy 配置参数

```
if BT_CONN

# Virtual option enabled whenever any Proxy protocol is needed
config BT_MESH_PROXY
        bool

config BT_MESH_GATT
        bool

config BT_MESH_GATT_SERVER
        bool
        select BT_MESH_GATT
        select BT_GATT_DYNAMIC_DB

config BT_MESH_PB_GATT
        bool "Provisioning support using GATT (PB-GATT)"
        select BT_MESH_GATT_SERVER
        select BT_MESH_PROV
        help
          Enable this option to allow the device to be provisioned over
          GATT.

config BT_MESH_GATT_PROXY
        bool "GATT Proxy Service support"
        select BT_MESH_GATT_SERVER
        select BT_MESH_PROXY
        help
          This option enables support for the Mesh GATT Proxy Service,
          i.e. the ability to act as a proxy between a Mesh GATT Client
          and a Mesh network.

config BT_MESH_GATT_PROXY_ENABLED
        bool "GATT Proxy enabled"
        depends on BT_MESH_GATT_PROXY
        default y
        help
          Controls whether the GATT Proxy feature is enabled by default.
          Can be changed through runtime configuration.

config BT_MESH_NODE_ID_TIMEOUT
        int "Node Identity advertising timeout"
        depends on BT_MESH_GATT_PROXY
        range 1 60
        default 60
        help
```

(下页继续)

(续上页)

```
          This option determines for how long the local node advertises
          using Node Identity. The given value is in seconds. The
          specification limits this to 60 seconds, and implies that to
          be the appropriate value as well, so just leaving this as the
          default is the safest option.

config BT_MESH_PROXY_USE_DEVICE_NAME
        bool "Include Bluetooth device name in scan response"
        depends on BT_MESH_GATT_PROXY
        help
          This option includes GAP device name in scan response when
          the GATT Proxy feature is enabled.

config BT_MESH_PROXY_FILTER_SIZE
        int "Maximum number of filter entries per Proxy Client"
        default 3 if BT_MESH_GATT_PROXY
        default 1
        range 1 32767
        depends on BT_MESH_GATT_SERVER
        help
          This option specifies how many Proxy Filter entries the local
          node supports.

endif # BT_CONN
```

1.3.2 Relay

1.3.2.1 **功能说明**　Relay 为 network 层的一种消息转发机制

1.3.2.2 **参数**

1.3.2.2.1 **使能**　通过使能 sample 内 relay 功能使能

```
CONFIG_BT_MESH_RELAY=y
```

1.3.2.2.2 **配置参数**

```
menuconfig BT_MESH_RELAY
        bool "Relay support"
        help
          Support for acting as a Mesh Relay Node.

if BT_MESH_RELAY

config BT_MESH_RELAY_ENABLED
        bool "Relay enabled"
        default y
        help
          Controls whether the Mesh Relay feature is enabled by default. Can be
          changed through runtime configuration.

config BT_MESH_RELAY_RETRANSMIT_COUNT
        int "Relay Retransmit Count"
        default 2
        range 0 7
        help
```

(下页继续)

(续上页)

```
          Controls the initial number of retransmissions of relayed messages, in
          addition to the first transmission. Can be changed through runtime
          configuration.

config BT_MESH_RELAY_RETRANSMIT_INTERVAL
        int "Relay Retransmit Interval"
        default 20
        range 10 330
        help
          Controls the initial interval between retransmissions of relayed
          messages, in milliseconds. Can be changed through runtime
          configuration.

endif
```

1.3.3 Friend

1.3.3.1 功能说明 Mesh friend 功能主要是为了低功耗设备准备的一个解决方案，这让那些低功耗的设备一方面保持低电流消耗的睡眠模式，另一方面又能收到和自己相关的 Mesh 数据包。为了完成上述的目的，SIG Mesh 规定了 2 种角色分别是 Low Power node 和 Friend node。

Zephyr Friend LPN 基础 Feature 分为两部分

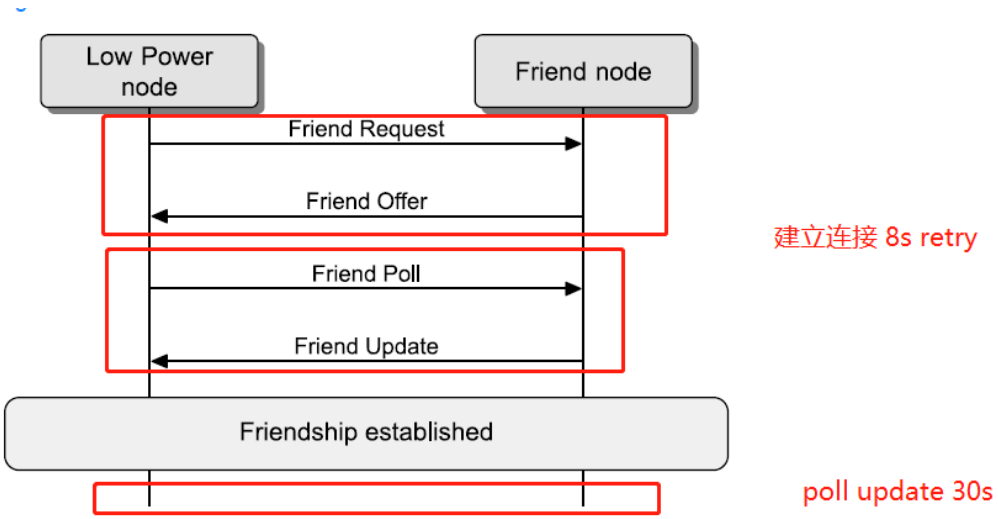


图 50: Zephyr Friend LPN 基本交互图

第一部分建立连接

1）LPN 发送 request，广播范围内寻找 Friend，

2）收到消息的 Friend 会在 delay 后开始发送 friend offer

3）LPN 收到 offer 会进行 friend poll，等待 friend update

4）Friend 收到 Poll 消息后回复 Friend update，确认建立连接

5）LPN 收到消息，确认建立连接，进入第二部分

第二部分 Friend 保持

1）LPN 周期 30s，发送 Friend Poll，并定时开窗等待 Friend Update

2）Friend 收到 Friend Poll，check friend 是否有存储 LPN 的消息，若有：通过 Friend update 进行传递，若无：通过 Friend Update 进行保持

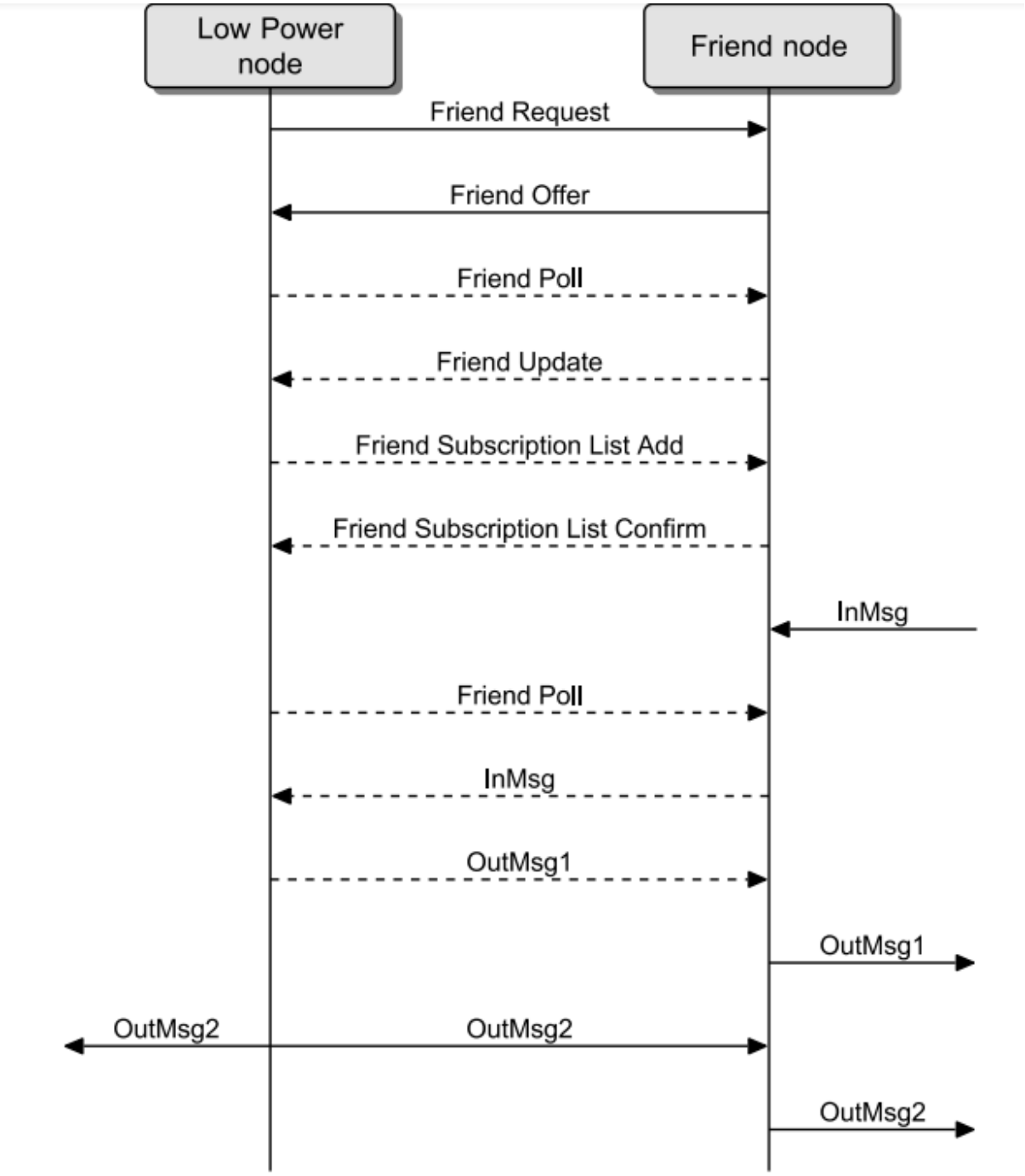


图 51: LPN 与 Friend node 交互图

3）重复以上过程

1.3.3.2 **参数** Friend 关键参数如下图所示，receive window 和 receive delay 对 friend 的建立和维持起到关键作用

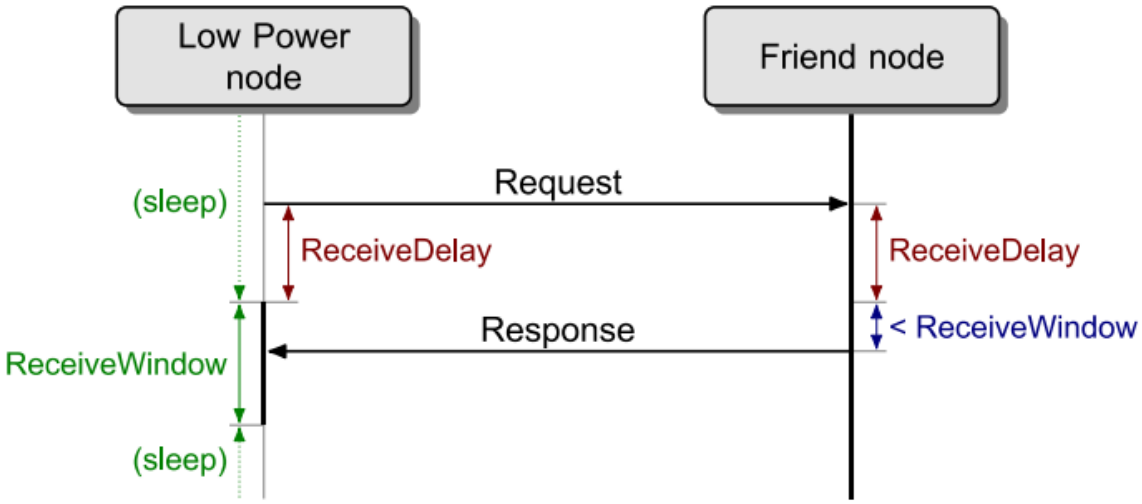


图 52: Friend 参数

1.3.3.2.1 **使能** Friend 为友好节点，可以通过消息于 LPN 建立 Friend ship，周期性为 LPN 进行消息传递，通过使能 sample 内 friend 功能使能

```
CONFIG_BT_MESH_FRIEND=y
```

1.3.3.2.2 **配置参数**

```
config BT_MESH_FRIEND
        bool "Support for acting as a Friend Node"
        help
          Enable this option to be able to act as a Friend Node.

if BT_MESH_FRIEND

config BT_MESH_FRIEND_ENABLED
        bool "Friend feature enabled"
        default y
        help
          Controls whether the Friend feature is enabled by default. Can be
          changed through runtime configuration.

config BT_MESH_FRIEND_RECV_WIN
        int "Friend Receive Window"
        range 1 255
        default 255
        help
          Receive Window in milliseconds supported by the Friend node.

config BT_MESH_FRIEND_QUEUE_SIZE
        int "Minimum number of buffers supported per Friend Queue"
        range 2 65536
        default 16
        help
```

(下页继续)

(续上页)

```
          Minimum number of buffers available to be stored for each
          local Friend Queue.

config BT_MESH_FRIEND_SUB_LIST_SIZE
        int "Friend Subscription List Size"
        range 0 1023
        default 3
        help
          Size of the Subscription List that can be supported by a
          Friend node for a Low Power node.

config BT_MESH_FRIEND_LPN_COUNT
        int "Number of supported LPN nodes"
        range 1 1000
        default 2
        help
          Number of Low Power Nodes the Friend can have a Friendship
          with simultaneously.

config BT_MESH_FRIEND_SEG_RX
        int "Number of incomplete segment lists per LPN"
        range 1 1000
        default 1
        help
          Number of incomplete segment lists that we track for each LPN
          that we are Friends for. In other words, this determines how
          many elements we can simultaneously be receiving segmented
          messages from when the messages are going into the Friend queue.

endif # BT_MESH_FRIEND
```

1.3.4 LPN

1.3.4.1 **功能说明**

Low Power Node 为低功耗节点，与 Friend 建立 Friendship，周期性唤醒获取消息更新

1.3.4.2 **参数**

1.3.4.2.1 **使能**

通过使能 sample 内 low power 功能使能

```
CONFIG_BT_MESH_LOW_POWER=y
```

1.3.4.2.2 **配置**

```
config BT_MESH_LOW_POWER
        bool "Support for Low Power features"
        help
          Enable this option to be able to act as a Low Power Node.

if BT_MESH_LOW_POWER

config BT_MESH_LPN_ESTABLISHMENT
        bool "Perform Friendship establishment using low power"
        default y
        help
          Perform the Friendship establishment using low power, with
```

(下页继续)

(续上页)

```
          the help of a reduced scan duty cycle. The downside of this
          is that the node may miss out on messages intended for it
          until it has successfully set up Friendship with a Friend
          node.

config BT_MESH_LPN_AUTO
        bool "Automatically start looking for Friend nodes once provisioned"
        default y
        help
          Automatically enable LPN functionality once provisioned and start
          looking for Friend nodes. If this option is disabled LPN mode
          needs to be manually enabled by calling bt_mesh_lpn_set(true).

config BT_MESH_LPN_AUTO_TIMEOUT
        int "Time from last received message before going to LPN mode"
        default 15
        range 0 3600
        depends on BT_MESH_LPN_AUTO
        help
          Time in seconds from the last received message, that the node
          will wait before starting to look for Friend nodes.

config BT_MESH_LPN_RETRY_TIMEOUT
        int "Retry timeout for Friend requests"
        default 8
        range 1 3600
        help
          Time in seconds between Friend Requests, if a previous Friend
          Request did not receive any acceptable Friend Offers.

config BT_MESH_LPN_RSSI_FACTOR
        int "RSSIFactor, used in the Friend Offer Delay calculation"
        range 0 3
        default 0
        help
          The contribution of the RSSI measured by the Friend node used
          in Friend Offer Delay calculations. 0 = 1, 1 = 1.5, 2 = 2, 3 = 2.5.

config BT_MESH_LPN_RECV_WIN_FACTOR
        int "ReceiveWindowFactor, used in the Friend Offer Delay calculation"
        range 0 3
        default 0
        help
          The contribution of the supported Receive Window used in
          Friend Offer Delay calculations. 0 = 1, 1 = 1.5, 2 = 2, 3 = 2.5.

config BT_MESH_LPN_MIN_QUEUE_SIZE
        int "Minimum size of acceptable friend queue (MinQueueSizeLog)"
        range 1 7
        default 1
        help
          The MinQueueSizeLog field is defined as log_2(N), where N is
          the minimum number of maximum size Lower Transport PDUs that
          the Friend node can store in its Friend Queue. As an example,
          MinQueueSizeLog value 1 gives N = 2, and value 7 gives N = 128.

config BT_MESH_LPN_RECV_DELAY
        int "Receive delay requested by the local node"
        range 10 255
        default 100
        help
```

(下页继续)

(续上页)

```
          The ReceiveDelay is the time between the Low Power node
          sending a request and listening for a response. This delay
          allows the Friend node time to prepare the response. The value
          is in units of milliseconds.

config BT_MESH_LPN_POLL_TIMEOUT
        int "The value of the PollTimeout timer"
        range 10 244735
        default 300
        help
          PollTimeout timer is used to measure time between two
          consecutive requests sent by the Low Power node. If no
          requests are received by the Friend node before the
          PollTimeout timer expires, then the friendship is considered
          terminated. The value is in units of 100 milliseconds, so e.g.
          a value of 300 means 30 seconds.

config BT_MESH_LPN_INIT_POLL_TIMEOUT
        int "The starting value of the PollTimeout timer"
        range 10 BT_MESH_LPN_POLL_TIMEOUT
        default BT_MESH_LPN_POLL_TIMEOUT
        help
          The initial value of the PollTimeout timer when Friendship
          gets established for the first time. After this the timeout
          will gradually grow toward the actual PollTimeout, doubling
          in value for each iteration. The value is in units of 100
          milliseconds, so e.g. a value of 300 means 30 seconds.

config BT_MESH_LPN_SCAN_LATENCY
        int "Latency for enabling scanning"
        range 0 50
        default 10
        help
          Latency in milliseconds that it takes to enable scanning. This
          is in practice how much time in advance before the Receive Window
          that scanning is requested to be enabled.

config BT_MESH_LPN_GROUPS
        int "Number of groups the LPN can subscribe to"
        range 0 16384
        default 8
        help
          Maximum number of groups that the LPN can subscribe to.

config BT_MESH_LPN_SUB_ALL_NODES_ADDR
        bool "Automatically subscribe all nodes address"
        help
          Automatically subscribe all nodes address when friendship
          established.

endif # BT_MESH_LOW_POWER
```

1.4 Models

1.4.1 Light Mdels

Light Models 为 Panchip 为多种灯控整理的控制 models，都是基于 SIG Models 的实现

1.4.2 Sig OTA Model

基于 Sig Mesh V1.1，Mesh OTA 通过

（1）BLOB transfer Model

（2）Device Firmware Update Model

（2）Distribute Model

实现升级数据的传送和整体升级流程的控制，从而达到为某些特定节点实现无线升级的功能。

Mesh OTA 身份简介如下图，具体细节请参考 SIG Mesh 官方文档。

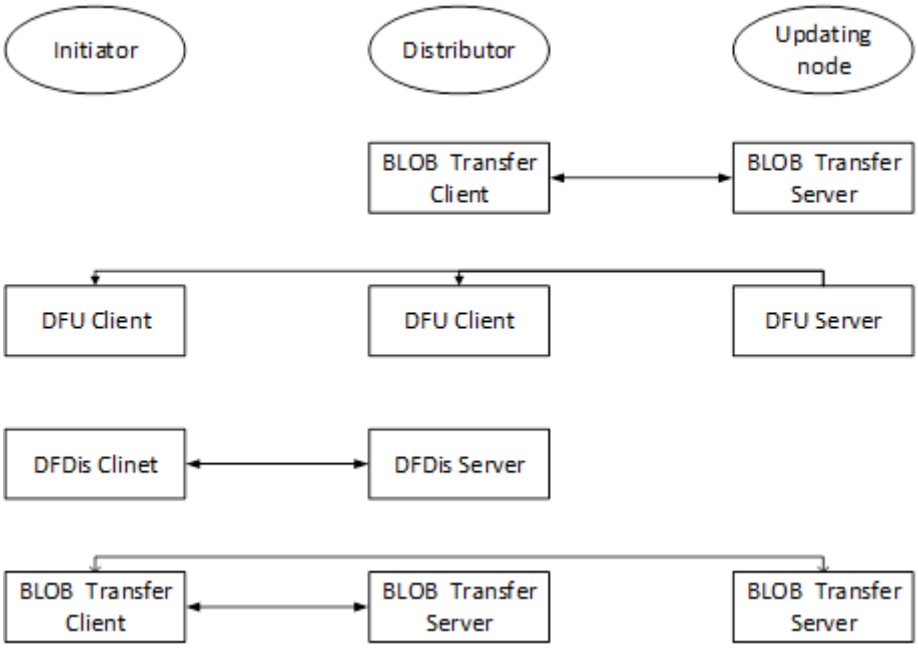


图 53: SIG OTA 框图

1.4.2.1 Panchip Mesh OTA **介绍** 基于如上考虑，Panchip Mesh 需要实现 Updating Node 身份，如下图 PanChip Server 所示，对应的 Model 为 BLOB Transfer Server 及 DFU Server。

Distributor 为固件存储端及分发控制端，一般由对应厂商实现（如亚马逊），为方便调试，Panchip Client 可以简要实现其 BLOB Transfer Clinet 所实现的数据分发过程。因而固件需要提前准备好在 PanChip Clinet 端，根据 PAN1080 Mesh 区域划分规则，目前策略为将 80k-160k 区域烧录待升级固件。

Initiator 为升级控制端，一般由对应厂商实现（如亚马逊），为方便调试，Panchip 芯片可以简要实现其 DFU Client 对应的控制流程（检查升级状态，固件版本，流程开始、结束，新固件应用），PanMesh Ios App 需要从 PanMesh 下载链接进行下载。

综上考虑，Panchip 提供完整的 Updating Node 角色实现及可供调试的对端身份如下图：

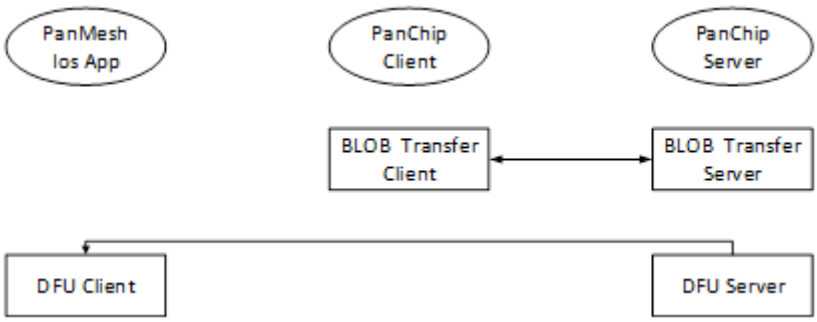


图 54: OTA Idendity

DFU 实现消息概述如下图：

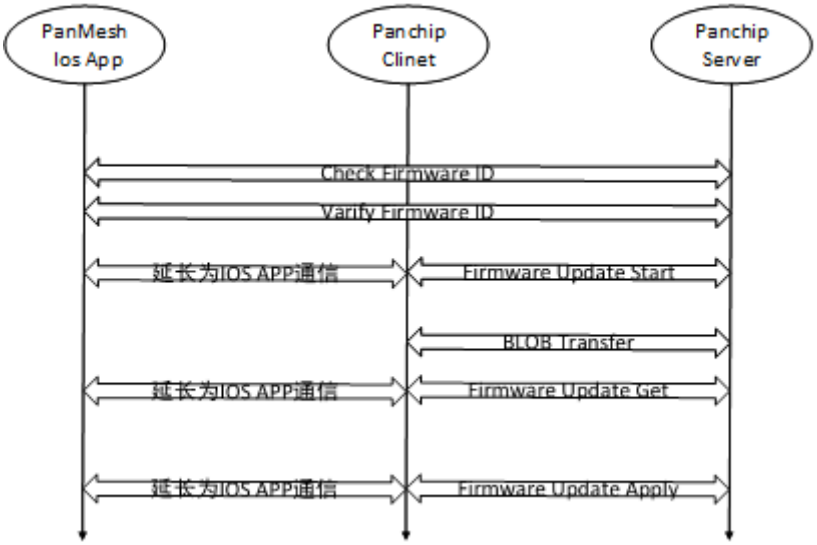


图 55: DFU Message

1.4.2.2 BLOB Tranfer **流程介绍** BLOB Transfer Model 为用于数据传输的 Model，具体流程如下，实现细节参考 SIG 官方文档。

1.4.2.3 GATT SIG OTA **操作流程**

1. 在工程目录下,将 `ota.py` 拷贝至编译路径下,并运行,会由 `zephyer.bin` 生成 `zephyer_ota.bin`，参考 OTA Firmware 章节描述，生成了 header
2. 将 `zephyer_ota.bin` 拷贝至 IOS 手机端
3. PanMesh 待带升级节点入网，并绑定 appkey 到 SIG OTA Model
4. 进入 `Vendor Message` 界面，点击 `choose` 选择待升级固件
5. 点击 `OTA start` 开始 GATT SIG OTA 升级（当前 gatt 为分段包升级，chunk 64B，Block Size 512B）
6. 升级完成

1.4.3 PB Remote Model

1.4.3.1 PB Remote Model **功能** PbRemote Model 为 sig model 的一种，目的为实现通过 PbRemote Model 实现远程对 provisionee 进行入网。

目前手机端开发了简易的 PbRemote Client，与远端芯片端的 PbRemote Server 建立 Gatt 连接后，实现 scan/link/pdu 通信，PbRemote Server 收到 scan 消息进行 report 并开始进行扫描，扫描后通过 scan report 消息上报扫描到待入网设备 UUID，手机端通过选择 UUID 进行建立连接，与指定设备进行连接后，手机端开始分发入网 PDU 执行入网，执行入网后，实现配置消息从而在手机端显示入网设备。

测试环境：由上图，需要准备

PanMesh Ios App：角色：PbRemote Client 以及 Provisioner

Chip#1：角色：PbRemote Server。烧录 PbRemote Server 代码完成与 PbRemote Client 通信并

处于入网消息转发的角色。

Chip#2：角色：Provisionee。待入网设备，烧录普通 mesh 待入网节点代码，支持 Gap 即可。

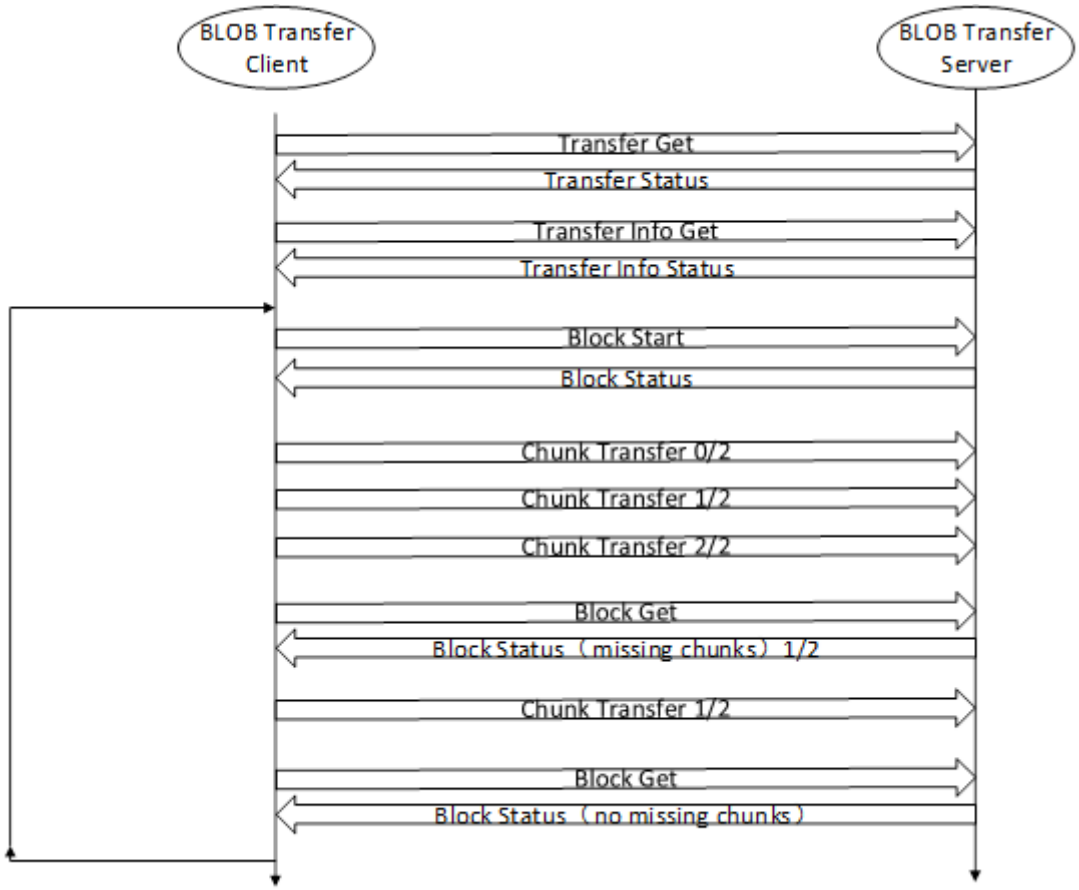


图 56: Blob Procedure

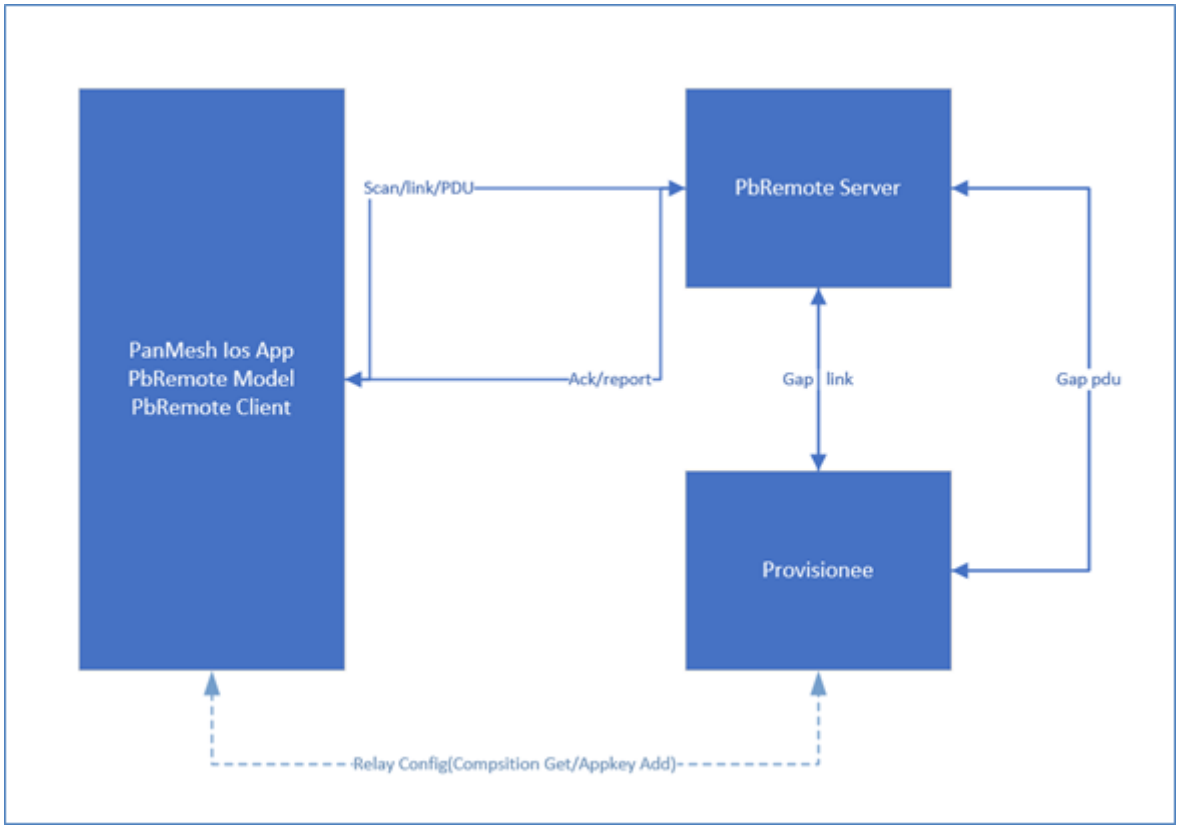


图 57: PB Remote

1.4.3.2 PB Remote 手机端操作流程

1. 对包含 PbRemote Server 芯片入网设备后，界面显示 PbRemote Server（Model ID 0x0004）（入网的时候可以不绑定 Appkey，流程待优化）
2. 从 Node Control 界面进入 Pb Remote 界面
3. 进入 Server 消息操作界面，消息包含 Scan/Link/Provisioning PDU 以及入网配置 log 显示。

（1）点击 Scan 部分 Get 按键，获取 Server 的 MaxSI（最大扫描设备个数）及 ActiveScan（活跃扫描），获取结果如下。

显示支持最多扫描 4 个设备并且不支持 Active Scan

（2）点击 SIL 配置扫描待入网后上报节点 UUID 的最大个数（目前单个上报，此处默认 01），以及扫描时间（默认 06 及扫描六秒）

配置完成后，点击 Start 按键，Remote Server 收到消息后开始扫描，时间结束进行上报，上报后在后面 Label 处显示 devUUID Stored! 如图。

（3）点击 Link 部分 Open 按键，分别收到 Link Status 和 Link Report 消息后，后面的 Label 会变成红色表示建立连接成功。

（4）Provisioning 部分，可点击 Node Addr 按键进行节点地址配置（默认地址即可），点击 Send 进行入网消息发送。

（5）PROV LOG 部分可以显示入网进度，Prov Log Send 依次为 Invite，Start，PublicKey，Confirmation，Random，ProvData，Prov Log Receive 依次为 Capabilities，PublicKey，Confirmation，Random，Complete。入网完成进行配置，Config Log Send 部分依次显示 Composition Get，Appkey Add，Config Log Receive 部分依次显示 Composition，Success 最终结果如图。

1. 入网结束后返回到主界面可以看到 PbRemote 入网的节点成功显示在网络界面，如下图。
2. Reset PbRemote Server 后可以重新对新的节点进行入网。

