

# **ATARM 快速入门**

—基于 AT91SAM7S 系列 ARM 微控制器

作者: **Team Mcuzone**

网址: **<http://www.mcuzone.com>**

版本: **Rev1.0a**

日期: **2006-11**

## 版本信息:

Rev1.0a: 2006-11 成稿, 原始版本

## 版权信息:

本资料部分资料取材于网络, 若侵犯到某些个人或者公司的版权或其他利益, 请主动和我们联系, 我们将注明、更改、删除相关内容。联系方式:

QQ: 8204136

手机: 13957118045

MSN: [hdapple\\_2000@hotmail.com](mailto:hdapple_2000@hotmail.com)

# 目录

## 介绍篇：

- 1, ARM 简介;
- 2, AT91 简介;
- 3, ARM 开发环境 KEIL,IAR,ADS,RV,WINARM 简介;
- 4, ARM 开发工具 WIGGLER,MULTI-ICE,XLINK,ULINK 简介;
- 5, SAM7S32 学习板介绍;
- 6, LED 范例演示;
- 7, ARM/Thumb 汇编指令集;

## 硬件篇：

- 1, AT91SAM7S 供电 (系统电源, 1.8V, PLL);
- 2, 时钟设置, PLL 设置, 32K 时钟;
- 3, RESET 电路 (RESET 电路);
- 4, DBGU/ISP/BOOT;
- 5, JTAG 电路;
- 6, ADC 电路;
- 7, IIC/TWI;
- 8, SPI;
- 9, USART
- 10, PWM
- 11, AIC;
- 12, PMC;
- 13, RTT;
- 14, USB UART
- 15, 原理图介绍, 分析, JTAG 调试, DBGU 下载演示

## 软件篇：

- 00, 汇编指令分析;
- 01, 启动代码分析, 头文件分析;
- 1, GPIO (LED/KEY);
- 2, UART;
- 3, IIC/TWI (24C02);
- 4, ADC (温度, 光照度);

- 5, Timer;
- 6, RTT;
- 7, PWM (LED);
- 8, Uc/OS II;

## 进阶篇：

- 1, 7S64 的 USB 应用 (S64-DEK);
- 2, 7X256 的 USB 应用 (7X256 LITE/EK);
- 3, 7X256 的 CAN 应用 (7X256 EK);
- 4, 7X256 的 NET 应用 (7X256 LITE/EK);

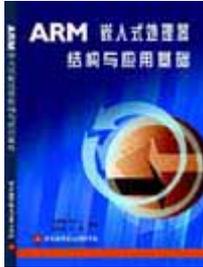
## 附录：

- 1, IAR 下 wiggler, MULTI-ICE 的使用;
- 2, SAM-BA 中文用户手册;
- 3, MULTI-ICE 用户手册;
- 4, XLINK 用户手册;

在开始阅读本书前，建议浏览一下 ARM 公司推荐的关于 ARM 的中文出版物，然后找几本比较适合自己的入门书籍来做一下预习工作，当然，也可以将本站整理的资料做为您的 ARM 入门必读书籍。

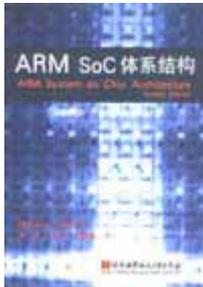
ARM 公司网站上可以找到的中文书籍主要有（截至 2006-10）：

#### **Applications and Architecture of ARM Embedded Microprocessors**



In Chinese language, by Ma Zhongmei, et al.  
published by BUAA Press , Beijing, China (2002)  
ISBN 7-81077-

#### **ARM System-on-Chip Architecture (2nd edition)**



In Chinese language, by Steve Furber

Second Edition

published by BUAA Press, Beijing, China (2002)  
ISBN 7-81077-170-1

#### **Embedded System Design and Linux Drivers development Guide - Based on ARM9 Processor**



Name: 嵌入式设计及Linux驱动开发指南——基于ARM9处理器

Author: 孙天泽 袁文菊 张海峰

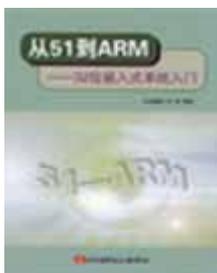
Published by: PHEI

Publication date: Feb 2005

Pages: 347

ISBN: 7-121-00911-0

#### **From 51 to ARM**



Name: 从51到ARM——32位嵌入式系统入门

Name: From 51 to ARM

Author: 赵星寒 刘涛

Author: Zhao Xinhan, Liu Tao

Published by: BUAA

ISBN: 7-81077-719-X

Publication date: 2005-Oct

#### **Chinese book - Real-Time Embedded Multithreading: Using ThreadX and ARM**

Name: 嵌入式实时操作系统的多线程计算——基于 ThreadX 和 ARM



Name: Real-Time Embedded Multithreading: Using ThreadX and ARM

Author: [美] Edward L. Lamie 著 张炯 等译

Author: Edward L. Lamie, Translated by Zhang Jiong etc.

Published by: BUAA

ISBN: 7-81077-629-0

Publication date: 2003-Jan.

#### Chinese book - Embedded System Design and Practice



Name: 嵌入式系统设计与实践

Name: Embedded System Design and Practice

Author: 张晓林 崔迎炜 等

Author: Zhang Xiaolin, Cui Yingwei, etc.

Published by: BUAA

ISBN: 7-81077-715-7

Pages: 344

Publication date: 2006-Jan.

#### Chinese book - ARM and MiniGUI Getting Start



Name: ARM 嵌入式 MiniGUI 初步与应用开发范例

Name: ARM and MiniGUI Getting Start

Author: 周立功 等编著

Author: Zhou Ligong, etc.

Published by: BUAA

ISBN: 7-81077-742-4

Pages: 266

Publication date: 2006-Jan.

#### Chinese book - Embedded System and Applications Development



Name: 嵌入式系统及其开发应用

Name: Embedded System and Applications Development

Author: 沈连丰 宋铁成 叶芝慧 夏玮玮 黄忠虎

Author: Shen Lianfeng, Song Tiecheng, Ye Zhihui, Xia Weiwei, Huang Zhonghu

Published by: PHEI

ISBN: 7-121-01283-9

Pages: 400

Publication date: 2005-Jul

#### ARM Embedded System Experiment Tutorial (Part II)



Name: ARM 嵌入式系统实验教程 (二)  
Name: ARM Embedded System Experiment Tutorial (Part II)  
Author: 周立功 等  
Author: Zhou Ligong, etc.  
Published by: BUAA  
ISBN: 7-81077-729-7  
Publication date: 2005-Oct.

#### Chinese book - uC/OS-II ARM Porting Details



Name:  $\mu$ C/OS-II ARM 移植要点详解  
Name: uC/OS-II ARM Porting Details  
Author: 黄燕平  
Author: Huang Yanping  
Published by: BUAA PRESS  
ISBN: 7-81077-725-4  
Pages: 344  
Publication date: 2006-Jan.

#### Chinese book - ARM Application System Development – S3C4510B Based System Design (2nd edition)



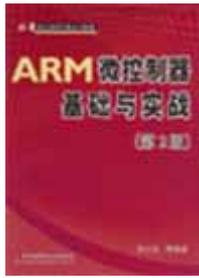
Name: ARM 应用系统开发详解——基于 S3C4510B 的系统设计 (第二版)  
Name: ARM Application System Development - S3C4510B Based System Design (2nd edition)  
Author: 李驹光  
Author: Li Juguang  
Published by : TSINGHUA UNIVERSITY PRESS  
ISBN: 7-30209-522-1  
Pages: 309  
Publication date: 2004-Dec

#### Chinese book - ARM Embedded System Experiment Tutorial (Part 3)



Name: ARM 嵌入式系统实验教程 (三)  
Name: ARM Embedded System Experiment Tutorial (Part 3)  
Author: 周立功等编著  
Author, Zhou Ligong, etc.  
Published by: BUAA PRESS  
ISBN: 7-81077-726-2  
Page:  
Publication date: 2005-Aug

#### Chinese book - ARM Microcontroller Basic and Practice (2nd edition)



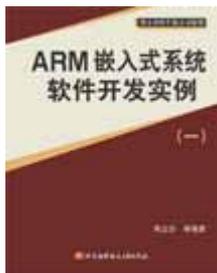
Name: ARM 微控制器基础与实战(第2版)  
Name: ARM Microcontroller Basic and Practice (2nd edition)  
Author: 周立功等编著  
Author, Zhou Ligong, etc.  
Published by: BUAA PRESS  
ISBN: 7-81077-383-6  
Page: 293  
Publication date: 2005-Aug

