



LK2400A 开发板使用手册



法律声明

若接收常州千米电子科技有限公司（以下简称为“千米电子”）的此份文档，即表示您已经同意以下条款。若不同意以下条款，请停止使用本文档。

本文档版权归千米电子所有，保留任何未在本文档中明示授予的权利。文档中涉及千米电子的专有信息。未经千米电子事先书面许可，任何单位和个人不得复制、传递、分发、使用和泄漏该文档以及该文档包含的任何图片、表格、数据及其他信息。

本产品符合有关环境保护和人身安全方面的设计要求，产品的存放、使用和弃置应遵照产品手册、相关合同或者相关法律、法规的要求进行。

本公司保留在不预先通知的情况下，对此手册中描述的产品进行修改和改进的权利；同时保留随时修订或收回本手册的权利。



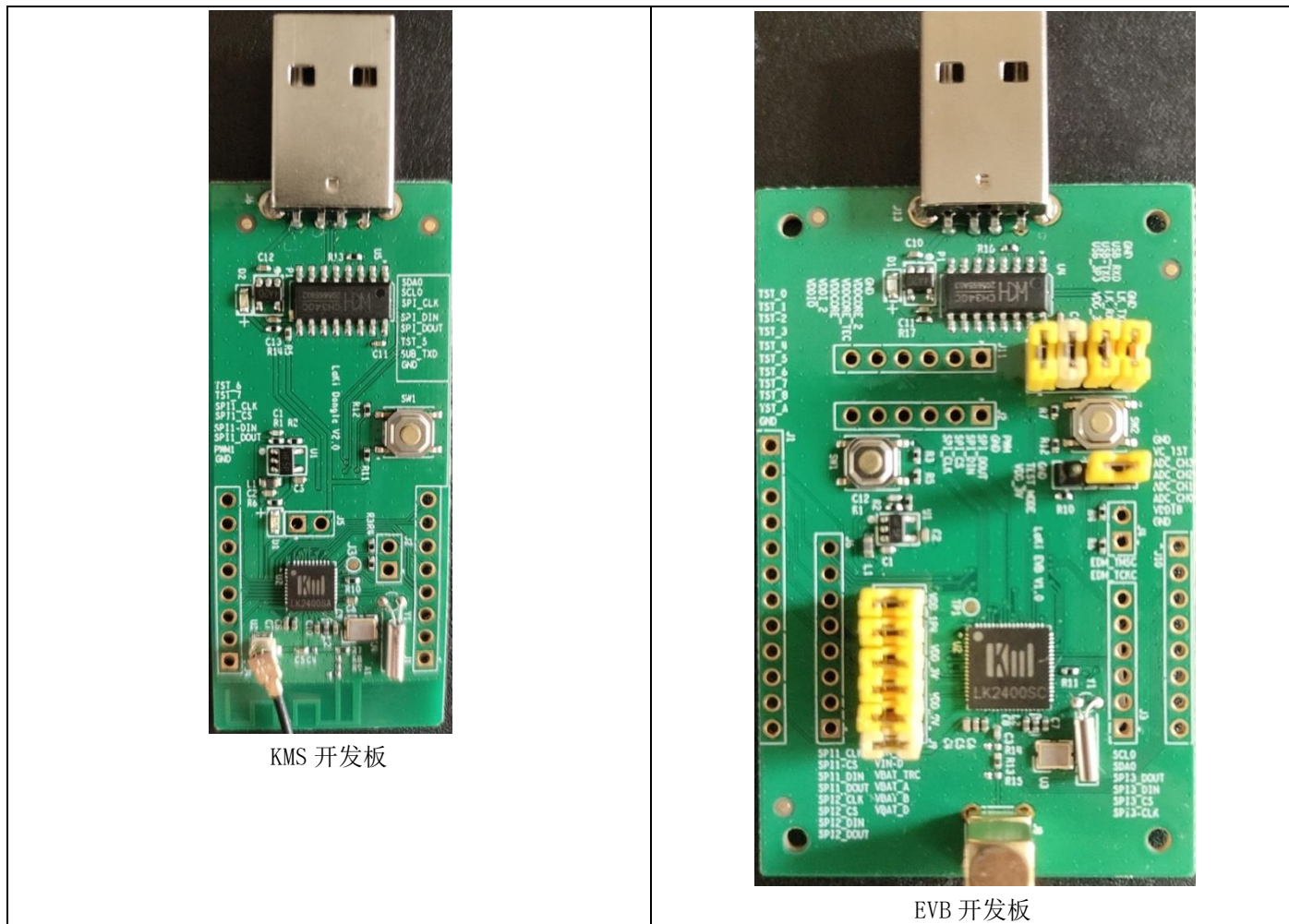
目录

1. 开发板简介	4
1.1 开发板展示	4
1.2 功能描述	4
1.3 操作流程和注意点	4
2. 简单认识	6
2.1. 初始操作	6
2.2. UART TX 结束标识说明 (0xAAAAAAAA)	6
2.3. 更新固件	6
2.4. 简单 TX/RX	6
2.5. 声明	7
3. 射频收发配置	8
3.1. 射频的参数设置, AT 命令 “23”	8
3.2. TX/RX 工作参数配置, AT 命令 “24”	8
4. 通用功能	9
4.1. 单发单收通讯测试	9
4.2. PER 测试	10
4.3. 长时 RX, 用于网关	10
4.4. Memory R/W VIA UART	11
4.5. 休眠-苏醒	12