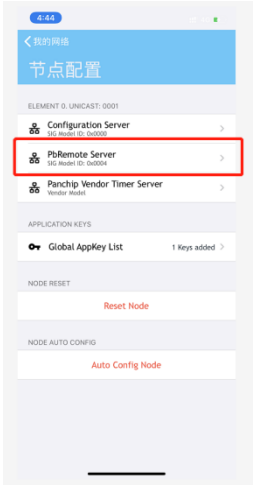


图 58: Remote iOS 界面 1

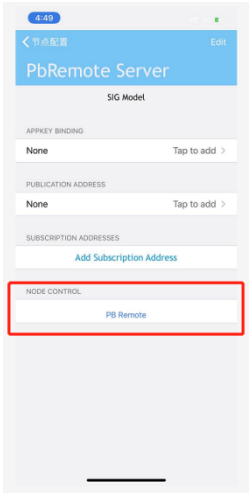


图 59: Remote iOS 界面 2

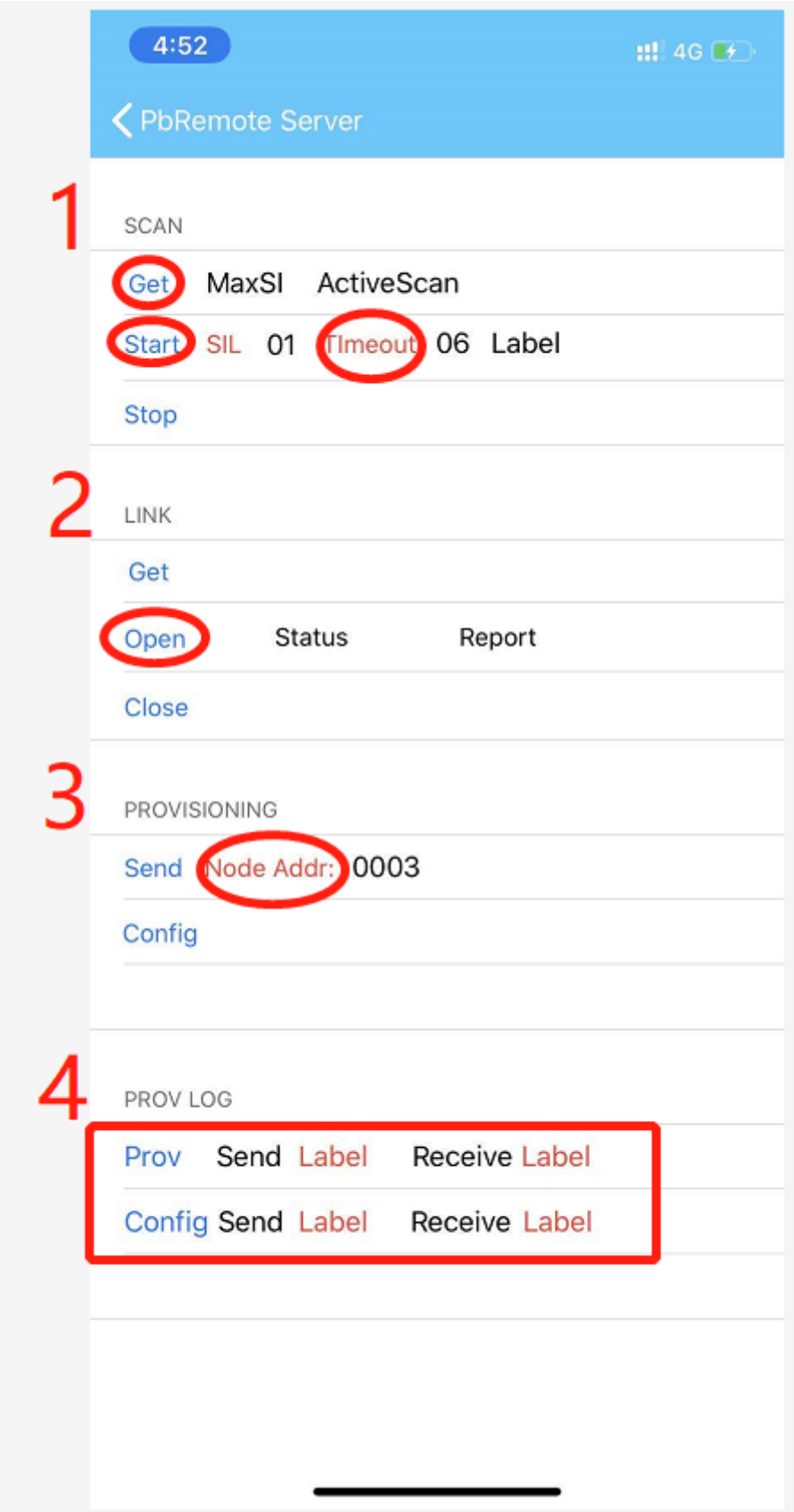


图 60: Remote iOS 界面 3



图 61: Remote iOS 界面 4

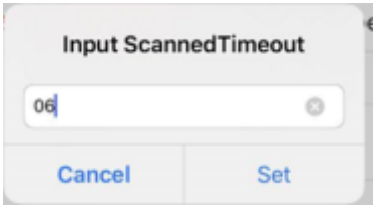


图 62: Remote iOS 界面 6

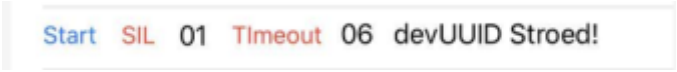


图 63: Remote iOS 界面 7

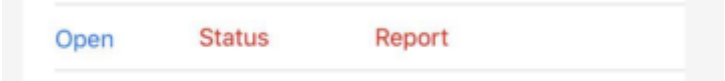


图 64: Remote iOS 界面 8

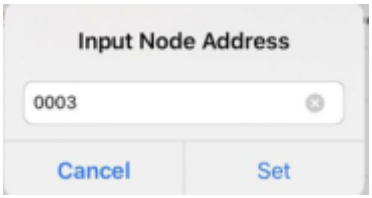


图 65: Remote iOS 界面 9

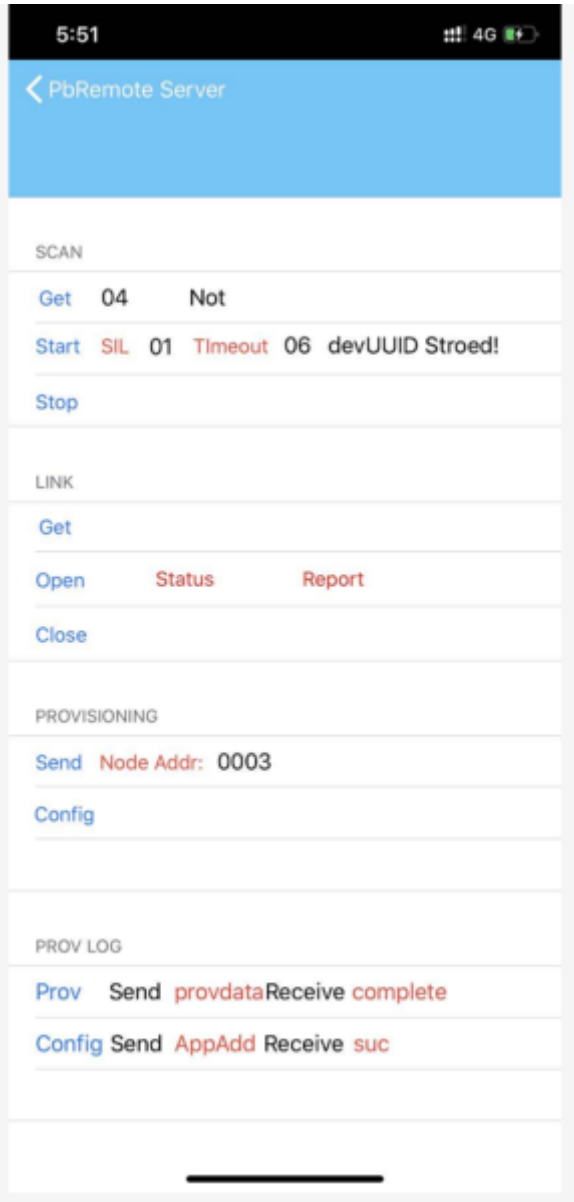


图 66: Remote iOS 界面 10

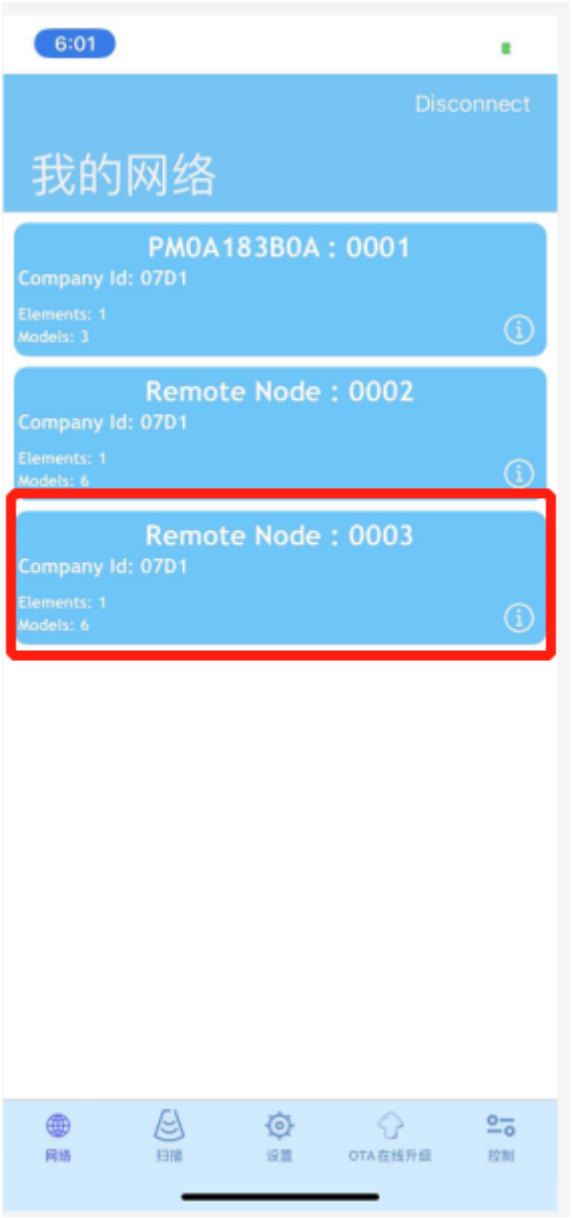


图 67: Remote iOS 界面 11

1.4.4 Panchip Test Vendor Model

1.4.4.1 **概述** Panchip Test Vendor 是 Panchip 开发的对端 Client Server。使用该 Model 时，需要在芯片端勾选 Panchip Test Vendor Enable 如下，Panchip Test Vendor ID：0x07D1（panchip company id）0x0004（PTV Server），主要的操作功能有：

1. Proxy 自动发包测试
2. 三元组查改选
3. 广播参数配置

并在 Vendor 操作界面，增加了 DFU，Config HeartBeat，Config Relay Set 等消息构造。

PTV 定义的消息有如下：

Message	OPCODE
adv para set	C0
adv para set status	C1
packet count	C2
packet count staus	C3
net test set	C4
net test set status	C5
ptv_three_element_handle	C6
ptv_three_element_reply	C7

构造消息界面截图：

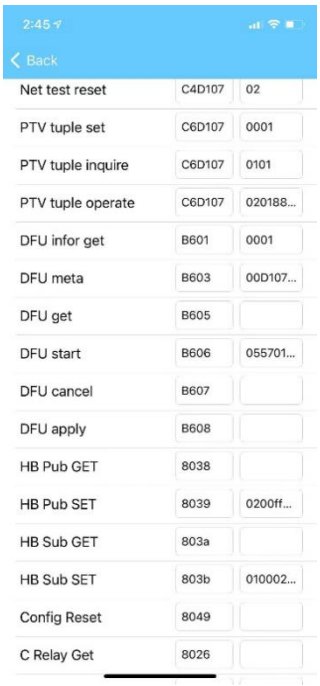


图 68: 构造消息界面

1.4.4.2 操作方式介绍

1.4.4.2.1 Proxy **回包测试** 通过 Panchip Test Vendor 可以测试 Proxy 收发包情况。

Step1：准备两块 Server，代码配置如下：

Step2：入网 chip#1（addr 0x0001），chip#2（addr 0x0002），gatt 连接 chip#1 作为 proxy。

Step3：进入 vendor 界面，配置 proxy 发包间隔 300ms 点击 Proxy auto，观察现象。

通过配置参数，默认参数 300ms 可以测试 proxy 节点的通信效率。

1.4.4.2.2 PTV **配置三元组** 参考天猫精灵小度章节，PTV Model 可以替代三元组手动写入方式，三元组数据及三元组查询，操作步骤如下

Step1：点击 choose，选择三元组 set 发送，三元组以 char 形式写入到芯片端。观察芯片段 log 及手机端回复消息。

Step2：选择三元组查询。

Step3：选择三元组读取方式。

1.4.4.2.3 Vendor **界面配置** Config Heartbeat 通过 Vendor 界面，可以选择 Config Heartbeat 消息的处理，操作步骤如下：

Step1：HB Sub Get 发送到 chip#2，HB Sub Set 发送到 chip#2；观察手机及芯片 Log。

Step2：HB Pub Get 发送到 chip#1，HB Pub Set 发送到 chip#1；观察手机及芯片 Log。

注：Heartbeat 配置默认配置了 chip#1（0x0001）每 4s 持续发布到 0x0002 的 heartbeat 消息，配置了 chip#2（0x0002）持续收取源地址为 0x0001 目的地址为 0x0002 的广播包 32S。

1.4.4.2.4 Vendor **界面配置** Config Relay 通过 Vendor 界面，可以选择 Config Relay 消息的处理，操作步骤如下：

Step1：Relay 消息 Set，Get 消息发送，观察手机端显示。

1.4.4.2.5 Vendor **界面配置** Config Reset 通过 Vendor 界面，可以选择 Config Reset 消息的处理，操作步骤如下：

Step1：Relay 消息 Set，Get 消息发送，观察手机端显示。

Step2：Reset 消息发送，并观察 reset node 是否成功退网，手机端是否有 Reset Status。

1.5 Control

1.5.1 DTS **控制** Mesh 主要应用于灯控，灯控需要配置相应的 PWM，IO 灯外设，外设实现通过 Zephyer DTS 操作方式

1.5.2 **退网** 退网在 Amazon Echo 应用中为重点测试内容

退网是一条 config 消息，并调用相应 `mesh_reset()` 对 flash 存储的入网信息进行删除

1.5.3 heartbeat Heartbeat tranport 层的消息通信，经过配置可以完成以下两个作用：

1）监测网络

2）监测网络拓扑结构

通过心跳包配置 publication 完成设备监控可以在小度使用中体现。

通过心跳包配置 subscription 可以配置 source 和 destination 可以完成指定源及目的地址配置。

Publication 配置参考小度实现。

Subscription 配置通过手机 config 消息进行配置，后续应用待拓展说明，配置方式见 vendor 配置消息如下：

Heatbeat 示例参考 Panchip Test Vendor Model 相关介绍说明。

1.5.4 subnet　subnet 为 network 层概念，通过绑定不同的 netkey，可以完成子网相关的构建控制

secure beacon 为不同的 subnet 周期发送的广播同步消息

1.5.5 subscribe&publication　在蓝牙 Mesh 里面发消息的动作我们叫做发布（publish）。我想告诉别人什么事情发生或者做什么事情就叫做发布。谁对某些消息感兴趣就可以订阅这些内容。就像是在知乎里面，如果是你对哪个专栏或者内容感兴趣就可以进行订阅。所有发布到这个专栏的文章你都会收到。节点发布消息到单播地址，组播地址或者虚拟地址。节点有兴趣接收这些数据的可以订阅这些地址。

1.6 Function

Function 为为适配芯片特性的一些功能以及支持的一些小的功能模块

1.6.1 **快速重启退网**　快速重启入网通过 Zephyr DTS 操作 flash，需要配置相关的宏使能 zephyr flash data 区存储功能

```
CONFIG_BT_SETTINGS=y
CONFIG_FLASH=y
CONFIG_FLASH_MAP=y
CONFIG_NVS=y
CONFIG_SETTINGS=y
```

1.6.2 **校准**　校准功能为 RF 校准功能，由于芯片随温度变化，RF 性能可能出现波动

需要 ADC 模块检测温度，RF 模块在合适的时机进行校准

如果需要使用某一校准配置作为存储表生成在 Flash 中，需要 Flash 模块温度校准生成温度校准表，后续温度变化至某一范围不需要重新校准，而可以通过读取写入 RF 相关配置进行快速校准。

1.6.3 BOD　BOD 为芯片支持的上电低电压检测功能，使能以后低电压启动会进行复位

4.5.2　2 Reference

Mesh 需要额外的参考工具及参考文档，由下述内容说明

2.1 Reference Tools

Mesh 对端测试可以借助多种外界设备进行功能验证/做成相对应的产品或者方案

以下列举了多种测试软件的功能及基础说明。

2.1.1 Nrf Mesh App　nrf mesh app 包括 IOS/Android 两种操作系统的 App，需要在相应的应用商店进行下载，运行时需要打开蓝牙许可权限。

可以验证其作为 pb gatt provisioner 对芯片端进行入网，并作为相应的 model client 对芯片端进行 gatt 控制。

Nrf Mesh App 可以验证 Output String oob 入网方式。

2.1.2 Silicon lab Mesh App　包括 IOS/Android 两种操作系统的 App，需要在相应的应用商店进行下载，运行时需要打开蓝牙许可权限。

可以验证其作为 pb gatt provisioner 对芯片端进行入网，并作为相应的 model client 对芯片端进行 gatt 控制

2.1.3 PanMesh Ios App　PanMesh Ios App 为 Panchip 内部开发的 IOS 测试 Mesh 软件

安装方式：

Iphone 安装 testflight 并通过 https://testflight.apple.com/join/rS9OwagI 安装 PanMesh

测试演示功能主要包括如下：

1. pb gatt 入网
2. 灯控（组控，proxy，relay）
3. heartbeat
4. sig ota
5. pb remote
6. proxy packet test
7. etc

2.1.4 **天猫精灵** Mesh　天猫精灵智能音箱可以作为 Pb adv provisioner 对芯片端进行入网，并通过 adv 方式进行灯控演示

天猫精灵 App 可以作为 Pb gatt provisioner 对芯片端进行入网，并通过 gatt 连接方式进行灯控演示

天猫精灵需要对应芯片端实现定时相关的 vendor model

天猫精灵需要三元组（pid4，mac6，secret16）共 26Bytes 的三元组信息，来生成对应的 Dev UUID，并通过 ECC 方式（sha256）由三元组生成 authvalue，在入网时进行 authvalue 云端验证，保证入网流程的正常进行

mesh 设备在 Provisioning Capabilities 阶段提供 OOB 方式，要求唯一支持 Static OOB 方式，其中的 AuthValue 计算过程如下：

AuthValue = SHA256(Product ID,MAC,Secret)。

即：将 ProductID，MAC，Secret 三元组通过字符串用**英文逗号**连接，然后进行 SHA256 摘要计算，取前 16 字节。注：这里用于计算 SHA256 的**英文字母全部为小写**。

三元组在开发者平台注册产品时会生成调试用的三元组，量产三元组请走开发者平台量产流程。

SHA256 计算示例

数据字段	**数据格式与示例**	**计算使用的输入字符串**
Product ID	十进制数值：168930，对应十六进制数值：0x293e2	“000293e2”
Mac Address	“AB:CD:F0:F1:F2:F3”（扫描到的蓝牙设备 MAC 地址）	“abcdf0f1f2f3”
Secret	“53daed805bc534a4a93c825ed20a7063”	“53daed805bc534a4a93c825ed20a7063”
连接后字符串	“000293e2,abcdf0f1f2f3,53daed805bc534a4a93c825ed20a7063”	
SHA256 结果输出 (HEX)	c1 c7 67 41 55 32 36 fb 7d a0 a5 86 e6 22 98 c2 31 da c2 88 5e 73 5f eb a6 b8 b441 7c 7d 9e 72	
Auth-Value(HEX)	c1 c7 67 41 55 32 36 fb 7d a0 a5 86 e6 22 98 c2	

2.1.4.1 **三元组生成**　三元组数据的详细定义可以参考如下链接：

https://doc-bot.tmall.com/docs/doc.htm?spm=0.7386797.0.0.6e071780ZzBI8F&source=search&treeId=578&articleId=1

通过登录网站 https://living.aliyun.com 添加相关新产品，同时生成三元组，添加完成之后，有图所示的结果

三元组生成后，留作芯片端写入接口进行使用



图 69: 天猫精灵三元组数据生成

2.1.4.2 **天猫精灵操作介绍** （1）在 mesh_application 工程里打开天猫精灵功能，填入新申请的天猫精灵三元组信息后，编译，生成应用层 bin 文件，通过 Panchip PAN1080 MESH Programmer 将应用层 bin 文件和 Profile 层 bin 文件烧录进 PAN1080 蓝牙模组中。

（2）在芯片运行起来之后，可以先按擦除按键，然后重启，确保芯片处于未配网状态。

（3）按照天猫精灵使用手册，通过天猫精灵手机 APP（IOS 或 Android 均可）绑定天猫精灵设备。

（4）对天猫精灵说“天猫精灵，找队友”，在天猫精灵发现智能设备之后对天猫精灵说“连接”，即可对天猫精灵进行配网。

（5）配网成功之后，可以通过语音指令对天猫精灵进行控制。目前支持的语音指令包括： “天猫精灵，打开灯”，“天猫精灵，关闭灯”；

“天猫精灵，将灯的亮度调整为 XX%（调整范围为 1%-100%）”；

“天猫精灵，将灯的色温调整为 XX%（调整范围为 0%-100%）”；

“天猫精灵，多少时间打开/关闭灯（目前天猫官方只支持定时打开/或者关闭灯，暂不支持定时调整亮度和色温，而且最小定时时间单位为分钟，如果定时不是在整分钟定时，定时可能会有误差）”。

在天猫精灵手机 APP 中对智能设备进行配置之后，相应的语音指令也会发生变化，用户可以自行摸索。

注： （1）天猫精灵对 PAN1080 蓝牙模组入网之后，再次进行入网时，需要擦除 PAN1080 蓝牙模组的配网信息，而天猫精灵手机 APP 上已显示的设备可以不用解绑。

（2）芯片刚烧录好天猫天猫精灵代码后，模组上的灯会呈现绿色。后续通过天猫精灵操作灯时，灯会呈现白色。

（3）由于我们模组上没有色温灯，目前我们是通过三色灯模拟色温的方式来展现给用户色温调节的效果。色温设置百分比偏低的时候，偏冷色调的蓝色比重会比较大；色温设置百分比偏高的时候，偏暖色调的红色比重会比较大。

2.1.5 **小度音箱** Mesh 小度智能音箱可以作为 Pb adv provisioner 对芯片端进行入网，并通过 adv 方式进行灯控演示

小度音箱监测设备在线状态可以演示 heartbeat 的使用

小度音箱需要三元组（pid4，mac6，secret16）共 26Bytes 的三元组信息，来生成对应的 Dev UUID，并通过 ECC 方式（sha256）由三元组生成 authvalue，在入网时进行 authvalue 云端验证，保证入网流程的正常进行

2.1.5.1 **三元组生成**

2.1.5.2 **小度音箱操作介绍**

2.1.6 Amazon Echo Mesh Amazon Echo 智能音箱可以作为 Pb gatt provisioner 对芯片端进行入网

Amazon Echo 智能音箱可以通过 gatt 连接方式进行控制，也可以通过 adv 的方式进行控制

Amazon Echo 智能音箱需要适配 Amazon pb remote 来进行远程入网

Amazon Echo 智能音箱（厂商）正在确认和适配 Amazon sig ota 来进行节点升级

2.2 Reference Documents

2.3 Reference Function

2.3.1 Menu Config 使用　当查看 PROXY 功能使能时，追溯 BT_CONN 开启方式

```
config BT_CONN
        bool
```

由于 BT_CONN bool 后无注释, 不能通过 `CONFIG_BT_CONN=y` 直接使能

通过 menuconfig 功能追溯可得

```
Name: BT_CONN
Type: bool
Value: y
Direct dependencies (=y):                                                    ␣
↪                               BT_HCI(=y)
&& BT(=y)
Symbols currently y-selecting this symbol:                                   ␣
↪                             - BT_PERIPHERAL
Symbols currently n-selecting this symbol (no effect):                       ␣
↪                             - BT_CENTRAL
Kconfig definition, with parent deps. propagated to 'depends on'             ␣
↪                           ===============================================================
At subsys/bluetooth/Kconfig:124
Included via E:/zephyr_panchip_2.7.0/zephyr/Kconfig:8 -> Kconfig.zephyr:44 -> subsys/Kconfig:9
Menu path: (Top) -> Sub Systems and OS Services -> Bluetooth
config BT_CONN                                                               ␣
↪                                bool
depends on BT_HCI(=y) && BT(=y)
```

4.6 Zephyr Bootloader 开发指南

本文介绍 zephyr bootloader 使用方法，及相关 demo 展示的操作步骤配置。

相关工程位置：

- Bootloader：`bootloader/mcuboot/boot/zephyr`
- App：`zephyr/samples_panchip/hello_world`

文章分为三部分

- 功能说明：对 boot 的功能，区域划分做整体描述
- 工程编译烧录：包括 mcuboot 工程及 hello world（test sample）
  - mcuboot：编译时包括 5 种编译方式，对应 4 种升级方式 (其中第四种 BOOT_DIRECT_XIP 方式，可以选择是否可以 revert)
  - hello_world：测试 app 程序，包括 2 种编译方式（以 code-partition 作为区分），编译后的固件通过 imgtool 处理有 2 种方式，区分升级程序是否为 confirmed 程序
- 演示说明：对相对应得 5 种升级方式做演示说明
- 总结说明：补充一些说明

4.6.1 1 功能说明

mcuboot 为官方 bootloader 程序，支持的平台包括 zephyr/mynewt 等，我们基于 zephyr 平台，需要编译生成可与 zephyr 主程序交互的 boot 程序，来完成固件的解签，升级，标志固件信息等操作

参考官方连接：

- zephyr 中关于 mcuboot 升级功能介绍
  - https://docs.zephyrproject.org/latest/guides/device_mgmt/dfu.html?highlight=mcuboot
- mcuboot 官方文档介绍
  - https://docs.mcuboot.com/
  - https://docs.mcuboot.com/design.html 描述固件升级细节
- mcuboot 关于 zephyr 应用介绍
  - https://www.mcuboot.com/documentation/readme-zephyr/

1.1 程序划分

带 bootloader 的程序，支持升级时，通常会按照以下区域进行划分

- bootloader：0x0 地址程序，上电运行 bootloader 主程序
- slot0_partition：app 主固件程序地址，作为 image 时，通常具有 header 和 tailer，并在 image 尾部有签名信息用来确认固件正确性可靠性，tailer 用来存放 magic pad 和升级固件信息 (swap_type,copy_done,image_ok)
- slot1_partition：app 待升级固件存放区域，形式如 slot1_partition，但升级后的 tailer 会被擦除
- scratch_partition：可选区域，临时存放固件交换区域，相较于不带 scratch 的升级方式，此种类型固件搬运有一定保障性
- storage_partition：存放存储内容区域，固件升级时通常可以选择不处理

1.2 image 格式

初始编译的 app 程序，对头部进行了 512 Bytes 的偏移用作 image header，主要存放固件版本固件大小等信息。

image 程序大小结束位置存放 hash 及签名信息，用来确认固件的完整正确性

image 总大小结束位置存放 image 的状态信息，用来管理升级交换方式

1.2.1 image header

- 大小：512 Bytes = 0x200
- 位置：存放于 image 头部区域
- 存放信息：

```
struct image_version {
    uint8_t iv_major;
    uint8_t iv_minor;
    uint16_t iv_revision;
    uint32_t iv_build_num;
};

/** Image header.  All fields are in little endian byte order. */
struct image_header {
    uint32_t ih_magic;
```

(下页继续)

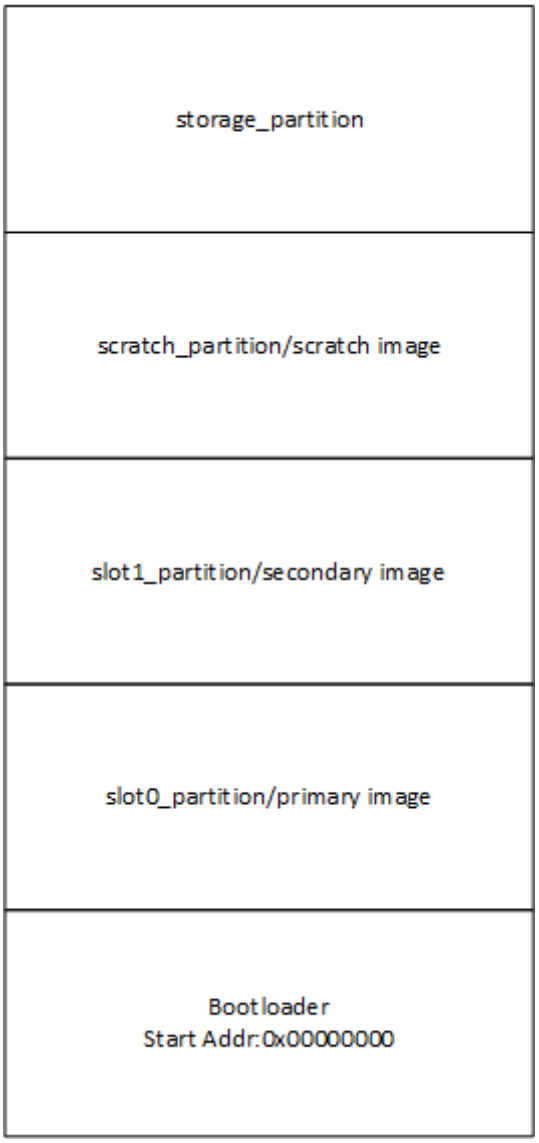


图 70: Zephyr Flash 区域划分

(续上页)

```
    uint32_t ih_load_addr;
    uint16_t ih_hdr_size;           /* Size of image header (bytes). */
    uint16_t ih_protect_tlv_size;   /* Size of protected TLV area (bytes). */
    uint32_t ih_img_size;           /* Does not include header. */
    uint32_t ih_flags;              /* IMAGE_F_[...]. */
    struct image_version ih_ver;
    uint32_t _pad1;
};
```

- 作用：存放固件版本固件大小等信息

1.2.2 image sign infor

- 位置：image 尾部
- 存放信息：
  - hash 值
  - 根据固定 private + hash 值生成的签名信息
- 作用：存放 hash 值及签名信息

1.2.3 image trailer

- 位置：image 总大小的末尾
- 存放信息：

```
/* This is not actually used by mcuboot's code but can be used by apps
 * when attempting to read/write a trailer.
 */
struct image_trailer {
    uint8_t swap_type;
    uint8_t pad1[BOOT_MAX_ALIGN - 1];
    uint8_t copy_done;
    uint8_t pad2[BOOT_MAX_ALIGN - 1];
    uint8_t image_ok;
    uint8_t pad3[BOOT_MAX_ALIGN - 1];
    uint8_t magic[16];
};
```

- 作用：用来判断 swap 类型，处理搬运信息，判断固件正确性以及固定 magic pattern 标识

1.2.4 imgtool

位于 `bootloader\mcuboot\scripts` 的 imgtool 为处理原始 image 的 python 脚本，目的是生成待烧录到对应分区的 2 个 bin 文件（分为 Not Confirmed 和 Confirmed，此 2 个文件根据 pad 构建生成）

操作方式如下：

根路径下打开 cmd/powershell，执行如下指令

```
python bootloader\mcuboot\scripts\imgtool.py sign --key bootloader\mcuboot\root-rsa-2048.pem --
↪header-size 0x200 --align 8 --version 1.x --slot-size 0x10000 --pad --confirm  build\hello_
↪world_test_board\zephyr\zephyr.bin  build\hello_world_test_board\zephyr\signed1.x.bin
```

- –key ： 签名 key 信息，需要与 Bootloader config 宏所对应的解签方式对应 `CONFIG_BOOT_SIGNATURE_TYPE_RSA`
- –header-size ： header 大小固定 0x200 (Bytes)
- –align ： 8

- –version ： version 版本 1.x
- –slot-size 0x10000：image tailer 存放末尾位置
- –pad：为 image 添加 tailer，升级固件所必须的 pad magic 的添加命令
- –confirm：为 image tailer 添加 confirm 信息，存在则升级方式为 permanent，否则为 test 方式
- 后接原始文件路径及生成固件路径

1.3 升级方式

固件升级分为 4 种方式，通过 `prj.conf` 文件中进行四选一

```
if !SINGLE_APPLICATION_SLOT
choice
        prompt "Image upgrade modes"
        default BOOT_SWAP_USING_MOVE if SOC_FAMILY_NRF
        default BOOT_SWAP_USING_SCRATCH

config BOOT_SWAP_USING_SCRATCH
        bool "Swap mode that run with the scratch partition"
        help
          This is the most conservative swap mode but it can work even on
          devices with heterogeneous flash page layout.

config BOOT_UPGRADE_ONLY
        bool "Overwrite image updates instead of swapping"
        help
          If y, overwrite the primary slot with the upgrade image instead
          of swapping them. This prevents the fallback recovery, but
          uses a much simpler code path.

config BOOT_SWAP_USING_MOVE
        bool "Swap mode that can run without a scratch partition"
        help
          If y, the swap upgrade is done in two steps, where first every
          sector of the primary slot is moved up one sector, then for
          each sector X in the secondary slot, it is moved to index X in
          the primary slot, then the sector at X+1 in the primary is
          moved to index X in the secondary.
          This allows a swap upgrade without using a scratch partition,
          but is currently limited to all sectors in both slots being of
          the same size.

config BOOT_DIRECT_XIP
        bool "Run the latest image directly from its slot"
        help
          If y, mcuboot selects the newest valid image based on the image version
          numbers, thereafter the selected image can run directly from its slot
          without having to move/copy it into the primary slot. For this reason the
          images must be linked to be executed from the given image slot. Using this
          mode results in a simpler code path and smaller code size.

endchoice
```

简单介绍四种方式的升级功能：

- 带 scratch 区的升级：BOOT_SWAP_USING_SCRATCH

  此种方式对 flash 占用相对较大，升级时，分为三步

  slot1_partition 搬运到 scratch_partition

slot0_partition 搬运到 slot1_partition

scratch_partition 搬运到 slot0_partition

- 不带 scratch 区的搬运升级：BOOT_UPGRADE_ONLY

  直接将 slot1_partition 搬运到 slot0_partition

- 不带 scratch 区的交换固件：BOOT_SWAP_USING_MOVE

  交换 slot0_partition 和 slot1_partition

- 不带 scratch 区的，不进行搬运的升级：BOOT_DIRECT_XIP

  此种方式通过选择宏 `CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP_REVERT` 决定是否 revert，分为 2 种子方式

  slot0_partition 和 slot1_partition 不需要搬运

  但需要注意不同 partition 的 code 内，code_partion 对应的 slot_partion 需要在编译时对应，主要用于编译生成不同的 bin 文件时使用

  例如，编译 slot1_partion 时，需要在 Devicetree 中进行相关对应

```
chosen {
                ...
                zephyr,code-partition = &slot1_partition;
        };
```

4.6.2 2 工程编译烧录

工程编译烧录介绍 mcuboot（bootloader project），以及 hello world 的编译，烧录方式

2.1 MCUBOOT

mcuboot 为 bootloader 的 project，包括五种编译方式，对应四种升级方式

2.1.1 功能概述 目前 Boot 程序可以完成以下功能

- 解密签名
- 判断固件信息进行 upgrade，有以下五种方式
  - 带 scratch 区的升级
  - 不带 scratch 区的搬运升级
  - 不带 scratch 区的交换固件
  - 不带 scratch 区的，不进行搬运的升级
  - 不带 scratch 区的，不进行搬运的升级，并支持非 confirm 回退
- 程序跳转

2.1.2 环境要求

- board: pan108xxb5_evb
- uart (option): 显示串口 log

2.1.3 编译和烧录　项目位置：bootloader/mcuboot/boot/zephyr

mcuboot 包括 5 种编译方式，需要在 boot/zephyr/prj.conf 中关注 5 个 config 宏，根据选择升级方式，选择使用的宏

```
# chioce one upgrade type
CONFIG_BOOT_SWAP_USING_SCRATCH=y
CONFIG_BOOT_UPGRADE_ONLY=y
CONFIG_BOOT_SWAP_USING_MOVE=y
CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP=y
CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP_REVERT=y
```