#### Chinese book - ARM Embedded System Experiment Tutorial (Part One)



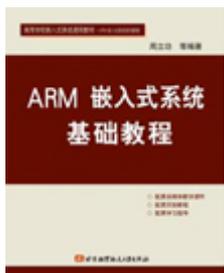
Name: ARM 嵌入式系统实验教程 (一)  
Name: ARM Embedded System Experiment Tutorial (Part One)  
Author: 周立功等编著  
Author, Zhou Ligong, etc.  
Published by: BUAA PRESS  
ISBN: 7-81077-576-6  
Publication date: 2004-Nov

#### Chinese book - ARM Embedded System Software Development (Part One)



Name: ARM 嵌入式系统软件开发实例 (一)  
Name: ARM Embedded System Software Development (Part One)  
Author: 周立功 等  
Author: Zhou Ligong, etc.  
Published by: BUAA PRESS  
ISBN: 7-81077-583-9  
Publication date: 2004-Dec

#### Chinese book - ARM Based Embedded System Development Tutorial



Name: ARM 嵌入式系统基础教程  
Name: ARM Based Embedded System Development Tutorial  
Author: 周立功 等  
Author: Zhou Ligong, etc  
Published by: BUAA PRESS  
ISBN 7-81077-577-4  
Pages: 452  
Publication date: 2005-Jan-1

#### Chinese book - Principle and Applications of Embedded System Design

Name: 嵌入式系统设计原理及应用  
Name: Principle and Applications of Embedded System Design  
Author: 符意德编著

Author: Fu Yide  
Published by: TSINGHUA UNIVERSITY PRESS  
ISBN: 7-302-09638-4  
Page: 314  
Publication date: 2004-Nov

**Chinese book - ARM Based Embedded System Development and Applications**

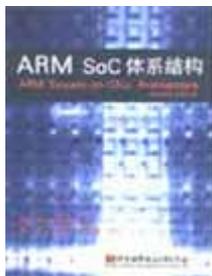


Name: 基于 ARM 的嵌入式系统开发与应用  
Name: ARM Based Embedded System Development and Applications  
Author: 吴明辉等编著  
Author: Wu Minghui  
Published by: 人民邮电出版社  
Published by: PT Press  
ISBN: 7-115-10752-1  
Page: 356  
Publication date: 2004-Jun

**Chinese book - 32-bit Embedded Hardware Design and Debug**

Name: 32 位嵌入式系统硬件设计与调试  
Name: 32-bit Embedded Hardware Design and Debug  
Author: 张仑著  
Author: Zhang Lun  
Published by: 机械工业出版社  
Published by: CMP  
ISBN: 7-111-16417-2  
Page: 302  
Publication date: 2005-Jul

**Chinese book - ARM System-on-Chip Architecture**



Name: ARM SoC 体系结构  
Name: ARM System-on-Chip Architecture  
Author: Steve Furber  
Translated by: Tian Ze, Yu Dunshan, Sheng Shimin  
Published by: BUAA PRESS  
ISBN: 7-81077-170-1  
Page: 367  
Publication date: 2002-Oct

**Chinese book - Embedded Microprocessor Dragonball i.MX**



Name: 新一代嵌入式微处理器 i.MX 结构及应用基础  
Name: Embedded Microprocessor Dragonball i.MX  
Author: 王祖林 龙翔 郑红编著  
Author: Wang Zulin, Long Xiang, Zhen Hong  
Published by: BUAA PRESS  
ISBN: 7-81077-468-9  
Page: 341  
Publication date: 2004-Apr

#### Chinese book - Embedded Technologies and System - Intel XScale Architecture



Name: 嵌入式技术与系统——Intel XScale 结构与开发  
Name: Embedded Technologies and System - Intel XScale Architecture  
Author: 陈章龙 唐志强 涂时亮编著  
Author: Chen Zhanglong, Tang Zhiqiang, Tu Shiliang  
Published by: BUAA PRESS  
ISBN: 7-81077-436-0  
Page: 440  
Publication date: 2004-Feb

#### Chinese book - Embedded System - Intel StrongARM Architecture



Name: 嵌入式系统——Intel StrongARM 结构与开发  
Name: Embedded System - Intel StrongARM Architecture  
Author: 陈章龙 涂时亮  
Author: Chen Zhanglong, Tu Shiliang  
Published by: BUAA PRESS  
ISBN: 7-81077-240-6  
Pages: 348  
Publication date: 2002-Oct

#### Chinese book - Embedded System Development and Applications



Name: 嵌入式系统开发与应用  
Name: Embedded System Development and Applications  
Author: 田泽编著  
Author: Tian Ze  
Published by: BUAA PRESS  
ISBN: 7-81077-541-3  
Pages: 621  
Publication date: 2005-01

#### Chinese book - Embedded System Development and Application Tutorial



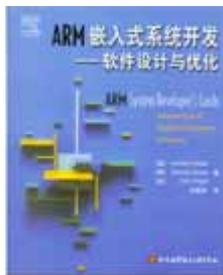
Name: 嵌入式系统开发与应用教程  
Name: Embedded System Development and Application Tutorial  
Author: 田泽编著  
Author: Tian Ze  
Published by: BUAA PRESS  
ISBN: 7-81077-648-7  
Pages: 427  
Publication date: 2005-03

#### Chinese book - Embedded System Development and Practice Tutorial (2nd edition)



Name: 嵌入式系统开发与应用实验教程 (第2版)  
Name: Embedded System Development and Practice Tutorial  
(2nd edition)  
Author: 田泽编著  
Author: Tian Ze  
Published by: BUAA PRESS  
ISBN: 7-81077-486-7  
Pages: 291  
Publication date: 2005-Apr

#### Chinese book - ARM System Developer's Guide



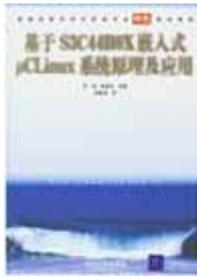
Name: ARM 嵌入式系统开发——软件设计与优化  
Name: ARM System Developer's Guide  
Author: Andrew N.Sloss, Dominic Symes, Chris Wright  
Translated by: Shen Jianhua  
Published by: BUAA PRESS  
ISBN: 7-81077-652-5  
Pages: 644  
Publication date: 2005-May

#### Chinese book - 9 Experiment Designs for Embedded Application Development - Based on Uptech ARM3000 University Kit



Name: 嵌入式应用程序开发综合实验 9 例——基于博创 ARM3000 教学平台和各类手持设备  
Name: 9 Experiment Designs for Embedded Application Development - Based on Uptech ARM3000 University Kit  
Author: 俞建新、贾世祥、段卫然等编著  
Author: Yu Jianxin, Jia Shixiang, Duan Weiran, etc.  
Published by: TSINGHUA UNIVERSITY PRESS  
ISBN: 7-302-08672-9  
Page: 297  
Publication date: 2004-Jun

#### Chinese book - S3C44B0X Based Embedded uLinux and Applications



Name: 基于 S3C44B0X 嵌入式  $\mu$ Clinux 系统原理及应用  
Name: S3C44B0X Based Embedded uClinux and Applications  
Author: 李岩、荣盘祥编著  
Author: Li Yan, Rong Panxiang  
Published by: 清华大学出版社  
Published by: TSINGHUA UNIVERSITY PRESS  
ISBN: 7-302-09725-9  
Page: 399  
Publication date: 2005-Jan

#### Chinese book - Embedded System Principles and Interface Technologies



Name: 嵌入式系统原理与接口技术  
Name: Embedded System Principles and Interface Technologies  
Author: 贾智平、张瑞华主编  
Author: Jia Zhiping, Zhang Ruihua  
Published by: 清华大学出版社  
Published by: TCP  
ISBN: 7-302-11198-7  
Pages: 286  
Publication date: 2005-07

#### Chinese book - Make file and uClinux Source Code Analysis - Based on ARM Development Platform

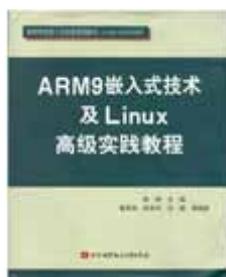


Name:  $\mu$ Clinux 源代码中 Make 文件完全解析——基于 ARM 开发平台  
Name: Make file and uClinux Source Code Analysis - Based on ARM Development Platform  
Author: 田军营、韩建海、马志荣编著  
Author: Tian Junying, Han Jianhai, Ma Zhirong, etc.  
Published by: 机械工业出版社  
Published by: CMP  
ISBN: 7-111-16528-4  
Pages: 388  
Publication date: 2005-Jul

#### Chinese book - ARM Based Microprocessor and uC/OS-II RTOS

Name: 基于 ARM 微处理器和 uC/OS-II 实时操作系统 (2nd edition)  
Name: ARM Based Microprocessor and uC/OS-II RTOS  
Author: 魏洪兴  
Author: Wei Hongxing  
Published by: TSINGHUA UNIVERSITY PRESS  
ISBN: 7-30211-506-0

#### Chinese book - ARM9 Embedded Technology and Linux Advanced Practice Tutorial



Name: ARM9 嵌入式技术及 Linux 高级实践教程

Name: ARM9 Embedded Technology and Linux Advanced Practice Tutorial

Author: 陈贇 等

Author: Chen Ze, etc.