4.6. 功耗测量	12
5. 附注	13
5.1. PA Table	13
5.2. PA Table	13
6. LaKi Module	14
6.1. KMS-2400A	14
6.2. KMS-2400B	14
6.3. KMS-2400C	15
6.4. KMS-2400D	16
6.5. KME-2400A, Enhanced Module	17

1. 开发板简介

1.1 开发板展示

千米提供 2 种不同类型的开发板提供给客户用于评测，如下图所示：

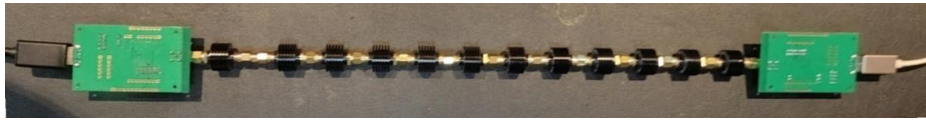


1.2 功能描述

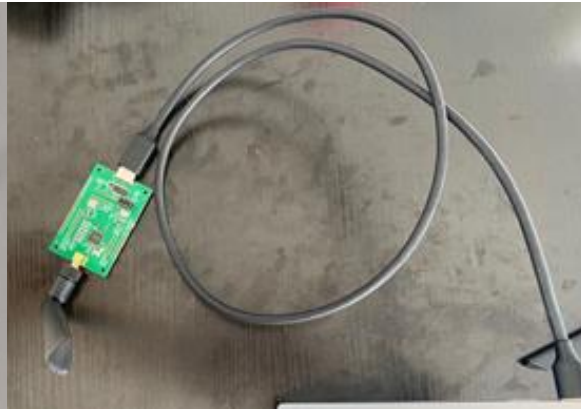
- KMS 开发板，提供 USB 接口用于调试，同时除电源 LED 灯外，提供一个 LED 指示灯用于调试使用。天线使用 IPEX 接口或者 PCB 天线。同时提供各种外设接口用于客户调试
- EVB 开发板，提供 USB 接口。不提供用于调试的 LED 指示灯。提供各种电源插线，方便用户评测功耗

1.3 操作流程和注意点

- 操作方法：
 - 有条件的话，首先使用衰减器界定 RX sensitivity，做链路预算



- 使用 2+米 USB 延长线连接开发板和电脑，使得板子稍稍远离电脑，测试时设置电脑为飞行模式



- 临近（1 米内）各种电子设备关闭 2.4Ghz 的无线，如电脑，手机，PAD 等，关闭 WIFI 和蓝牙
- 切勿使用天线延长线拉开距离，除非用户对所用天线延长线质量有 100%的把握