方式一（默认）：

```
# chioce one upgrade type
# CONFIG_BOOT_SWAP_USING_SCRATCH=y
# CONFIG_BOOT_UPGRADE_ONLY=y
CONFIG_BOOT_SWAP_USING_MOVE=y
# CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP=y
# CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP_REVERT=y
```

方式二：

```
# chioce one upgrade type
CONFIG_BOOT_SWAP_USING_SCRATCH=y
# CONFIG_BOOT_UPGRADE_ONLY=y
# CONFIG_BOOT_SWAP_USING_MOVE=y
# CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP=y
# CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP_REVERT=y
```

方式三：

```
# chioce one upgrade type
# CONFIG_BOOT_SWAP_USING_SCRATCH=y
CONFIG_BOOT_UPGRADE_ONLY=y
# CONFIG_BOOT_SWAP_USING_MOVE=y
# CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP=y
# CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP_REVERT=y
```

方式四：

```
# chioce one upgrade type
# CONFIG_BOOT_SWAP_USING_SCRATCH=y
# CONFIG_BOOT_UPGRADE_ONLY=y
# CONFIG_BOOT_SWAP_USING_MOVE=y
CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP=y
# CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP_REVERT=y
```

方式五：

```
# chioce one upgrade type
# CONFIG_BOOT_SWAP_USING_SCRATCH=y
# CONFIG_BOOT_UPGRADE_ONLY=y
# CONFIG_BOOT_SWAP_USING_MOVE=y
CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP=y
CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP_REVERT=y
```

示例：

以 pan108xxb5_evb 为例，在 SDK 目录打开 PAN1080 SDK CLI 后, 可以用如下命令执行编译和下载:

1. 编译

```
west build -d build/mcuboot_test_board -b pan108xxb5_evb bootloader/mcuboot/boot/zephyr
```

2. 下载

```
west flash -d build/mcuboot_test_board -r jlink
```

2.2 Hello World

hello_world 为 app 层对应演示 sample，可以区分编译链接 code 地址（通过 dts flash_map 中的 code_partition 映射），并在后续的工具处理中，可以选择是否为 confirmed 固件

2.2.1 功能概述

当需要配合 mcuboot 进行升级跳转展示时，需要 hello world 完成以下功能

- 打印基础信息 `hello_world`
- 打印 image header 信息，包括 version 版本

2.2.2 环境要求

- board: pan108xxb5_evb
- uart (option): 显示串口 log

2.2.3 编译链接

项目位置：`zephyr/samples_panchip/hello_world`

hello world 包括 2 种编译方式，对应 code_partition 位置不同，其中不需要搬运的升级方式，需要根据对应需要下载位置，修改 `01_SDK/zephyr/boards/arm/pan108xxb5_evb/pan108xxb5_evb.dts` 中的 flash map 的 code_partition 进行修改

```
chosen {
                ...
                zephyr,code-partition = &slot0_partition;
        };
```

示例：

以 `pan108xxb5_evb` 为例，在 `SDK` 目录打开 `PAN1080 SDK CLI` 后，可以用如下命令执行编译，在对应工程 build 目录下生成 `zephyr.bin`:

```
west build -d build/hello_world_test_board -b pan108xxb5_evb zephyr/samples_panchip/hello_world
```

2.2.4 工具处理

imgtool 处理已编译的 `zephyr.bin`，包括对 image 固件添加 header（版本信息），对 image 结尾位置后进行签名，为升级时添加需要的 pad 及 confirm 信息

版本号生成

通过`--version 1.x` 命令为固件添加具体固件版本信息，例如`--version 1.0` 即为固件添加版本为 1.0.0.0 的 image header 信息。

是否为 confirmed **固件**，分为以下 2 类示例命令:

不含 confirm 的烧录固件示例如下：

- zephyr 同级目录下打开 cmd/powershell 运行命令

```
python bootloader\mcuboot\scripts\imgtool.py sign --key bootloader\mcuboot\root-rsa-2048.
↪pem --header-size 0x200 --align 8 --version 1.x --slot-size 0x10000 --pad   build\hello_
↪world_test_board\zephyr\zephyr.bin  build\hello_world_test_board\zephyr\signed1.x.bin
```

分别生成两个版本的 hello_world 程序，需要对应 signed.bin 文件的目录，例如分别生成 signed1.0.bin，signed1.1.bin

包含 confirm 的烧录固件示例如下：

- zephyr 同级目录下打开 cmd/powershell 运行命令

```
python bootloader\mcuboot\scripts\imgtool.py sign --key bootloader\mcuboot\root-rsa-2048.
↪pem --header-size 0x200 --align 8 --version 1.x --slot-size 0x10000 --pad ——confirm ␣
↪build\hello_world_test_board\zephyr\zephyr.bin  build\hello_world_test_board\zephyr\
↪signed_confirm1.x.bin
```

  分别生成两个版本的 hello_world 程序，pad 构建为 confirmed，需要对应 signed.bin 文件的目录，例如分别生成 signed_confirm1.0.bin，signed_confirm1.1.bin

2.2.5 **烧录** 烧录时不是烧录原始的 `zephyr.bin` 文件，需要将工具处理后的文件，通过 jflash 烧录至对应区域，分别为 0x10000 和 0x70000 区域，具体烧录地址在演示说明中对不同升级方式区分描述

4.6.3 3 演示说明

以下对 mcuboot 编译的五种升级方式，hello_world 编译并且通过工具处理的两种固件形式（是否经过 confirm 标识），进行测试现象描述说明：

三种搬运跳转升级方式（对应下文 Method1,2,3）说明

- 升级过程的验证进行时，主要方式是搬运原有程序存在于 slot0，待升级固件（程序链接起始地址 0x10000 / slot0 地址）当通过某种方式（flash 烧录 / OTA 传输）存在于 slot1 时，重启会对程序进行搬运处理操作，三种方式处理细节有区别（下文会详细展示），最终将存放于 slot1 的程序搬运至 slot0，搬运结束后会进行一次跳转。
- 根据 slot1 存放的固件是否进行过 confirm 的 tailer pad 添加，区分为 confirmed 固件或者 not confirmed 固件。
  - confirmed 固件——第一次 reset 搬运后，固件之后会标记为 perm（permanent / 永久的），之后再 reset 便不会发生变化
  - not confirmed 固件–第一次 reset 时，固件搬运结束后跳转 slot0 运行，由于非 confirm 的固件，只能作为 1 次测试，此时 log 显示 test，第二次复位时，会将之前存在的固件进行 revert 操作，还原为之前 slot 存在的固件并跳转运行，输出 log revert，而之后再进行的复位，由于 revert 标准位的存在，便不会再次进行升级操作。
- 前三种方式验证时可以通过固件的版本来判断运行的是哪个固件，而固件版本本身不会影响升级是否进行。

两种跳转升级方式（对应下文的 Method 4,5）说明

- 升级过程未进行搬运程序编译链接时，需要按存放区域构建对应的链接地址（存放于 slot0 的固件需要 code-partition 链接 slot0 区域，而存放于 slot1 的固件需要 code-partition 链接 slot1 区域）当 slot0 或 slot1 区域只存在一个固件时，首次上电便会跳转存在固件的起始地址，而当 slot0，slot1 同时存在固件时，首次上电会对固件进行版本比对，跳转运行较高版本的固件。
- Method 4 和 Method 5 升级方式区别在于，Method 5 支持对固件的 confirm 信息进行判断，版本比对在首次上电逻辑相同，而第二次上电时，上一次跳转的程序若为 not confirmed 固件，则会对上一固件进行擦除，并且跳转至另一区域固件，同样的，再次上电若仍为 not confirmed 固件，则会继续擦除，并最终进行 3 次复位后，在 flash code 区域不存在可运行的 image。
- 后两种方式的固件版本信息不仅可以用来区分跳转后的程序内容，还为跳转逻辑提供比对依据。

以下对 5 种模式构建了验证方式，参照例图，对运行模式的说明和演示。

mcuboot 编译方式	hello world 编译方式	hello world 工具处理	对应升级演示
CONFIG_BOOT_SWAP_USING_SCRATCH=y	code_partion = slot0_partition	–pad	Method1 (Not confirmed)
CONFIG_BOOT_SWAP_USING_SCRATCH=y	code_partion = slot0_partition	–pad –confirm	Method1 (confirmed)
CONFIG_BOOT_UPGRADE_ONLY=y	code_partion = slot0_partition	–pad	Method2 (Not confirmed)
CONFIG_BOOT_UPGRADE_ONLY=y	code_partion = slot0_partition	–pad –confirm	Method2 (confirmed)
CONFIG_BOOT_SWAP_USING_MOVE=y	code_partion = slot0_partition	–pad	Method3 (Not confirmed)
CONFIG_BOOT_SWAP_USING_MOVE=y	code_partion = slot0_partition	–pad –confirm	Method3 (confirmed)
CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP=y	code_partion = slotx_partition(x 根据烧录位置作区分，分别为 0/1)	–pad	Method4 (Not confirmed)
CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP=y	code_partion = slotx_partition(x 根据烧录位置作区分，分别为 0/1)	–pad –confirm	Method4 (confirmed)
CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP=y CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP_REVERT=y	code_partion = slotx_partition(x 根据烧录位置作区分，分别为 0/1)	–pad	Method5 (Not confirmed)
CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP=y CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP_REVERT=y	code_partion = slotx_partition(x 根据烧录位置作区分，分别为 0/1)	–pad –confirm	Method5 (confirmed)

下述示例演示过程中，首先需要准备 2 种固件版本，烧录至 slot0（0x10000）的 `hello_world` 程序通过 imgtool 处理为 1.0.0.0，作为**原始固件**，烧录至 slot1（0x70000）的 `hello_world` 程序通过 imgtool 处理为 1.1.0.0，作为**待升级固件**。

烧录结束后，通过观察 reset 后的 log，可以验证不同方法下升级跳转后具体的运行版本是否符合预期。

3.1 Method 1

默认不带 `scratch` 区的交换固件，`mcuboot sample` 的 `prj.conf` 配置如下：

```
# chioce one upgrade type
# CONFIG_BOOT_SWAP_USING_SCRATCH=y
# CONFIG_BOOT_UPGRADE_ONLY=y
CONFIG_BOOT_SWAP_USING_MOVE=y
# CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP=y
# CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP_REVERT=y
```

boot 程序默认使用第三种方式不带 `scratch` 区的交换固件进行跳转升级，升级流程如下图所示，confirmed 固件进行 1 步 reset，而不带 confirmed 固件需要 2 步 reset，分别运行：

3.1.1 Not Confirmed

当烧录至 slot 1（0x70000 / secondary image）的程序为不含 confirmed 程序时：

- 复位第一次后，程序将打印 test 信息，运行搬运跳转后，运行版本为 1.1.0.0
- 复位第二次后，程序将打印 revert 信息，运行搬运跳转后，运行版本为 1.0.0.0
- 复位第三次后，程序将打印 none 信息，不进行搬运，运行跳转后，运行版本为 1.0.0.0

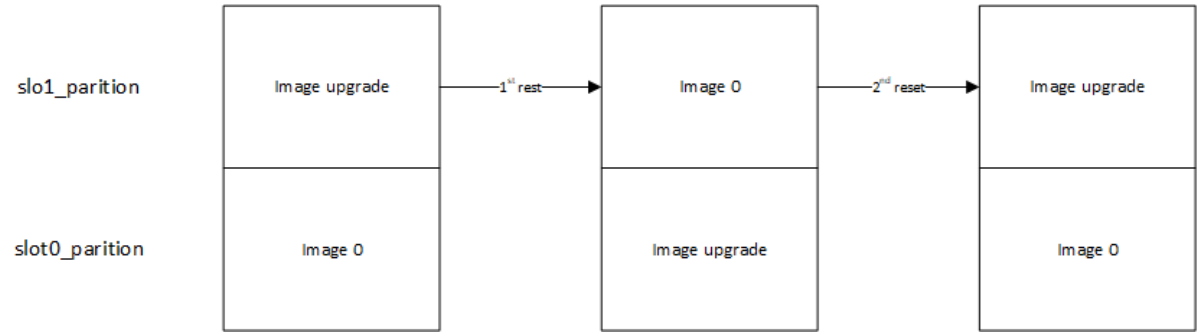


图 71: Boot Method 1

3.1.2 Confirmed 当烧录至 slot 1（0x70000 / secondary image）的程序为 confirmed 程序时：

- 复位第一次后，程序将打印 perm 信息，运行搬运跳转后，运行版本为 1.1.0.0
- 复位第二次后，程序将打印 none 信息，不进行搬运，运行跳转后，运行版本为 1.1.0.0

3.2 Method 2

带 `scratch` 区的升级，`mcuboot sample` 的 `prj.conf` 配置如下：

```
# chioce one upgrade type
CONFIG_BOOT_SWAP_USING_SCRATCH=y
# CONFIG_BOOT_UPGRADE_ONLY=y
# CONFIG_BOOT_SWAP_USING_MOVE=y
# CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP=y
# CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP_REVERT=y
```

boot 程序默认使用第三种方式不带 `scratch` 区的交换固件进行跳转升级，升级流程如下图所示，confirmed 固件进行 1 步 reset，而不带 confirmed 固件需要 2 步 reset，分别运行：

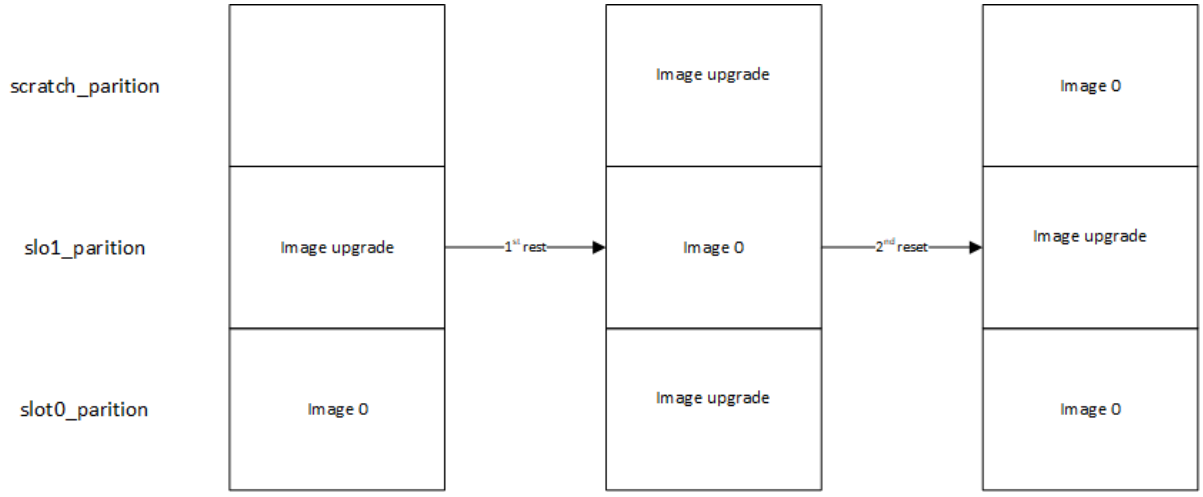


图 72: Boot Method 2

3.2.1 Not Confirmed 当烧录至 slot 1（0x70000 / secondary image）的程序为不含 confirmed 程序时：

- 复位第一次后，程序将打印 test 信息，运行搬运跳转后，运行版本为 1.1.0.0
- 复位第二次后，程序将打印 revert 信息，运行搬运跳转后，运行版本为 1.0.0.0
- 复位第三次后，程序将打印 none 信息，不进行搬运，运行跳转后，运行版本为 1.0.0.0

3.2.2 Confirmed 当烧录至 slot 1（0x70000 / secondary image）的程序为 confirmed 程序时：

- 复位第一次后，程序将打印 perm 信息，运行搬运跳转后，运行版本为 1.1.0.0
- 复位第二次后，程序将打印 none 信息，不进行搬运，运行跳转后，运行版本为 1.1.0.0

3.3 Method 3

不带 `scratch` 区的搬运升级，mcuboot sample 的 `prj.conf` 配置如下：

```
# chioce one upgrade type
# CONFIG_BOOT_SWAP_USING_SCRATCH=y
CONFIG_BOOT_UPGRADE_ONLY=y
# CONFIG_BOOT_SWAP_USING_MOVE=y
# CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP=y
# CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP_REVERT=y
```

boot 程序默认使用第三种方式不带 `scratch` 区的搬运固件进行跳转升级，升级流程如下图所示，confirmed 固件进行 1 步 reset，而不带 confirmed 固件需要 2 步 reset，分别运行：

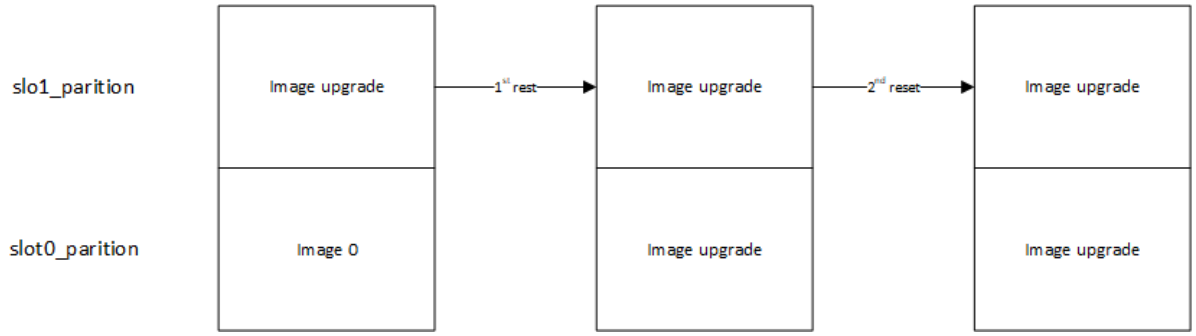


图 73: Boot Method 3

3.3.1 Not Confirmed 当烧录至 slot 1（0x70000 / secondary image）的程序为不含 confirmed 程序时：

- 复位第一次后，程序将打印 test 信息，运行搬运跳转后，运行版本为 1.1.0.0
- 复位第二次后，程序将打印 none 信息，不进行搬运，运行跳转后，运行版本为 1.1.0.0

3.3.2 Confirmed 当烧录至 slot 1（0x70000 / secondary image）的程序为 confirmed 程序时：

- 复位第一次后，程序将打印 perm 信息，运行搬运跳转后，运行版本为 1.1.0.0
- 复位第二次后，程序将打印 none 信息，不进行搬运，运行跳转后，运行版本为 1.1.0.0

3.4 Method 4

默认不带 `scratch` 区的，不进行搬运的升级，mcuboot sample 的 `prj.conf` 配置如下：

```
# chioce one upgrade type
# CONFIG_BOOT_SWAP_USING_SCRATCH=y
# CONFIG_BOOT_UPGRADE_ONLY=y
# CONFIG_BOOT_SWAP_USING_MOVE=y
CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP=y
# CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP_REVERT=y
```

固件准备流程发生变化：

`hello_world` 准备：

准备 primary image 时，01_SDK\zephyr\boards\arm\pan108xxb5_evb\pan108xxb5_evb.dts 中确认 code-partition 为 slot0_partition：

```
zephyr,code-partition = &slot0_partition;
```

准备 secondary image 时，01_SDK\zephyr\boards\arm\pan108xxb5_evb\pan108xxb5_evb.dts 中确认 code-partition 为 slot1_partition：

```
zephyr,code-partition = &slot1_partition;
```

分别通过 imgtool 生成不同版本的固件通过 jflash 进行烧录，升级流程如下图所示，confirmed 固件进行 1 步 reset，而不带 confirmed 固件需要 2 步 reset，分别运行：

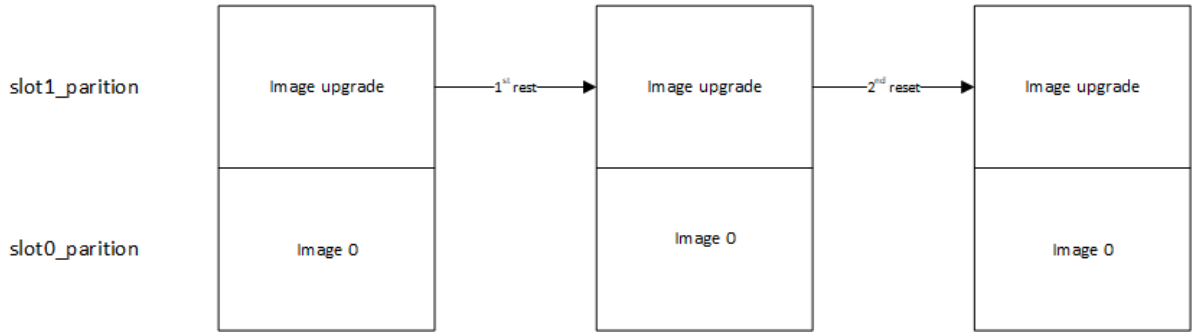


图 74: Boot Method 4

3.4.1 Not Confirmed　当烧录至 slot 1（0x70000 / secondary image）的程序为不含 confirmed 程序时：

- 最终 reset 通过版本判断，会通过 bootloader 程序跳转到不同的 partition，运行较高版本固件

3.4.2 Confirmed　当烧录至 slot 1（0x70000 / secondary image）的程序为 confirmed 程序时：

- 最终 reset 通过版本判断，会通过 bootloader 程序跳转到不同的 partition，运行较高版本固件

3.5 Method 5

默认不带 scratch 区的，不进行搬运的升级，支持回退版本的升级，mcuboot sample 的 prj.conf 配置如下：

```
# chioce one upgrade type
# CONFIG_BOOT_SWAP_USING_SCRATCH=y
# CONFIG_BOOT_UPGRADE_ONLY=y
# CONFIG_BOOT_SWAP_USING_MOVE=y
CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP=y
CONFIG_BOOT_DIRECT_XIP_REVERT=y
```

固件准备流程发生变化：

hello_world 准备：

准备 primary image 时，zephyr\boards\arm\pan108xxb5_evb\pan108xxb5_evb.dts 中确认 code-partition 为 slot0_partition：

```
zephyr,code-partition = &slot0_partition;
```

并通过 imgtool 进行待升级固件生成带或者不带 confirmed 固件，留作后续使用。

准备 secondary image 时，zephyr\boards\arm\pan108xxb5_evb\pan108xxb5_evb.dts 中确认 code-partition 为 slot1_partition：

```
zephyr,code-partition = &slot1_partition;
```

并通过 imgtool 进行待升级固件生成带或者不带 confirmed 固件，留作后续使用。

通过 jflash 进行烧录不同的固件到对应区域（如 slot0 需要对应 0x40000，slot1 需要对应 0x50000），升级流程如下图所示，confirmed 固件进行 1 步 reset，而不带 confirmed 固件需要 3 步 reset，分别运行：

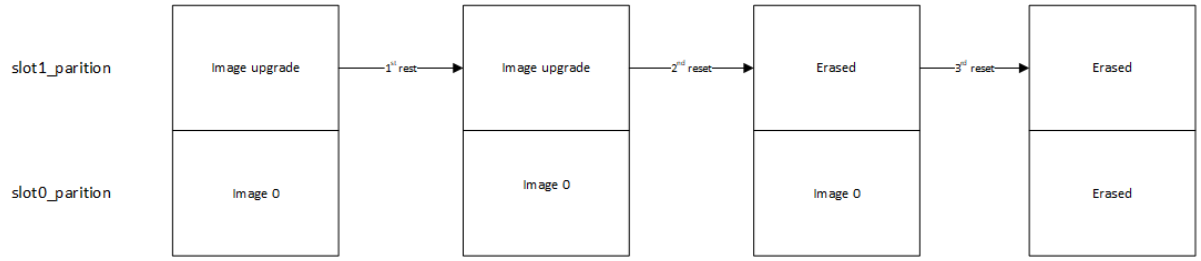


图 75: Boot Method 5

3.5.1 Not Confirmed　当烧录至 slot 0（0x40000/secondary image）的程序为不含 confirm 程序，烧录至 slot 1（0x50000/secondary image）的程序为不含 confirm 程序时

复位第一次后，运行 compare 后，跳转到 slot1_partition，运行版本为 1.1.0.0

复位第二次后，擦除 slot1 后，跳转到 slot0_partition，运行版本为 1.0.0.0

复位第三次后，擦除 slot0 后，无运行版本

3.5.2 Confirmed　当烧录至 slot 0（0x40000 / secondary image）的程序为 confirmed 程序，烧录至 slot 1（0x50000 / secondary image）的程序为 confirmed 程序时：

最终 reset 通过版本判断，会通过 bootloader 程序跳转到不同的 partition，运行较高版本固件。

4.6.4 4 总结说明

以上为目前所有可以支持的升级方式说明，通过 hello_world sample 进行演示：

带 scratch 区的有助于理解搬运过程，但后续由于空间限制不一定采用。

不带 scratch 区的升级主要先以目前 method1 带搬运的升级作为主要验证方式，后续在 1024KB 上只需要替换适配 board.dts 文件，即可对其他 sample（flash 占用较大的程序）进行支持。

不搬运的方式同样可以在项目中考虑，如 method4，method5，不搬运的方式对 flash 使用具有一定好处，但对编译烧录方式有一定限制如上文述。

4.7 Zephyr RAM 使用情况分析指南

此文档记录 Bluetooth 项目中，通用的资源调试分析步骤

如 `mesh_panchip` 类似的 sample，不同需求产生不同配置需求，在资源有限的前提下，需要根据实际占用资源对资源分配情况进行分析和规划

主要包括以下两部分

- 分析编译占用 RAM 资源
  - 通过分析工具，观察宏观占用的资源情况，其中比较大的是线程栈的分配
  - 通过分析工具，观察细节资源占用情况，主要是不同 Feature 开启时，会占用零星的一些资源
- 优化 RAM 资源

- 通过代码内开启栈实时调用情况打印的接口，运行多种 case，保证不溢出情况下的最小栈分配
- 通过分析不同 feature 占用的资源，根据需求，裁剪 feature 或者在了解功能需求情况下，缩小 feature 内的变量大小

4.7.1 1 分析编译占用 RAM 资源

使用 VSCode 打开工程，ctrl+shift+B 运行 build 命令后后，TERMINAL 内显示资源总体占用情况，Memory region 可以看到整体占用的 Flash，SRAM，IDT_LIST，例如 mesh_panchip

```
   Memory region      Used Size  Region Size  %age Used
           FLASH:      348352 B      1020 KB     33.35%
            SRAM:       49585 B        64 KB     75.66%
       IDT_LIST:           0 GB         2 KB      0.00%
```

其中 SRAM 包含

- Controller RAM Code
- RAM report 工具所分析的 SRAM 资源

1.1 Controller RAM Code

可以通过 bulid 工程目录下 zephyr/zephyr.map 文件确认具体 RAM 占用情况

搜索 ramfunc 即可，例如 mesh_panchip 内，Controller RAM Code 占用资源在 zephyr.map 文件中显示如下：

```
*(SORT_BY_ALIGNMENT(.ramfunc.*))
                0x200017c0                . = ALIGN (_region_min_align)
                0x200017c0                __ramfunc_end = .
                0x000017c0                __ramfunc_size = (__ramfunc_end - __ramfunc_start)
                0x00052aac                __ramfunc_load_start = LOADADDR (.ramfunc)
```

1.2 RAM report 工具所分析的 SRAM 资源

使用 VSCode 打开工程，ctrl+shift+B 运行 RAM Report 命令后后，TERMINAL 内显示资源具体占用情况，通常包含以下几部分，根资源包含以下几部分：

其中数据内容满足以下公式，字母小写同理 $$ X = A + B + C + D $$

$$ D = D1+ D2 + D3 +D4 + D5 $$

$$ D5 = D51+ D52 + D53 + D54 + D55 $$

```
Path                                                
```

(续上页)

```
    kernel                                                
```

2.1 栈分配大小优化

栈分配大小优化时，需要以下步骤

- 确认使用栈的个数和大小
- 根据调试栈的代码使能，挂起测试多功能运行时，使用到的最大栈资源，并以此为据，在保证栈不溢出的情况下缩减栈资源

2.1.1 确认使用栈的个数和大小

由上述 RAM Report 工具，可以看到 stack 分配的个数和大小，并且可以通过工程编译目录下 `zephyr\include\generated\autoconf.h` 双重确认

2.1.2 调试栈打印宏

```
CONFIG_THREAD_NAME=y
CONFIG_THREAD_ANALYZER=y
CONFIG_THREAD_ANALYZER_AUTO=y
CONFIG_THREAD_ANALYZER_RUN_UNLOCKED=y
CONFIG_THREAD_ANALYZER_USE_PRINTK=y
CONFIG_THREAD_ANALYZER_AUTO_INTERVAL=5
CONFIG_CONSOLE=y
CONFIG_UART_CONSOLE=y
CONFIG_SERIAL=y
CONFIG_PRINTK=y
```

在 sample `prj.conf` 内增加开启以上宏后，可以每 `CONFIG_THREAD_ANALYZER_AUTO_INTERVAL` 的时间，打印出 STACK 占用累计的最大值

测试时，运行尽量多的功能，保持尽量长的时间，来确认线程中最大栈资源分配

并且还可以打印 CPU 使用率，来观测线程运行的频繁程度

注意：栈打印功能本身也会占用一定资源，栈分配时需要 8B 对齐

打印示例（最大栈运行没问题后，通常保持在分配最大栈的 80~90% 比较合理）：

```
BT Mesh adv          : STACK: unused 164 usage 860 / 1024 (83 %); CPU: 0 %
BT RX                : STACK: unused 1308 usage 1764 / 3072 (57 %); CPU: 1 %
BT CTLR              : STACK: unused 1420 usage 628 / 2048 (30 %); CPU: 7 %
BT ECC               : STACK: unused 212 usage 932 / 1144 (81 %); CPU: 0 %
BT TX                : STACK: unused 1036 usage 1012 / 2048 (49 %); CPU: 0 %
thread_analyzer      : STACK: unused 556 usage 468 / 1024 (45 %); CPU: 0 %
sysworkq             : STACK: unused 1200 usage 848 / 2048 (41 %); CPU: 0 %
logging              : STACK: unused 236 usage 532 / 768 (69 %); CPU: 0 %
idle 00              : STACK: unused 972 usage 52 / 1024 (5 %); CPU: 89 %
```

栈大小具有底层默认值，配置修改时，需要在 `prj.conf` 内修改，如 `mesh_pacnhip` sample 中示例

```
#           main stack
CONFIG_MAIN_STACK_SIZE=1024
#           isr stack
CONFIG_ISR_STACK_SIZE=2048
#           idle 00
CONFIG_IDLE_STACK_SIZE=128
#           sysworkq
CONFIG_SYSTEM_WORKQUEUE_STACK_SIZE=1024
#           BT ECC
CONFIG_BT_HCI_ECC_STACK_SIZE=1024
#           BT TX
CONFIG_BT_HCI_TX_STACK_SIZE_WITH_PROMPT=y
CONFIG_BT_HCI_TX_STACK_SIZE=1024
#           BT RX
CONFIG_BT_RX_STACK_SIZE=2048
```

(下页继续)

(续上页)

```
#           BT CTLR
CONFIG_BT_CTLR_RX_PRIO_STACK_SIZE=1024
#           BT Mesh adv
CONFIG_BT_MESH_ADV_STACK_SIZE=1024
#           logging
CONFIG_LOG_PROCESS_THREAD_STACK_SIZE=768
#           thread_analyzer
CONFIG_THREAD_ANALYZER_AUTO_STACK_SIZE=512
```

需要注意：修改 tx stack 需要按以下方式，需要开启 CONFIG_BT_HCI_TX_STACK_SIZE_WITH_PROMPT

```
CONFIG_BT_HCI_TX_STACK_SIZE_WITH_PROMPT=y
CONFIG_BT_HCI_TX_STACK_SIZE=1024
```

2.2 裁剪或减少 Feature 资源

通过上述 RAM report 分析后，可以观察到部分模块，也就是对应的 feature，会零星得占用 RAM 资源，这些资源是我们可以按照需求进行调整的，以减小资源占用

- 当某些模块在某些需求内不需要时，可以进行关闭，如 Mesh Friend Feature 在目前音箱中不需要则可以进行关闭
- 当某些模块在某些需求内，通过较小的数组就可以满足需求时，可以缩小数组变量的大小，如 Mesh Remote Feature/Provisioner 扫描到得设备数量，减少一个便可以减少 16 字节的 UUID 数组存储

2.2.1 分析工具 使用 VSCode 打开工程，`ctrl+shift+B` 运行 `Menu Config` 命令后后，弹出 Kconfig 分析文件

关于 Kconfig 文件的原理，可以参考官方文档 https://docs.zephyrproject.org/latest/guides/build/index.html?highlight=k

Kconfig 分析界面如下：

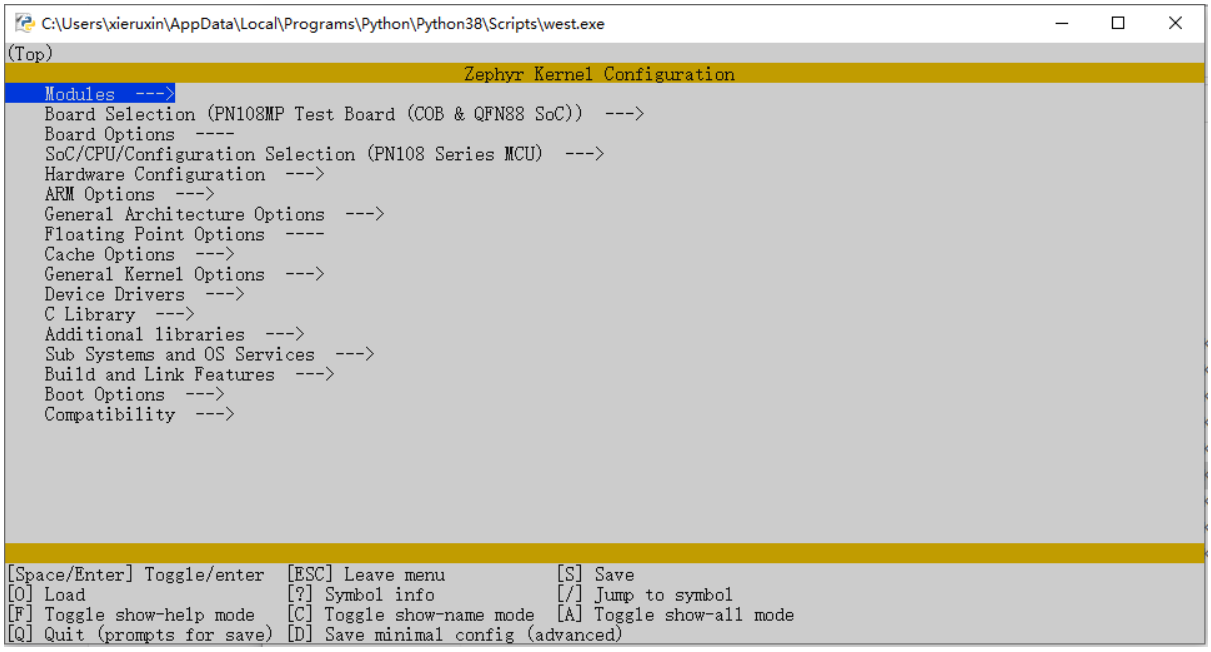


图 76: Menuconfig 界面

2.2.2 裁剪规则 通过上述分析工具 `Menu Config`，可以观察到，通常情况下，不同模块根据功能来区分，裁剪/缩小资源占用可以按照以下步骤

- 找到对应 Feature 所处的总控制宏，可以对 Feature 进行关闭，对比开关造成的 RAM 资源不同关系
- 某一 feature 下可以通过 feature 内的配置某些数组的大小来统计 RAM 资源细节调整