Published by: BUAA PRESS

ISBN: 7-81077-653-3

Pages: 385

Publication date: 2005-Jun

#### Chinese book - Architecture and Development Examples of AT91 Series ARM Microprocessor



Name: AT91 系列 ARM 微控制器体系结构与开发实例

Name: Architecture and Development Examples of AT91 Series ARM Microprocessor

Author: 朱义君 杨育红 赵凯 段志英

Author: Zhu Yijun, Yang Yukong, Zhao Kai, Duan Zhiying

Published by: BUAA PRESS

ISBN: 7-81077-600-2

Pages: 356

Publication date: 2005-Apr

#### Chinese book - Embedded System Design and Development Examples - ARM Based Applications



Name: 嵌入式系统设计与开发实例详解—基于 ARM 的应用

Name: Embedded System Design and Development Examples - ARM Based Applications

Author: 胥静

Author: Xu Jing

Published by: BUAA PRESS

ISBN: 7-81077-558-8

Pages: 391

Publication date: 2005-Jan

#### Chinese book - ARM & Linux Embedded System Tutorial



Name: ARM & Linux 嵌入式系统教程

Name: ARM & Linux Embedded System Tutorial

Author: 马忠梅 李善平 康慨 叶楠

Author: Ma Zhongmei, Li Shanping, Kang Kai, Ye Nan

Published by: BUAA PRESS

ISBN: 7-81077-526-X

Publication date: 2004-Nov

**Chinese book - Practice Tutorial of ARM Embedded Technologies**



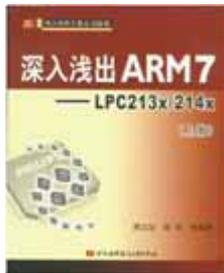
Name: ARM 嵌入式技术实践教程  
Name: Practice Tutorial of ARM Embedded Technologies  
Author: 陈曠  
Author: Chen Ze  
Published by: BUAA PRESS  
ISBN: 7-81077-602-9  
Pages: 340  
Publication date: 2005-Feb

**Chinese book - Foundation and Practice on ARM Microprocessors**



Name: ARM 微控制器基础与实战  
Name: Foundation and Practice on ARM Microprocessors  
Author: 周立功 等  
Author: Zhou Ligong, etc.  
Published by: BUAA PRESS  
ISBN: 7-81077-383-6  
Pages: 518  
Publication date: 2003-Nov

**Chinese book - Learning ARM7 in a Simple Way - LPC213x/214x (Part I)**



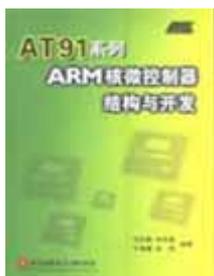
Name: 深入浅出 ARM7——LPC213x/214x（上册）  
Name: Learning ARM7 in a Simple Way - LPC213x/214x (Part I)  
Author: 周立功 张华等  
Author: Zhou Ligong, Zhang Hua, etc.  
Published by: BUAA PRESS  
ISBN: 7-81077-673-8  
Pages: 478  
Publication date: 2005-Jun

**Chinese book - ARM Application System Development**



Name: ARM 应用系统开发详解  
Name: ARM Application System Development  
Author: 李驹光、聂雪媛、江泽明、王兆卫  
Author: Li Juguang, Nie Xueyuan, Jiang Zeming, Wang Zhaowei  
Published by: TSINGHUA UNIVERSITY PRESS  
ISBN: 7-302-07361-9 / TP•5341  
Pages: 289  
Publication date: 2003-Dec

**Chinese book - Architecture of AT91 Series ARM Microprocessors**



Name: AT91 系列 ARM 核微控制器结构与开发  
Name: Architecture of AT91 Series ARM Microprocessors  
Author: 马忠梅  
Author: Ma Zhongmei  
Published by: BUAA PRESS  
ISBN: 7-81077-253-8  
Pages: 513  
Publication date: 2003-Jan

#### Chinese book - Embedded System Design and Development – Based on ARM Processors and uC/OS-II RTOS



Name: 嵌入式系统设计与实例开发——基于 ARM 微处理器与 uC/OS-II 实时操作系统  
Name: Embedded System Design and Development - Based on ARM Processors and uC/OS-II RTOS  
Author: 王田苗  
Author: Wang Tianmiao  
Published by: TSINGHUA UNIVERSITY PRESS  
ISBN: 7-302-05859-8  
Pages: 276  
Publication date: 2002-Sep

#### Chinese book - ARM Architecture and Programming



Name: ARM 体系结构与编程  
Name: ARM Architecture and Programming  
Author: 杜春雷  
Author: Du Chunlei  
Published by: TSINGHUA UNIVERSITY PRESS  
ISBN: 7-302-06224-2  
Pages: 512  
Publication date: 2003-Feb-1

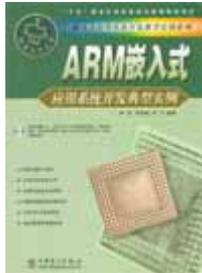
#### Chinese book - Analysis and Practice on Open Source Embedded Software



Name: 源码开放的嵌入式系统软件分析与实践——基于 SkyEye 和 ARM 开发平台  
Name: Analysis and Practice on Open Source Embedded Software  
-- Based on SkyEye and ARM Platform  
Author: 陈渝 李明 杨晔  
Author: Chen Yu, Li Ming, Yang Ye  
Published by: BUAA PRESS  
ISBN: 7-81077-514-6  
Pages: 514

Publication date:2004-Sep

**Chinese book - Example Designs for ARM based Embedded Applications and System Development**



Name: ARM 嵌入式应用系统开发典型实例

Name: Example Designs for ARM based Embedded Applications and System Development

Author: 季昱 林俊超 宋飞羽

Author: Ji Yu, Lin Juncao, Song Feiyu

Published by: CEPP

ISBN: 7-5083-3274-1

Pages 351

Publication date: 2005-Jul

**Chinese book - Embedded System – Open Source Software and StrongARM/XScale processor**

Name: 嵌入式系统——采用公开源代码和 StrongARM/XScale 处理器

Name: Embedded System – Open Source Software and StrongARM/XScale processor

Author: 毛德操 胡希明

Author: Mao Decao, Hu Ximing

Published by: ZJU PRESS

ISBN: 7-308-03362-7

Publication date: 2003-Oct

Pages: 320

从初学和实际应用的角度出发，这里推荐两本 AT91 的书籍，《AT91 系列 ARM 微控制器体系结构与开发实例》和《AT91 系列 ARM 核微控制器结构与开发》，虽然这两本 AT91 的书籍介绍的都是早期的 ATMEL 的 4 系列和 5 系列的 ARM，但是和以下我们要介绍的 AT91SAM7S32 还是相对比较接近的。如果需要开发软件的介绍，除了可以参看开发软件的帮助文档之外，还推荐一本介绍 IAR 的书籍：《IAR EWARM 嵌入式系统编程与实践》，关于这本书的内容，在第三章有详细介绍。

# 第一章、ARM 简介

ARM 公司是一家典型的知识产权公司，它不生产具体的 ARM 芯片，而是通过授权的方式由各大半导体公司来生产，不同的半导体公司购买 ARM 公司的硬核或者软核，然后利用自己优势加入不同的片上外设，应用于各个领域，由于 ARM 内核优越性能，低功耗和低廉的价格，各大半导体厂家纷纷加入 ARM 阵营，这样使得 ARM 公司很快成为了事实上的嵌入式系统的绝对领导厂商。占据了 RISC 市场的主导地位。

近几年，不管是网络舆论还是实际应用,ARM 都越来越流行,但是由于开始的时候,通用的 ARM 芯片都是处理器级别,需要外扩的设备比较多,这样就会造成:一,硬件规模大,成本高;二,结构复杂,学习难度大;三,外围设计的复杂限制了其在实际工程中的应用.典型的例子就是当年在网络上大热的 S3C44BOX,之所以热,也是后来公版 PCB 大行其道,总成本下降造成的。但是我们认为，S3C44B0 公板对于 ARM 初学者而言，入门难度还是比较高的！

虽然 ARM 的流行已是不争的事实,但是其复杂的系统还是使得很多用惯了 51 的人觉得有点难.好在这样的情况很快就得以改变,一些 IC 生产商(如 ATMEL, Philips, ST,TI 等)看到了 ARM 的发展势头,纷纷推出了 MCU 级别的 ARM 控制器(特点是片上整合了 FLASH 与 RAM,比如 ATMEL 的 SAM7S 系列,Philips 的 LPC 系列中的部分,ST 的 STR7 系列,TI 的 TMS470 系列),虽然功能上不一定强大,但是这却使得系统设计简单,也降低了整个控制系统的成本,更利于个人学习.