■ 评测流程

- 先进行远距离测试和穿墙测试，借此验证用户所使用的天线，各延长线及开发板的可靠性。请以千米的测试作为参照，确保套件的可靠性

◆ 远距测试：

- ✓ 场地：空旷可视无遮挡，测试时请检测一下空中信号，确保无超强的 2.4Ghz 信号，尤其是接收端附近无强信号干扰
- ✓ 天线，可靠 2dbi 胶棒天线



- ✓ 500 米，收发两端高度约 1 米，基本不会出现掉包现象
- ✓ 1000 米，发射端约高度约 2 米，接收端高度约 2 米，基本不会丢包
- ✓ 1500 米，发射端高度约 3.5 米，接收端高度约 2.5 米，有丢包现象，但能正常通讯

2. 简单认识

2.1. 初始操作

检测开发板是否正常

- 安装驱动程序（uart 转 usb）
- 电脑插上开发板，使用串口调试工具，选中十六进制输入和显示，打开串口
- 输入“00 00 00 90”回显如下：

```
[10:52:01.949]发-> 00 00 00 90 □
[10:52:01.954]收<- 31 04 47 54 2B 2B 01 32 AA AA AA AA
```

固件日期	射频配置	UART 串口回复
------	------	-----------

注意点：

- 通过 UART 进行 SerialDebug 工具操作，基于 word（32Bits）进行
- 使用串口工具时，每一个 word 的 4 个 Bytes 按照 LSB 进行，如上面的命令“00 00 00 90”实际是“90 00 00 01”。输出同样如此。后面所有的基于串口操作均为 LSB

2.2. UART TX 结束标识说明（0xAAAAAAAA）

1. 若相应命令有命令相应的输出数据，如“22”命令在执行结束后会打印 RX 的结果（或数据，或未接收到的结果），在完成命令相应的打印后，TX 结束标识符用于提醒所有的打印均已经结束。若相应命令无需输出，则 UART TX 标识符为命令执行完成标识符

2.3. 更新固件

使用串口调试工具连接开发板之后，将千米提供的新的固件（文本文档），全部复制粘贴到串口调试工具窗口后发送，写入完成后回显如下（回显不对，则写入没有成功）。刷新固件完成后，开发板会自动重启，等待 2 秒即可操作。

```
22:32:39.306]收<- 54 41 44 53
22:32:39.776]收<- 00 00 00 00
22:32:41.291]收<- 69 4B 61 4C
```

若出现异常，请咨询 KM FAE

2.4. 简单 TX/RX

使用预置配置进行简单的收发

RX 侧，使用命令“22 00 00 00”启动一次 RX，timeout 时间 10 秒。10 秒内接收到一包有效数据，UART 打印。超时打印“00 00 00 00”

TX 侧，使用“91 00 00 00”命令写入 TX 数据，然后使用“21 00 00 00”启动一次 TX。

```
[11:51:00.338]发-> 00 00 00 91 8B 2C 3D 04 11 22 33 44 □ 写入 TX 数据， 043d2c8b 44332211
[11:51:00.341]收<- AA AA AA AA
[11:51:54.499]发-> 00 00 00 21 □ 启动 TX
[11:51:54.502]收<- AA AA AA AA TX 完成
```

TX 侧

```
[11:51:52.771]发-> 00 00 00 22 0A 00 00 00 □ 启动 RX
[11:51:54.502]收<- 8B 2C 3D 04 11 22 33 44 AA AA AA AA
```

RX 侧

RX 接收到数据， 043d2c8b 44332211。自动回显 AAAAAAAA



RX 侧启动，TX 侧不发送，RX 侧 10 秒未接收有效数据超时退出，打印“00 00 00 00”

]发→◇00 00 00 22 □

]收←◆00 00 00 00 AA AA AA AA |

2.5. 声明

千米预置了常用各种操作的成熟固件，并提供了相应的例程。此例程仅供用户开发做参考

3. 射频收发配置

3.1. 射频的参数设置， AT 命令 “23”