4.7.3 3 总结说明

经过上述内容细节观察调试，我们知道，当资源比较紧张时

首先可以根据分析工具，观察整体和各部分资源占用情况

宏观上可以对较大的栈进行内存分配管理，细节上可以根据需求来裁剪/缩小变量数组

最后，当我们编码时，同样需要宏观上为线程合理分配栈大小，并且尽量使用 Kconfig 来规划 Feature 的整体和细节，方便后续调优/规整代码

4.8 Zephyr Tracing 追踪调试指南

4.8.1 1 Zephyr Tracing 输出模式

Zephyr 支持不同的 tracing 格式输出，相对应的也是不同的分析工具。

- CONFIG_TRACING_NONE: 无任何 Tracing 数据输出
- CONFIG_PERCEPIO_TRACERECORDER: 支持 Percepio Tracealyzer 格式数据输出
- CONFIG_SEGGER_SYSTEMVIEW: 支持 Segger SystemView
- CONFIG_TRACING_CTF: 支持 Common Trace Format 格式输出，工具有：线性文本 (babeltrace) 和图形化 (TraceCompass)
- CONFIG_TRACING_TEST: 用于 test，一般输出格式化字符串

在 zephyr 的 tracing kconfig 也有相应描述：

```
config TRACING_NONE
        bool "No tracing format selected"
        help
          None of the available tracing formats is selected.

config PERCEPIO_TRACERECORDER
        bool "Percepio Tracealyzer support"
        select THREAD_NAME
        select INIT_STACKS
        select THREAD_MONITOR
        depends on ZEPHYR_TRACERECORDER_MODULE

config SEGGER_SYSTEMVIEW
        bool "Segger SystemView support"
        select CONSOLE
        select RTT_CONSOLE
        select USE_SEGGER_RTT
        select THREAD_MONITOR
        select SEGGER_RTT_CUSTOM_LOCKING

config TRACING_CTF
        bool "Tracing via Common Trace Format support"
        select TRACING_CORE
        help
          Enable tracing to a Common Trace Format stream.

config TRACING_TEST
```

(下页继续)

(续上页)

```
        bool "Tracing for test usage"
        select TRACING_CORE
        help
          Enable tracing for testing kinds of format purpose. It must
          implement the tracing hooks defined in tracing_test.h

config TRACING_USER
        bool "Tracing using user-defined functions"
        help
          Use user-defined functions for tracing task switching and irqs
```

下图为 Zephyr Tracing 框架概览:

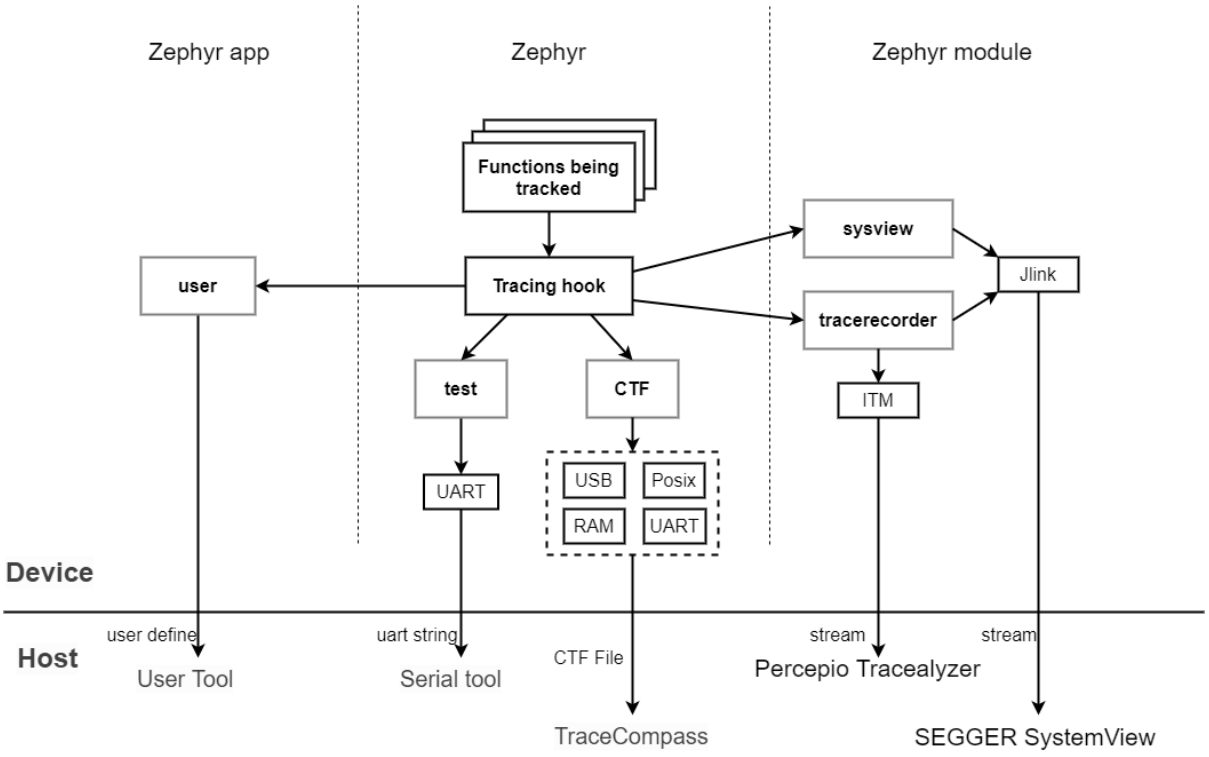


图 77: Zephyr Tracing 框架

1.1 SystemView

SystemView 是 Segger 的一个 trace 工具，虽然 SystemView 支持 Uart 和 IP 作为通信方式，但目前 Zephyr 只支持 Jlink RTT 向上位机传送 tracing 数据流。

SystemView 的代码路径:

```
modules/debug/segger: Segger sysview 源代码
zephyr/modules/segger: 对 Segger sysview 进行初始化
zephyr/subsys/tracing/sysview: 对 Segger sysview 进行配置，将 Segger sysview 的 API 封装成 zephyr
使用的 tracing API
sysview 实现了 Zephyr 所有的 tracing API
```

1.2 Tracealyzer

tracerecorder 按照自己的格式将数据送给上位机的 Tracealyzer，目前支持 Jlink 的 RTT 和 ARM ITM 传送数据流。tracerecorder 的代码路径:

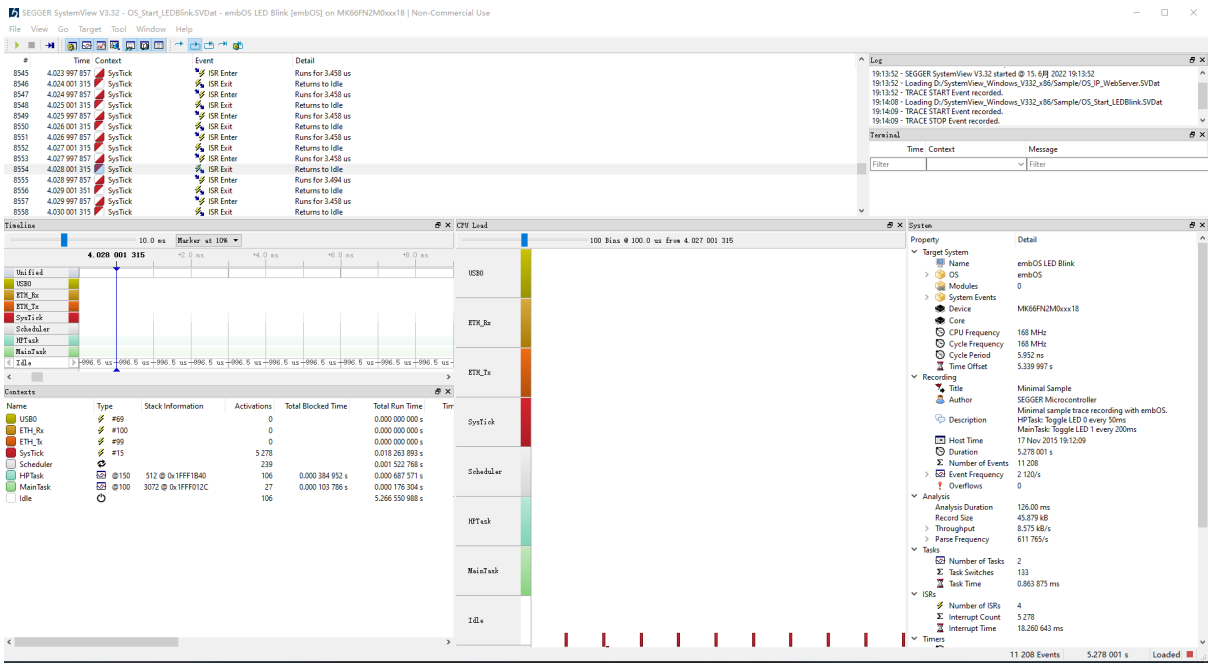


图 78: Segger SYstemView 软件界面

```
modules/debug/TraceRecoder: TraceRecoder 的源代码，其中 kernelports/Zephyr/streamports 是 Zephyr
支持的，目前只有 RTT 和 ARM ITM
zephyr/modules/traceRecoder: 构建文件
zephyr 对 traceRecoder 的封装都在外部模块中
tracerecorder 实现了 Zephyr 所有的 tracing API
```

其中关于 zephyr 中使用 Tracealyzer 的官方使用说明:

getting-started-with-tracealyzer-for-zephyr-rtos

1.3 CTF (Common Trace Format)

CTF 是 Zephyr 根据CTF 标准格式实现的，支持同步和异步 trace，trace 的后端有 4 种:

- ram: 保存在 ram 中
- uart: 通过 uart 传输
- usb: 通过 USB 传输
- posix: 保存到文件系统

CTF 的代码路径: zephyr/subsys/tracing/ Zephyr trace 核心代码和 backend 实现，只对接 CTF zephyr/subsys/tracing/CTF CTF event 实现和 trace API 封装 CTF 只实现了上下文切换，isr 出入，idle 和部分 thread 的 trace API

其中 babeltrace 需要在 linux 环境下运行；TraceCompass 是 eclipse 出品的免费工具，如下图:

TraceCompass的支持如下:

Multiple trace formats supported

- Common Trace Format(CTF), including but not limited to:
  - Linux LTTng kernel traces
  - Linux LTTng-UST userspace traces

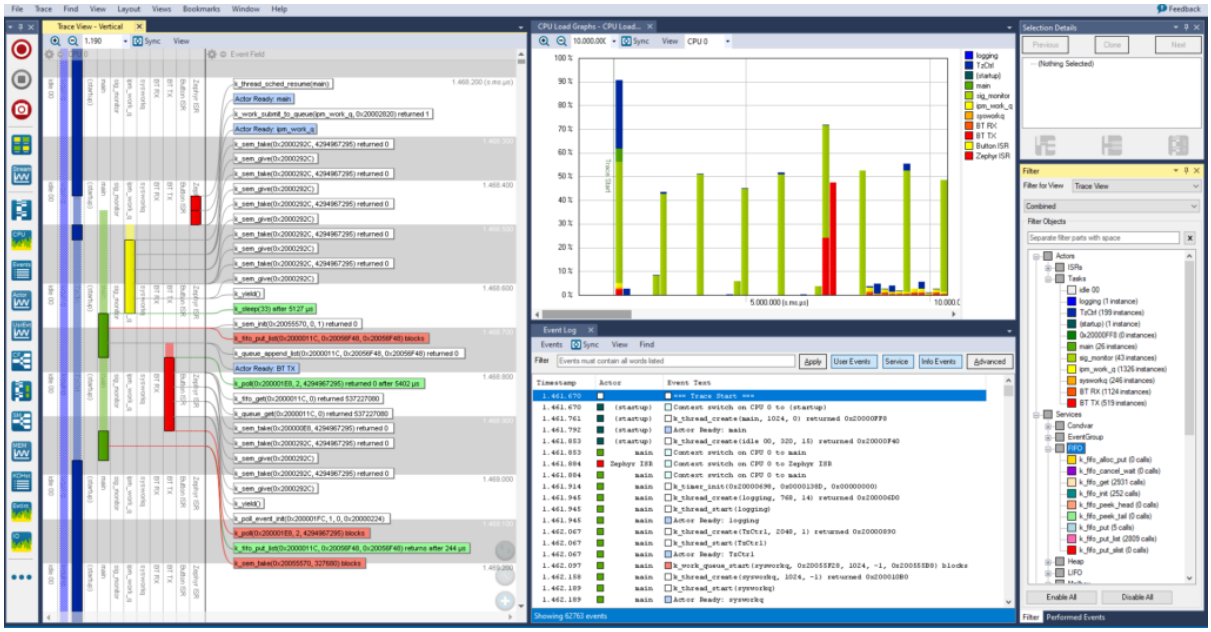


图 79: Tracealyzer 软件界面

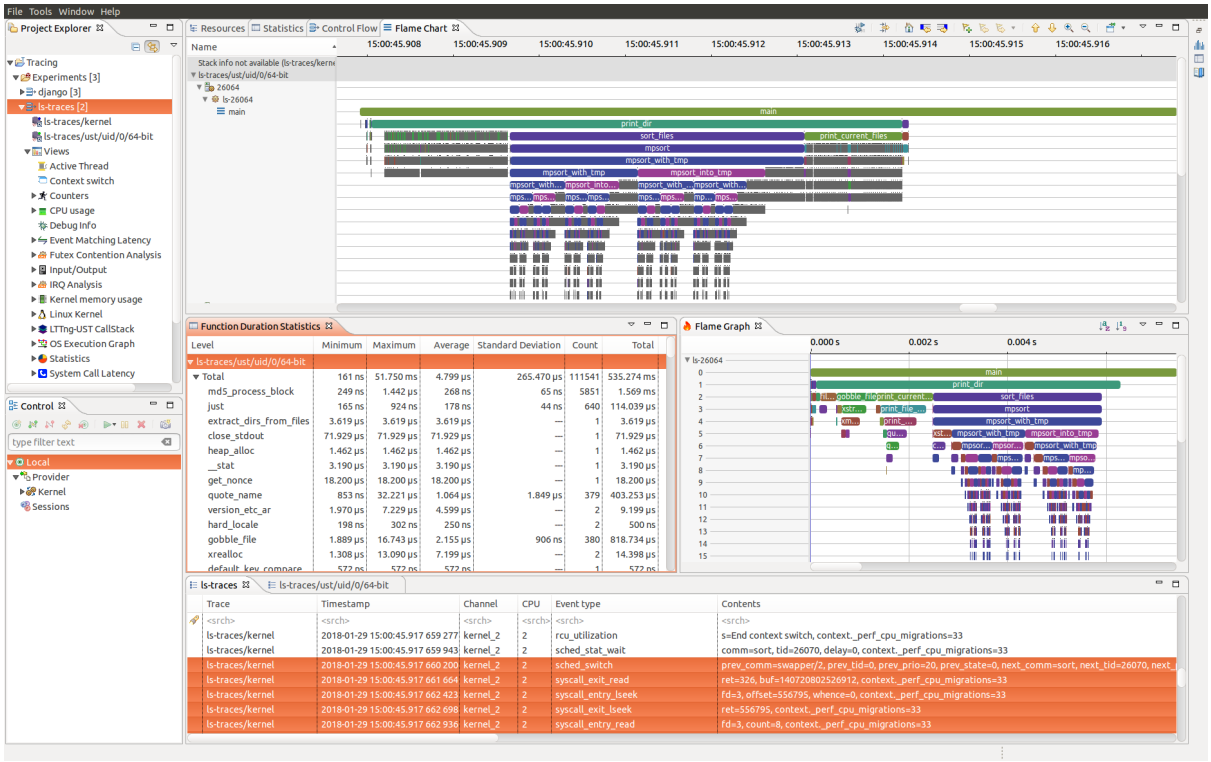


图 80: TraceCompass 软件界面

  - Linux Perf traces converted to CTF
  - Bare metal traces
  - Integration with the LTTng-Analyses scripts
- Hardware traces (e.g. IEEE Nexus 5001 CTF conversion). See also this link.
- GDB traces for debugging
- The Best Trace Format (BTF) for OSEK
- The libpcap (Packet CAPture) format, for network traces
- Custom text or XML parsers that can be added right from the graphical interface by the user
- Can be extended to support various log or trace files.
- Provided by the TraceCompass Incubator:
  - Linux FTrace raw textual format
  - Google’ s trace event json format
  - Additional Linux Perf2ctf traces features
  - Android traces
  - UFtrace format

For more information, see the Trace Compass datasheet.

1.4 test

test 用于，钩子函数中只有打印。user 的代码路径：zephyr/subsys/tracing/test

```
void sys_trace_k_thread_switched_out(void)
{
        struct k_thread *thread;

        thread = k_current_get();
        TRACING_STRING("%s: %p\n", __func__, thread);
}
```

4.8.2 2 Tracing 不同目标

2.1 Tracing 目标类型

下面 17 项是对 tracing 对象的选择，默认为选中，当配置为 n 时将不会在该对象中埋入 hook API，**所以当我们关注某一类的特定目标对象时可以关闭一些不需要** tracing **的对象，以免数据过多导致** Segger Sysview Overflow：

- SYSCALL
- THREAD
- WORK
- ISR
- SEMAPHORE
- MUTEX
- CONDVAR
- QUEUE
- FIFO

- LIFO
- STACK
- MESSAGE_QUEUE
- MAILBOX
- PIPE
- HEAP
- MEMORY_SLAB
- TIMER

```
config SYSCALL_TRACING
        bool "Enable tracing Syscalls"
        default y
        help
          Enable tracing Syscalls.

config TRACING_THREAD
        bool "Enable tracing Threads"
        default y
        help
          Enable tracing Threads.

config TRACING_WORK
        bool "Enable tracing Work"
        default y
        help
          Enable tracing Work and Work queue events

config TRACING_ISR
        bool "Enable tracing ISRs"
        default y
        help
          Enable tracing ISRs. This requires the backend to be
          very low-latency.

config TRACING_SEMAPHORE
        bool "Enable tracing Semaphores"
        default y
        help
          Enable tracing Semaphores.

config TRACING_MUTEX
        bool "Enable tracing Mutexes"
        default y
        help
          Enable tracing Mutexes.

config TRACING_CONDVAR
        bool "Enable tracing Condition Variables"
        default y
        help
          Enable tracing Condition Variables

config TRACING_QUEUE
        bool "Enable tracing Queues"
        default y
        help
          Enable tracing Queues.
```

(下页继续)

(续上页)

```
config TRACING_FIFO
        bool "Enable tracing FIFO queues"
        default y
        help
          Enable tracing FIFO queues.

config TRACING_LIFO
        bool "Enable tracing LIFO queues"
        default y
        help
          Enable tracing LIFO queues.

config TRACING_STACK
        bool "Enable tracing Memory Stacks"
        default y
        help
          Enable tracing Memory Stacks.

config TRACING_MESSAGE_QUEUE
        bool "Enable tracing Message Queues"
        default y
        help
          Enable tracing Message Queues.

config TRACING_MAILBOX
        bool "Enable tracing Mailboxes"
        default y
        help
          Enable tracing Mailboxes.

config TRACING_PIPE
        bool "Enable tracing Pipes"
        default y
        help
          Enable tracing Pipes.

config TRACING_HEAP
        bool "Enable tracing Memory Heaps"
        default y
        help
          Enable tracing Memory Heaps.

config TRACING_MEMORY_SLAB
        bool "Enable tracing Memory Slabs"
        default y
        help
          Enable tracing Memory Slabs.

config TRACING_TIMER
        bool "Enable tracing Timers"
        default y
        help
          Enable tracing Timers.
```

2.2 Zephyr 中 Tracing 使用的 Hook 宏

所有被 trace 内核对象中都是调用下面 9 个宏进行 hook:

```
SYS_PORT_TRACING_FUNC(type, func, ...)
SYS_PORT_TRACING_FUNC_ENTER(type, func, ...)
```

(下页继续)

(续上页)

```
SYS_PORT_TRACING_FUNC_BLOCKING(type, func, ...)
SYS_PORT_TRACING_FUNC_EXIT(type, func, ...)
SYS_PORT_TRACING_OBJ_INIT(obj_type, obj, ...)
SYS_PORT_TRACING_OBJ_FUNC(obj_type, func, obj, ...)
SYS_PORT_TRACING_OBJ_FUNC_ENTER(obj_type, func, obj, ...)
SYS_PORT_TRACING_OBJ_FUNC_BLOCKING(obj_type, func, obj, timeout, ...)
SYS_PORT_TRACING_OBJ_FUNC_EXIT(obj_type, func, obj, ...)

#define SYS_PORT_TRACING_TYPE_MASK(type, trace_call) \
        _SYS_PORT_TRACING_TYPE_MASK(type)(trace_call)

#define SYS_PORT_TRACING_FUNC(type, func, ...) \
        do { \
                _SYS_PORT_TRACING_FUNC(type, func)(__VA_ARGS__); \
        } while (false)

#define SYS_PORT_TRACING_FUNC_ENTER(type, func, ...) \
        do { \
                _SYS_PORT_TRACING_FUNC_ENTER(type, func)(__VA_ARGS__); \
        } while (false)

#define SYS_PORT_TRACING_FUNC_BLOCKING(type, func, ...) \
        do { \
                _SYS_PORT_TRACING_FUNC_BLOCKING(type, func)(__VA_ARGS__); \
        } while (false)

#define SYS_PORT_TRACING_FUNC_EXIT(type, func, ...) \
        do { \
                _SYS_PORT_TRACING_FUNC_EXIT(type, func)(__VA_ARGS__); \
        } while (false)

#define SYS_PORT_TRACING_OBJ_INIT(obj_type, obj, ...) \
        do { \
                SYS_PORT_TRACING_TYPE_MASK(obj_type, \
                        _SYS_PORT_TRACING_OBJ_INIT(obj_type)(obj, ##__VA_ARGS__)); \
        } while (false)

#define SYS_PORT_TRACING_OBJ_FUNC(obj_type, func, obj, ...) \
        do { \
                SYS_PORT_TRACING_TYPE_MASK(obj_type, \
                        _SYS_PORT_TRACING_OBJ_FUNC(obj_type, func)(obj, ##__VA_ARGS__)); \
        } while (false)

#define SYS_PORT_TRACING_OBJ_FUNC_ENTER(obj_type, func, obj, ...) \
        do { \
                SYS_PORT_TRACING_TYPE_MASK(obj_type, \
                        _SYS_PORT_TRACING_OBJ_FUNC_ENTER(obj_type, func)(obj, ##__VA_ARGS__));␣
↪\
        } while (false)

#define SYS_PORT_TRACING_OBJ_FUNC_BLOCKING(obj_type, func, obj, timeout, ...) \
        do { \
                SYS_PORT_TRACING_TYPE_MASK(obj_type, \
                        _SYS_PORT_TRACING_OBJ_FUNC_BLOCKING(obj_type, func) \
                        (obj, timeout, ##__VA_ARGS__)); \
        } while (false)

#define SYS_PORT_TRACING_OBJ_FUNC_EXIT(obj_type, func, obj, ...) \
        do { \
                SYS_PORT_TRACING_TYPE_MASK(obj_type, \
                        _SYS_PORT_TRACING_OBJ_FUNC_EXIT(obj_type, func)(obj, ##__VA_ARGS__)); \
```

(下页继续)

(续上页)

```
        } while (false)

/* Helper macros used by the extended tracing system
 */
#define _SYS_PORT_TRACING_TYPE_MASK(type) \
        sys_port_trace_type_mask_ ## type
#define _SYS_PORT_TRACING_FUNC(name, func) \
        sys_port_trace_ ## name ## _ ## func
#define _SYS_PORT_TRACING_FUNC_ENTER(name, func) \
        sys_port_trace_ ## name ## _ ## func ## _enter
#define _SYS_PORT_TRACING_FUNC_BLOCKING(name, func) \
        sys_port_trace_ ## name ## _ ## func ## _blocking
#define _SYS_PORT_TRACING_FUNC_EXIT(name, func) \
        sys_port_trace_ ## name ## _ ## func ## _exit
#define _SYS_PORT_TRACING_OBJ_INIT(name) \
        sys_port_trace_ ## name ## _init
#define _SYS_PORT_TRACING_OBJ_FUNC(name, func) \
        sys_port_trace_ ## name ## _ ## func
#define _SYS_PORT_TRACING_OBJ_FUNC_ENTER(name, func) \
        sys_port_trace_ ## name ## _ ## func ## _enter
#define _SYS_PORT_TRACING_OBJ_FUNC_BLOCKING(name, func) \
        sys_port_trace_ ## name ## _ ## func ## _blocking
#define _SYS_PORT_TRACING_OBJ_FUNC_EXIT(name, func) \
        sys_port_trace_ ## name ## _ ## func ## _exit
```

这些宏最终转换成一个函数名称，同时传入一些需要调试的参数。注意：这些宏中 type,func 不可随意填，需要和系统实现有关，反则会导致编译一个未定义的函数而报错。

```
/* sched_spinlock must be held */
static void add_to_waitq_locked(struct k_thread *thread, _wait_q_t *wait_q)
{
        unready_thread(thread);
        z_mark_thread_as_pending(thread);

        SYS_PORT_TRACING_FUNC(k_thread, sched_pend, thread);

        if (wait_q != NULL) {
                thread->base.pended_on = wait_q;
                z_priq_wait_add(&wait_q->waitq, thread);
        }
}
```

以上述代码为例：

`SYS_PORT_TRACING_FUNC(k_thread, sched_pend, thread);` 首先会已 type 和 func 组成一个函数名 `sys_port_trace_k_thread_sched_pend`, 然后将 thread 作为参数传入，thread 也就是正常 tracing 中需要跟踪的一些系统变量，一般情况下 zephyr 已经为我们做好处理了:

```
#define sys_port_trace_k_thread_sched_pend(thread)                              ␣
↪     \
        SEGGER_SYSVIEW_OnTaskStopReady((uint32_t)(uintptr_t)thread, 3 << 3)
```

以 segger sysview 为例：从上面展开我们可以看到，`sys_port_trace_k_thread_sched_pend` 最终会调用 segger sysview 已经定义好的 tracing 函数，详细的可以参考 segger sysview 中的 mannual 手册，会有具体 API 的介绍。

4.8.3 3 SystemView 使用介绍

3.1 Zephyr 对于 SystemView 的实现

Zephyr 中对于一些系统跟踪也不是都实现的，详细可以查看：`zephyr\subsys\tracing\sysview\tracing_sysview.h`

以其中一段为例：

```
#define sys_port_trace_k_lifo_init_enter(lifo)                                  ␣
↪    \
       SEGGER_SYSVIEW_RecordU32(TID_LIFO_INIT, (uint32_t)(uintptr_t)lifo)

#define sys_port_trace_k_lifo_init_exit(lifo) SEGGER_SYSVIEW_RecordEndCall(TID_LIFO_INIT)

#define sys_port_trace_k_lifo_put_enter(lifo, data)                             ␣
↪    \
       SEGGER_SYSVIEW_RecordU32x2(TID_LIFO_PUT, (uint32_t)(uintptr_t)lifo,      ␣
↪    \
                                  (uint32_t)(uintptr_t)data)

#define sys_port_trace_k_lifo_put_exit(lifo, data) SEGGER_SYSVIEW_RecordEndCall(TID_LIFO_PUT)

#define sys_port_trace_k_lifo_alloc_put_enter(lifo, data)                       ␣
↪    \
       SEGGER_SYSVIEW_RecordU32x2(TID_LIFO_ALLOC_PUT, (uint32_t)(uintptr_t)lifo,  ␣
↪    \
                                  (uint32_t)(uintptr_t)data)
#define sys_port_trace_k_lifo_alloc_put_exit(lifo, data, ret)                   ␣
↪    \
       SEGGER_SYSVIEW_RecordEndCall(TID_LIFO_ALLOC_PUT)

#define sys_port_trace_k_lifo_get_enter(lifo, timeout)                          ␣
↪    \
       SEGGER_SYSVIEW_RecordU32x2(TID_LIFO_GET, (uint32_t)(uintptr_t)lifo, (uint32_t)timeout.
↪ticks)
#define sys_port_trace_k_lifo_get_exit(lifo, timeout, ret)                      ␣
↪    \
       SEGGER_SYSVIEW_RecordEndCall(TID_LIFO_GET)

#define sys_port_trace_k_stack_init(stack)
#define sys_port_trace_k_stack_alloc_init_enter(stack)
#define sys_port_trace_k_stack_alloc_init_exit(stack, ret)
#define sys_port_trace_k_stack_cleanup_enter(stack)
#define sys_port_trace_k_stack_cleanup_exit(stack, ret)
#define sys_port_trace_k_stack_push_enter(stack)
#define sys_port_trace_k_stack_push_exit(stack, ret)
#define sys_port_trace_k_stack_pop_enter(stack, timeout)
#define sys_port_trace_k_stack_pop_blocking(stack, timeout)
#define sys_port_trace_k_stack_pop_exit(stack, timeout, ret)
```

我们可以看到对于 k_stack 在 sysview 中是没有做相关实现的，具体相关实现还是要看该文档，但是在 tracerecorder (Tracealyzer) 中是有相关实现的 `modules\debug\TraceRecorder\kernelports\Zephyr\include\tracing_tracerecorder.h`。所以有些情况，比如说我们看 stack 的实时分析时，我们需要自己做实现或者换个分析工具看看。

3.2 如何自定义的 Tracing 信号

首先我们可以继续参考 `zephyr\subsys\tracing\sysview\tracing_sysview.h`

比如以 timer 示例：

```
#define sys_port_trace_k_timer_start(timer)                                    ␣
↪    \
        SEGGER_SYSVIEW_RecordU32(TID_TIMER_START, (uint32_t)(uintptr_t)timer)
```

sys_port_trace_k_timer_start 会调用 SEGGER_SYSVIEW_RecordU32，同时会传入一个 TID_TIMER_START，后面的 timer 是我们传入的一个 32 位值：

```
Description
Formats and sends a SystemView packet containing a single U32 parameter payload.

Prototype
void SEGGER_SYSVIEW_RecordU32(unsigned int EventID,U32 Value);

Parameter Description:
EventID        SystemView event ID.
Value        The 32-bit parameter encoded to SystemView packet payload.
```

TID_TIMER_START: #define TID_TIMER_START (56u + TID_OFFSET)，其中 #define TID_OFFSET (32u)，意思就是在 32 的基础再加一个值就是我们的要传入的一个 event id,zephyr 中已经使用到 127+32 了，所以我们自定义事件的话 event id 的话要在这个后面自己添加 TID_PM_DEVICE_DISABLE。

```
#define TID_PM_SUSPEND (124u + TID_OFFSET)
#define TID_PM_DEVICE_REQUEST (125u + TID_OFFSET)
#define TID_PM_DEVICE_ENABLE (126u + TID_OFFSET)
#define TID_PM_DEVICE_DISABLE (127u + TID_OFFSET)
/* latest ID is 127 */
```

segger sysview api 详情参考 UM08027_SystemView.pdf

- SEGGER_SYSVIEW_RecordVoid(): 无参数传入
- SEGGER_SYSVIEW_RecordU32(): 传入 1 个 32 值
- SEGGER_SYSVIEW_RecordU32x2()): 传入 2 个 32 值
- SEGGER_SYSVIEW_RecordU32x3()): 传入 3 个 32 值
- SEGGER_SYSVIEW_RecordU32x4()): 传入 4 个 32 值
- SEGGER_SYSVIEW_RecordU32x5()): 传入 5 个 32 值
- SEGGER_SYSVIEW_RecordU32x6()): 传入 6 个 32 值
- SEGGER_SYSVIEW_RecordU32x7()): 传入 7 个 32 值
- SEGGER_SYSVIEW_RecordU32x8()): 传入 8 个 32 值
- SEGGER_SYSVIEW_RecordU32x9()): 传入 9 个 32 值
- SEGGER_SYSVIEW_RecordU32x10()): 传入 10 个 32 值
- SEGGER_SYSVIEW_RecordString(): 传入字符串
- SEGGER_SYSVIEW_RecordEndCall(): 传入一个 API 调用结束的信号 End API Call event
- SEGGER_SYSVIEW_RecordEndCallU32(): 传入一个 API 调用结束的信号 End API Call event，带 32 位返回值

```
#define sys_port_trace_k_thread_foreach_enter() SEGGER_SYSVIEW_RecordVoid(TID_THREAD_FOREACH)

#define sys_port_trace_k_thread_foreach_exit() SEGGER_SYSVIEW_RecordEndCall(TID_THREAD_FOREACH)

void z_impl_k_thread_suspend(struct k_thread *thread)
{
        SYS_PORT_TRACING_OBJ_FUNC_ENTER(k_thread, suspend, thread);
```

(下页继续)

(续上页)

```
        (void)z_abort_thread_timeout(thread);

        LOCKED(&sched_spinlock) {
                if (z_is_thread_queued(thread)) {
                        dequeue_thread(&_kernel.ready_q.runq, thread);
                }
                z_mark_thread_as_suspended(thread);
                update_cache(thread == _current);
        }

        if (thread == _current) {
                z_reschedule_unlocked();
        }

        SYS_PORT_TRACING_OBJ_FUNC_EXIT(k_thread, suspend, thread);
}
```

同时 SEGGER_SYSVIEW_RecordEndCall 我们就可以显示这个函数结束的信号，这样就可以知道函数执行了多长时间。

3.3 在代码添加我们自定义事件

3.3.1 在项目 prj.conf 中添加 sysview 使能配置

```
# enable to use thread names
CONFIG_THREAD_NAME=y
CONFIG_SEGGER_SYSTEMVIEW=y
CONFIG_USE_SEGGER_RTT=y
CONFIG_TRACING=y
# enable for post-mortem tracing
CONFIG_SEGGER_SYSVIEW_POST_MORTEM_MODE=n
```

3.3.2 首先包含头文件和定义好自定义事件 ID

```
#include <SEGGER_SYSVIEW.h>
#define MY_TEST_TID (128u + TID_OFFSET)        /** 此处定义为 128 起始，127 之前已经被 zephyr 使
用 *，128+32 = 160，此处 Event ID 为 160/
```

3.3.3 在代码中添加自己的事件触发

```
static void tx_free(struct bt_conn_tx *tx)
{
        tx->cb = NULL;
        tx->user_data = NULL;
        tx->pending_no_cb = 0U;
        SEGGER_SYSVIEW_RecordVoid(MY_TEST_TID);
        k_fifo_put(&free_tx, tx);
        SEGGER_SYSVIEW_RecordEndCall(MY_TEST_TID);
}
```

打开 segger SystemView 中菜单栏选择 Target，在下拉列表中选择 Start Recording，然后在通信方式中选择选择 jlink, 最后配置 jlink：

自定义的事件显示效果如下图，我们定义的事件 ID 是 160（此处定义为 128 起始，127 之前已经被 zephyr 使用 *，128+32 = 160，此处 Event ID 为 160）：