## 一，ARM 公司及其产品

ARM 系列是英国先进 RISC 机器公司（Advanced RISC Machines, ARM）公司的产品。第一个基于 RISC 指令集的 ARM 芯片是在 1985 年开始设计的，采用的是典型的 32 位 RISC 体系结构，其指令拥有 4 位的寄存器地址域，可以访问 R0-R15 这 16 个寄存器,而其他的寄存器只有在特殊的情况下才可以访问到。

ARM 使用了标准的、固定长度的 32 位指令格式，所有的 ARM 指令使用了 4 位的条件码来决定该指令是否应当执行，这种方式可以解决一些条件分支的问题，从而对代码的密度和性能都有好处，编译也因此也可以显示的控制指令的执行。由于体系结构设计以及器件技术上的特点，可以使得 ARM 处理器可以与一些复杂得多的微处理器相抗衡，特别是在需要很少能耗的嵌入式处理场合。

1990 年，ARM 公司成立了。在 ARM7 中，将 ARM 体系结构完全扩展到 32 位（原来的 ARM 处理器只有 26 位的地址空间），并将主频提升到 40MHz，另外还集成了一个 8KB 的 Cache。比较有趣的是，ARM7 可以支持一种称为"Thumb"的模式，可以运行新的 16 位指令。这主要是通过通过在 ARM7 芯片的指令预取阶段增加一个硬件,完成 Thumb 指令到正常的 32 位 RISC 指令转换来达到目的的。通过引入 Thumb 模式，可以使得只需要付出很少的硬件代价，就可以将代码的密度提升大约 25%-35%，并使得应用的运行更为迅速。

1995年，ARM、Apple、DEC公司联合声明将开发一种用于PDA的高性能、低功耗的微处理器，主要是基于ARM体系结构的。DEC将自己在MPU设计上的优势带入ARM芯片设计中。一年后，StrongARM SA-110问世了，并成为嵌入式微处理器设计的一个里程碑。StrongARM SA-110可以工作在200MHz，而能耗不到1瓦。在体系结构上，StrongARM将原来ARM中的三级流水线扩展到五级，在器件工艺上，大量采用了最新的体系结构和器件技术，大大降低了芯片工作时的能耗。

1997年，Intel接管了StrongARM，并开发了几个后续产品。1998年，Intel开始用0.18um工艺生产StrongARM处理器。在1999年度嵌入式微处理器论坛上，Intel宣布将在其第二代StrongARM中采用7级流水线，并在0.18um工艺条件下，达到600MHz的速度，而能耗将仅仅为不到0.5瓦，同时，将新的微处理器命名为StrongARM Xscale。

StrongARM的出现并不是ARM发展历程上的唯一分支。1996年，ARM8发布了，采用同样的三级流水线，并在72MHz条件下，达到了84MIPS的指标。而在1997年，ARM9内核采用了与StrongARM相同的五级流水线。ARM9TDMI在0.35um工艺条件下，可以在200MHz达到220MIPS的性能。

ARM9的另外一个版本ARM9E对SIMD做了增强，包括8位和16位SIMD加法和减法，16位和32位乘法，以及相应的算术操作等。

ARM9EJ是ARM9E在Java支持上的增强版本。它采用了类似Thumb的机制，通过很少的硬件代价，可以使大多数Java虚拟机字节码可以加速执行，更为复杂的Java虚拟机字节码可以通过软件的方式执行。这样，可以使得Java虚拟机字节码的执行速度提升了大约8倍左右。这对于嵌入式场合的Java应用无疑是极其有效的。

ARM取得了极大的成功，世界上几乎所有主要的半导体厂商都从ARM公司购买ARM ISA许可。目前ARM系列芯片已经被广泛的应用于移动电话、手持式计算机以及各种各样的嵌入式应用领域，成为世界上销量最大的32位微处理器。

ARM的成功在于它极高的性能以及极低的能耗，使得它能够与高端的MIPS和PowerPC嵌入式微处理器相抗衡。另外，即使根据市场需要进行功能的扩展，也是ARM取得成功的一个重要因素。随着更多厂商的支持和加入，可以预见，在将来一段时间之内，ARM仍将主宰32位嵌入式微处理器市场。

最新的市场调查表明，ARM在2000年度里，占据了整个32位嵌入式微处理器市场的76.8%，比1999年度增长了19%。

具体的产品线和器件手册可以到ARM公司中文页面 查阅相关文章。

ARM系列内核介绍

## 二，ARM7 体系结构特点的分析

从 ARM 公司提供的 ARM7 Data Sheet 可以看出，ARM7 属于结构比较简单的 32 位 RISC 体系结构，与一般的、采用五级流水线的 32 位 RISC 结构相比，简化了流水线的设计。这一方面限制了 ARM7 芯片性能的提升，另一方面使得 ARM7 的结构更加简单，不必考虑在多级流水线中需要解决的冲突、中断现场恢复等等复杂棘手的问题，有利于简化设计、提高设计的正确性、有效性。

由于指令长度、格式的限制，在 ARM7 的一般指令中，只能访问 4 位的寄存器空间，这和其他 32 位 RISC 体系结构中能够访问到 5 位、6 位的寄存器空间又不同。ARM7 通过特殊的模式转换方式，使得用户可以访问到其它的 15 个通用寄存器。

ARM7 所有的指令都是条件执行的。这在目前主流的 32 位 RISC 体系结构中并不多见。通过在指令中设置条件域，可以使得编译器有条件完成指令的条件执行功能，优化编译效果。另外，由于条件域的引入，使得在设计流水线的时候，必须考虑译码后的指令是否可以执行。

ARM7 中的所有指令，除了访存指令之外，都是基于寄存器进行操作的，这是典型的 RISC 设计思路。

## 三，ARM 体系结构发展

处理器的体系结构定义了指令集（ISA）和基于这一体系结构下处理器的程序员模型。尽管每个处理器性能不同，所面向的应用不同，每个处理器的实现都要遵循这一体系结构。ARM 体系结构为嵌入系统发展商提供很高的系统性能，同时保持优异的功耗和面积效率。

### ARM 体系结构的发展

ARM 体系结构为满足 ARM 合作者以及设计领域的一般需求正稳步发展。每一次 ARM 体系结构的重大修改，都会添加极为关键的技术。在体系结构作重大修改的期间，会添加新的性能作为体系结构的变体。下面的名字表明了系统结构上的提升，后面附加的关键字表明了体系结构的变体。

V3 结构 32 位地址。

T ? Thumb 状态：16 位指令。

M ? 长乘法支持（ $32 \times 32 \Rightarrow 64$  或者  $32 \times 32 + 64 \Rightarrow 64$ ）。这一性质已经变成 V4 结构的标准配置。

V4 结构 加入了半字存储操作。

D ? 对调试的支持（Debug）

## I ? 嵌入的 ICE (In Circuit Emulation)

属于 V4 体系结构的处理器(核)有 ARM7, ARM7100 (ARM7 核的处理器), ARM7500 (ARM7 核的处理器)。属于 V4T (支持 Thumb 指令) 体系结构的处理器(核)有 ARM7TDMI, ARM7TDMI-S (ARM7TDMI 可综合版本), ARM710T (ARM7TDMI 核的处理器), ARM720T (ARM7TDMI 核的处理器), ARM740T (ARM7TDMI 核的处理器), ARM9TDMI, ARM910T (ARM9TDMI 核的处理器), ARM920T (ARM9TDMI 核的处理器), ARM940T (ARM9TDMI 核的处理器), StrongARM (Intel 公司的产品)。

V5 结构 提升了 ARM 和 Thumb 指令的交互工作能力。

E ? DSP 指令支持。

J ? Java 指令支持。

属于 V5T (支持 Thumb 指令) 体系结构的处理器(核)有 ARM10TDMI, ARM1020T (ARM10TDMI 核处理器)。

属于 V5TE (支持 Thumb, DSP 指令) 体系结构的处理器(核)有 ARM9E, ARM9E-S (ARM9E 可综合版本), ARM946 (ARM9E 核的处理器), ARM966 (ARM9E 核的处理器), ARM10E, ARM1020E (ARM10E 核处理器), ARM1022E (ARM10E 核的处理器), Xscale (Intel 公司产品)。

属于 V5TEJ (支持 Thumb, DSP 指令, Java 指令) 体系结构的处理器(核)有 ARM9EJ, ARM9EJ-S (ARM9EJ 可综合版本), ARM926EJ (ARM9EJ 核的处理器), ARM10EJ。