1. 命令格式 (LSB 在后): 23000000 {variable (32bit)}

2. 参数说明

Bits	[31:30]	[29]	[28:24]	[23:22]	[21:16]	[15:14]	[13:8]	[7:6]	[5:0]
Comments	2' bxx	Agc	Rx_th	2' bxx	Tx_pa	2' bxx	Rx_chn	2' bxx	Tx_chn
Example	00	1	10010	0	110000	00	101101	00	101101

a) Agc - Auto Gain Control (1bit)

b) Rx_th - RX threshold (5bit), default 为 “0x12”

c) TX_PA - PA value in TX mode(6bit), 参照 PA Table

d) Rx_chn - Channel in RX mode(6bit), 参照 channel Table

e) TX_chn - Channel in TX mode(6bit), 参照 channel Table

3. 示例如下:

串口工具中输入 (LSB 在前):

00000023 32323032

3.2. TX/RX 工作参数配置， AT 命令 “24”

1. 命令格式 (LSB 在后): 24000000 {variable (32bit)}

2. 参数说明

Bits	[31:29]	[28]	[27:24]	[23:16]	[15:8]	[7:0]
Comments	3' bxxx	I_cnt_lit	Pckt_size	To_cnt_lit	Tx_frm_gap	tx_num
Example	000	0	1111	0000 1010	0100 0000	00010000

a) “i_cnt_lit” (1bit) - RX Double 校验。即 RX 时只有在收到两个完全一样的数据时才退出 RX。
I_cnt_lit=”0” 不做 double 校验, i_cnt_lit!=0, 双校验

b) “pkt_size” (4bit), 预估 RX 接受的数据长度, unit: word. Pckt_size 必须大于实际接受的数据长度

c) “to_cnt_lit” (8bit), RX 时间窗, 单位: s

d) “tx_frm_gap” (8bit), 自动多帧重发时帧间隙, 单位: us

e) “tx_num” (8bit), 自动重发的帧数。单位: fram。 Tx_num=0, 不发送

3. 示例如下

串口输入 (LSB 在前)

00000024 10400a0f // {i_cnt=0, pkt_size=15} timeout= 0x0a,10s, frmgap=64, 64us, txnum=16

4. 通用功能

4.1. 单发单收通讯测试

1. 准备

- 准备两块开发板与电脑连接，并打开 uart 接口连接

对 A, B 模块进行配置， 使用 23/24 命令进行

// Example

// TX_chal=0x2d, rx_chl=0x2d, tx_pa=0x30, agc=1, rx_th=0x12

// tx_num = 0x8, tx_frm_gap=0x0a, to_cnt_lit=0x8(8s), pkt_size=0xf, i_cnt_lit=0x0

00000023 2d2d3032

00000024 080a080f

- 为 A, B 模块准备 TX 数据， 命令 “91”， 将 FRAM Data 从 UART 口写入到 TX Buffer 中去， 命令格式如下。**注：**

下面说明均为 LSB 在后

91000000 {FRAM Data}

FRAM Data Format Example

有 payload, datalength=04

TX Buffer Address	Bits Location				comments
	[31:24] DataLength	[23:16] Header2	[15:8] Header1	[7:0] Header0	
0XXXXX00	0x04	33	22	fb	Header
0XXXXX04	77	66	55	44	Payload

无 payload, datalength=0x00

TX Buffer Address	Bits Location				comments
	[31:24] DataLength	[23:16] Header2	[15:8] Header1	[7:0] Header0	
0XXXXX00	0x00	33	22	1a	Header

- 首 4bit 与 datalength 必须匹配：
 - 0xa && datalength= “00”
 - 0xb && datalength!= “00”
 - 非此 2 种为非法数据
- Datalength, 单位： Byte。 Header 不包括在 datalength 中

// Example, 将两个 word 数据写入到 TX Buffer 中去

// word0 (Header) - “043d2c1b”

// word1 (payload) - “ddccbbaa”