3.3.4 添加事件的描述性文本

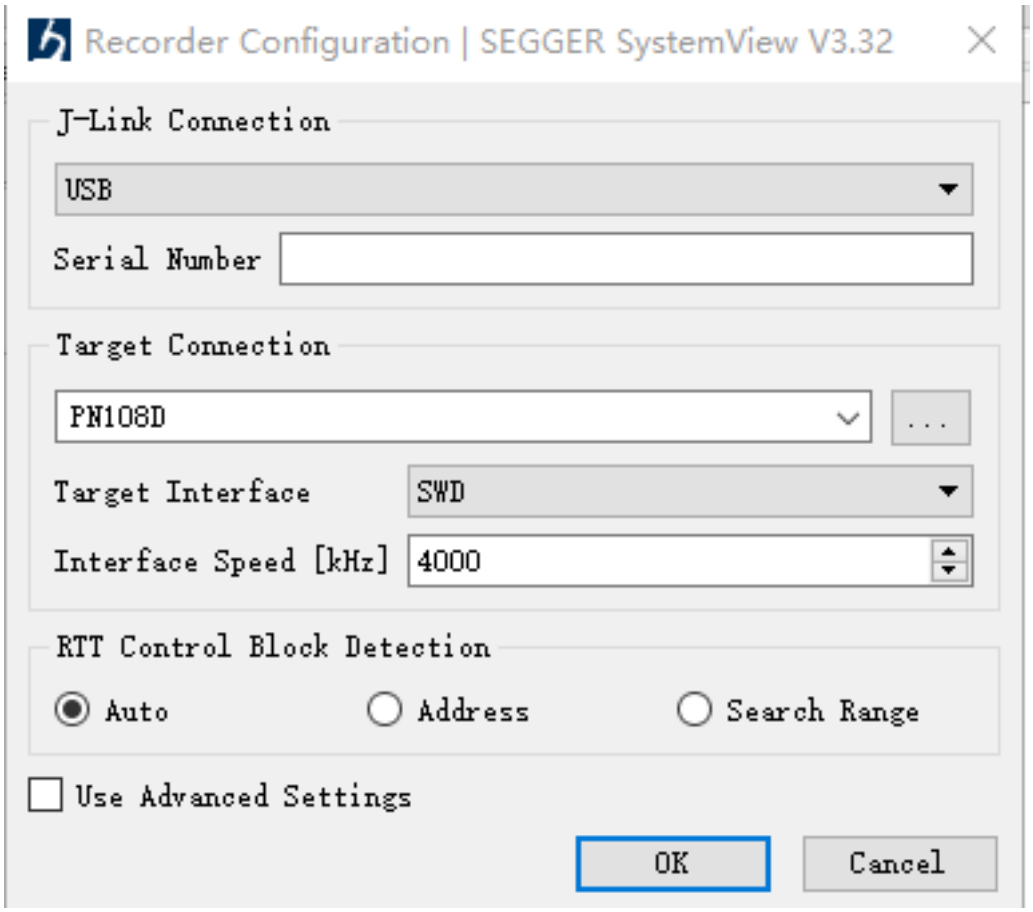


图 81: SystemView Jlink 配置界面

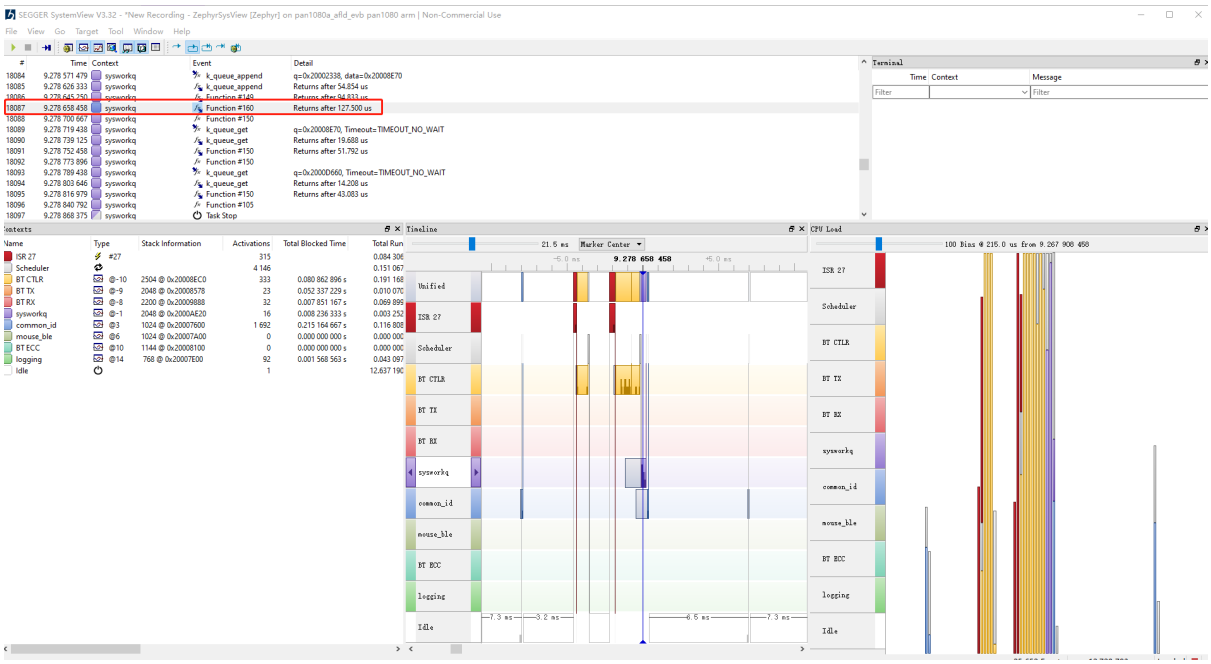


图 82: SystemView Custom Event

- 在 SystemView 安装目录下 SystemView_Windows_V332_x86\Description 文件夹中找到 SYSVIEW_Zephyr.txt(SystemView 会根据 RTT 传入的系统参数自动在./Description/SYSVIEW_*.txt 找到相应的文件)，打开该文件添加自自定义函数的描述，我们在此处添加了一个 tx_free，因为我们没有传入任何参数，所以比较简单，这里传参也比较简单，可以参考其他定义的信号：

```
92  k_timer_user_data_get       timer=%I
↪                                   | Returns %p
93  timer->expiry_fn            timer=%I
94  timer->stop_fn              timer=%I
160  tx_free
```

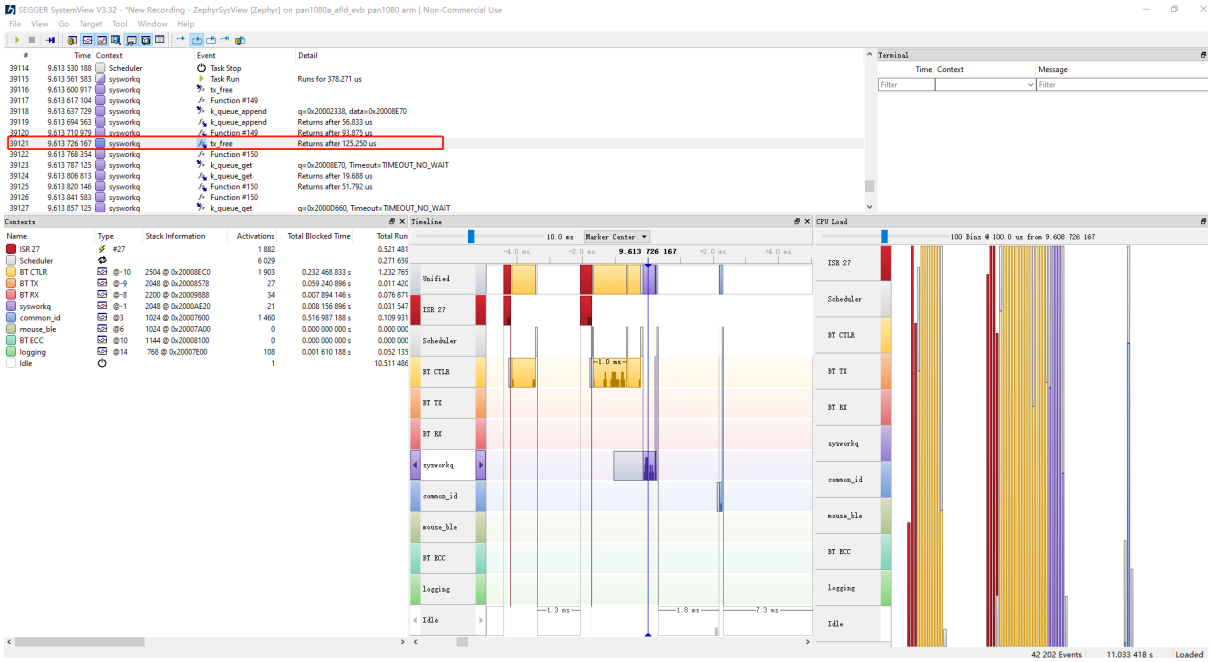


图 83: 显示自定义的事件描述信息

3.4 在自定义信号中添加传值

在 SYSVIEW_Zephyr.txt 中 tx_free 添加 test=%u

```
92  k_timer_user_data_get       timer=%I
↪                                   | Returns %p
93  timer->expiry_fn            timer=%I
94  timer->stop_fn              timer=%I
160  tx_free              call count=%u
```

在测试代码中添加记录 tx_free 调用次数的传参：

```
static uint32_t test_cnt = 0;
static void tx_free(struct bt_conn_tx *tx)
{
        test_cnt++;
        tx->cb = NULL;
        tx->user_data = NULL;
        tx->pending_no_cb = 0U;
        SEGGER_SYSVIEW_RecordU32(MY_TEST_TID, test_cnt);
        k_fifo_put(&free_tx, tx);
        SEGGER_SYSVIEW_RecordEndCall(MY_TEST_TID);
}
```

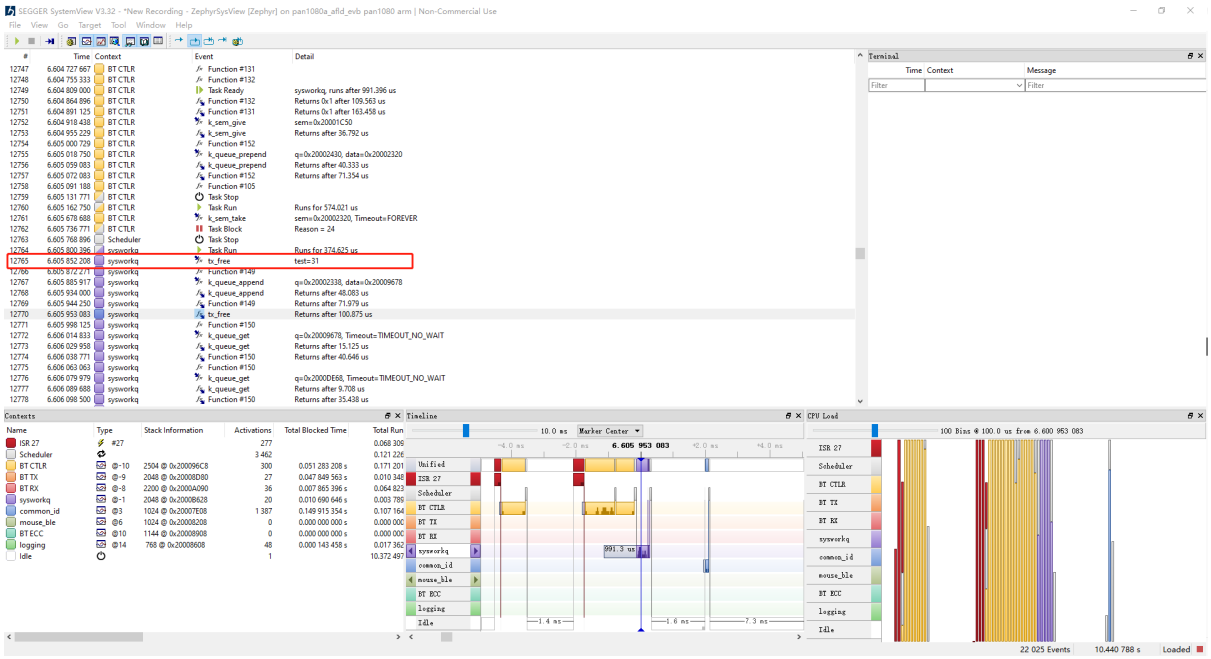


图 84: 在自定义信号中添加传值

3.5 在自定义信号中添加字符串

```
#include <SEGGER_SYSVIEW.h>        //step1: 添加包含的头文件
#define CONNECTED_TID (130u + TID_OFFSET)        //step2: 定义 ID

static void connected(struct bt_conn *conn, uint8_t err)
{
        SEGGER_SYSVIEW_RecordString(CONNECTED_TID,"connected"); //step3: 添加传递字符串

        char addr[BT_ADDR_LE_STR_LEN];

        bt_addr_le_to_str(bt_conn_get_dst(conn), addr, sizeof(addr));

        if (err) {
                LOG_ERR("Failed to connect to %s (%u)", log_strdup(addr), err);
                return;
        }

        const struct bt_le_conn_param *param = BT_LE_CONN_PARAM(6,
                                                                6,
                                                                0,
                                                                100);
        bt_conn_le_param_update(conn, param);

        LOG_INF("Connected %s", log_strdup(addr));

        if (bt_conn_set_security(conn, BT_SECURITY_L2)) {
                LOG_ERR("Failed to set security");
        }
}
```

在`SYSVIEW_Zephyr.txt`中添加信号描述,162 为添加的信号:

```
94  timer->stop_fn              timer=%I
160  tx_free              test=%u
```

(下页继续)

(续上页)

```
161  pan_ble_handle
162  connected              desc:%s
```

效果截图:

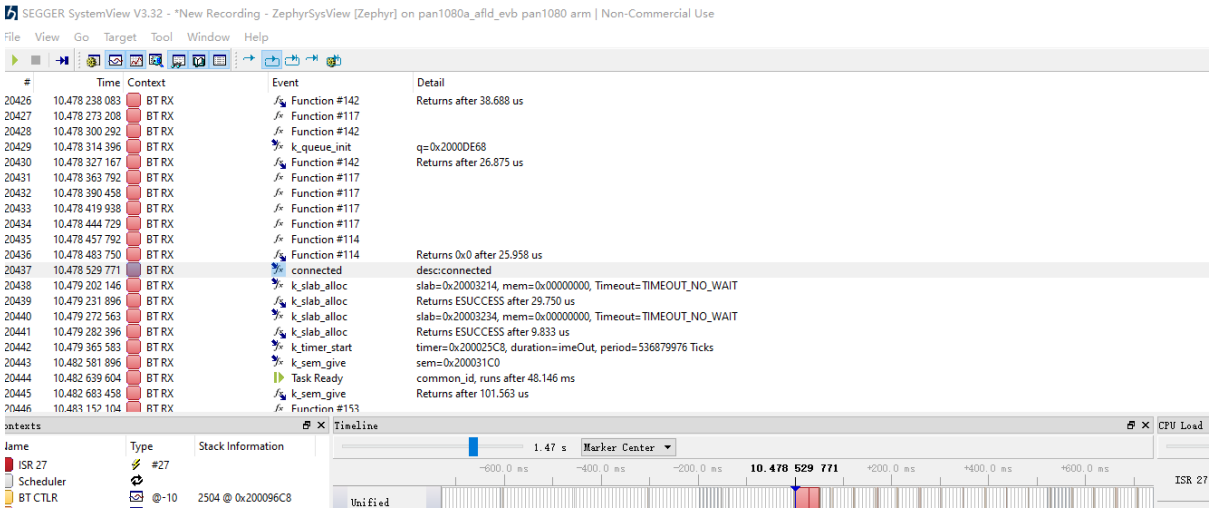


图 85: 在自定义信号中添加字符串

3.6 在第三方 lib 中添加事件

```
#define TID_OFFSET (32u)
#define PAN_BLE_HANDLE_TID (129u + TID_OFFSET)
extern void SEGGER_SYSVIEW_RecordVoid                    (unsigned int EventId);
extern void SEGGER_SYSVIEW_RecordEndCall                 (unsigned int EventID);

void pan_ble_handle(void)
{
        SEGGER_SYSVIEW_RecordVoid(PAN_BLE_HANDLE_TID);
       XXX_HANDLE();
    SEGGER_SYSVIEW_RecordEndCall(PAN_BLE_HANDLE_TID);
}
```

在 SYSVIEW_Zephyr.txt 中添加信号描述,161 为添加的信号:

```
92  k_timer_user_data_get      timer=%I
↪                                  | Returns %p
93  timer->expiry_fn           timer=%I
94  timer->stop_fn             timer=%I
160  tx_free              test=%u
161  pan_ble_handle
162  connected              desc:%s
```

效果截图:

4.8.4 4 Tracealyzer 使用介绍

4.1 在项目使能 tracerecoder 功能

使能该配置后可能导致 flash 和 ram 占用更多，以 periheral_hr 为例，flash 增加了约 12K，ram 增加了约 10K。

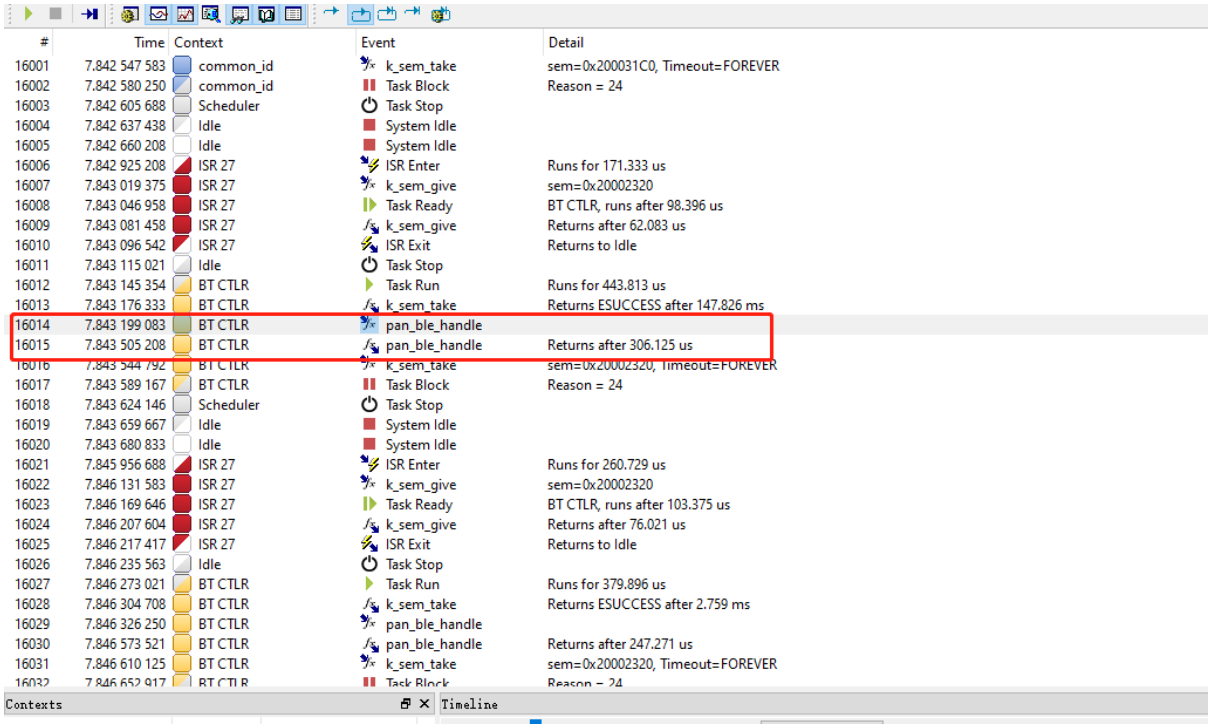


图 86: 在第三方 lib 中添加事件

```
CONFIG_TRACING=y
CONFIG_PERCEPIO_TRACERECORDER=y
```

4.2 Tracealyzer 添加自己的 Jlink 文件

可以直接把常用的 jlink 安装文件夹中的相关文件拷贝到 Tracealyzer 安装目录，覆盖即可，这样 pan1080 的 device 文件就可以直接使用了（Segger Sysview 也是一样）：

- JLink_x64.dll
- JLinkARM.dll
- JLinkDevices.xml
- Devices（文件夹）

4.3 在代码中添加用户自定义事件

1. 使用 `xTraceRegisterString` 注册一个用户事件通道（User Event Channel ）
2. `vTracePrint` 或者 `vTracePrintF` 输出事件信息，第一个参数使用注册的 chn。其中vTracePrint无格式化输出，不传入参数，速度会更快；vTracePrintF支持格式化输出，可以传入不定参数。

```
traceString chn = xTraceRegisterString("MyChannel");
...
vTracePrint(chn, "Hello World!");
vTracePrintF(chn, "Value: %d", myValue);
```

4.4 跟踪中断函数

1. 定义好需要跟踪的中断函数的中断优先级

```
#define PRIO_ISR_HANDLER -4
```

1. 注册中断函数事件：xTraceSetISRProperties，这个函数会返回一个句柄，建议放到一个全局变量中。

```
traceHandle isr_trace_handle = xTraceSetISRProperties("ISRHandle", PRIO_ISR_HANDLER);
```

1. vTraceStoreISRBegin和vTraceStoreISREnd()放到中断函数起始和结束。

```
#define PRIO_ISR_HANDLER -4
...
traceHandle isr_trace_handle = xTraceSetISRProperties("ISRHandle", PRIO_ISR_HANDLER);
...
void ISR_handler(void) {
  vTraceStoreISRBegin(isr_trace_handle);
  ...
  vTraceStoreISREnd(0);
}
```

4.5 Tracealyzer Mannual 链接

Tracealyzer Mannual

4.6 Tracealyzer 下载和注册

该软件为收费版本，下载时可以通过邮箱先申请评估版本（10 天）：

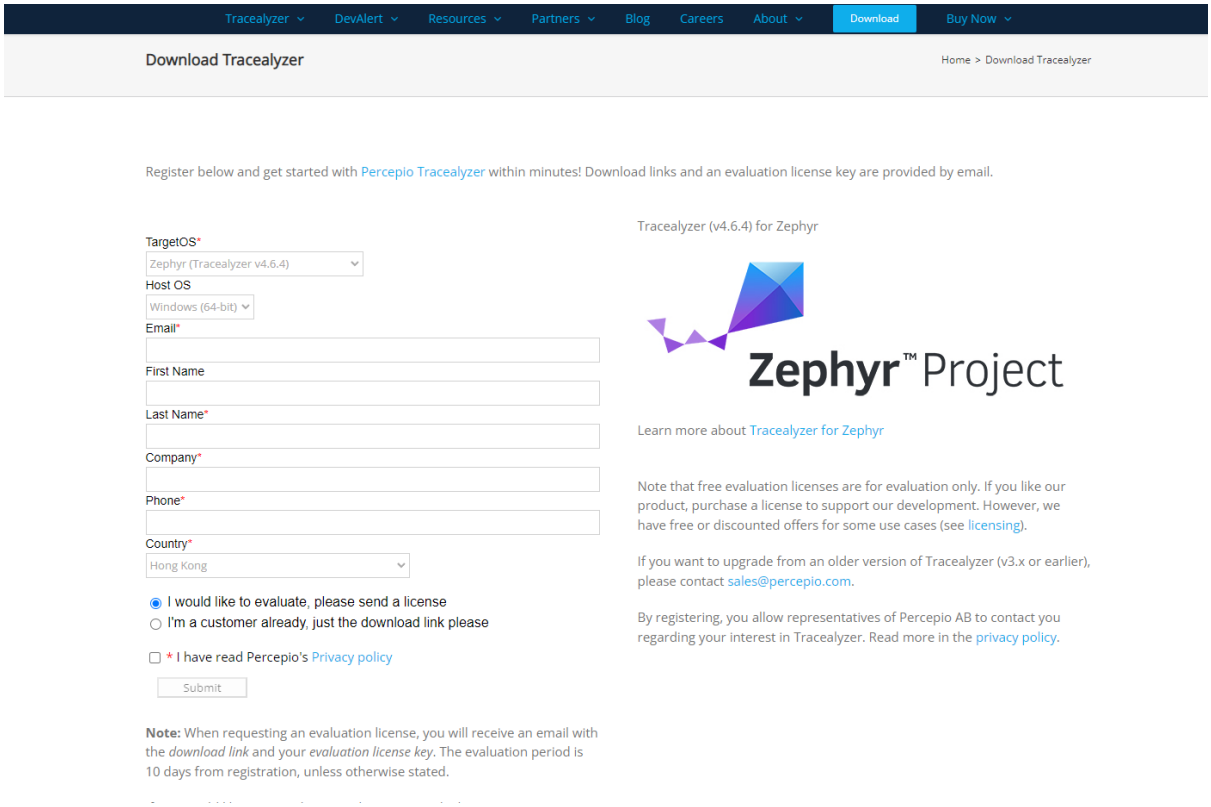


图 87: Tracealyzer 下载注册

4.9 SoC 底层驱动使用指南

提示

1. SoC 底层驱动演示例程请参考 <PAN1080-DK>/03_MCU 目录下的相关工程及说明文档
2. SoC 底层驱动 API 文档请参考: PAN1080 Peripheral API Documentation

4.9.1 1 概述

我们在Zephyr Driver Samples 文档中介绍了 SDK 目前实现的各个 Zephyr Driver 的演示例程。然而，在实际应用中，Zephyr 提供的 Driver API 并不总是能满足我们需求的，原因是：

- Zephyr Driver API 做了高度封装，执行效率会低一些，在时间要求极高的场景下可能无法适用
- Zephyr Driver API 为了通用做了高度抽象，通常只实现了各个外设最常用的功能，一些特殊功能是没有支持的

鉴于以上原因，我们可以选择直接在 Zephyr App 中调用 PAN1080 SoC 的底层驱动来满足我们的需求。

4.9.2 2 底层驱动架构

PAN1080 底层驱动位于 <PAN1080-DK>/01_SDK/modules/hal/panchip/panplat/pan1080/bsp 目录中，一些常用的接口头文件如下：

API 头文件	描述
device/Include/pan_clk.h	Clock and Reset Ctrl Driver APIs
device/Include/pan_efuse.h	eFuse Driver APIs
device/Include/pan_kscan.h	KeyScan Driver APIs
device/Include/pan_qdec.h	Qdec Driver APIs
device/Include/PanSeries.h	SoC 级寄存器定义
peripheral/inc/pan_adc.h	ADC Driver APIs
peripheral/inc/pan_dmac.h	DMA Driver APIs
peripheral/inc/pan_gpio.h	GPIO Driver APIs
peripheral/inc/pan_i2c.h	I2C Driver APIs
peripheral/inc/pan_i2s.h	I2S Driver APIs
peripheral/inc/pan_pwm.h	PWM Driver APIs
peripheral/inc/pan_spi.h	SPI Driver APIs
peripheral/inc/pan_timer.h	TIMER Driver APIs
peripheral/inc/pan_uart.h	UART Driver APIs
peripheral/inc/pan_wdt.h	Watchdog Driver APIs
peripheral/inc/pan_wwdt.h	Window Watchdog Driver APIs

上述这些底层驱动，通过 <PAN1080-DK>/01_SDK/modules/hal/panchip/panplat/pan1080/bsp 目录下的 CMakeLists.txt 脚本导出到 Zephyr：

```
# These include directories would export to Zephyr
zephyr_include_directories(
  device/Include/
  peripheral/inc/
)

zephyr_library_sources(
  device/Source/pan_clk.c
  device/Source/pan_efuse.c
  ...
```

(下页继续)

(续上页)

```
)

zephyr_library_sources_ifdef(CONFIG_USE_PANPLAT_ADC       peripheral/src/pan_adc.c)
zephyr_library_sources_ifdef(CONFIG_USE_PANPLAT_DMAC      peripheral/src/pan_dmac.c)
zephyr_library_sources_ifdef(CONFIG_USE_PANPLAT_FMC       peripheral/src/pan_fmc.c)
zephyr_library_sources_ifdef(CONFIG_USE_PANPLAT_GPIO      peripheral/src/pan_gpio.c)
zephyr_library_sources_ifdef(CONFIG_USE_PANPLAT_I2C       peripheral/src/pan_i2c.c)
zephyr_library_sources_ifdef(CONFIG_USE_PANPLAT_I2S       peripheral/src/pan_i2s.c)
zephyr_library_sources_ifdef(CONFIG_USE_PANPLAT_PWM       peripheral/src/pan_pwm.c)
zephyr_library_sources_ifdef(CONFIG_USE_PANPLAT_SPI       peripheral/src/pan_spi.c)
zephyr_library_sources_ifdef(CONFIG_USE_PANPLAT_TIMER     peripheral/src/pan_timer.c)
zephyr_library_sources_ifdef(CONFIG_USE_PANPLAT_UART      peripheral/src/pan_uart.c)
zephyr_library_sources_ifdef(CONFIG_USE_PANPLAT_WDT       peripheral/src/pan_wdt.c)
zephyr_library_sources_ifdef(CONFIG_USE_PANPLAT_WWDT      peripheral/src/pan_wwdt.c)
zephyr_library_sources_ifdef(CONFIG_USE_PANPLAT_KSCAN     device/Source/pan_kscan.c)
zephyr_library_sources_ifdef(CONFIG_USE_PANPLAT_QDEC      device/Source/pan_qdec.c)
...
```

在 Zephyr 中，使用形如 `CONFIG_USE_PANPLAT_<XXX>` 的 Kconfig 来使能各个底层 Driver，其定义位于 `<PAN1080-DK>/01_SDK/zpehyr/modules/Kconfig.panchip` 配置文件中：

```
...
config USE_PANPLAT_GPIO
        bool
        help
          Enable Panchip General-Purpose-Input-and-Output (GPIO) low-level module driver

config USE_PANPLAT_I2C
        bool
        help
          Enable Panchip Inter-Integrated-Circuit bus (I2C) low-level module driver

config USE_PANPLAT_I2S
        bool
        help
          Enable Panchip Inter-IC Sound (I2S) low-level module driver

config USE_PANPLAT_KSCAN
        bool
        help
          Enable Panchip Key Scan (KSCAN) low-level module driver
...
```

注意，对于 SDK 中默认的 EVB Board 来说，PAN1080 底层 Driver 已经在各个 Board 目录下的 `Kconfig.board` 文件中使用 select 的方式使能，无需再做额外配置：

```
config BOARD_PAN108XXXX_EVB
        bool "PAN108X-XXX Evaluation Board"
        depends on SOC_PAN1080XXX
        select USE_PANPLAT_ACC
        select USE_PANPLAT_ADC
        select USE_PANPLAT_CLKTRIM
        select USE_PANPLAT_DMAC
        select USE_PANPLAT_FMC
        select USE_PANPLAT_GPIO
        select USE_PANPLAT_I2C
        select USE_PANPLAT_I2S
        select USE_PANPLAT_KSCAN
        select USE_PANPLAT_LOWPOWER
        select USE_PANPLAT_PWM
        select USE_PANPLAT_PRF
```

(下页继续)

(续上页)

```
    select USE_PANPLAT_QDEC
    select USE_PANPLAT_SPI
    select USE_PANPLAT_TIMER
    select USE_PANPLAT_UART
    select USE_PANPLAT_USB
    select USE_PANPLAT_WDT
    select USE_PANPLAT_WWDT
    select USE_PANPLAT_EFUSE
```

4.9.3 3 底层驱动调用方法

在 Zephyr App 代码中，调用底层 Driver 的方法很简单：

1. 按照上一小节的介绍，确认底层 Driver 对应的 Config 已经正确配置
2. 在 App 的 C 代码中，包含 `soc.h` 头文件
3. 之后即可直接调用底层 Driver

这里我们举一个简单的例子来说明如何在 Zephyr App 中调用底层驱动。

假设我们想使用 GPIO 输出电平的方式来测量一段代码的执行时间，由于需要尽量减小拉 GPIO 电平本身的时间消耗，因此宜直接调用底层 GPIO Driver 的**位映射**（PDIO）方式直接输出电平，以确保最高效率。

以 basic/blinky Sample 为例：

1. 先在 `main.c` 的起始位置处包含 `soc.h` 头文件：

```
...
#include <soc.h>
```

2. 我们可以看到原始的 `main()` 中共调用了 4 个不同的函数：
   - `device_get_binding()`
   - `gpio_pin_configure()`
   - `gpio_pin_set()`
   - `k_msleep()`

```
void main(void)
{
   const struct device *dev;
   bool led_is_on = true;
   int ret;

   dev = device_get_binding(LED0);
   if (dev == NULL) {
     return;
   }

   ret = gpio_pin_configure(dev, PIN, GPIO_OUTPUT_ACTIVE | FLAGS);
   if (ret < 0) {
     return;
   }

   while (1) {
     gpio_pin_set(dev, PIN, (int)led_is_on);
     led_is_on = !led_is_on;
     k_msleep(SLEEP_TIME_MS);
   }
}
```

3. 接着我们调用底层 GPIO Driver，将 4 根不同的 GPIO pin（P02、P03、P04、P05）配置为推挽输出，然后在待测量的函数执行前将其拉低，执行后将其拉高：

   1. 首先在 main.c 的开头加入头文件：

   ```
   #include <soc.h>
   ```

   2. 然后在 main() 函数起始处配置 GPIO 模式，随后这些 GPIO 引脚开始输出默认的高电平：

   ```
   GPIO_SetMode(P0, BIT2, GPIO_MODE_OUTPUT);
   GPIO_SetMode(P0, BIT3, GPIO_MODE_OUTPUT);
   GPIO_SetMode(P0, BIT4, GPIO_MODE_OUTPUT);
   GPIO_SetMode(P0, BIT5, GPIO_MODE_OUTPUT);
   ```

   3. 接着在每个待测量函数前，将特定 GPIO 引脚拉低，执行完成后将 GPIO 引脚拉高：

   ```
   void main(void)
   {
     const struct device *dev;
     bool led_is_on = true;
     int ret;

     GPIO_SetMode(P0, BIT2, GPIO_MODE_OUTPUT);
     GPIO_SetMode(P0, BIT3, GPIO_MODE_OUTPUT);
     GPIO_SetMode(P0, BIT4, GPIO_MODE_OUTPUT);
     GPIO_SetMode(P0, BIT5, GPIO_MODE_OUTPUT);

     P02 = 0;
     dev = device_get_binding(LED0);
     P02 = 1;

     if (dev == NULL) {
       return;
     }

     P03 = 0;
     ret = gpio_pin_configure(dev, PIN, GPIO_OUTPUT_ACTIVE | FLAGS);
     P03 = 1;

     if (ret < 0) {
       return;
     }

     while (1) {
       P04 = 0;
       gpio_pin_set(dev, PIN, (int)led_is_on);
       P04 = 1;

       led_is_on = !led_is_on;

       P05 = 0;
       k_msleep(SLEEP_TIME_MS);
       P05 = 1;
     }
   }
   ```

   4. 修改完成后，编译烧录至 EVB：

4. 将逻辑分析仪接入 EVB 板的 P02/P03/P04/P05 等 4 个 GPIO 引脚（接入前应先确认这些引脚没有接到其他模块上），然后分别观察 4 个波形：