V6 结构 增加了媒体指令

属于 V6 体系结构的处理器核有 ARM11。ARM 体系结构中有四种特殊指令集: Thumb 指令 (T), DSP 指令 (E), Java 指令 (J), Media 指令, V6 体系结构包含全部四种特殊指令集。为满足向后兼容, ARMv6 也包括了 ARMv5 的存储器管理和例外处理。这将使众多的第三方发展商能够利用现有的成果, 支持软件 and 设计的复用。新的体系结构并不是想取代现存的体系结构, 使它们变得多余。新的 CPU 核和衍生产品将建立在这些结构之上, 同时不断与制造工艺保持同步。例如基于 V4T 体系结构的 ARM7TDMI 核还在广泛被新产品所使用。

新体系结构的发展动力

下一代体系结构的发展是由不断涌现的新产品和变化的市场来推动的。关键的设计约束是显而易见的, 功能, 性能, 速度, 功耗, 面积和成本必须与每一种应用的需求相平衡。保证领先的性能/功耗 (MIPS/Watt) 在过去是 ARM 成功的基石, 在将来的应用中它也是一个重要衡量标准。随着计算和通讯持续覆盖许多消费领域, 功能也变得愈来愈复杂, 消费者期望有高级的用户界面, 多媒体以及

增强的产品性能。ARMv6 将更有效的对这些新性质和技术进行有效的支持。驱动 ARMv6 体系结构发展的市场主要有无线，网络，自动化和消费娱乐市场。ARM 在过去与体系结构的受权者和主要合作者像 Intel,Microsoft,Symbian 和 TI 共同定义了 ARMv6 体系结构的需求。

### ARMv6 体系结构的提升

发展 ARMv6 体系结构的过程中，精力主要集中在五个方面：

#### 存储器管理

存储器管理方式严重影响系统设计和性能。存储器结构的提升将大大提高处理器的整体性能-尤其是对于面向平台的应用。ARMv6 体系结构可以提高取指(数据)效能。处理器将花费更少的时间在等待指令和缓存未命中数据重装载上面。存储器管理的提升将使系统性能提升 30%。而且，存储器管理的提升也会提高总线的使用效率。更少的总线活动意味着功耗方面的节省。

#### 多处理器

应用覆盖驱动系统实现向多处理器方向发展。无线平台，尤其是 2.5G 和 3G，都是典型的需要整合多个 ARM 处理器或 ARM 与 DSP 的应用。多处理器通过共享内存来有效的共享数据。新的 ARMv6 在数据共享和同步方面的能力将使它更容易实现多处理器，以及提高它们的性能。新的指令使能复杂的同步策略，更大的提升了系统效能。

#### 多媒体支持

单指令流多数据流 (SIMD) 能力使得软件更有效地完成高性能的媒体应用像声音和图像编码器。ARMv6 指令集合中加入了超过 60 个 SIMD 指令。加入 SIMD 指令将使性能提高 2 倍到 4 倍。SIMD 能力使发展商可以完成高端的像图象编码，语音识别，3D 图象，尤其是与下一代无线应用相关的。

#### 数据处理

数据的大小端问题是指数据以何种方式在存储器中被存储和引用。随着更多的 SOC 集成，单芯片不仅包含小端的 OS 环境和界面 (像 USB, PCI)，也包含大端的数据 (TCP/IP 包, MPEG 流)。ARMv6 体系结构，支持混合。结果，数据处理问题在 ARMv6 体系结构中更为有效。未对齐数据是指数据未与自然边界对齐。例如，在 DSP 应用中有时需要将字数据半字对齐。处理器更有效处理这种情形需要能够装载字到任何半字边界。当前版本的体系结构需要大量指令处理未对齐数据。ARMv6 兼容结构处理未对齐数据更有效。对于严重依赖未对齐数据的 DSP 算法，ARMv6 体系结构将有性能的提高以及代码数量的缩减。未对齐数据支持将使 ARM 处理器在仿真其它处理器像 Motorola 的 68000 系列方面更有效。与 ARMv5 的实现像 ARM10 和 Xscale, ARMv6 是基于 32 位处理器。ARMv

6 可以实现 64 位或 64 位以上的总线宽度。这使得总线等于甚至超过 64 位处理器，但功耗和面积却比 64 位 CPU 要低。

### 例外（EXCEPTION）与中断

对于实时系统来说，对于中断的效率是要求严格的。像硬盘控制器，引擎管理应用，这些应用中如果中断没有及时得到响应，那后果将是严重的。更有效的处理中断与例外也能提高系统整体表现。在降低系统时尤为重要。在 ARMv6 体系结构中，新的指令被加入了指令集合来提升中断与例外的实现。这些将有效提升特权模式下例外处理。

### ARM11 主要性能

ARM11 是 ARMv6 体系结构的第一个实现，ARM11 微结构的设计目的是为了高性能，而实现这一目的流水线是关键。ARM11 微结构的流水线与以前的 ARM 核不同，它包含 8 级流水，使贯通率比以前的核提高 40%。

### 单指令发射

ARM11 微结构的流水线是标量的（SCALAR），即每次只发射一条指令（单发射）。有些流水线结构可以同时发射多条指令，例如，可以同时向 ALU 和 MAC 流水线发射指令。理论上，多发射微结构会有更高的效能，但实践上，多发射微结构无疑会增加前段指令译码级的复杂程度，因为需要更多的逻辑来处理指令相关（DEPENDENCY），这将使处理器的面积和功耗变得更大。

### 分支预测

分支指令通常是条件指令，它们在跳到新指令前需要进行一些条件的测试。由于条件指令译码需要的条件码要三四个周期后才可能有结果，分支有可能引起流水线的延迟。但分支预测将会有助于避免这种延迟。ARM11 微结构使用两种技术来预测分支。首先，动态的预测器使用历史记录来判断分支是最频繁发生，还是最不频繁发生。动态预测器是一个 64 个分录，4 状态（StronglyTaken,WeaklyTaken,Strongly notTaken,Weakly notTaken）的分支目标地址缓存（BTAC）。表格大小足够保持最近的分支情况，分支预测就基于以前的结果。其次，如果动态的分支预测器没有发现记录，就使用静态的分支算法。很简单，静态预测检查分支是向前跳转还是向后跳转。假如是向后跳转，就假定它是一个循环，预测该分支发生，假如是向前跳转，就预测该分支不发生。通过使用动态和静态的分支预测，ARM11 微结构中分支指令中的 85% 被正确预测。

### 存储器访问

ARM11 微结构存储器系统的提高之一就是非阻塞（NON-BLOCKING）和缺失命中（HIT-UNDER-MISS）操作。当指令取的数据不在缓存中时，一般处理器的流水线会停止下来，但 ARM11 则进行非阻塞操作，缓存开始读取缺失的数据，

而流水线可以继续执行下一指令（NON-BLOCKING），并且允许该指令读取缓存中的数据（HIT-UNDER-MISS）。

### 并行流水线

尽管流水线是单发射的，在流水线的后端还是使用了三个并行部件结构，ALU，MAC（乘加），LS（存取）。LS 流水线是专门用于处理存取操作指令。把数据的存取操作与数据算术操作的耦合性分隔开来可以更有效的处理执行指令。在流水线中包含 LS 部件的 ARM11 微结构中，ALU 或者 MAC 指令不会由于 LS 指令的等待而停止下来。这也使得编译工具有更大的自由度通过重新安排代码来提高性能。为使并行流水线获得更大的效能，ARM11 微结构使用了乱序完成（OUT-OF-ORDER COMPLETION）。

### 64 位数据路径

对于目前的许多应用来说，由于成本与功耗的问题，真 64 位处理器并不十分必要。ARM11 微结构在局部合理使用 64 位结构，通过 32 位的成本来实现 64 位的性能。ARM11 微结构在处理器整数部件与缓存之间，整数部件与协处理器之间使用了 64 位数据总线。64 位的路径可以在一个周期内从缓存中读取两条指令，允许每周期传送两个 ARM 寄存器的数据。这使得许多数据移动操作与数据加工操作变得更为高性能。

### 浮点处理

ARM11 微结构支持浮点处理。ARM11 微结构产品线将浮点处理单元作为一个选项。这可以方便发展商根据需求需用合适的产品。

## 第二章 AT91 系列 ARM 介绍

ATMEL（爱特梅尔）的 AT91 ARM Thumb 微控制器能提供 8 位微控制器用户期望的 32 位的性能，而仍在他的严格的系统预算之内。额外性能使软件中创新而非发展通信、压缩或控制协议。

依据工业标准的 ARM 处理器核心建立一个微控制器产品系列保证了顾客的长期可及性。ARM 处理器的普遍采用使大量的合格软件 IP 产品得到发展，减少了新产品的上市时间。