00000091 1b2c3d04aabbccdd

2. 一发一收。

- AB 两个模块完成准备后， 先让 RX 模组进入接收模式， 再点击 TX 模组发送数据， 查看接收端是否收到数据
- TX 命令： “21000000”， RX 命令 “22000000”
- 注意点：
 - TX 端和 RX 端两者须在同一信道

- 由于手动操作，配置 RX 端的接受时间窗开大点

3. 图解如下：

- A, B 模块均完成准备

TX 窗口	RX 窗口
发→◇00 00 00 91 1A 33 55 00 □	发→◇00 00 00 23 2A 2A 08 32 □
收←◆AA AA AA AA	收←◆AA AA AA AA
发→◇00 00 00 23 2A 2A 08 32 □	发→◇00 00 00 24 02 14 04 0F □
收←◆AA AA AA AA	收←◆AA AA AA AA
发→◇00 00 00 24 02 14 04 0F □	
收←◆AA AA AA AA	

TX. 配置完成，准备好 TX 命令，等待

RX. 配置完成，准备 RX 命令，等待

- 先在 RX 窗口点击开始接收，启动接收。在 TX 窗口点击发送数据。RX 将接收到数据并打印到 uart。A/B 进行 TX/RX 交换测试

TX 窗口	RX 窗口
发→◇00 00 00 91 1A 33 55 00 □	发→◇00 00 00 23 2A 2A 08 32 □
收←◆AA AA AA AA	收←◆AA AA AA AA
发→◇00 00 00 23 2A 2A 08 32 □	发→◇00 00 00 24 02 14 04 0F □
收←◆AA AA AA AA	收←◆AA AA AA AA
发→◇00 00 00 24 02 14 04 0F □	
收←◆AA AA AA AA	
发→◇00 00 00 21 □	
收←◆AA AA AA AA	

4. 2. PER 测试

1. 配置与 5.1 章节同，命令为 98/99

- “9800, {TX times}”，自动 TX i 次
- “9900, {RX times}”，自动 RX i 次。注：接收到有效数据或者超时退出均为一次 RX

2. Example:

准备 A, B 模组，配置与单收单发同

00000023 2d2d1038

00000024 080a1614

“980000ff”接受 256 次，“990000ff”发射 256 次。

TX 窗口	RX 窗口
发→◇FF 00 00 99 □	发→◇FB 00 00 99
收←◆00 00 00 99	收←◆FC 00 00 99
收←◆01 00 00 99	收←◆FD 00 00 99
收←◆02 00 00 99	收←◆FE 00 00 99
收←◆03 00 00 99	收←◆AA AA AA AA

启动 256 次 TX
发送数据计数回显

256 次 TX 结束回显

TX 窗口	RX 窗口
发→◇FF 00 00 98 □	发→◇AB CD EF 04 0D 35 56 78
收←◆AB CD EF 04 12 34 56 78	收←◆AB CD EF 04 0E 35 56 78
收←◆AB CD EF 04 13 34 56 78	收←◆AB CD EF 04 0F 35 56 78
收←◆AB CD EF 04 14 34 56 78	收←◆AB CD EF 04 10 35 56 78
收←◆AB CD EF 04 15 34 56 78	收←◆AA AA AA AA

启动 256 次 RX
打印接收数据

256 次 RX 结束回显

4. 3. 长时 RX, 用于网关

- 命令 “2c”，{2c, xx, xx, xx} {est_wordLength(16), filt_en(8), timeout(8)}
- 说明，连续 RX n 秒，将接收到数据放入从 0x300000 起始空间。预留空间大小=0x2000。可选择是否对于 TX 端自动连发的同一个数据自动过滤，可选择是否接收中途 UART 指令终端退出
 - 设定时间结束，退出，返回接收到的连续 RX 的结果
 - 设定的地址空间溢出是退出，返回接收到的连续 RX 的结果
 - 若选择允许 UART 中断退出，当接收到指定的中断指令后退出，返回接收到的连续 RX 的结果
- 参数说明