   1. 从 P02 引脚捕获到的波形如下：

      其中：

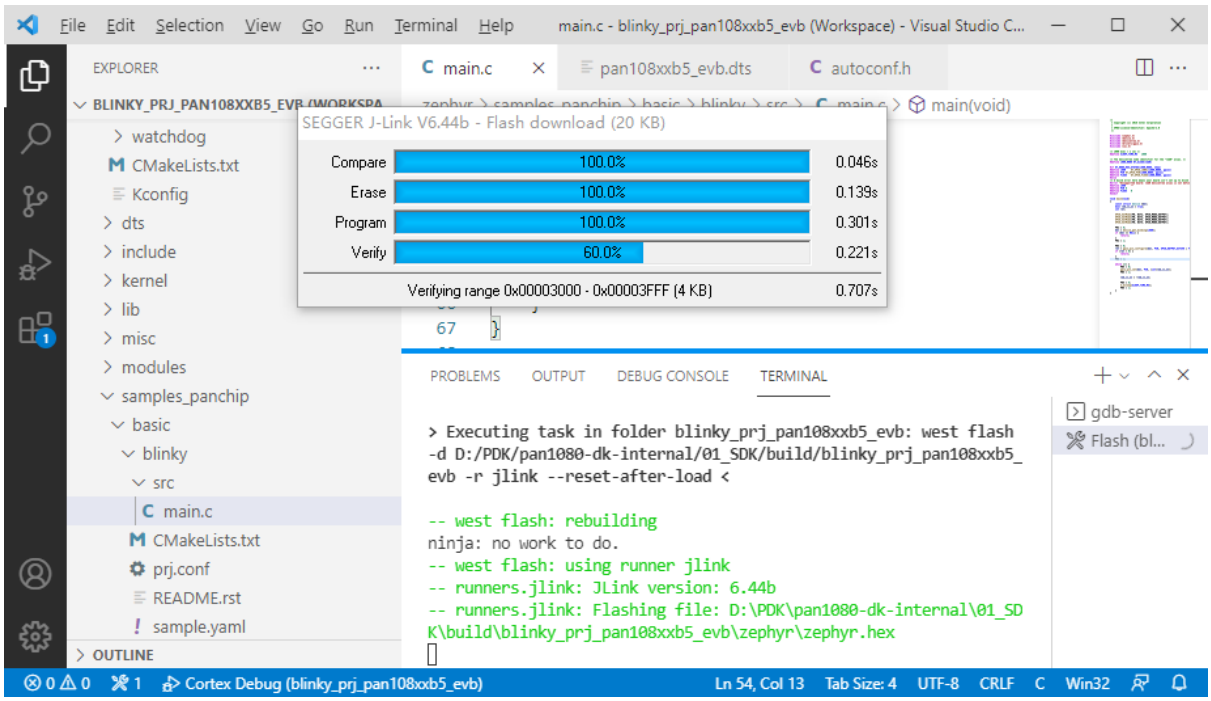


图 88: 编译烧录修改后的 Blinky Sample

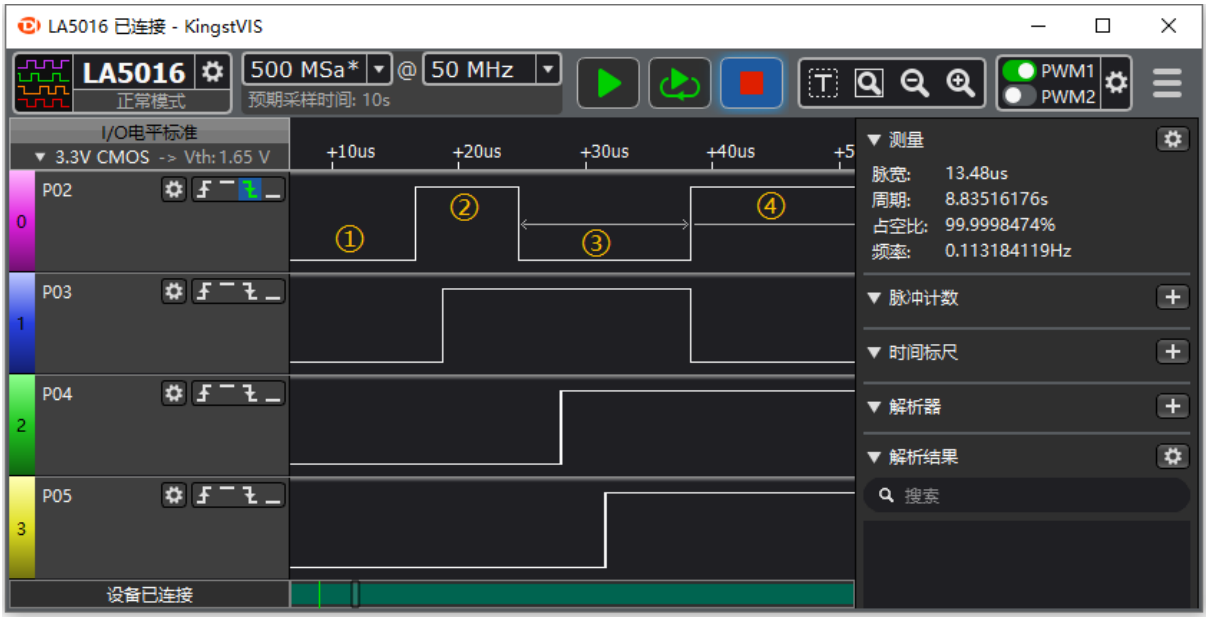


图 89: 使用逻辑分析仪观察 GPIO 翻转 P02

- 处表示系统上电到执行 `GPIO_SetMode(P0, BIT2, GPIO_MODE_OUTPUT)` 语句之间的时间，此阶段 GPIO 处于默认的高阻输入状态
- 处表示将 GPIO P02 配置为推挽输出（GPIO_MODE_OUTPUT）后，到执行 `P02 = 0` 语句之间的时间，此阶段 GPIO 处于默认的输出高电平状态
- 处表示系统执行 `P02 = 0` 后，到执行 `P02 = 1` 语句之间的时间，此阶段 GPIO 处于推挽输出低电平状态，使用逻分测量其时间为 13.48 us，也即 `dev = device_get_binding(LED0)` 语句的执行时间
- 处表示系统执行 `P02 = 1` 后的时间，此阶段 GPIO 一直处于推挽输出高电平状态

2. 从 P03 引脚捕获到的波形如下：

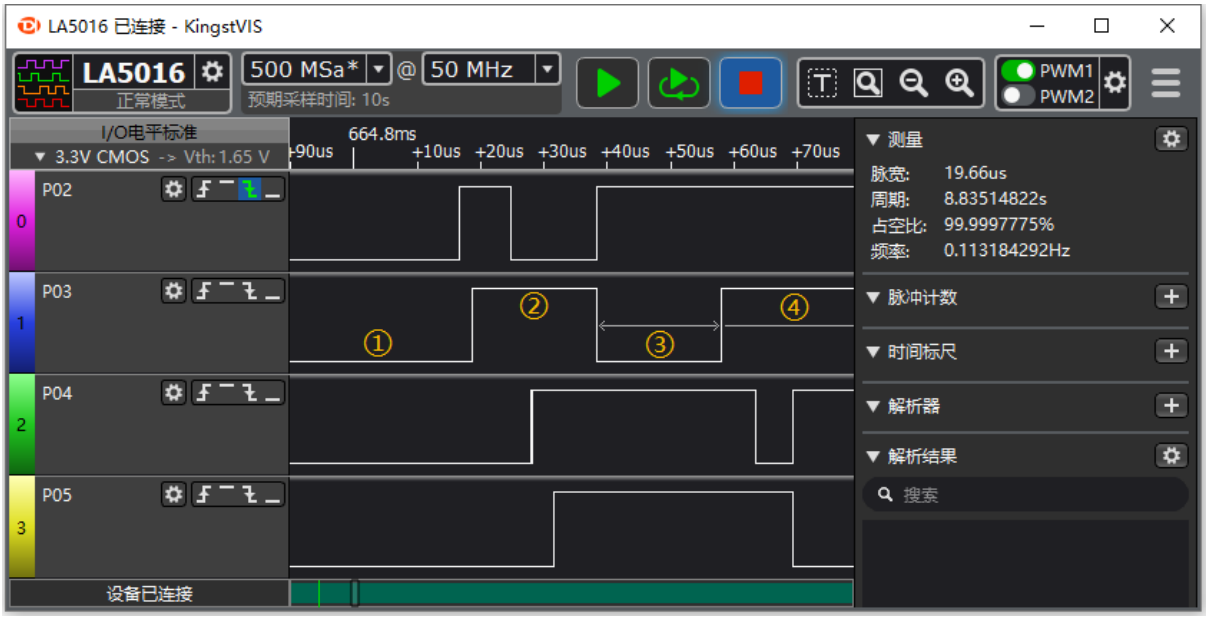


图 90: 使用逻辑分析仪观察 GPIO 翻转 P03

其中：

- 处表示系统上电到执行 `GPIO_SetMode(P0, BIT3, GPIO_MODE_OUTPUT)` 语句之间的时间，此阶段 GPIO 处于默认的高阻输入状态
- 处表示将 GPIO P03 配置为推挽输出（GPIO_MODE_OUTPUT）后，到执行 `P03 = 0` 语句之间的时间，此阶段 GPIO 处于默认的输出高电平状态
- 处表示系统执行 `P03 = 0` 后，到执行 `P03 = 1` 语句之间的时间，此阶段 GPIO 处于推挽输出低电平状态，使用逻分测量其时间为 19.66 us，也即 `ret = gpio_pin_configure(dev, PIN, GPIO_OUTPUT_ACTIVE | FLAGS)` 语句的执行时间
- 处表示系统执行 `P03 = 1` 后的时间，此阶段 GPIO 一直处于推挽输出高电平状态

3. 从 P04 引脚捕获到的波形如下：

其中：

- 处表示系统上电到执行 `GPIO_SetMode(P0, BIT4, GPIO_MODE_OUTPUT)` 语句之间的时间，此阶段 GPIO 处于默认的高阻输入状态
- 处表示将 GPIO P04 配置为推挽输出（GPIO_MODE_OUTPUT）后，到第一次执行 `P04 = 0` 语句之间的时间，此阶段 GPIO 处于默认的输出高电平状态
- 处表示系统第一次执行 `P04 = 0` 后，到第一次执行 `P04 = 1` 语句之间的时间，此阶段 GPIO 处于推挽输出低电平状态，使用逻分测量其时间为 5.7 us，也即 `gpio_pin_set(dev, PIN, (int)led_is_on)` 语句的执行时间

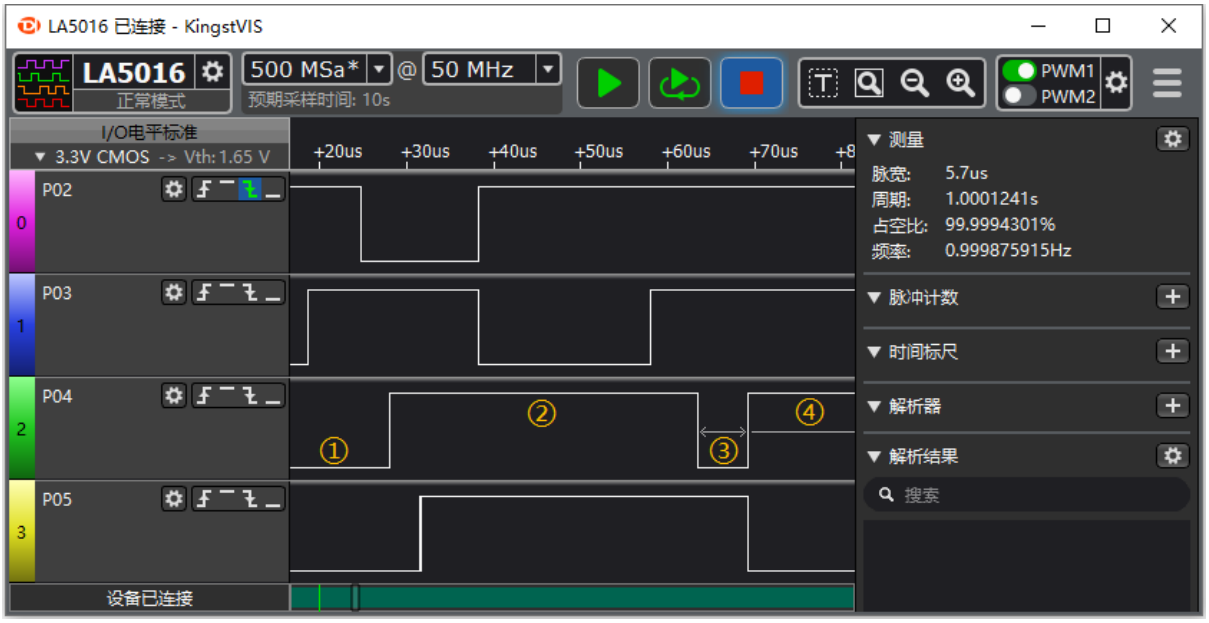


图 91: 使用逻辑分析仪观察 GPIO 翻转 P04

- 处表示系统执行 `P04 = 1` 后，到第二次执行 `P04 = 0` 语句之间的时间，此阶段 GPIO 一直处于推挽输出高电平状态

4. 从 P05 引脚捕获到的波形如下：

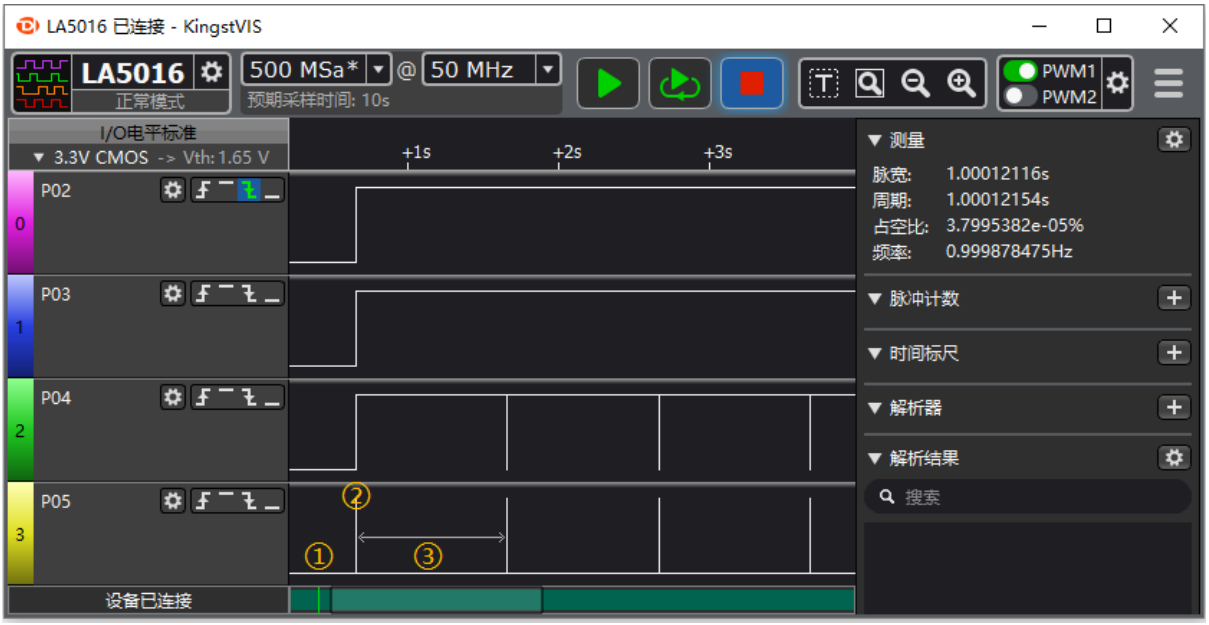


图 92: 使用逻辑分析仪观察 GPIO 翻转 P05

其中：

- 处表示系统上电到执行 `GPIO_SetMode(P0, BIT5, GPIO_MODE_OUTPUT)` 语句之间的时间，此阶段 GPIO 处于默认的高阻输入状态
- 处表示将 GPIO P05 配置为推挽输出（GPIO_MODE_OUTPUT）后，到第一次执行 `P05 = 0` 语句之间的时间，此阶段 GPIO 处于默认的输出高电平状态
- 处表示系统第一次执行 `P05 = 0` 后，到第一次执行 `P05 = 1` 语句之间的时间，此阶段 GPIO 处于推挽输出低电平状态，使用逻分测量其时间为 1.00012 s，也即

k_msleep(SLEEP_TIME_MS) 语句的执行时间

4.9.4 4 Troubleshooting

在使用底层 Driver 的过程中，如果调用某个 API，提示编译错误，则可以按以下的步骤检查工程配置：

1. 确认编译输出目录中最终生成的 autoconf.h 文件中（位于<output_folder>/zephyr/include/generated 目录），有使能了当前底层 Driver 的 Config。例如我们希望使用底层 GPIO Driver，则在 autoconf.h 中应存在如下的定义：

   ```
   #define CONFIG_USE_PANPLAT_GPIO 1
   ```

   如果此定义不存在，则应检查当前 Board 目录下的 Kconfig.board 文件是否正确选择此 Config。

2. 如果上一步的定义存在，但仍然无法编译通过，则应继续检查（以 GPO Driver 为例）：

   1. <PAN1080-DK>/01_SDK/zephyr/soc/arm/panchip/pan1080/soc.h 文件中是否正确包含了底层 Driver 头文件：

      ```
      #ifdef CONFIG_USE_PANPLAT_GPIO
      #include <pan_gpio.h>
      #endif
      ```

   2. <PAN1080-DK>/01_SDK/modules/hal/panchip/panplat/pan1080/bsp/CMakeLists.txt 文件中是否正确导出了底层 Driver 的 C 源文件：

      ```
      zephyr_library_sources_ifdef(CONFIG_USE_PANPLAT_GPIO      peripheral/src/pan_gpio.c)
      #endif
      ```

4.10 ANT 开发指南

4.10.1 1 概述

本文档将介绍 ANT 协议栈的使用以及功耗情况，以供开发者参阅。

注意事项

注：使用 ANT 后，应用程序将不能使用硬件的 TIMER0。

4.10.2 2 功耗

工作模式	连接间隔 (ms)	模式	休眠时钟	峰值电流 (mA)	休眠电流 (uA)	平均电流 (uA)
ANT	246.2	DCDC	XTL	10.27	7	110.33
		LDO	XTL	15.34	7	172.48
ANT&BLE	ANT:246.2 BLE:500	DCDC	XTL	10.27	8	164.51
		LDO	XTL	15.65	8	263.26

图 93: 不同工作模式下的功耗数据

4.10.3 3 API

- ant_channel_init 函数实现了通道的初始化。通道初始化是通信的前提。

```
/**
 * @brief Function for initializing the channel.
 *
 * @param channel_config       Pointer to the channel configuration structure.
 * @return uint8_t    0 SUCCESS, other FAIL.
 */
uint8_t ant_channel_init(ant_channel_config_t *channel_config);
```

- ant_channel_open 函数实现了通道的开启，调用此函数后通道将开始发起通信。

```
/**
 * @brief Function for open the channel.
 *
 * @param channel_num      channel number.
 * @return uint8_t    0 SUCCESS, other FAIL.
 */
uint8_t ant_channel_open(uint8_t channel_num);
```

- ant_set_tx_power 函数实现了发射功率的设置。

```
/**
 * @brief Function for Setting TX power.
 *
 * @param power     power value.
 */
void ant_set_tx_power(int8_t power);
```

- ant_broadcast_message_tx 函数实现了发送广播数据。

```
/**
 * @brief Function for transmitting message with broadcast.
 *
 * @param channel_number      channel number.
 * @param data                data of send.
 * @param len                 data of length.
 * @return uint8_t     0 SUCCESS, other FAIL.
 */
uint8_t ant_broadcast_message_tx(uint8_t channel_number, uint8_t *data, uint8_t len);
```

- ant_acknowledge_message_tx 函数实现了发送确认数据。

```
/**
 * @brief Function for transmitting message with acknowledge.
 *
 * @param channel_number      channel number.
 * @param data                data of send.
 * @param len                 data of length.
 * @return uint8_t     0 SUCCESS, other FAIL.
 */
uint8_t ant_acknowledge_message_tx(uint8_t channel_number, uint8_t *data, uint8_t len);
```

- ant_evt_handle_register 函数是回调注册函数，在系统初始时将利用此函数注册处理发送完成消息和接收消息的回调函数。

```
/**
 * @brief Function for registering the event handler.
 *
 * @param evt          Pointer to the event instance.
```

(下页继续)

(续上页)

```
 */
void ant_evt_handle_register(panchip_ant_evt_observer_t *evt);
```

- ant_set_period_compensation 函数实现了调整发送周期的功能。因系统可能在各种原因的作用下导致周期偏移，此时可以利用此函数进行通道周期的调整。一般情况下此函数不需要调用，除非出现了周期与预期设置的不符。参数 value 的单位为 30.5us。

  注意事项

  如需要调用此函数，必须在通道初始化之前调用。

  接口使用方法：

  通常我们的时间是以 32768 来计算，所以一个 count 的时间约定为 30.5us。我们按照 profile 的规定设置周期值，例如设置 period 为 4084，则发包间隔为 4084 * 30.5 = 124.562ms

  我们可以通过 IO 测量 EVENT_TX_COMPLETED 事件的间隔来获取当前系统实际的发包间隔。如与上述时间不对应则可以用此接口来调整发包间隔以满足协议规定的时间宽度。

  如果我们当前测量的实际发包间隔为 122.12ms，则存在 124.562-122.12 = 2.442ms 的误差，转换为 count 值就是 2442 / 30.5=80

  因数据包实际发送到事件发生需要一定的系统调度，所以我们一般预留 2-3 个 count 的时间，此时可以调用接口来设置补偿值。ant_set_period_compensation(83);

  如果调整之后还是和协议规定的时间有出入，可能还需要对补偿值进行一些微调来使得时间满足要求。

```
/**
 * @brief Function for compensating period to avoid cycles that you do not expect.
 * @note  Do not call this interface normally, unless the sending cycle is not
 *        as good as you want. A positive value indicates that the period duration
 *        is increased, while a negative value decreases the period duration.
 *
 * @param value  compensation value.
 */
void ant_set_period_compensation(int value);
```

- ant_plus_key_set 函数实现了 ANT+ 网络密钥的设置

```
/**
 * @brief Function for set ant plus key.
 *
 * @param[in] network_number     network number.
 * @return uint8_t  0 SUCCESS, other FAIL.
 */
uint8_t ant_plus_key_set(uint8_t network_number);
```

- ant_public_key_set 函数实现了公共网络密钥的设置

```
/**
 * @brief Function for set ant public key.
 *
 * @param network_number         network number.
 * @return uint8_t  0 SUCCESS, other FAIL.
 */
uint8_t ant_public_key_set(uint8_t network_number);
```

4.10.4 4 ANT+ 开发流程

- 通常，开发一个 ANT+ 的工程需要先建立一个自己的工程目录，可以把现有的 ANT sample 拷贝一份作为自己的工程目录。ANT+ 的 sample 放置在 `samples_panchip/ant_plus` 目录中。
- 工程建好后，需要有 profile 支持，目前 SDK 提供了心率、踏频、功率、雷达四种 profile，如果开发的设备不是这四种设备则需要自己开发一个 profile，profile 的开发详情请参照文档如何添加 ANT+ Profile进行。
- profile 建好之后，就可以在应用层添加自己的业务逻辑了。ANT 的使用请参照相关的 sample 文档进行。

4.11 如何添加 ANT+ Profile

4.11.1 1 概述

ANT+ 是基于各个 profile 协议实现的。本文档旨在介绍如何在 SDK 中自行添加一个 profile。从而配合上层应用实现一个 ANT+ 的设备。

4.11.2 2 Profile 的代码结构

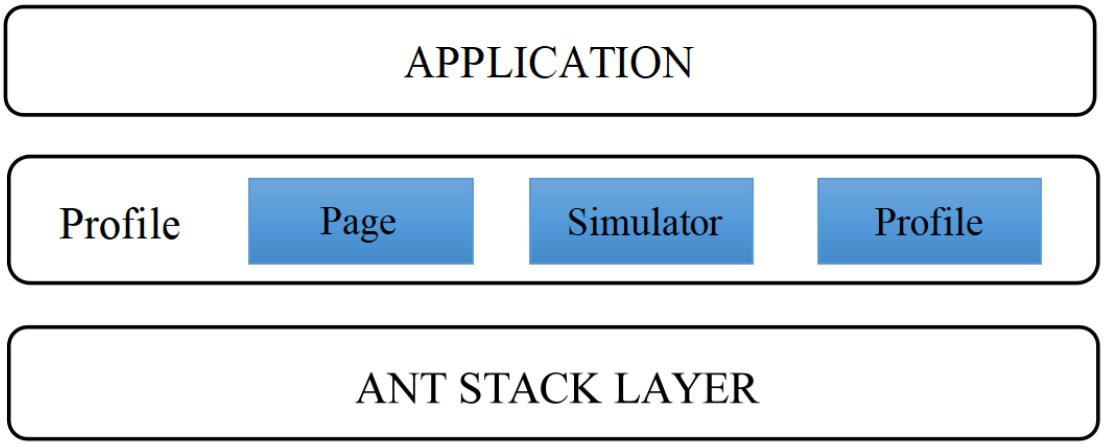


图 94: 图 2-1 Profile code structure

4.11.3 3 创建一个新的 profile

3.1 需要创建那些目录和文件

根据上图的结构层次可以看出我们实现一个 profile 其实就是实现中间层的三个部分。

- Page：page 是 ANT+ 发送数据的基本单元。每个 profile 都规定了需要发送那些 page，所以我们需要创建 page 目录和文件。
- Simulator：simulator 是一个传感器模拟器，这是一个可选单元，实际应用中可以不实现本单元，完全由实际传感器逻辑代替。
- Profile：Profile 单元是整个 profile 实现的关键逻辑实现。

小技巧: Profile 的目录和文件创建可以参考现有的 profile。

代码目录：modules/hal/panchip/panplat/pan1080/ant/ant_profile

注：因系统限制原因，新加文件时文件名不要过长，否则会引起编译错误。

3.2 代码文件加入 cmake

新添加的代码文件需要加入 `ant/CMakeLists.txt` 才会参与编译，`zephyr_include_directories` 添加头文件所在目录，`zephyr_library_sources` 添加新增的代码文件

```
zephyr_include_directories(
  ant_profile/ant_hrm/pages
  ant_profile/ant_hrm/simulator
)

zephyr_library_sources(
  ant_profile/ant_hrm/ant_hrm.c
  ant_profile/ant_hrm/simulator/ant_hrm_simulator.c
  ant_profile/ant_hrm/pages/ant_hrm_page_0.c
  ant_profile/ant_hrm/pages/ant_hrm_page_1.c
  ant_profile/ant_hrm/pages/ant_hrm_page_2.c
  ant_profile/ant_hrm/pages/ant_hrm_page_3.c
  ant_profile/ant_hrm/pages/ant_hrm_page_4.c
)
```

3.3 各部分分别需要实现什么

1. Page 单元

   Page 单元将实现协议规定的所有必须 page 的编码和解码，例如每个 page 都应该实现如下两个接口。

   ```
   /**
    * @brief Function for encoding page 1
    *
    * @param[in] p_page_data        Pointer to the page data
    * @param[out] P_page_buffer     Pointer to the page buffer
    */
   void ant_bsc_page_1_encode(uint8_t *p_page_buffer, ant_bsc_page1_data_t *p_page_data);

   /**
    * @brief Function for decoding page 1
    *
    * @param[in] p_page_buffer      Pointer to the page buffer
    * @param[out] p_page_data       Pointer to the page data
    */
   void ant_bsc_page_1_decode(uint8_t const *p_page_buffer, ant_bsc_page1_data_t *p_page_
   ↪data);
   ```

2. Simulator 单元

   Simulator 单元将实现传感器采集数据的自动更新。例如每个 simulator 都应该实现如下数据更新接口。

   ```
   /**
    * @brief Function for updateing data of simulator.
    *
    * @param bsc_profile            Pointer to the bsc profile instance.
   ```

(下页继续)

(续上页)

```
 * @param update_mode            update mode, 0 - manual, 1 - auto
 */
void ant_bsc_update_simulator(ant_bsc_profile_t *bsc_profile, uint8_t update_mode);
```

3. Profile 单元

   Profile 单元将实现整个 profile 的核心逻辑。需要实现的接口函数如下：

   - 数据发送事件的接口函数，此函数将由应用层在需要数据发送时调用。同时需要实现相关联的一系列 page 选择，发送编码等函数。

   ```
   /**
    * @brief Function for handling the sensor ANT events.
    *
    * @param[in] p_ant_evt    Event received from the ANT stack.
    * @param[in] p_context    Pointer to the profile instance.
    */
   void ant_bsc_sensor_evt_handler(ant_evt_t *p_ant_evt, void *p_context);
   ```

   - profile 的初始化接口函数，此函数实现了相关初始值的赋值以及指定通道的初始化。

   ```
   /**
    * @brief Function for bsc sensor initialize.
    *
    * @param[in] profile            Pointer to the profile instance.
    * @param[in] channel_config     Pointer to the channel configuration structure.
    * @return uint8_t  0 SUCCESS, other FAIL
    */
   uint8_t ant_bsc_sensor_init(ant_bsc_profile_t *profile, ant_channel_config_t␣
   ↪*channel_config);
   ```

   - profile 的开启接口函数，此函数实现了指定通道的开启。

   ```
   /**
    * @brief Function for openqing the profile instance channel for ANT BSC sersor.
    *
    * @param[in] profile       Pointer to the profile instance.
    * @return uint8_t   0 SUCCESS, other FAIL
    */
   uint8_t ant_bsc_sensor_open(ant_bsc_profile_t *profile);
   ```

小技巧: 详细的代码实现请参考目前已实现的 profile 源码。

4.12 Zephyr Encrypt 开发指南

4.12.1 1 概述

为了程序的安全性考虑，Zephyr 提供了为程序加密的机制，来保护芯片固件的安全。

实现加密流程，需要开发人员提供一个加密配置文件 `encrypt_info_enc.bin`，此配置文件需要通过 PANLINK 烧录到芯片。未烧录此配置文件的芯片不能运行加密过的程序。

4.12.2 2 配置文件介绍

配置源文件 `encrypt_info.yaml` 如下所示：

```
encrypt_info:
  secure_enable: true
  anti_injection_enable: true
  encrypt_flash_offset: 0x1 # The 2nd page of flash (or say absolute flash address 0x100)
  encrypt_key: '54723dc6d74562f5309583a676d9b68a' # AES-128 key in hexadecimal string format
image_info:
  expected_start_addr: 0x0 # For encrypt tool to validate input hex image file
```

其中：

- secure_enable：使能安全加密；
- anti_injection_enable：此项设置 true 即可；
- encrypt_flash_offset：加密代码位于 flash 的地址偏移，以 page 为单位；
- encrypt_key：加密密钥；
- expected_start_addr：应用程序起始地址；

4.12.3 3 加密流程介绍

3.1 使能加密

使用加密模块需要先配置以下宏开关使能加密

```
# Enable Firmware Encryption Feature
CONFIG_FIRMWARE_ENCRYPTION=y
# Set the Encrypt Information File Name for Search
CONFIG_ENCRYPT_INFO_FILE_NAME="encrypt_info.yaml"
# Set the spetial flash area for encrypted code in
CONFIG_ENCRYPT_FLASH_OFFSET=0x1
```

其中：

- CONFIG_FIRMWARE_ENCRYPTION：使能加密模块
- CONFIG_ENCRYPT_INFO_FILE_NAME：加密配置文件的名称
- CONFIG_ENCRYPT_FLASH_OFFSET：加密代码位于 flash 的位置，以 page 为单位，需要和配置文件中的 encrypt_flash_offset 项设置为相同值。

3.2 配置加密函数

加密的数据最大为 256 字节，故通常我们会选取一个重要且简短的函数作为加密函数段。对于加密的函数段需要用特殊的语法标记，标记方法如下：

```
#ifdef CONFIG_FIRMWARE_ENCRYPTION
__in_section_unique(encrypted_section)
#endif
static void ant_setup(void)
{
        ant_plus_key_set(channel_cfg.channel_num);

        ant_stack_init();
}
```

上述代码中，实现了将 ant_setup 函数作为加密函数段。

3.3 生成密文的加密配置文件以及固件

使能了加密后，编译工程代码，将自动在工程目录中生成一个 `encrypt_info_enc.bin` 的密文配置文件，此文件是将明文的配置文件进行了加密处理，以防密钥泄露。

警告: 明文加密配置文件一定要妥善保管，不可随意外传，以防密钥泄露。

编译工程后，会生成一个 `zephyr_enc.bin` 文件，此文件即为生成的加密固件，烧录时需要选择此文件进行烧录。

3.4 烧录配置文件

启用加密流程后，烧录将必须使用 PANLINK 工具进行。将 `encrypt_info_enc.bin` 文件和 `zephyr_enc.bin` 固件一起用 PANLINK 烧录即可。具体烧录方法详见 PANLINK 使用指南文档。

注意事项

注：使用 PANLINK 烧录后，开发板和 PANLINK 要断开，否则可能导致程序运行中断。

4.13 常见问题（FAQs）

4.13.1 Q1：为什么我的 PC 编译 PAN1080 App 程序的速度特别慢？

一般来说，App 的编译速度与您的 PC 硬件配置有关，但如果相同 PC 配置条件下，您发现自己的 PC 编译速度仍然比其他 PC 慢许多（如 10 倍以上），那么可能是杀毒软件或带有主动防御功能的安全软件影响（如 360 安全卫士、360 杀毒等），**请关闭杀软后再尝试编译**。

4.13.2 Q2：除了 JLink 以外，PAN1080 SDK 是否支持其他调试工具？

Zephyr Project 支持包括 JLink、OpenOCD、PyOCD 等多个调试工具和软件，但是，Panchip 提供的 PAN1080 Toolchain 默认只包含了 JLink，且 SDK 中提供的所有 Board 均被默认配置为使用 JLink，因此，**目前您只能使用 JLink 进行调试**。

当然，PAN1080 SDK 是开源的，如果您了解相关知识，也可以参考 Zephyr 官方文档，根据自己的需要将 SDK 配置为使用其他工具进行调试。

4.13.3 Q3：为什么我尝试复制编译工具链 Toolchain 目录到其他位置会报错？

这是已知问题，原因是编译工具链 `Toolchain` 目录中一些文件路径比较深，导致 Windows 文件管理器无法正常复制这些文件。

目前有以下几个 workaround 方法供您参考：

1. 重新从压缩包中解压 `Toolchain` 目录到您期待的位置；
2. 对 `Toolchain` 目录执行剪切操作，而不是复制操作；
3. 尝试使用命令行进行复制操作；

4.13.4 Q4：为什么我编译 SDK 中的某些默认例程会出现错误？

PAN1080 SDK 中的例程本身都是经过测试后发布的，如果您在一个干净的 SDK 环境中编译某个例程，仍然出现编译错误，则可能是 SDK 目录名称长度过长导致的。

由于 Windows 的限制，一个文件完整路径的长度默认不可超过 260 字节；实际上，此规则会在编译时，由 Zephyr CMake Build System 检查：如果路径长度超过了 250 字节，则编译时会出现如下形式的 CMake 警告：

```
-- Configuring done
CMake Warning in D:/Panchip-Development-Kits/pan1080-dk-internal/01_SDK/zephyr/drivers/
↪interrupt_controller/CMakeLists.txt:
  The object file directory

    D:/Panchip-Development-Kits/pan1080-dk-internal/01_SDK/build/bluetooth_peripheral_hr_low_
↪power_xtl32768_pan108xxb5_evb/zephyr/drivers/interrupt_controller/CMakeFiles/drivers__
↪interrupt_controller.dir/./

  has 205 characters.  The maximum full path to an object file is 250
  characters (see CMAKE_OBJECT_PATH_MAX).  Object file

    D_/Panchip-Development-Kits/pan1080-dk-internal/01_SDK/zephyr/misc/empty_file.c.obj

  cannot be safely placed under this directory.  The build may not work
  correctly.
```

并**大概率**随后会伴随编译错误：

```
D:/Panchip-Development-Kits/pan1080-dk-internal/01_SDK/modules/hal/panchip/panplat/pan1080/bsp/
↪device/Source/system_PANSeries.c:106:1: fatal error: opening dependency file modules\panchip\
↪panplat\pan1080\bsp\CMakeFiles\..__modules__hal__panchip__panplat__pan1080__bsp.dir\device\
↪Source\system_PANSeries.c.obj.d: No such file or directory
  106 | }
      | ^
compilation terminated.
[98/149] Building C object zephyr/drivers/serial/CMakeFiles/drivers__serial.dir/uart_panchip.c.
↪obj
ninja: build stopped: subcommand failed.
FATAL ERROR: command exited with status 1: 'D:\Panchip-Development-Kits\pan1080-dk-internal\05_
↪TOOLS\Toolchain\cmake-3.22.0-rc1-windows-x86_64\bin\cmake.EXE' --build 'D:\Panchip-
↪Development-Kits\pan1080-dk-internal\01_SDK\build\bluetooth_peripheral_hr_low_power_xtl32768_
↪pan108xxb5_evb'
```