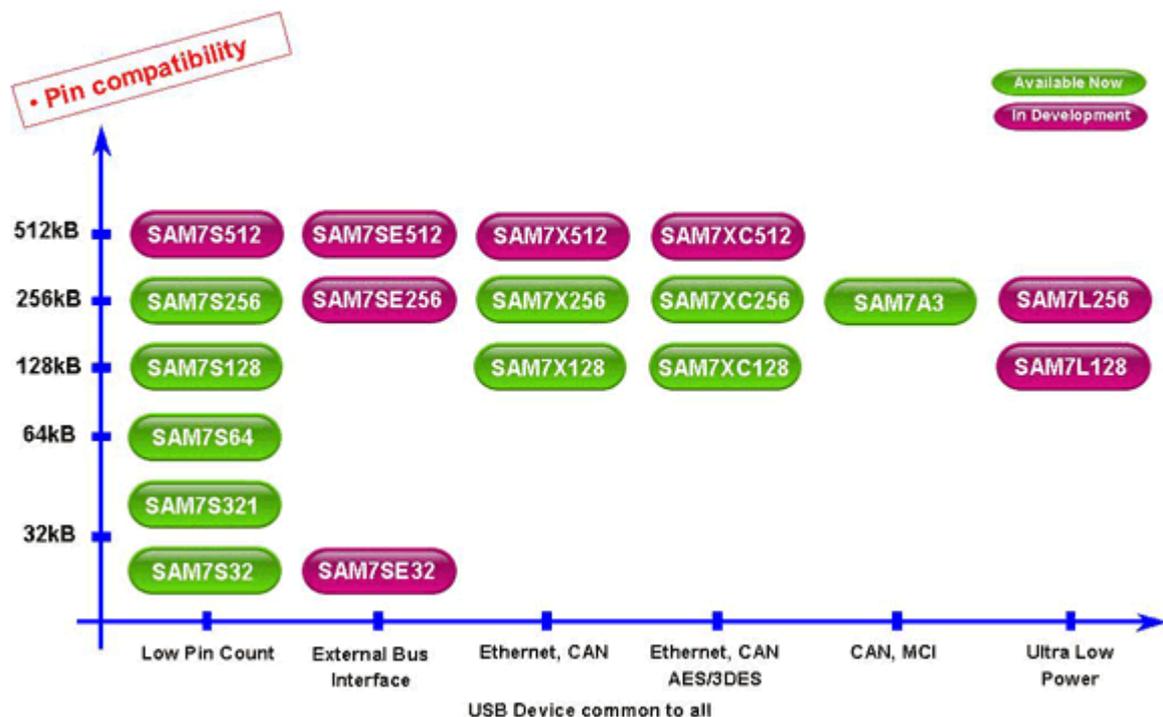
AT91 微控制器以低功率，实时控制应用为目标。它们已经被成功地设计入工业自动化系统、MP-3/WMA 播放器、数据采集产品、传呼器，点销售终端、医疗设备，GPS 和网络系统。

### AT91 开发工具

AT91 系列由最先进的开发工具完全支持，包括 C 编译器，调试器、仿真器和实时操作系统。商务伙伴部分包含被授权的第三方开发工具供应商名单。

这几年 ATMEL 主要致力于开发 AT91SAM7 系列，大致的型号可以参考一下产品选型图。

### AT91 ARM-based Microcontrollers - Product Overview



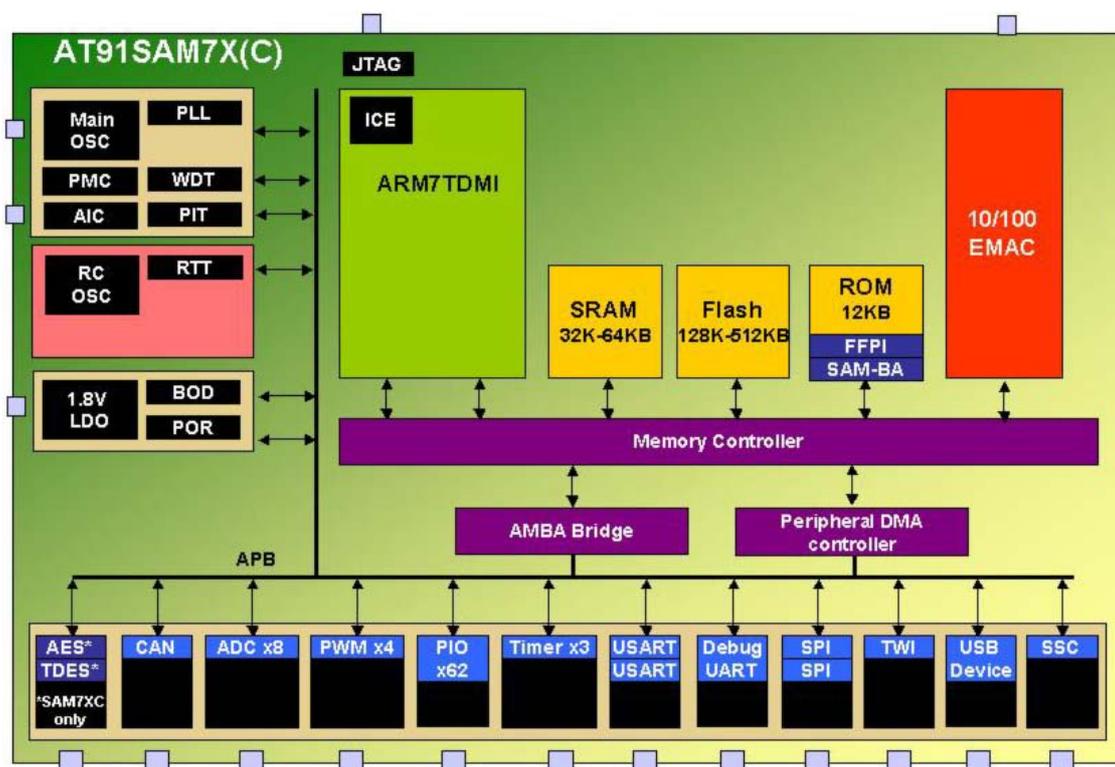
Atmel's AT91SAM7S, AT91SAM7X and AT91SAM9 Smart ARM®-based microcontrollers cover the entire spectrum from low-cost, low-pin-count devices based on the ARM7 processor to high-performance systems-on-chip based on the ARM9.

Seamless migration from 10 to 200 MIPS with complete code compatibility

Industry-standard ARM 32-bit RISC processor

Fully supported with evaluation kits, operating systems, compilers and an extensive range of development tools from industry-leading third-party suppliers.

### AT91SAM7 Series



At the low end, the AT91SAM7S series of Flash microcontrollers based on the ARM7TDMI® processor bridges the gap between 8- (or 16-) and 32-bit microcontroller applications. Besides a jump in real-time performance over 8-bit microcontrollers, they integrate a complete set of secure operation functions. They focus on real-time control applications that require features traditionally incorporated into 8-bit MCUs together with the superior processing power and extended address space of 32-bit MCUs.

The AT91SAM7S family is extended by the AT91SAM7X series for high-connectivity applications requiring any combination of Ethernet, USB, CAN and a range of serial interfaces. The AT91SAM7XC series adds AES and Triple-DES hardware encryption.



在小 ARM7（具备片内 FLASH，片内 RAM 的 ARM7 芯片）市场，比较风光的芯片厂家主要有 ATMEL，PHILIPS（NXP），ST，ADI 等。ATEML 公司是 AT91 系列，早期型号 AT91R40008，AT91M40800/42800/55800，AT91FR40162 系统都较为复杂，属于 ARM7 系列，另有一款 AT91RM9200 属于 ARM9 系列，这两年 ATMEL 致力于发展 AT91SAM 系列，AT91SAM 有两个子系列，即属于 ARM7 内核是 AT91SAM7S 系列和 AT91SAM7X 以及 AT91SAM7A 系列，还有一个是 ARM9 系列，主要型号是 AT91SAM9260，AT91SAM9261；PHILIPS(NXP)的 ARM 是 LPC2000 系列，包括总线开放的 LPC2200 系列和总线补开放的 LPC2100 系列，LPC2100 和 LPC2200 系列均属于 ARM7 内核，近期 PHILIPS(NXP)又退出了性能更强的 LPC2300，LPC2400 和 LPC2800 系列；ST 的 ARM 芯片主要分 STR71X 和 STR91X 两个系列，分别是 ARM7 和 ARM9 内核，其中 STR73X 是 5V 供电。