- a) `est_wordLength`, 设置预定接收数据空间大小 (MAX = 0x2000)
 - b) `Filt_en`, 是否需要自动过滤连续相同的数据。 “0” 否, 其他 - 过滤
 - c) `Timeout_cnt`, RX 时间, 单位-秒
4. 例: 启动连续接收 10 秒, 使能 uart 中断、不自动过滤, 最大存储空间 0x2000 个 word
0000002c 0a010020

下图例子中, 10 秒超时退出, 接收到 0x01 个有效数据包, 0x02 个 word。

结果返回打印:

- 1) 第一个 word 返回 RX 的结果: [31:16]接收到的总的 word 的长度, [15:0]接收到的总的 packet 数目。 示例
中 TX 端, 每个包长度为 2 个 word
- 2) 开始打印接收到所有数据
- 3) UART TX 结束标识

```
[12:25:22.120]发→◇00 00 00 2C 0A 01 00 20 □
[12:25:32.127]收←◆01 00 02 00 1B 33 55 04 11 22 33 44 AA AA AA AA
```

4.4. Memory R/W VIA UART

1. AT 命令, “25” / “26”
 - a) “25”, 从 UART 写 memory。启动命令格式如下:


```
{0x25, xx, xx, xx} {wordLength(8), dst_ptr(24)}
{word0} {word1} {word2} ...
```
 - b) “26”, 读取 memory 并打印到 UART。启动命令格式如下:


```
{0x26, xx, xx, xx} {wordLength(8), src_ptr(24)}
```
2. 特殊 Read Memory VIA uart, “27”
 - a) 连续读取 n 个 pkt (仅限于符合 KM 帧格式的数据包)


```
{27, 00, 00, 00 } { pkt_num(8), 起始地址 (24) }
```

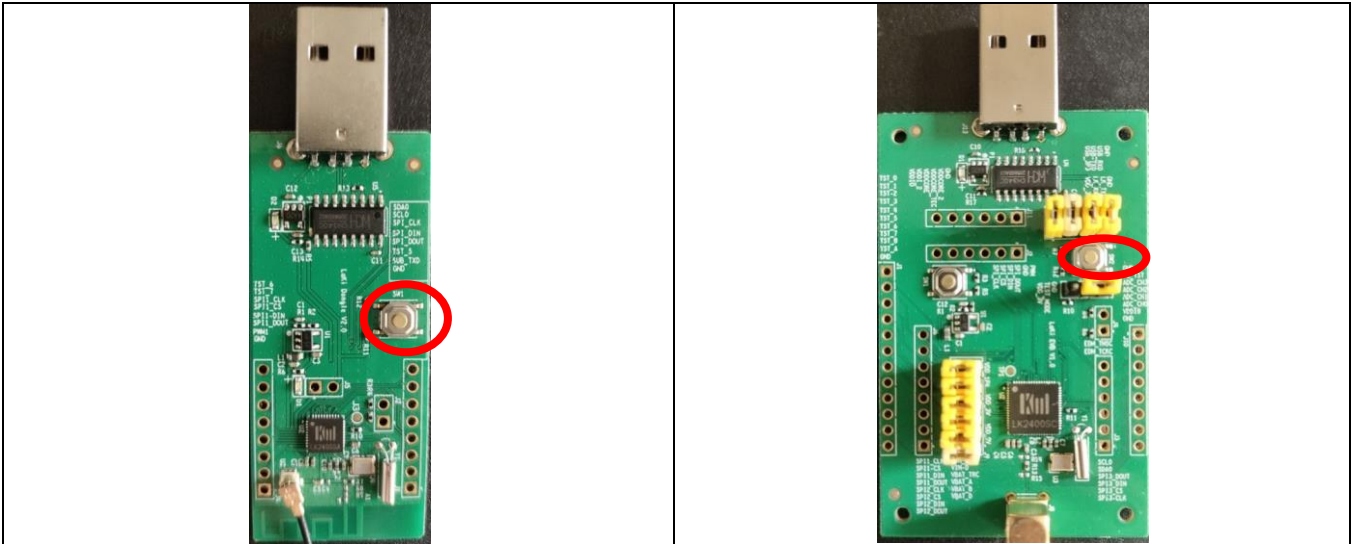
//从 0x301000 的起始地址连续读取 0x40 个数据包
40000027 00103000
3. 示例


```
//从 300080 地址开始连续写入 3 个 word 的数据, 11223344 55667788 aabbccdd
00000025 08003003 11223344 55667788 aabbccdd
//从 300080 地址开始连续读取 3 个 word 的数据
00000026 08003003
```