如果出现这种 CMake 警告，请**务必**缩短 SDK 路径长度，方法可以是缩短目录本身的名称长度，也可以是减小 SDK 所在的目录深度，直到此警告消除。

例如，修改前 SDK 的目录绝对路径为 `D:/Panchip-Development-Kits/pan1080-dk-v0.3.0/01_SDK/`，那么我们可以尝试将其缩短成这样：`D:/PDK/pan1080dk-v0.3.0/01_SDK/`。

> **注意**：有时候，上述的 CMake 警告出现了，但后续编译仍然可以成功；这给我们造成一种假象：似乎当前编译过程没有问题。但实际上，此次即使编译成功，其编译出来的 Image 也是存在隐患的，不一定可以正常运行。因此，我们在编译时应当时刻关注编译过程 Log，确保无任何 CMake 警告后，再进行后续的烧录调试。

Chapter 5

更新日志

5.1 PAN1080 DK v0.5.0

PAN1080 Development Kit `v0.5.0` (2022-09-26) 已发布：

5.1.1 1. SDK

Zephyr 平台

- 新增对 PAN108X-XB1/XB5 v2.0（黑色底板）/v3.0（黑色核心板）的支持
  - 对应 Zephyr Board：`pan108xxb1_evb` 和 `pan108xxb5_evb`
- 移除对 PAN1080A AFX/AFLD EVB v1.0（绿色）底板/核心板的支持
  - 对应 Zephyr Board：`pan1080a_afx_evb` 和 `pan1080a_afld_evb`
- 更新 Zephyr ADC/I2C/SPI 等 Driver 的适配代码，增加对 DMA 传输的支持
- 更新 Zephyr KSCAN Driver 的适配代码，以支持完整的 8 x 24 按键矩阵
- 更新中断默认优先级，在蓝牙开启的情况下，确保除 BLE Ctroller 用到的中断外，其他所有中断优先级（2/3）均低于蓝牙用到的优先级（0/1）
- 新增 HLDO 根据温度自动校准的流程（CONFIG_SOC_LDO_CALIBRATION）
- 优化 Bluetooth Host 部分代码，修改蓝牙 public 地址的获取策略
- 优化低功耗流程

Panchip HAL

- 更新 Panchip ANT Library：
  - 解决了某些情况下的死机问题
- 更新 Panchip BLE Controller Library：
  - 优化了蓝牙低功耗模式下的功耗
  - 蓝牙 Controller 由静态 LIB 库格式改为 HEX Image 格式
  - 优化了连接广播相关的稳定性
- 更新 USB 底层 Driver 接口

例程

- 演示例程:
  - basic/button: 新增按键例程，演示按键触发 GPIO 中断，打印 Log；并使用查询模式查询按键状态，点亮 LED
  - bluetooth/mult_roles: 修复 Scan 异常的问题
  - bluetooth/peripheral_hr: 重命名目录，并移除一些冗余的配置文件
  - drivers/adc_dma: 新增 ADC DMA 例程，演示 DMA 方式读取 ADC 数据
  - drivers/i2c_master: 新增 I2C Master DMA 传输的演示配置文件
  - drivers/i2c_slave: 新增 I2C Slave DMA 传输的演示配置文件
  - drivers/pw: 新增 SoC Standby Mode 0/1 的演示流程
  - drivers/spi_master: 适配新的 EVB 板的外部 SPI Flash 通信，并新增 SPI Master DMA 传输的演示配置文件
  - drivers/uart_fifo: 优化 Log 打印信息
- 鼠标方案:
  - solutions/multi_model_mouse: 重构后的多模鼠标方案
  - solutions/prf_model_dongle: 重构后的 2.4G 接收器方案，用于配合多模鼠标的 2.4G 模式使用
- ANT+ 方案:
  - ant_plus/ant_ble_bpwr: 新增 ANT 和 BLE 双模功率低功耗演示例程
  - ant_plus/ant_ble_bradar: 新增 ANT 和 BLE 双模雷达低功耗演示例程
  - ant_plus/ant_ble_bsc: 新增 ANT 和 BLE 双模踏频速度低功耗演示例程

测试用例

- 新增用例:
  - benchmarks/app_kernel: 测试 Zephyr Microkernel Objects 的性能
  - benchmarks/footprints: 测试 Zephyr Kernel 一些底层机制的功能
  - benchmarks/latency_measure: 测试 Zephyr Kernel 与调度有关机制的时延
  - benchmarks/sys_kernel: 测试 Zephyr semaphore/lifo/fifo/stack/memslab 等 Kernel Objects 的性能
  - kernel/common: 测试 Zephyr Kernel 依赖的基础组件的功能
  - kernel/condvar/condvar_api: 测试 Zephyr Condition Variables 接口功能
  - kernel/context: 测试 Zephyr Kernel CPU / Context 接口功能
  - kernel/fatal/exception: 测试 Zephyr Kernel fatal error 处理流程
  - kernel/fatal/message_capture: 测试 Zephyr Kernel fatal error log 打印功能
  - kernel/fifo/fifo_api: 测试 Zephyr FIFO 接口基本功能
  - kernel/fifo/fifo_timeout: 测试 Zephyr FIFO 超时机制
  - kernel/fifo/fifo_usage: 测试 Zephyr FIFO 在不同使用场景下的功能是否正确
  - kernel/interrupt: 测试 Zephyr 中断机制
  - kernel/lifo/lifo_api: 测试 Zephyr LIFO 接口基本功能
  - kernel/lifo/lifo_usage: 测试 Zephyr LIFO 在不同使用场景下的功能是否正确

  - `kernel/mbox/mbox_api`: 测试 Zephyr Mailbox 接口基本功能
  - `kernel/mbox/mbox_usage`: 测试 Zephyr Mailbox 在不同使用场景下的功能是否正确
  - `kernel/mem_heap/k_heap_api`: 测试 Zephyr k_heap 接口基本功能
  - `kernel/mem_heap/mheap_api_concept`: 演示 Zephyr memory heap 接口基本概念
  - `kernel/mem_protect/stack_random`: 测试 Zephyr Stack Pointer Randomization 特性
  - `kernel/mem_protect/stack_prot`: 测试 Zephyr Stack Protection 特性
  - `kernel/mem_slab/mslab`: 测试 Zephyr Kernel Memory Slab 接口基本功能
  - `kernel/mem_slab/mslab_api`: 测试 Zephyr Kernel Memory Slab 接口更多功能
  - `kernel/mem_slab/mslab_concept`: 演示 Zephyr Memory Slab 接口基本概念
  - `kernel/mem_slab/mslab_threadsafe`: 测试 Zephyr Memory Slab 线程安全特性
  - `kernel/msgq/msgq_api`: 测试 Zephyr Message Queue 接口基本功能
  - `kernel/msgq/msgq_usage`: 测试 Zephyr Message Queue 在不同使用场景下的功能是否正确
  - `kernel/mutex/mutex_api`: 测试 Zephyr Mutex 接口基本功能
  - `kernel/pending`: 测试 Zephyr 可抢占线程的 Pendig 特性
  - `kernel/pipe/pipe`: 测试 Zephyr Pipe 接口基本功能
  - `kernel/pipe/pipe_api`: 测试 Zephyr Pipe 接口更多功能
  - `kernel/poll`: 测试 Zephyr Polling 接口基本功能
  - `kernel/profiling/profiling_api`: 测试 Zephyr Profiling 接口基本功能
  - `kernel/queue`: 测试 Zephyr Queue 接口基本功能
  - `kernel/sched/deadline`: 测试 Zephyr earliest-deadline-first scheduling 特性
  - `kernel/sched/schedule_api`: 测试 Zephyr Schedule 接口基本功能
  - `kernel/semaphore/semaphore`: 测试 Zephyr Semaphore 接口基本功能
  - `kernel/sleep`: 测试 Zephyr Cooperative Thread Sleep and Wakeup 特性
  - `kernel/stack/stack`: 测试 Zephyr Stack (k_stack) 接口在不同使用场景下的功能是否正确
  - `kernel/threads/no-multithreading`: 测试 Zephyr 不使用多线程的功能是否正确
  - `kernel/threads/thread_apis`: 测试 Zephyr 线程（Thread）相关接口基本功能
  - `kernel/tickless/tickless_concept`: 测试 Zephyr Tickless Kernel 特性
  - `kernel/timer/starve`: 测试 Zephyr Timer Starvation 特性
  - `kernel/timer/timer_api`: 测试 Zephyr Timer 接口基本功能
  - `kernel/timer/timer_monotonic`: 测试 Zephyr Timer 底层时钟测量接口基本功能
  - `kernel/workq/critical`: 测试 Zephyr Kernel Workqueue 功能
  - `kernel/workq/work`: 测试 Zephyr System Workqueue 功能
  - `kernel/workq/work_queue`: 测试 Zephyr Workqueue 接口的基本应用场景

5.1.2 2. HDK

- 更新 Hardware Development Kit：
  - 更新 EVB 底板（v2.0）图纸
  - 更新 EVB 核心板（v3.0）图纸
  - 新增 EVB 底板（v2.0）设计源文件、生产文件

- 新增 EVB 核心板（v3.0）设计源文件、生产文件

5.1.3 3. DOC

- 更新 快速入门文档:
  - 01_quick_start/quick_start_pan1080_sdk: SDK 快速入门文档，完善了对 ZAL 工具的入门介绍，并移除了 quick build 脚本相关的介绍
  - 01_quick_start/sdk_develop_environment_intro: SDK 开发环境介绍文档，更新了各个命令使用的 board 名称，并修复了一些错误的描述
  - 01_quick_start/sdk_framework: SDK 整体框架介绍文档, 更新了目录结构, 并移除了 quick build 脚本相关的介绍
- 更新 硬件资料文档:
  - 02_hardware/evaluation_board_introduction/pan108x_evb_intro: PAN108x EVB 介绍文档，更新了新的 EVB 底板（v2.0）和核心板（v3.0）介绍
  - 02_hardware/hardware_reference_design/pan108x_hw_reference_design: PAN108x 硬件参考设计文档，更新了原理图、PCB、天线等设计建议
- 更新 演示例程文档:
  - 03_samples/ant_plus/ant_ble_bpwr: 新增 ANT&BLE: ANT BLE BPWR 文档, 介绍 ANT 和 BLE 双模功率低功耗演示例程
  - 03_samples/ant_plus/ant_ble_bradar: 新增 ANT&BLE: ANT BLE BRADAR 文档，介绍 ANT 和 BLE 双模雷达低功耗演示例程
  - 03_samples/ant_plus/ant_ble_bsc: 新增 ANT&BLE: ANT BLE BSC 文档, 介绍 ANT 和 BLE 双模踏频速度低功耗演示例程
  - 03_samples/ant_plus/ant_ble_hrm: ANT&BLE: ANT BLE HRM 文档，新增了一些细节 Config 介绍（电量检测、OTA 等）
  - 03_samples/basic/button: 新增 Basic: Button 文档，介绍 Button 按键使用的演示例程
  - 03_samples/solutions/multi_model_mouse: Solution: Multi Model Mouse 文档, 介绍了多模鼠标方案支持的最新特性
  - 03_samples/solutions/prf_model_dongle: Solution: PRF Model Dongle 文档，介绍了多模鼠标方案 2.4G 模式对应的 USB Dongle 支持的最新特性
  - 文档整体结构:
    * 更新 编译和烧录小节，移除了 quick build 脚本相关的描述，改为建议使用 ZAL 工具进行编译和烧录
    * 新增 RAM/Flash 资源使用情况小节，介绍各个例程的存储空间使用情况
- 更新 开发指南文档:
  - 04_dev_guides/general_app_dev_notes: SoC App 开发指南文档，将 快速上手 SoC App 开发文档合并至此文档，并更新了一些描述
  - 04_dev_guides/hardware_level_driver_guidance: 新增 SoC 底层驱动使用指南文档，介绍如何在 Zephyr App 中直接使用 MCU 底层 Driver
  - 04_dev_guides/zephyr_board_guidance: Zephyr Board 配置指南文档，更新了一些细节，以匹配最新版本的 EVB (v2.0/v3.0) 配置
  - 04_dev_guides/zephyr_configuration_guidance: Zephyr Devicetree 与 Kconfig 配置指南文档，更新了一些细节，以匹配最新版本的 EVB (v2.0/v3.0) 配置
- 更新 量产测试文档:
  - 05_manufacturing_and_testing/rf_test: RF TEST 文档，增加了测试步骤等细节介绍

- 新增 开发工具文档:
  - 06_dev_tools/app_launcher_tool_intro: App Launcher for PAN108x 文档，从 开发指南 一章中移至此处，并更新了工具最新版本对应的介绍
  - 06_dev_tools/pan108x_toolbox_intro: 新增 PAN108x Toolbox 工具箱文档，介绍 PAN108x Toolbox 工具箱的基本功能
- 更新 其他文档:
  - 07_others/PAN108x-User-Manual.pdf: SoC User Manual 文档，更新版本至 v1.2-draft
  - 07_others/PAN108x-产品说明书.pdf: PAN108x 产品说明书文档（Datasheet 中文版），更新版本至 v1.7
- 新增 MCU 底层驱动接口文档（PAN1080 Peripheral API Documentation）

5.1.4 4. TOOLS

- 更新 Zephyr App Launcher 工具至 v1.3.1:
  - 新增 Cancel 功能，在执行 Build/Rebuild 操作后，按钮会立刻变为 Cancel 按钮，点击后可以取消当前的 Build/Rebuild 流程
  - 新增 Open Build Output Folder 按钮，点击后可以直接打开编译输出目录
  - 优化状态栏 Message 显示逻辑，增加 3s 显示超时，超时后会清空状态栏消息
  - 新增 PAN108x-DK 与 Toolchain 版本匹配检查，匹配错误时会弹出提示
  - 修复 PAN108x-DK 目录在某些情况下识别错误的问题
  - 更新工具发布方式，将多个文件压缩打包成一个可执行文件，双击即可运行
  - 优化工具目录及可执行文件命名规则，带上版本号
  - 更新软件 LOGO
  - 更新一些显示文本
- 更新 RF 测试固件:
  - 更新 PAN1080 RF 测试固件
  - 新增 PAN1080 PRF 收包率测试固件
  - 新增 PAN1080 RSSI VIEWER 测试固件
- 移除 Typora 工具安装包，目前 SDK Toolchain 自带的 VS Code 已经支持 Markdown 格式文本的预览功能

5.1.5 5. ISSUES

已解决问题

- BUG #313: mult_roles 测试—设备作为 Slave 与 3 个手机保持长时间连接出现异常，bt_hci_core，断链后无法再次重连
- BUG #342: eddystone 测试—不可连接广播包测试–偶现复位板卡 30s 之后，仍然可以连接板卡现象
- BUG #396: ble-only 模式下，鼠标配对后重连，上报率不达标
- BUG #409: ANT 双模长时间运行会出现死机或者蓝牙断连问题
- BUG #410: peripheral_hids 测试—兼容性测试–HUAWEI Mate40 Pro NOH-AN01 与设备进行重连时失败

遗留问题

- ISSUE #22: sample: mesh_speaker 在小度音响上工作异常
- BUG #301: Amazon Echo 音箱测试-Echo Plus2-2 个音箱入网之后，不做任何操作，出现 Halting system 且灯控不可操作
- BUG #318: 手机 NRF Mesh 测试-烧录 mesh_panhip 的 sample，在 nRF Mesh 界面上搜索设备进行连接时，有很多名称为 panchip 的设备显示且无法连接成功
- BUG #319: Friend-LPN，多个 Friend，一个 LPN，查看 Friend 切换流程，切换到新 Friend 时，不稳定，发送开关灯命令不生效
- BUG #320: Heartbeat Publish—查看 Heart beat 的打印间隔为 4s，丢包的概率 13/39 为 33%
- BUG #323: 手机 NRF Mesh 测试-对 mesh 设备 Models 进行入网绑定 App Key 验证开关灯功能出现几点问题
- BUG #329: mesh_panchip 会烧录后复位板卡会出现异常，且复位后信息不会刷新，经过较久时间仍然记得上次复位次数
- BUG #344: iot_wechat 测试—Android 手机与设备连接测试 AirSync 微信蓝牙协议第二次测试时 AUTH 失败
- BUG #371: mult_roles 测试—配置 3 主 0 从，实际上 central 只能连接 2 个外设，第 3 个外设无法连接
- BUG #372: central 测试—Central 设备和从设备连接异常
- BUG #373: central_ht 测试—central 和 peripheral_ht 连接后，多次复位 peripheral_ht 会出现连接 central 和外设均异常卡着，并且不上报数据

新增问题

- BUG #421: ant_ble_hrm 测试—-双模蓝牙断连
- BUG #427: central_hr 测试—连接功能–主设备可以与从设备在连接中多次复位 central_hr 出现 hard fault
- BUG #428: central_hr 测试—连接功能–central_hr 连接 peripheral_hr 的连接性较差，出现连接 7、8 次成功 1 次，概率较低
- BUG #429: central_hr 测试—连接功能–central_hr 搜索过程中停止搜索
- BUG #430: peripheral_hids 测试—兼容测试中有些手机的重连性能不好
- BUG #432: 键鼠测试—multi_model_mouse 测试开启蓝牙模式时，配对后设备显示在“其他设备”中，滑动鼠标没有反应
- BUG #433: 键鼠测试—multi_model_mouse 测试开启蓝牙模式时，配对重连后出现异常
- BUG #434: 键鼠测试—multi_model_mouse 测试开启蓝牙模式时，打开自动画圈的宏后，画圈数据不稳定，在 80-130 之间循环且概率识别错误
- BUG #447: ant_ble_hrm 测试–ant 和 ble 双模手动模式，连接蓝牙和 ant 码表，按键快的情况下，会导致手机频繁断链（0x08）

5.2 PAN1080 DK v0.4.1

PAN1080 Development Kit v0.4.1 (2022-08-18) 已发布：

- 此版本新增了 ANT+ 支持；
- 此版本更新了产品说明书（V1.6），介绍了最新版本芯片信息（调整了 SoC 封装的某些引脚位置），但目前的文档和 HDK 仍然是基于旧版本芯片的开发板（PAN1080A AFLD/AFX EVB V1.0）介绍的，我们将会在后续的 DK 版本中更新这些内容；

5.2.1 1. SDK

Zephyr 平台

- 新增 Panchip BLE/2.4G/ANT Library 版本号信息打印
- 修复 Rebuild/Pristine 操作会将 VS Code Workspace 文件先删除再重建的问题
- 更新 DMA Driver 代码，优化一些接口实现，并修复一些潜在的风险
- 更新 UART Driver 代码，支持 Async API
- 更新 Idle 线程调度策略，当发现 DMA 正在传输数据时，不允许进入低功耗状态
- 更新 Clock Control Driver 代码，支持在 Devicetree 中配置系统/蓝牙的低速时钟
- 修复 ACT32K 低功耗时会被其他外设中断影响 32K 计数的问题
- 新增宏开关控制是否启用 ACT32K 时钟转换
- 移除 Zephyr 低功耗流程与 BLE Controller Library 的依赖

Panchip HAL

- 新增 Panchip ANT Library，用于支持 ANT+ 相关应用
- 更新 Panchip BLE Controller Library
  - 移除代码中与 Zephyr 低功耗流程的依赖

例程

- 新增例程
  - `ant_plus/ant_ble_hrm`: ANT 和 BLE 双模心率低功耗演示例程
  - `ant_plus/ant_bsc`: ANT 踏频速度演示例程
  - `ant_plus/ant_bpwr`: ANT 自行车功率演示例程
  - `ant_plus/ant_bradar`: ANT 自行车雷达演示例程
  - `ant_plus/ant_hrm`: ANT 心率演示例程
  - `ant_plus/ant_pm`: ANT 心率低功耗演示例程

测试用例

- 新增用例：
  - `drivers/uart/uart_async_api`: 测试 Zephyr Uart Async API
- 问题修复或优化：
  - `drivers/counter/counter_basic_api`: 修复测试用例执行失败的问题
  - `drivers/gpio/gpio_basic_api`: 修复测试用例执行失败的问题
  - `subsys/pm/power_mgmt_soc`: 修复测试用例执行失败的问题

5.2.2 2. HDK

无

5.2.3 3. DOC

- 新增文档
  - 03_samples/ant_plus/ant_ble_hrm: 新增 ANT 和 BLE 双模心率低功耗例程说明文档
  - 03_samples/ant_plus/ant_bsc: 新增 ANT 踏频速度例程说明文档
  - 03_samples/ant_plus/ant_bpwr: 新增 ANT 自行车功率例程说明文档
  - 03_samples/ant_plus/ant_bradar: 新增 ANT 自行车雷达例程说明文档
  - 03_samples/ant_plus/ant_hrm: 新增 ANT 心率例程说明文档
  - 03_samples/ant_plus/ant_pm: 新增 ANT 心率低功耗例程说明文档
  - 04_dev_guides/ant_add_profile_guidance: 新增如何添加一个 ANT+ Profile 说明文档
  - 04_dev_guides/ant_develop_guidance: 新增 ANT 开发说明文档
  - 04_dev_guides/zephyr_encrypt_guidance: 新增 zephyr encrypt 说明文档
  - 06_others/PAN108x-User-Manual.pdf: 新增 PAN108x User Manual v1.1 Draft Version
- 命名更改:
  - 06_others/PAN1080-Datasheet.pdf 重命名为 06_others/PAN108x-Datasheet.pdf
  - 06_others/PAN1080-产品说明书.pdf 重命名为 PAN108x-产品说明书.pdf
- 更新文档:
  - 06_others/PAN108x-产品说明书.pdf: 更新 PAN1080 产品说明书至 V1.6，调整了 SoC 封装的某些引脚位置

5.2.4 4. TOOLS

- PAN1080 量产烧录工具升级至 V0.2.004 版本

5.2.5 5. ISSUES

已解决问题

- BUG #309: 2.4G 发送端信号 tx 和接收端信号 rx，设置不同的频点和不同的 CRC 搭配时，成功率偏低，丢包偏多
- BUG #310: 蓝牙作为 central 时，与其它设备建立连接时，会异常断开连接
- BUG #316: central_multilink 测试—Central 设备可以连接从设备，但是连接不稳定，连接上会发生断链
- BUG #324: ble-only 模式下，压力测试蓝牙配对、连接操作，鼠标在断链后无法实现自动重连
- BUG #337: central_ht 测试—扫描设备 peripheral_ht 后，无相应广播数据
- BUG #348: central_multilink 测试—Central 设备无法连接从设备
- BUG #362: 跳频模式下，Mouse 和 usb dongle 均连接 usb，运行大概 4 分钟左右就会出现掉 0

遗留问题

- ISSUE #22: sample: mesh_speaker 在小度音响上工作异常
- BUG #301: Amazon Echo 音箱测试-Echo Plus2-2 个音箱入网之后，不做任何操作，出现 Halting system 且灯控不可操作

- BUG #313: mult_roles 测试—设备作为 Slave 与 3 个手机保持长时间连接出现异常，bt_hci_core，断链后无法再次重连
- BUG #318: 手机 NRF Mesh 测试-烧录 mesh_panhip 的 sample，在 nRF Mesh 界面上搜索设备进行连接时，有很多名称为 panchip 的设备显示且无法连接成功
- BUG #319: Friend-LPN，多个 Friend，一个 LPN，查看 Friend 切换流程，切换到新 Friend 时，不稳定，发送开关灯命令不生效
- BUG #320: Heartbeat Publish—查看 Heart beat 的打印间隔为 4s，丢包的概率 13/39 为 33%
- BUG #323: 手机 NRF Mesh 测试-对 mesh 设备 Models 进行入网绑定 App Key 验证开关灯功能出现几点问题
- BUG #329: mesh_panchip 会烧录后复位板卡会出现异常，且复位后信息不会刷新，经过较久时间仍然记得上次复位次数
- BUG #342: eddystone 测试—不可连接广播包测试–偶现复位板卡 30s 之后，仍然可以连接板卡现象
- BUG #344: iot_wechat 测试—Android 手机与设备连接测试 AirSync 微信蓝牙协议第二次测试时 AUTH 失败
- BUG #371: mult_roles 测试—配置 3 主 0 从，实际上 central 只能连接 2 个外设，第 3 个外设无法连接
- BUG #373: central_ht 测试—central 和 peripheral_ht 连接后，多次复位 peripheral_ht 会出现连接 central 和外设均异常卡着，并且不上报数据
- BUG #396: ble-only 模式下，鼠标配对后重连，上报率不达标

新增问题

- BUG #409: ANT 双模长时间运行会出现死机或者蓝牙断连问题
- BUG #410: peripheral_hids 测试—兼容性测试–HUAWEI Mate40 Pro NOH-AN01 与设备进行重连时失败

5.3 PAN1080 DK v0.4.0

PAN1080 Development Kit v0.4.0 (2022-07-21) 已发布：

5.3.1 1. SDK

Zephyr 平台

- 修改 build 输出目录自动生成的 VS Code Wordspace 文件名称（与当前目录名称一致）
- 新增 Zephyr Clock Control Driver 适配
- 新增 Zephyr DMA Driver 适配
- 新增 Zephyr KSCAN Driver 适配
- 新增 Zephyr USB Subsystem 适配
- 新增 Zephyr Watchdog Driver 适配
- 新增通过 Devicetree 的方式配置系统时钟
- 修改各个 Peripheral 外设时钟的开启时机，由 默认开启所有外设时钟修改为 仅开启使用到的外设时钟
- 更新 PAN1080 Flash FLM 文件及名称（**需要同时更新** Toolchain **至** v0.1.0 **版本**）

- 修改 pan1080a_afld_evb 与 pan1080a_afx_evb 默认的 I2C 引脚
- 优化低功耗流程

Panchip HAL

- 新增 Panchip 2.4G Library
- 更新 Panhcip BLE Library
  - 修改射频配置，支持 RSSI
  - 修改发射功率配置，支持调整功率范围 -45 到 7dBm
  - 低功耗下默认使能 Active 32K 特性
- 新增 Panchip USB Driver for Zephyr USB Device
- 修复 Panchip Peripheral Driver 的一些问题
- 更新 Panchip Peripheral Driver 注释
- 新增 PAN1080 Peripheral API 文档（位于 `01_SDK\modules\hal\panchip\panplat\pan1080\bsp\doc` 目录下）

例程

- 新增例程：
  - `drivers/clock_control`: Clock Control 功能演示例程
  - `drivers/dma_m2m`: DMA Memory-to-Memory 演示例程
  - `drivers/dma_m2p2m`: DMA Memory-to-Peripheral & Peripheral-to-Memory 演示例程
  - `drivers/kscan`: Key Scan 功能演示例程
  - `drivers/watchdog`: Watchdog 功能演示例程
  - `subsys/usb/dfu`: USB DFU 功能演示例程
  - `subsys/usb/hid-mouse`: USB HID-Mouse 功能演示例程
  - `solutions/dongle_entity`: 实体 2.4G Dongle 方案
  - `solutions/mouse_entity`: 实体鼠标方案
- 问题修复或优化：
  - `bluetooth/peripheral`: 关闭 auto phy update & data length update 功能，开启 bt keys overwrite 功能
  - `bluetooth/peripheral_csc`: 默认开启 BT Debug Log
  - `bluetooth/peripheral_dis`: 默认开启 BT Debug Log
  - `bluetooth/peripheral_esp`: 默认开启 BT Debug Log
  - `bluetooth/peripheral_identity`: 默认开启 BT Debug Log
  - `bluetooth/peripheral_hr`: 新增宏开关用于修改连接参数，并更新了低功耗配置文件 `prj_lp_rcl.conf` 和 `prj_lp_xtl.conf`
  - `drivers/counter`: 修复计数错误的问题，并优化了 Log 打印内容
  - `proprietary_radio/prf_io_pulse_rx`: 使用新的 2.4G Lib
  - `proprietary_radio/prf_io_pulse_tx`: 使用新的 2.4G Lib
  - `proprietary_radio/prf_sample_rx`: 使用新的 2.4G Lib
  - `proprietary_radio/prf_sample_tx`: 使用新的 2.4G Lib

  - `solutions/ble_hid_selfie`: 开启 bt keys overwrite 功能
  - `solutions/model_mouse`: 优化跳频算法、新增对码功能、更新数据包结构、增大 Payload 长度至 11 字节、外围设备驱动适配、并修复了一些问题
  - `solutions/usb_dongle`: 优化跳频算法、新增对码功能、更新数据包结构、增大 Payload 长度至 11 字节、并修复了一些问题
- 命名更改:
  - `bluetooth/audio_client` 重命名为 `bluetooth/central_audio`
  - `bluetooth/audio_server` 重命名为 `bluetooth/peripheral_audio`
- 已知问题:
  - `bluetooth/central_audio (peripheral_audio)`: 收发数据时可能因为环境等问题导致阻塞

测试用例

- 新增用例:
  - `drivers/dma/dma_chan_blen_transfer`: 测试 DMA 对不同 Burst Length 的支持情况
  - `drivers/dma/dma_loop_transfer`: 测试 Zephyr DMA API，循环传输多次
  - `drivers/kscan/kscan_api`: 测试 Zephyr KSCAN API
  - `drivers/watchdog/wdt_basic_api`: 测试 Zephyr Watchdog API

5.3.2 2. HDK

无

5.3.3 3. DOC

04_DOC **目录下的所有文档均由** Markdown **格式修改为** html **格式**

- 新增文档:
  - `03_samples/bluetooth/shell_pdt`: 新增 bluetooth shell_pdt 例程说明文档
  - `03_samples/drivers/clock_control`: 新增 clock_control 例程说明文档
  - `03_samples/drivers/dma_m2m`: 新增 DMA Memory-to-Memory 例程说明文档
  - `03_samples/drivers/dma_m2p2m`: 新增 DMA Memory-to-Peripheral-to-Memory 例程说明文档
  - `03_samples/drivers/kscan`: 新增 kscan 例程说明文档
  - `03_samples/drivers/watchdog`: 新增 watchdog 例程说明文档
  - `03_samples/subsys/usb_hid_mouse`: 新增 usb hid mouse 例程说明文档
  - `03_samples/subsys/usb_dfu`: 新增 usb dfu 例程说明文档
  - `04_dev_guides/zephyr_tracing_guidance`: 新增 zephyr tracing 机制说明文档
  - `05_manufacturing_and_testing/manufacture`: 新增产侧说明文档
  - `05_manufacturing_and_testing/rf_test`: 新增 RF 测试说明文档
  - `06_others/PAN1080-BQB-Test-Report-185353.pdf`: 新增 BQB 测试报告
- 更新文档:
  - `01_quick_start/quick_start_pan1080_sdk`: 更新获取 PAN1080 DK 及编译工具链的方法

  - 03_samples/drivers/counter: 更新打印 LOG
  - 03_samples/drivers/i2c_master: 更新连接引脚说明
  - 03_samples/drivers/i2c_slave: 更新连接引脚说明
  - 03_samples/solutions/model_mouse: 新增实体鼠标与 Dongle 配置说明及 API 说明
  - 04_dev_guides/app_launcher_tool_inro: 更新 ZAL Tool (基于 v1.2.1) 功能介绍
  - 04_dev_guides/ble_app_dev_notes: 添加功耗和 RSSI 测试数据，并合并蓝牙开发文档
  - 06_others/PAN1080 产品说明书.pdf: 更新 PAN1080 产品说明书至 V1.5
- 命名更改:
  - 05_soc_manual 目录重命名为 06_others

5.3.4 4. TOOLS

- 更新 Zephyr App Launcher 工具至 v1.2.2:
  - 新增 Erase 按钮，用于擦除全部 Flash
  - 更新 Help/Document 菜单弹出对话框的显示内容，新增 DK&Toolchain 下载链接
- 移除 PAN1080 量产烧录工具 PAN1080 Tool 可执行文件，添加最新版本的下载链接
- 新增 RF 测试工具下载链接及测试固件

5.3.5 5. ISSUES

已解决问题

- BUG #309: 2.4G 发送端信号 tx 和接收端信号 rx，设置不同的频点和不同的 CRC 搭配时，成功率偏低，丢包偏多
- BUG #310: 蓝牙作为 central 时，与其它设备建立连接时，会异常断开连接
- BUG #316: central_multilink 测试—Central 设备可以连接从设备，但是连接不稳定，连接上会发生断链
- BUG #324: ble-only 模式下，压力测试蓝牙配对、连接操作，鼠标在断链后无法实现自动重连
- BUG #337: central_ht 测试—扫描设备 peripheral_ht 后，无相应广播数据
- BUG #348: central_multilink 测试—Central 设备无法连接从设备
- BUG #362: 跳频模式下，Mouse 和 usb dongle 均连接 usb，运行大概 4 分钟左右就会出现掉 0

遗留问题

- ISSUE #22: sample: mesh_speaker 在小度音响上工作异常
- BUG #301: Amazon Echo 音箱测试-Echo Plus2-2 个音箱入网之后，不做任何操作，出现 Halting system 且灯控不可操作
- BUG #313: mult_roles 测试—设备作为 Slave 与 3 个手机保持长时间连接出现异常，bt_hci_core，断链后无法再次重连
- BUG #318: 手机 NRF Mesh 测试-烧录 mesh_panhip 的 sample，在 nRF Mesh 界面上搜索设备进行连接时，有很多名称为 panchip 的设备显示且无法连接成功
- BUG #319: Friend-LPN，多个 Friend，一个 LPN，查看 Friend 切换流程，切换到新 Friend 时，不稳定，发送开关灯命令不生效
- BUG #320: Heartbeat Publish—查看 Heart beat 的打印间隔为 4s，丢包的概率 13/39 为 33%

- `BUG #323`: 手机 NRF Mesh 测试-对 mesh 设备 Models 进行入网绑定 App Key 验证开关灯功能出现几点问题
- `BUG #329`: mesh_panchip 会烧录后复位板卡会出现异常，且复位后信息不会刷新，经过较久时间仍然记得上次复位次数
- `BUG #342`: eddystone 测试—不可连接广播包测试–偶现复位板卡 30s 之后，仍然可以连接板卡现象
- `BUG #344`: iot_wechat 测试—Android 手机与设备连接测试 AirSync 微信蓝牙协议第二次测试时 AUTH 失败
- `BUG #371`: mult_roles 测试—配置 3 主 0 从，实际上 central 只能连接 2 个外设，第 3 个外设无法连接
- `BUG #373`: central_ht 测试—central 和 peripheral_ht 连接后，多次复位 peripheral_ht 会出现连接 central 和外设均异常卡着，并且不上报数据

新增问题

- `BUG #396`: ble-only 模式下，鼠标配对后重连，上报率不达标

5.4 PAN1080 DK v0.3.0

PAN1080 Development Kit `v0.3.0` (2022-06-03) 已发布：

5.4.1 1. SDK

Zephyr 平台

- 适配 Zephyr ACC Driver （新增非标准接口）
- 修复 Zephyr ADC Driver 适配问题
- 修复 Zephyr GPIO Driver 适配问题
- 适配 Zephyr I2C Driver (支持 master 和部分 slave 特性)
- 调整 Zephyr PINMUX Driver 适配接口
- 适配 Zephyr QDEC Driver （新增非标准接口）
- 适配 Zephyr SPI Driver (目前只支持 master 模式)
- 调整 Zephyr 默认编译优化选项，由 Size Optimize 改为 Speed Optimize
- 调整 `CONFIG_MAIN_STACK_SIZE`，从 1024 增加至 1280
- 关闭 `CONFIG_DYNAMIC_INTERRUPTS` 使能
- 修改 PAN1080 SoC 的命名，并新增一些 SoC 型号
- 新增 SoC FW Encryption 的底层框架支持
- 优化 Zephyr 低功耗流程
- 优化 PAN1080 HAL 层 Driver，并修复一些问题