ATMEL，PHILIPS（NXP），ST，ADI 的内核都是 ARM7TDMI，而 NXP 即以前的 PHILIPS 公司的 LPC2000 系列的 ARM7 采用的是 ARM7TDMI-S 内核，T，D，M，I，S 代表的意思是 Thumb，Debug，Multiplier，ICE，synthesis 即可综合的，带 THUMB 指令，带 DEBUG，带乘法器，带 ICE 的 ARM7 核。大家注意，与其他公司不同，LPC2000 是-S 的，即可综合的，可综合的意思是 ARM 公司提供给 PHILIPS 的是一个版图，是一个软核，PHILIPS 在 ARM 公司允许的范围内可以对 ARM7 做一些改动，比如调试接口。而其他公司，如 ATMEL，ST，SAMSUNG 等从 ARM 公司购买的是硬核，即 ARM 公司提供给 ATMEL 等公司的是一个由 TMSI 或者其他晶元代工厂完成的一个晶片！是一个硬核，已经不能更改！所以 PHILIPS 的调试接口相对其他公司而言就不是很标准，有好处，有坏处。好处是 PHILIPS 可以按照自己的想法做一些性能方面的提升，坏处是调试工具和方法稍有不同，对用惯了 ARM7TDMI 的用户而言刚开始使用 LPC2000 的时候可能会造成一定的困扰。

## 第三章 ARM 开发环境简介

主流的 ARM 开发环境（开发软件）有：IAR for ARM, Keil for ARM, ADS, Realview, WINARM, GHS Multi2000, ICC for ARM 等等，其中针对具备片内 FLASH, ARM 的小 ARM 而言，比较理想的是使用 IAR for ARM 和 Keil for ARM，另外，由于早期大家都使用 ADS 进行开发，同时很多资料和范例是基于 ADS 的，所以使用 ADS 的人也不在少数；WINARM 由于是免费软件，所以也被部分人士所支持，但是使用起来不是很顺手；GHS 的 Multi2000 也有部分人使用；ICC for ARM 则尚待发掘潜在用户。

IAR for ARM 有非常多的帮助文档，很详尽，既有 IAR IDE 的详细介绍，也有关于汇编，C 的详细介绍，如果你英文还过得去，就不需要再买参考资料，IAR 的帮助文档足以让你完成所有开发工作；如果你的英文比较烂，可以看看：

《IAR EWARM 嵌入式系统编程与实践》



定价：49 元  
作者：徐爱钧  
书号：7-8107  
7-755-6  
配盘：光盘  
丛书名：

该书以瑞典 IAR 公司最新推出的 v4.30A 版本 IAR Embedded Workbench for ARM 为核心，详细介绍了 IAR 嵌入式 C 编译器和集成开发环境的使用方法，给出了 Philips、Atmel、ST 等世界著名半导体公司的多种 ARM 核嵌入式处理器编程实例；分析了与具体处理器架构相关的软件技术要点，详细介绍了应用程序设计和调试过程，以便于读者快速掌握集成开发环境和嵌入式 C 编译器的使用方法。本书附光盘一张，内含 EWARM 学习版软件及其使用的动画演示、开发板原理图、ADS 代码移植技术白皮书、书中全部程序范例以及 IAR 公司提供的 v4.30A 版本全功能评估软件包。本书适合于从事 ARM 核嵌入式系统设计的工程技术人员阅读，也可作为大专院校相关专业嵌入式系统课程的教学参考书。

IAR 公司是全球领先的嵌入式系统开发工具和服务供应商，成立于 1983 年，迄今已有 20 余年的历史，其提供的产品和服务涉及嵌入式系统设计、开发和测试的每一个阶段。公司总部位于瑞典第 4 大城市乌普萨拉，在美国、英国、德国、丹麦、日本和中国等都设有分公司或代理商，其产品销售到包括中国在内的全球 30 多个国家。IAR 公司于 1986 年推出世界上首个嵌入式 C 编译器，支持全球几乎所有知名半导体公司的 8 位、16 位以及 32 位微处理器，例如 8051、MSP430 以及 ARM 核嵌入式处理器等，具有强大而灵活的优化功能，能够生成极为紧凑的目标代码。

IAR 的 Embedded Workbench 系列是一种增强型一体化嵌入式集成开发环境，其中完全集成了开发嵌入式系统所需要的文件编辑、项目管理、编译、链接和调试工具。IAR 公司独具特色的 C-SPY 调试器，不仅可以在系统开发初期进行无目标硬件的纯软件仿真，也可以结合 IAR 公司推出的 J-Link 硬件仿真器，实现用户系统的实时在线仿真调试。

IAR 的 Embedded Workbench 系列源级浏览器(Source Browser)功能利用符号数据库使用户可以快速浏览源文件，可通过详细的符号信息来优化变量存储器。文件查找功能可在指定的若干种文件中进行全局文件搜索。还提供了对第三方工具软件的接口，允许用户启动指定的应用程序。

IAR 的 Embedded Workbench 系列适用于开发基于 8 位、16 位以及 32 位微处理器的嵌入式系统，其集成开发环境具有统一界面，为用户提供了一个易学易用的开发平台。IAR 公司提出了所谓“不同架构，惟一解决方案”的理念，用户可以针对多种不同的目标处理器，在相同的集成开发环境中进行基于不同 CPU 的嵌入式系统应用程序开发，有效提高工作效率，节省工作时间。IAR 的 Embedded Workbench 系列还是一种可扩展的模块化环境，允许用户采用自己喜欢的编辑器和源代码控制系统，链接定位器(XLINK)可以输出多种格式的目标文件，使用户可以采用第三方软件进行仿真调试和芯片编程。

本书以 IAR 公司最新推出的 4.30A 版本 IAR Embedded Workbench for ARM 为核心编写，详细介绍了 IAR 嵌入式 C 编译器和集成开发环境的使用方法，并给出 Philips、Atmel、ST 等世界著名半导体公司的多种 ARM 核嵌入式处理器编程实例，分析了与具体处理器架构相关的软件技术要点，详细介绍了应用程序设计和调试过程。本书所有范例均在 IAR EWARM 4.30A 环境下采用 J-Link 硬件仿真器与硬件目标板调试通过，可以直接使用。为帮助读者更好地学习和掌握 EWARM 实际使用方法，本书带有一张配套光盘，其中包含 IAR 公司提供的 32 KB 版本全功能 EWARM 软件包和本书所有范例程序，读者在阅读本书的同时按照范例进行实际操作，可以有效提高学习效率，快速掌握 ARM 核嵌入式系统应用编程技巧。如果需要购买商业版 IAR Embedded Workbench for ARM 软件，可与 IAR 公司中国代表处([www.IAR.com.cn](http://www.IAR.com.cn))联系。

本书在编写过程中得到 IAR 公司中国代表处叶涛先生、盛磊先生的大力支持，深圳优龙科技有限公司、深圳百特电子有限公司和南京万利电子有限公司提供了硬件目标板，北京航空航天大学出版社对于本书的出版给予了大力支持，另外还得到熊晓东、彭秀华、徐阳、袁晓莉、李家绪、万天军、聂红、朱清祥、聂汉平、毛玉蓉、黄金平等的协助，在此一并表示感谢。由于作者水平有限，书中难免会有错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正，读者可通过电子邮箱 [ajxu@tom.com](mailto:ajxu@tom.com) 和 [ajxu41@sohu.com](mailto:ajxu41@sohu.com) 直接与作者联系。

徐爱钧 于长江大学

2006 年 1 月

## 目录

- 第 1 章 IAR Embedded Workbench 嵌入式开发工具简介
  - 1.1 IAR Embedded Workbench 的主要特性 1
  - 1.2 IAR Embedded Workbench 的目录结构和文件类型 4
    - 1.2.1 目录结构 4
    - 1.2.2 文件格式 4
- 第 2 章 快速入门
  - 2.1 项目的创建与编译链接 7
    - 2.1.1 创建项目 7
    - 2.1.2 编译项目 13
    - 2.1.3 链接项目 15
  - 2.2 使用 IAR C-SPY 调试程序 17
  - 2.3 使用 C 与汇编混合编程模式 21
  - 2.4 采用 C++编程 24
  - 2.5 模拟中断仿真 28
    - 2.5.1 添加中断句柄 28
    - 2.5.2 设置仿真环境 31