4.5. 休眠-苏醒

休眠苏醒工作方式简介

- 提供 3 种休眠苏醒工作模式
 - 定时唤醒
 - 外中断唤醒
 - 定时或外中断唤醒
- 开发板上提供外中断按钮，下图红圈处



- AT 命令（详见后面附解）：
 - “0x93, {sleep_time(24)}”，定时苏醒，时间为 sleep_time (1s) 或外中断唤醒。在睡眠时间内如有外中断触发，直接苏醒，否则等睡眠时间到期苏醒

4.6. 功耗测量

电流测量方式

- 在 EVB 开发板上进行功耗测量



上排跳线，左起第一个跳线为系统电源，测量功耗时，拔去此跳线，电流表串入两根插针即可测量电流

5. 附注

5.1. PA Table

Reg(0x0)	Out (dBm)
01	-22
02	-16
03	-12
04	-10
05	-8

Reg(0x0)	Out (dBm)
06	-7
07	-6
08	-5
09	-4
0a	-3

Reg(0x0)	Out (dBm)
0b	-2
0c	-1
0e	0
10	1
12	1.7

Reg(0x0)	Out (dBm)
14	2.3
18	3.1
20	4
30	4.5
3f	4.8

5.2. PA Table

RegValue (0x0)	Band (GHz)
00	2.402
01	2.404
02	2.406
03	2.408
04	2.410
05	2.412
06	2.414
07	2.416
08	2.418
09	2.420
0a	2.422
0b	2.424
0c	2.426
0d	2.428
0e	2.430
0f	2.432

RegValue (0x0)	Band (GHz)
10	2.434
11	2.436
12	2.438
13	2.440
14	2.442
15	2.444
16	2.446
17	2.448
18	2.450
19	2.452
1a	2.454
1b	2.456
1c	2.458
1d	2.460
1e	2.462
1f	2.464

RegValue (0x0)	Band (GHz)
20	2.466
21	2.468
22	2.470
23	2.472
24	2.474
25	2.476
26	2.478
27	2.480
28	2.482
29	2.484
2a	2.486
2b	2.488
2c	2.490
2d	2.492
2e	2.494
2f	2.496

RegValue (0x0)	Band (GHz)
30	2.498
31	2.500
32	2.502
33	2.504
34	2.506
35	2.508
36	2.510
37	2.512
38	2.514
39	2.516
3a	2.518
3b	2.520
3c	2.522
3d	2.524
3e	2.526
3f	2.528

6. LaKi Module

6.1. KMS-2400A



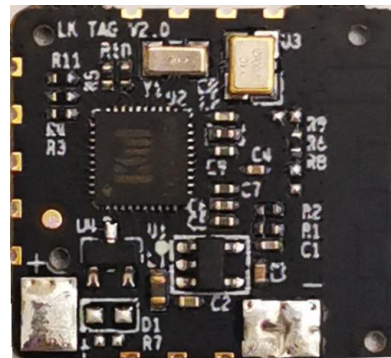
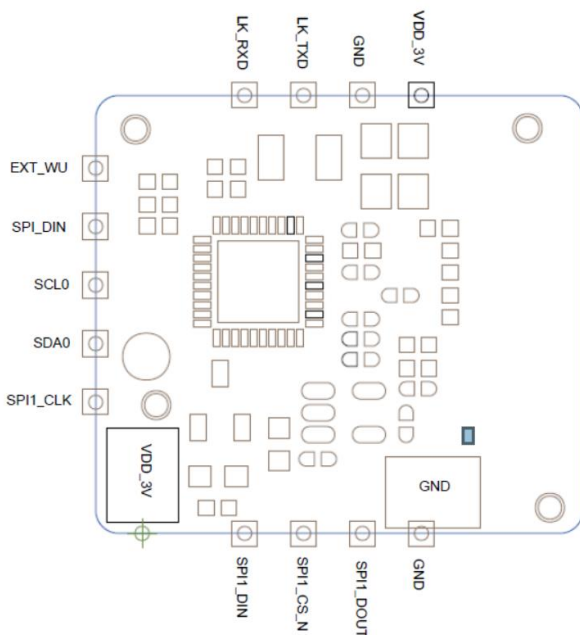
Description