协议栈

- 更新 libble_controller，支持动态修改发射功率 (目前仅支持 -45dBm, 0dBm to 7dBm)
- 修复 Bluetooth Central 无法正确建立连接的问题
- 修复长时间连接异常断开连接的问题
- 支持 Bluetooth & Proprietary Radio 2.4G 双模同时工作
- 优化功耗
- 恢复 net_buf alloc 超时配置, 避免申请失败导致的异常
- 调整堆栈大小
- 修改 `BT_CTLR_SLEEP_CLOCK_SOURCE` 的描述

例程

- 新增例程：
  - `drivers/acc`：ACC 功能演示例程
  - `drivers/adc`：ADC 功能演示例程
  - `drivers/counter`：Counter (HW Timer) 功能演示例程
  - `drivers/flash_shell`：Flash 功能演示例程
  - `drivers/gpio`：GPIO 功能演示例程
  - `drivers/i2c_master`：I2C master 功能演示例程
  - `drivers/i2c_slave`：I2C slave 功能演示例程
  - `drivers/pinmux`: PINMUX 功能演示例程
  - `drivers/pm`: Zephyr Power Management（低功耗）功能演示例程
  - `drivers/pwm_rgb`: PWM 功能演示例程
  - `drivers/qdec_pwm`: QDEC 功能演示例程
  - `drivers/spi_master`: SPI master 通信演示例程
  - `drivers/uart_fifo`：UART 功能演示例程
  - `bluetooth/peripheral_ota`：BLE OTA 功能演示例程
- 问题修复或优化：
  - `bluetooth/mult_roles`: 解决 central 只能连接一次的问题
  - `bluetooth/peripheral_identity`: 解决运行时的堆栈溢出
  - `bluetooth/peripheral_hids`: 修改默认配置，支持与多个设备配对，支持保留 2 组配对信息
  - `bluetooth/peripheral_ota`: 新增例程，用于演示通过蓝牙连接方式进行 OTA
  - `solutions/model_mouse`：增加同步流程，增加软件 buffer 缓存机制，修改 payload 为动态 payload 方式
  - `solutions/usb_dongle`：增加同步流程，增加软件 buffer 缓存机制，修改 payload 为动态 payload 方式
  - 更新一些例程的 config 文件名
- 已知问题：
  - `bluetooth/audio_client (audio_server)`: 收发数据时可能因为环境等问题导致阻塞

测试用例

- 新增用例:
  - `drivers/acc/acc_api`: 测试 Zephyr ACC API
  - `drivers/acc/i2c_api`: 测试 Zephyr I2C API
  - `drivers/spi/spi_loopback`: 测试 Zephyr SPI API
- 问题修复或优化:
  - `drivers/gpio/gpio_api_1pin`: 优化测试流程
  - `subsys/settings/nvs/raw`: 修复编译失败的问题

5.4.2 2. HDK

无

5.4.3 3. DOC

- 新增文档:
  - `02_hardware/hardware_reference_design/pan1080_hw_reference_design.md`: 新增硬件设计参考文档
  - `03_samples/basic/blinky.md`: 新增 blinky 例程说明文档，演示 GPIO 控制 LED 灯闪烁
  - `03_samples/basic/synchronization.md`: 新增 synchronization 例程说明文档，演示 zephyr 多线程调度
  - `03_samples/bluetooth/central.md`: 新增 bluetooth central 例程说明文档
  - `03_samples/bluetooth/central_hr.md`: 新增 bluetooth central_hr 例程说明文档
  - `03_samples/bluetooth/central_ht.md`: 新增 bluetooth central_ht 例程说明文档
  - `03_samples/bluetooth/central_multilink.md`: 新增 bluetooth central_multilink 例程说明文档
  - `03_samples/bluetooth/eddystone.md`: 新增 bluetooth eddystone 例程说明文档
  - `03_samples/bluetooth/ibeacon.md`: 新增 bluetooth ibeacon 例程说明文档
  - `03_samples/bluetooth/peripheral.md`: 新增 bluetooth peripheral 例程说明文档
  - `03_samples/bluetooth/peripheral_csc.md`: 新增 bluetooth peripheral_csc 例程说明文档
  - `03_samples/bluetooth/peripheral_dis.md`: 新增 bluetooth peripheral_dis 例程说明文档
  - `03_samples/bluetooth/peripheral_esp.md`: 新增 bluetooth peripheral_esp 例程说明文档
  - `03_samples/bluetooth/peripheral_hids.md`: 新增 bluetooth peripheral_hids 例程说明文档
  - `03_samples/bluetooth/peripheral_hr.md`: 新增 bluetooth peripheral_hr 例程说明文档
  - `03_samples/bluetooth/peripheral_ota.md`: 新增 bluetooth peripheral_ota 例程说明文档
  - `03_samples/drivers/acc.md`: 新增 acc 例程说明文档
  - `03_samples/drivers/adc.md`: 新增 adc 例程说明文档
  - `03_samples/drivers/counter.md`: 新增 counter 例程说明文档
  - `03_samples/drivers/flash_shell.md`: 新增 flash_shell 例程说明文档
  - `03_samples/drivers/gpio.md`: 新增 gpio 例程说明文档

  - 03_samples/drivers/i2c_master.md: 新增 i2c master 例程说明文档
  - 03_samples/drivers/i2c_slave.md: 新增 i2c slave 例程说明文档
  - 03_samples/drivers/pinmux.md: 新增 pinmux 例程说明文档
  - 03_samples/drivers/pm.md: 新增 pm (power management) 例程说明文档
  - 03_samples/drivers/pwm_rgb.md: 新增 pwm_rgb 例程说明文档
  - 03_samples/drivers/qdec_pwm.md: 新增 qdec_pwm 例程说明文档
  - 03_samples/drivers/spi_master.md: 新增 spi master 例程说明文档
  - 03_samples/drivers/uart_fifo.md: 新增 uart_fifo 例程说明文档
  - 03_samples/solutions/ble_hid_selfie.md: 新增 bluetooth hid selfie 方案说明文档
  - 03_samples/solutions/usb_dongle.md: 新增 usb dongle 方案说明文档
  - 04_dev_guides/zephyr_board_guidance.md: 新增 zephyr board 配置指南文档
  - 04_dev_guides/zephyr_configuration_guidance.md: 新增 zephyr 配置系统指南文档
- 更新文档:
  - 01_quick_start/quick_start_pan1080_sdk.md: 修复一些描述错误
  - 01_quick_start/sdk_framework.md: 补充 sdk 目录框架说明
  - 02_hardware/evaluation_board_introduction/pan1080_evb_intro.md: 修改文档路径
  - 03_samples/bluetooth/mult_roles.md: 更新注意事项描述
  - 03_samples/bluetooth/peripheral_ht.md: 更新图片
  - 03_samples/solutions/model_mouse.md: 更新图片，修改文档名称
  - 03_samples/README-internal.md: 更新例程文档总目录，新增 driver 例程说明
  - 04_dev_guides/Developing Bluetooth Mesh Applications.md: 更新部分描述
  - 04_dev_guides/faqs.md: 新增一些常见问题的解答
  - 04_dev_guides/how_to_develop_soc_app.md: 更新部分参考文档
  - 05_soc_manual/PAN1080 产品说明书.pdf: 更新 PAN1080 产品说明书
  - README-internal.md: 更新文档总目录

5.4.4 4. TOOLS

- 更新 Zephyr App Launcher 工具至 v1.1.1:
  - 修复 Build / OpenIDE 等按钮功能无效的问题
  - 新增更新 board 和 project 列表的按钮
  - 优化列表显示，将 project 与 config 拆分到两个列表中显示
  - 修复无法正确识别 Overlay Config 文件的问题
  - 优化界面显示，为按钮增加 Tooltip 快捷帮助信息

5.4.5 5. ISSUES

已解决问题

- ISSUE #41: Zephyr App Launcher for PAN1080 问题
- BUG #288: central 测试—Central 设备主动扫描功能，扫描到对端设备连接之后立即断链

- BUG #289: 蓝牙多角色功能实际支持的连接个数比配置的个数少一个
- BUG #290: peripheral_identity 测试—测试设备支持的最大连接个数时，出现设备发不出广播的情况
- BUG #295: mult_roles 测试—配置 0 主 8 从-链路超时连接失败
- BUG #299: peripheral_hids 测试—多次进行连接、测试、重连操作、会出现断链后但是设备仍然处于连接状态
- BUG #311: central_ht 测试—主设备 central_ht 无法与 peripheral_ht 建立连接，也无温度数据上报
- BUG #312: mult_roles 测试—配置 3 主 0 从-设备作为 Master，验证设备可以支持的最大链路数失败，建立一条链路，建立第二条时，会强制把第一条链路断开
- BUG #314: peripheral 测试—连接、断链、重连测试中，出现连接一次成功后，第 2 次连接异常，无法再次连接现象
- BUG #315: prf-2.4g 测试—点对点通信，过一段时间会偶现接收端 rx data crc err
- BUG #317: peripheral_hids 测试—苹果手机 iphone6s 和华为 nova 手机均不能与设备进行正常连接、断链、重连
- BUG #321: testcase 中 counter 和 gpio 测试失败
- BUG #322: rf-only 带内模式，鼠标烧录异常
- BUG #325: rf-only 带内模式下，复位 dongle 后鼠标不发起画圈
- BUG #354: rf-enhance 带重传跳频模式下，RF 上报率最大 976hz，不太稳定，偶现速率掉 0
- BUG #355: rf-only 带内模式下，RF 模式下上报率最大为 960hz
- BUG #328: central_hr 和 central_ht 运行时间超过 2 分钟时，就会出现 halting system，且复位不可恢复，只能重烧
- BUG #336: peripheral 测试—软件编译正常，打印信息异常 bt_settings 未设置成功 ID,IRK,Database Hash
- BUG #337: central_ht 测试—扫描设备 peripheral_ht 后，无相应广播数据
- BUG #338: central_hr 测试—扫描广播数据异常，且与 heartrate-server app 无法连接，无心率数据上报
- BUG #339: peripheral_identity 测试—无蓝牙广播包
- BUG #349: mult_roles 测试—设备连接功能异常
- BUG #354: rf-enhance 带重传跳频模式下，RF 上报率最大 976hz，不太稳定，偶现速率掉 0（目前掉 0 问题已解）
- BUG #356: peripheral_hr 测试—低功耗 XTL32768 软件由于 build_name 过长导致编译失败
- BUG #358: ZephyrAppLauncher.exe 工具在 build、flash 后不能 open IDE
- BUG #359: ZephyrAppLauncher.exe 工具编译 usb_only_mode_test.conf 失败
- BUG #360: qdec_pwm 测试—qdec_pwm 功能异常，log 没有打印
- BUG #367: peripheral_ota 可以正常进行升级，升级异常
- BUG #368: peripheral_hr 低功耗测试——XTL32768 有广播无法连接和 RCL32000 无广播

遗留问题

- ISSUE #22: sample: mesh_speaker 在小度音响上工作异常
- BUG #301: Amazon Echo 音箱测试-Echo Plus2-2 个音箱入网之后，不做任何操作，出现 Halting system 且灯控不可操作

- BUG #309: 2.4G 发送端信号 tx 和接收端信号 rx，设置不同的频点和不同的 CRC 搭配时，成功率偏低，丢包偏多
- BUG #310: 蓝牙作为 central 时，与其它设备建立连接时，会异常断开连接
- BUG #313: mult_roles 测试—设备作为 Slave 与 3 个手机保持长时间连接出现异常，bt_hci_core，断链后无法再次重连
- BUG #316: central_multilink 测试—Central 设备可以连接从设备，但是连接不稳定，连接上会发生断链
- BUG #318: 手机 NRF Mesh 测试-烧录 mesh_panhip 的 sample，在 nRF Mesh 界面上搜索设备进行连接时，有很多名称为 panchip 的设备显示且无法连接成功
- BUG #319: Friend-LPN，多个 Friend，一个 LPN，查看 Friend 切换流程，切换到新 Friend 时，不稳定，发送开关灯命令不生效
- BUG #320: Heartbeat Publish—查看 Heart beat 的打印间隔为 4s，丢包的概率 13/39 为 33%
- BUG #323: 手机 NRF Mesh 测试-对 mesh 设备 Models 进行入网绑定 App Key 验证开关灯功能出现几点问题
- BUG #324: ble-only 模式下，压力测试蓝牙配对、连接操作，鼠标在断链后无法实现自动重连
- BUG #329: mesh_panchip 会烧录后复位板卡会出现异常，且复位后信息不会刷新，经过较久时间仍然记得上次复位次数
- BUG #337: central_ht 测试—扫描设备 peripheral_ht 后，无相应广播数据
- BUG #342: eddystone 测试—不可连接广播包测试–偶现复位板卡 30s 之后，仍然可以连接板卡现象
- BUG #344: iot_wechat 测试—Android 手机与设备连接测试 AirSync 微信蓝牙协议第二次测试时 AUTH 失败
- BUG #348: central_multilink 测试—Central 设备无法连接从设备

新增问题

- BUG #371: mult_roles 测试—配置 3 主 0 从，实际上 central 只能连接 2 个外设，第 3 个外设无法连接
- BUG #362: 跳频模式下，Mouse 和 usb dongle 均连接 usb，运行大概 4 分钟左右就会出现掉 0
- BUG #373: central_ht 测试—central 和 peripheral_ht 连接后，多次复位 peripheral_ht 会出现连接 central 和外设均异常卡着，并且不上报数据

5.5 PAN1080 DK v0.2.0

PAN1080 Development Kit v0.2.0 (2022-3-17) 已发布：

5.5.1 1. SDK

Zephyr 平台

- 移除了对 PN108C/PN108MP 两个板子的支持，新增了对 PAN1080 EVB 板的支持，请使用新的 EVB 板进行测试验证
- 增加 DCDC 控制流程，使用 DCDC 模式会降低运行功耗
- 修改 flash 工作模式为 4 线 enhance 模式，加速运行速度
- 增加 private radio 通用库

协议栈

- 更新了 libble_controller，更新射频配置, 提高接收性能
- 适配低功耗流程

例程

- 问题修复：
  - samples: mult_roles: 解决 central 只能连接一次的问题
- 优化：
  - quick build 脚本已更新，且 sample 文档中的编译不再使用 west build 命令，而是以 quick build 脚本为基础进行说明
  - samples_panchip/bluetooth: Use public addr for Mesh samples
  - solutions/mouse: prf-only mode 下新增 private radio 增强型工作流程，并默认关闭 Log
  - solutions/mouse: prf-only mode 下新增 private radio 调频工作流程，并默认关闭 Log

测试用例

无

工具

- 新增 Zephyr App Launcher 可视化开发工具

5.5.2 2. DOC

- 新增文档:
  - documentation/01_quick_start: 新增 zephyr_introduction 文档
  - documentation/04_dev_guides: 新增 app launcher 工具介绍及 faq
  - documentation/02_hardware: 新增硬件介绍文档
  - 新增 EVB 底板、核心板设计图及相关设计文档
- 更新文档:
  - `solutions/mouse_solution`: 更新测试流程，使用 quick build 脚本代替编译命令
  - samples_panchip/bluetooth: 更新文档格式及图片，新增了蓝牙例程的 quick build 脚本
  - samples_panchip/basic: 更新文档格式及图片，新增了基础例程的 quick build 脚本
  - samples_panchip/proprietary_radio: 更新测试流程，新增了 private radio 例程的 quick build 脚本
  - 其他: 修正文档中的图片显示、描述及格式

5.5.3 3. ISSUES

已解决问题

- `ISSUE #152`: 解决 settings 功能异常
- `BUG #151`: 系统 64M 下 clktrim 校准失败

- BUG #343: hci_uart 在一些场景下工作异常
- BUG #287: central_ht 测试—查看设备串口显示的从机温湿度信息

遗留问题

- ISSUE #22: sample: mesh_speaker 在小度音响上工作异常
- ISSUE #27: sample: mouse_solution 例程在一些设备上工作异常
- BUG #288: central 测试—Central 设备主动扫描功能，扫描到对端设备连接之后立即断链
- BUG #289: 蓝牙多角色功能实际支持的连接个数比配置的个数少一个
- BUG #290: peripheral_identity 测试—测试设备支持的最大连接个数时，出现设备发不出广播的情况
- BUG #299: peripheral_hids 测试—多次进行连接、测试、重连操作、会出现断链后但是设备仍然处于连接状态
- BUG #309: 2.4G 发送端信号 tx 和接收端信号 rx，设置不同的频点和不同的 CRC 搭配时，成功率偏低，丢包偏多
- BUG #310: 蓝牙作为 central 时，与其它设备建立连接时，会异常断开连接
- mesh dev UUID 多设备显示为同一个，多设备烧录需要代码内修改
- BUG #337: central_ht 测试—扫描设备 peripheral_ht 后，无相应广播数据
- BUG #312: mult_roles 测试—配置 3 主 0 从-设备作为 Master，验证设备可以支持的最大链路数失败，建立一条链路，建立第二条时，会强制把第一条链路断开
- BUG #313: mult_roles 测试—设备作为 Slave 与 3 个手机保持长时间连接出现异常，bt_hci_core，断链后无法再次重连
- BUG #314: peripheral 测试—连接、断链、重连测试中，出现连接一次成功后，第 2 次连接异常，无法再次连接现象
- BUG #315: prf-2.4g 测试—点对点通信，过一段时间会偶现接收端 rx data crc err
- BUG #316: central_multilink 测试—Central 设备可以连接从设备，但是连接不稳定，连接上会发生断链
- BUG #317: peripheral_hids 测试—苹果手机 iphone6s 和华为 nova 手机均不能与设备进行正常连接、断链、重连
- BUG #318: 手机 NRF Mesh 测试-烧录 mesh_panhip 的 sample，在 nRF Mesh 界面上搜索设备进行连接时，有很多名称为 panchip 的设备显示且无法连接成功
- BUG #319: Friend-LPN，多个 Friend，一个 LPN，查看 Friend 切换流程，切换到新 Friend 时，不稳定，发送开关灯命令不生效
- BUG #320: Heartbeat Publish—查看 Heart beat 的打印间隔为 4s，丢包的概率 13/39 为 33%
- BUG #321: testcase 中 counter 和 gpio 测试失败
- BUG #323: 手机 NRF Mesh 测试-对 mesh 设备 Models 进行入网绑定 App Key 验证开关灯功能出现几点问题
- BUG #324: ble-only 模式下，压力测试蓝牙配对、连接操作，鼠标在断链后无法实现自动重连
- BUG #328: central_hr 和 central_ht 运行时间超过 2 分钟时，就会出现 halting system，且复位不可恢复，只能重烧
- BUG #329: mesh_panchip 会烧录后复位板卡会出现异常，且复位后信息不会刷新，经过较久时间仍然记得上次复位次数
- BUG #338 central_hr 测试—扫描广播数据异常，且与 heartrate-server app 无法连接，无心率数据上报

- BUG #339 peripheral_identity 测试—无蓝牙广播包
- BUG #342 eddystone 测试—不可连接广播包测试–偶现复位板卡 30s 之后，仍然可以连接板卡现象
- BUG #344 iot_wechat 测试—Android 手机与设备连接测试 AirSync 微信蓝牙协议第二次测试时 AUTH 失败
- BUG #348 central_multilink 测试—Central 设备无法连接从设备
- BUG #349 mult_roles 测试—设备连接功能异常

新增问题

- BUG #356 peripheral_hr 测试—低功耗 XTL32768 软件由于 build_name 过长导致编译失败
- BUG #358 ZephyrAppLauncher.exe 工具在 build、flash 后不能 open IDE
- BUG #359 ZephyrAppLauncher.exe 工具编译 usb_only_mode_test.conf 失败
- BUG #354 rf-enhance 带重传跳频模式下，RF 上报率最大 976hz，不太稳定，偶现速率掉 0（目前掉 0 问题已解）

5.6 PAN1080 DK v0.1.0

PAN1080 Development Kit v0.1.0 (2022-1-20) 已发布：

5.6.1 1. SDK

Zephyr 平台

- 新增低功耗流程 (HW Deep Sleep)
- 修改 mcuboot，支持通过 PAN1080 完成跳转升级流程，验证签名升级流程
- 删除一些无用的文件

协议栈

- 修改 LL ISR 初始化方式，支持 BLE、PR 2.4G 动态切换（双模切换的 sample 还没有）
- 修改 BT_COMPANY_ID
- 修改一些默认 Stack 大小
- 支持通过 Kconfig 配置 Sleep Clock，统一 libble
- 支持通过 Kconfig 配置 libble 支持的并发状态机个数，优化 SRAM
- 修改 API: bt_static_address_init: Bluetooth Device Address 高 2 bits 强制配为 b00
- 修复某些安卓 BLE4.0 不支持 DLE 功能，当不开 DLE 时，l2cap len 异常导致入网时失败的问题
- 修复 mesh pb remote 指定 uuid 设备连接的问题（sdk V0.0 为方便测试做的限制）

例程

- 问题修复：
  - samples: mult_roles: 解决 central 只能连接一次的问题
  - samples: ble_hid_selfie/peripheral_hids: 解决配对绑定后重连的问题
  - samples: ble_hid_selfie: iphone 手机 hid 无响应问题

  - samples: audio: 修改噪声问题
- 优化：
  - mesh_echo: 修正打印 log 与注释
  - mesh_provisioner: `prj.conf` 文件增加描述
  - mesh_speaker: `prj.conf` 内默认关闭 LOG，关闭 friend feature
  - mesh_panchip: `prj.conf` 内：
    * 默认开启 LOG，默认关闭 SIG OTA，增加描述，增加 Stack 调试宏
    * IO DTS 灯控修正为可读
    * 优化 stack 大小，为后续开发提供足够 RAM
  - solutions/mouse: usb-only mode 下新增 usb remote wakeup flow，并默认开启 Log
- 新增例程:
  - proprietary_radio/prf_sample_rx: 2.4G 收基础例程
  - proprietary_radio/prf_sample_tx: 2.4G 发基础例程
  - bluetooth/mesh_demo: 演示自组网例程，adv 情况下的 Feature 展示（Friend-LPN，heartbeat publish）
  - hello_world: 简单串口打印例程，可以通过 with 或者 without mcuboot 的方式进行启动，展示版本信息

测试用例

- 新增用例：
  - drivers:
    * adc/adc_api: 测试 Zephyr ADC API
    * counter/counter_basic_api: 测试 Zephyr Counter API
    * flash: 测试 Zephyr Flash 基本读写擦 API
    * gpio/gpio_api_1pin: 测试 Zephyr GPIO API，只使用 1 根 pin 脚
    * gpio/gpio_basic_api: 测试 Zephyr GPIO API，使用 2 根 pin 脚对测
    * pwm/pwm_api: 测试 Zephyr PWM API
    * uart/uart_basic_api: 测试 Zephyr UART API
  - subsys/pm:
    * power_mgmt_soc: 测试 Zephyr Power Management（电源管理/低功耗）功能
    * power_states_api: 测试 Zephyr Power States API
  - subsys/settings:
    * settings/functional/nvs: 测试 Zephyr NVS 基本功能
    * settings/nvs/raw: 测试 Zephyr Settings 功能（使用 NVS 作为 Backend）
  - subsys/storage:
    * flash_map: 测试 Zephyr Flash Map API
    * stream/stream_flash: 测试 Zephyr Flash Stream API

5.6.2 2. DOC

- 新增文档:
  - proprietary_radio/prf_sample_rx: 新增, 2.4G 收发例程
  - proprietary_radio/prf_sample_tx: 新增, 2.4G 收发例程
  - dev_guides/Zephyr Mcuboot Guidance.md: 新增作为 mcuboot 的应用操作指南
  - dev_guides/Zephyr RAM Analysis Guidance.md: 新增作为 RAM 相关分析操作指南文档
  - samples/bluetooth/mesh_demo.md: 新增作为测试自组网，验证 adv feature（Friend-LPN,heartbeat）的文档
- 更新文档:
  - proprietary_radio/prf_io_pulse_rx: 修改了代码说明和配置说明等
  - proprietary_radio/prf_io_pulse_tx: 修改了代码说明和配置说明等
  - solutions/mouse_solution: 更新测试流程
  - dev_guides/Developing Bluetooth Mesh Applications.md: 更新增加补充了配置原理方面的细节，完善作为 Mesh 用户指南
  - samples/bluetooth/mesh_speaker.md: 更新文档描述，补充 log 截图
  - samples/bluetooth/mesh_echo.md: 更正文档描述
  - samples/solution/mesh_panchip.md: 更新文档描述，修正 DK0.0 反馈的文档错误
  - Developing Bluetooth Applications: 修改了静态地址相关的说明和参考代码，补充了 GATT Service 的配置和说明

5.6.3 3. ISSUES

已解决问题

- ISSUE #19: 静态地址设置失败
- ISSUE #23: sample: mesh_echo 在某些手机上工作异常
- ISSUE #24: sample: ble_hid_selfie 例程重连和控制异常
- ISSUE #25: proprietary_radio 与 xn24l01 通信时丢包
- ISSUE #26: sample: iot_wechat 例程测试不通
- BUG #294: sample: mult_roles 作为 central 与其它设备建立连接时，只能连接一次

遗留问题

- ISSUE #22: sample: mesh_speaker 在小度音响上工作异常
- ISSUE #27: sample: mouse_solution 例程在一些设备上工作异常
- BUG #286: **settings 可能存在问题，烧录不同的例程时，建议先对芯片进行擦除**
- BUG #287: central_ht 测试—查看设备串口显示的从机温湿度信息
- BUG #288: central 测试—Central 设备主动扫描功能，扫描到对端设备连接之后立即断链
- BUG #289: 蓝牙多角色功能实际支持的连接个数比配置的个数少一个
- BUG #290: peripheral_identity 测试—测试设备支持的最大连接个数时，出现设备发不出广播的情况

- `BUG #299`: peripheral_hids 测试—多次进行连接、测试、重连操作、会出现断链后但是设备仍然处于连接状态
- `BUG #309`: 2.4G 发送端信号 tx 和接收端信号 rx，设置不同的频点和不同的 CRC 搭配时，成功率偏低，丢包偏多
- `BUG #310`: 蓝牙作为 `central` 时，与其它设备建立连接时，会异常断开连接
- `BUG #324`: ble-only 模式下，压力测试蓝牙配对、连接操作，鼠标在断链后无法实现自动重连
- mesh dev UUID 多设备显示为同一个，多设备烧录需要代码内修改

新增问题

- `BUG #312`: mult_roles 测试—配置 3 主 0 从-设备作为 Master，验证设备可以支持的最大链路数失败，建立一条链路，建立第二条时，会强制把第一条链路断开
- `BUG #313`: mult_roles 测试—设备作为 Slave 与 3 个手机保持长时间连接出现异常，bt_hci_core，断链后无法再次重连
- `BUG #314`: peripheral 测试—连接、断链、重连测试中，出现连接一次成功后，第 2 次连接异常，无法再次连接现象
- `BUG #315`: prf-2.4g 测试—点对点通信，过一段时间会偶现接收端 rx data crc err
- `BUG #316`: central_multilink 测试—Central 设备可以连接从设备，但是连接不稳定，连接上会发生断链
- `BUG #317`: peripheral_hids 测试—苹果手机 iphone6s 和华为 nova 手机均不能与设备进行正常连接、断链、重连
- `BUG #318`: 手机 NRF Mesh 测试-烧录 mesh_panhip 的 sample，在 nRF Mesh 界面上搜索设备进行连接时，有很多名称为 panchip 的设备显示且无法连接成功
- `BUG #319`: Friend-LPN，多个 Friend，一个 LPN，查看 Friend 切换流程，切换到新 Friend 时，不稳定，发送开关灯命令不生效
- `BUG #320`: Heartbeat Publish—查看 Heart beat 的打印间隔为 4s，丢包的概率 13/39 为 33%
- `BUG #321`: testcase 中 counter 和 gpio 测试失败
- `BUG #323`: 手机 NRF Mesh 测试-对 mesh 设备 Models 进行入网绑定 App Key 验证开关灯功能出现几点问题
- `BUG #328`: central_hr 和 central_ht 运行时间超过 2 分钟时，就会出现 halting system，且复位不可恢复，只能重烧
- `BUG #329`: mesh_panchip 会烧录后复位板卡会出现异常，且复位后信息不会刷新，经过较久时间仍然记得上次复位次数

5.7 PAN1080 DK v0.0.0

PAN1080 Development Kit `v0.0.0` (2021-12-17) 已发布：

5.7.1 1. SDK

- 基于开源操作系统 Zephyr 的软件集成开发环境（SDK CLI + IDE）
- Panchip 为 PAN1080 定制的交叉编译工具链（Toolchain）
- 支持 PN108C QFN40 测试板
- Panchip 为 PAN1080 提供了多个演示功能的 APP 例程：

基础例程

- blinky: 演示 LED 闪灯，led0 以一秒为周期亮灭。

蓝牙例程

- audio_client: 演示蓝牙语音传输主机端。
- audio_server: 演示蓝牙语音传输从机端。
- beacon: 演示蓝牙 beacon。
- central: 演示蓝牙主机功能，发现设备并与设备建立连接和断连。
- central_hr: 演示蓝牙主机功能，主要是 HR(heart-rate) 服务相关，包括：发现设备, 解析广播数据并与包含 HR 服务的设备建立连接；查找并订阅 HR 服务。
- central_ht: 演示蓝牙主机功能，主要是 HT(health thermometer) 服务相关，包括：发现设备, 解析广播数据并与包含 HT 服务的设备建立连接；查找并订阅 HT 服务。
- central_multilink: 演示主机多连接功能，可以发现设备并与最多 8 个从机设备建立连接。
- eddystone: 演示 Google Eddystone Configuration Service 和 Eddystone beacon 功能。
- hci_uart: 单 BLE Controller，可以通过串口发送 HCI 命令，用于 DTM，或者配合外部 Host 使用。
- ibeacon: 演示 Apple iBeacon 功能，在支持 iBeacon 的应用上，可以粗略的显示距离信息。
- iot_wechat: 演示微信硬件开发平台的 AirSync 协议。
- mesh_echo: 演示蓝牙 MESH 功能，可与 Google ECHO 音响进行绑定，并进行开关灯控制。
- mesh_provisioner: 演示蓝牙 MESH Provisioner 功能，先进行自我配置 netkey，存储，然后通过 pb adv 对其他待入网设备广播进行扫描，建立 link，入网的流程，并包括后续的配置流程。
- mesh_speaker: 演示蓝牙 MESH 功能，可与天猫精灵、百度小度音响进行绑定，并进行开关灯控制。
- multi_roles: 演示蓝牙多角色（主从一体）功能，可以通过 shell 进行广播、扫描和连接，支持最多 8 组连接。
- peripheral: 演示蓝牙从机功能，包含 GATT 服务: CTS/BAS/HRS。
- peripheral_csc: 演示蓝牙从机功能，包含 GATT 服务：CSC (Cycling Speed and Cadence)。
- peripheral_dis: 演示蓝牙从机功能，包含 GATT 服务: DIS (Device Information) 。
- peripheral_esp: 演示蓝牙从机功能，包含 GATT 服务: ESP (Environmental Sensing Profile) 。
- peripheral_hids: 演示蓝牙从机功能，包含 GATT 服务：HID，通用鼠标。
- peripheral_hr: 演示蓝牙从机功能，包含 GATT 服务：HR (Heart Rate)，连接订阅服务后，会上报虚拟的心率值。
- peripheral_ht: 演示蓝牙从机功能，包含 GATT 服务：HT (Health Thermometer)，连接订阅服务后，会上报虚拟的温度数据。
- peripheral_identity: 演示从机多连接功能，可以与最多 8 个主机设备建立连接。
- scan_adv: 演示蓝牙广播和扫描功能，将扫描到的设备个数，放在特定的广播数据中发出去。

私有 2.4G 例程

- prf_io_pulse_rx: 演示脉冲传输功能，接收发送端的 2.4G 信号，并恢复出波形，通过 IO 口输出。
- prf_io_pulse_tx: 演示脉冲传输功能，通过 IO 口接收将外部的 PWM 波形，并通过 2.4G 传输给接收端设备。

解决方案

- `ble_google_light`: 谷歌灯解决方案，通过谷歌音响控制灯。
- `ble_hid_selfie`: 自拍解决方案，通过蓝牙 HID 控制手机拍照。
- `ble_pcte_beacon`: 磐启定位标签解决方案，通过广播发送特定的定位数据。
- `ble_rgb_light`: 蓝牙 RGB 三色灯解决方案，可以用小程序连接并进行控制。
- `mesh_panchip`: 蓝牙 MESH 解决方案，支持远程入网，OTA 灯。
- `mouse_solution`: 鼠标解决方案，支持 BLE、2.4G、USB 三中模式。
- `usb_dongle`: dongle 解决方案，支持 BLE、2.4G。

其它

- `synchronization`: 演示内核基本功能，系统启动两个线程交替向 `Console` 打印消息。

5.7.2 2. HDK

目前版本提供了如下硬件相关资料:

- PAN1080 QFN32 开发参考原理图
- PN108C QFN40 测试板原理图

5.7.3 3. DOC

目前版本提供了如下开发文档:

- SDK 快速入门
- SDK 开发环境介绍
- SDK 架构介绍
- PN108C QFN40 测试板介绍
- 例程介绍
- Zephyr APP 开发指南
- BLE 开发指南
- Mesh 开发指南
- PAN1080 产品说明书（中文）
- PAN1080 Datasheet（EN）

5.7.4 4. TOOLS

目前版本提供了如下工具:

- 量产烧录工具（PC 工具）
- 鼠标上报率测试工具（PC 工具）
- 串口工具（PC 工具）
- nRF Connect（手机测试软件安卓 APK）
- Google Home（手机测试软件安卓 APK）
- nRF Mesh（手机测试软件安卓 APK）

- Siliconlabs Bluetooth Mesh（手机测试软件安卓 APK）

5.7.5 5. 已知问题

- `ble_rgb_light` 与 `iot_wechat` 两个例程中，广播数据中的地址字段未匹配，可能会影响扫描
- `Beacon`：抓包工具查看广播间隔为 100ms-150ms，但是实际抓包间隔小于 100 且不断变化
- `central_hr`：主设备可以与从设备正常进行连接，但是没有心率数据上报
- `central_ht`：查看设备串口显示的从机温湿度信息
- `central`：Central 设备主动扫描功能，扫描到对端设备连接之后立即断链
- `peripheral_identity`：测试设备支持的最大连接个数时，测试过程中链路非正常断链
- `peripheral_identity`：测试设备支持的最大连接个数时，出现设备发不出广播的情况
- `mult_roles`：设备连接功能正常，ble conn create 某个设备后会立即断链，然后剩下的可连接设备均无法连接成功
- `mult_roles`：配置 0 主 8 从-设备作为 Slave，验证设备可以支持的最大链路数 8 个
- `peripheral_hids`：多次进行连接、测试、重连操作、会出现断链后但是设备仍然处于连接状态
- `mesh_panchip` 直接编译无法通过（原因是此 Sample 只支持 1MB 大小 Flash 的测试板，不支持在 512KB 的 QFN40 测试板上运行）
- 其他：芯片 RF 参数未经调优，可能会有性能问题