- Circle, Diameter $\sim 2.5\text{cm}$
- Function
 - Simple hardware only provides a LED for indication
 - PCB antenna, $\sim -1\text{ dBi}$

PIN Description

Pin Name	Function	Description
VDD3V	Power Supply	2.2V $\sim$ 3.6V
GND	Ground	0V
LK_TXD	TXD of UART	Reference Pin28 of datasheet
LK_RXD	RXD of UART	Reference Pin29 of datasheet
J1	SPI_din	Reference Pin38 of datasheet
J3	EDM_TMSC	Reference Pin31 of datasheet
J4	EDM_TCKC	Reference Pin30 of datasheet

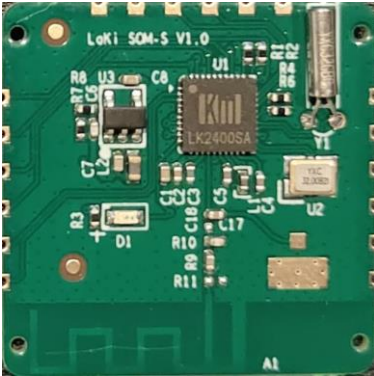
6.2. KMS-2400B



Description

- Size: 1.9cmX1.9cm
- Function
 - Simple hardware with multi IO resource
 - PCB antenna, 0 $\sim$ 2dbi

6.3. KMS-2400C



Description

- Size: 2.5cmX2.5cm
- Function
 - Simple hardware with multi IO resource
 - PCB antenna without connection
 - 天线焊盘

6. 4. KMS-2400D



Description

- Size: 2.6cmX2.6cm
- PAD pitch: 2.54mm
- Function
 - Simple hardware with multi IO resource
 - PCB antenna without connection

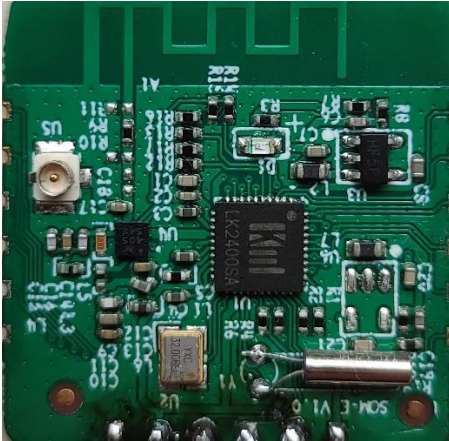
PAD Map

	ANTENNA						
SPI1_CLK							SDA0
SPI1_CS							SCL0
SPI1_SI							SPI_CLK
SPI1_SO							SPI_SO
PWM1							SPI_SI
GND							EXT_WU
	GND	VDD3V3	UART_TXD	UART_RXD	GND	VDDIO	

Pad Description

SPI1_CLK	SPL Default GPIO
SPI1_CS	
SPI1_SI	
SPI1_SO	
PWM1	Default PWM.
UART_TXD	UART
UART_RXD	
SCL	I2c. Default GPIO
SDA	
SPI_SI	DBG 刷新固件专用
SPI_SO	N
SPI_CLK	N
EXT_WU	外部唤醒管脚

6.5. KME-2400A, Enhanced Module



Description

- Size: 2.6cmX2.6cm
- PAD pitch: 2.54mm
- Function
 - Simple hardware with multi IO resource
 - PCB antenna & IPEX
 - FEM integration
 - 3+ Times distance of standard module
 - <20mA current for both TX and RX