- 2.5.3 运行仿真中断 35
- 2.6 使用库模块 37
- 第 3 章 ARM 处理器编程基础
  - 3.1 ARM 编程模型 40
    - 3.1.1 ARM 的数据类型和存储器格式 40
    - 3.1.2 处理器工作状态和运行模式 42
    - 3.1.3 寄存器组织 43
    - 3.1.4 异常 48
  - 3.2 ARM 的寻址方式 52
    - 3.2.1 寄存器寻址 52
    - 3.2.2 立即寻址 53
    - 3.2.3 寄存器移位寻址 53
    - 3.2.4 寄存器间接寻址 53
    - 3.2.5 基址寻址 54
    - 3.2.6 相对寻址 54
    - 3.2.7 多寄存器寻址 55
    - 3.2.8 堆栈寻址 55
    - 3.2.9 块拷贝寻址 55
  - 3.3 ARM 指令集 57
    - 3.3.1 ARM 指令的功能与格式 57
    - 3.3.2 指令的条件域 58
    - 3.3.3 指令分类说明 59
  - 3.4 Thumb 指令集 77
    - 3.4.1 Thumb 指令集与 ARM 指令集的区别 77
    - 3.4.2 Thumb 指令分类说明 78
  - 3.5 ARM 汇编语言程序设计 87
    - 3.5.1 ARM 汇编语言程序规范 87
    - 3.5.2 IAR 汇编器支持的伪指令 89
    - 3.5.3 简单汇编语言程序设计 102
  - 3.6 用汇编语言编写系统启动程序 104
    - 3.6.1 编写启动程序的一般规则 105
    - 3.6.2 IAR Embedded Workbench for ARM 软件包给出的一般启动程序 106

## 第 4 章 IAR Embedded Workbench 集成开发环境

- 4.1 IAR Embedded Workbench 的菜单命令 110
  - 4.1.1 File 菜单 110
  - 4.1.2 Edit 菜单 111
  - 4.1.3 View 菜单 113
  - 4.1.4 Project 菜单 113
  - 4.1.5 Tools 菜单 116
  - 4.1.6 Window 菜单 116
  - 4.1.7 Help 菜单 117
- 4.2 定制 IAR Embedded Workbench 集成环境 118
- 4.3 IAR Embedded Workbench 的项目管理 120

- 4.3.1 项目与创建配置 120
- 4.3.2 项目文件导航 121
- 4.3.3 源代码控制 122
- 4.4 应用程序创建 123
  - 4.4.1 程序创建 123
  - 4.4.2 扩展工具链 125
- 4.5 IAR Embedded Workbench 编辑器 126
  - 4.5.1 IAR Embedded Workbench 编辑器的使用 126
  - 4.5.2 定制编辑环境 128
- 第 5 章 应用程序仿真调试
  - 5.1 IAR C-SPY 调试器环境 131
  - 5.2 C-SPY 调试器的菜单命令 136
    - 5.2.1 View 菜单 136
    - 5.2.2 Debug 菜单 136
    - 5.2.3 Disassembly 菜单 140
    - 5.2.4 Simulator 菜单 140
  - 5.3 用 C-SPY 调试用户程序 145
    - 5.3.1 程序执行方式 145
    - 5.3.2 用 Call Stack 窗口跟踪函数调用 147
  - 5.4 变量和表达式 148
    - 5.4.1 C-SPY 表达式 148
    - 5.4.2 察看变量和表达式 149
  - 5.5 断点 150
    - 5.5.1 定义断点 150
    - 5.5.2 察看断点 152
  - 5.6 察看存储器和寄存器 153
    - 5.6.1 使用存储器窗口 153
    - 5.6.2 使用寄存器窗口 154
  - 5.7 C-SPY 宏系统 155
    - 5.7.1 宏语言 156
    - 5.7.2 使用 C-SPY 宏 162
  - 5.8 利用 C-SPY 模拟器进行中断仿真 166
    - 5.8.1 C-SPY 中断仿真系统 166
    - 5.8.2 中断仿真系统的使用 167
  - 5.9 应用程序分析 172
    - 5.9.1 函数级刨析 172
    - 5.9.2 代码覆盖分析 173
  - 5.10 C-SPY 硬件仿真系统 174
    - 5.10.1 硬件仿真流程 174
    - 5.10.2 采用 IAR J-Link 进行硬件系统仿真调试 174
- 第 6 章 IAR ARM C/C++编译器
  - 6.1 IAR ARM C/C++编译器的选项配置 181
    - 6.1.1 基本选项配置 181
    - 6.1.2 C/C++编译器选项配置 183

- 6.2 数据类型 190
  - 6.2.1 基本类型数据 190
  - 6.2.2 指针类型数据 192
  - 6.2.3 结构体类型数据 193
  - 6.2.4 类型属性与对象属性 194
- 6.3 数据存储方式 195
  - 6.3.1 堆栈与自动变量 195
  - 6.3.2 动态存储器与堆 196
- 6.4 扩展关键字 196
- 6.5 函数 200
  - 6.5.1 CPU 模式和 RAM 中的运行函数 200
  - 6.5.2 用于中断、并发及操作系统编程的基元 201
  - 6.5.3 本征函数 204
- 6.6 代码和数据的段定位 206
  - 6.6.1 段的作用说明 206
  - 6.6.2 段在存储器中的定位 208
  - 6.6.3 数据段 209
  - 6.6.4 代码段 212
  - 6.6.5 C++ 动态初始化 213
  - 6.6.6 变量与函数在存储器中的定位 213
- 6.7 DLIB 库运行环境 215
  - 6.7.1 运行环境简介 215
  - 6.7.2 使用预编译库 217
  - 6.7.3 设置库选项 219
  - 6.7.4 代换库模块 220
  - 6.7.5 创建和使用定制库 220
  - 6.7.6 系统启动和终止 221
  - 6.7.7 定制系统初始化 222
  - 6.7.8 标准输入/输出 223
  - 6.7.9 配置 printf 和 scanf 符号 224
  - 6.7.10 文件输入/输出 225
  - 6.7.11 locale 225
  - 6.7.12 环境交互及其他 226
  - 6.7.13 C-SPY 调试器运行接口 227
  - 6.7.14 模块一致性检查 228
  - 6.7.15 执行启动代码 229
- 6.8 库函数 230
  - 6.8.1 头文件 231
  - 6.8.2 附加 C 函数 233
- 6.9 汇编语言接口 234
  - 6.9.1 C 与汇编混合编程 234
  - 6.9.2 C 程序调用汇编语言子程序 235
  - 6.9.3 C++ 程序调用汇编语言子程序 238
  - 6.9.4 调用规则 239

6.9.5 函数调用	242
6.9.6 调用结构信息	243
6.10 使用 C++	244
6.10.1 一般介绍	244
6.10.2 C++特性描述	245
6.11 pragma 预编译命令	247
6.12 IAR 语言扩展	252
第 7 章 ARM 嵌入式系统应用编程实例	
7.1 嵌入式系统编程中的代码优化	257
7.1.1 合理利用编译系统	257
7.1.2 选择数据类型以及数据在存储器中的安排	259
7.1.3 编写高效代码	261
7.2 Philips LPC2148 应用系统编程	264
7.2.1 LPC2148 处理器简介	264
7.2.2 存储器结构	266
7.2.3 中断控制器	267
7.2.4 引脚功能配置	268
7.2.5 通用输入/输出端口 GPIO 编程	269
7.2.6 串行口 UART 编程	286
7.2.7 实时时钟 RTC 及外部中断编程	290
7.2.8 ADC 接口编程	294
7.2.9 USB 接口编程	298
7.3 Atmel AT91SAM7S64 应用系统编程	345
7.3.1 Atmel AT91SAM7S64 处理器简介	345
7.3.2 存储器结构与外设控制	346
7.3.3 并行输入/输出端口 PIO 编程	350
7.3.4 ADC 接口编程	366
7.3.5 TWI 接口编程	371
7.3.6 USB 接口编程	383
7.3.7 $\mu$ C/OSII 在 AT91SAM7S64 上的移植	399
7.4 ST STR71x 应用系统编程	428
7.4.1 ST STR71x 处理器简介	428
7.4.2 STR71x 处理器的存储器结构	430
7.4.3 通用输入/输出端口 GPIO 编程	432
7.4.4 ADC 接口编程	452
附录 A IAR Embedded Workbench 设备支持列表	
附录 B 关于随书配套光盘和 J-Link 仿真器	
参考文献	

如果你的英文还过得去,就不需要买这本书了,该书大部分内容是翻译工作;如果你的英文比较烂,看这本书,比用金山词霸要方便多了。^\_^

而 Keil 是一家德国公司,在 8051 编译器上拥有 15 年的开发历史,其开发的 Keil C51 编译器事实上已经成为业界标准,可以说,用过 8051 的工程师几乎

没有不知道 Keil C51 的。2000 年以后，Keil 开始发布演示版本的 Keil for ARM 软件，一开始功能及其有限，经过几年的努力，从 Keil for ARM 2.32 版本开始，Keil for ARM 被很多人所接受，从 2.32 版本开始，Keil 开始支持 RDI 接口，为第三方开发工具提供上常开了接口。同时很多 Keil C51 的用户开始升级到 Keil for ARM。

Keil uVision 调试器可以帮助用户准确地调试 ARM 器件的片内外围功能(I<sup>2</sup>C、CAN、UART、SPI、中断、I/O 口、A/D 转换器、D/A 转换器和 PWM 模块等功能)。ULINK USB-JTAG 转换器将 PC 机的 USB 端口与用户的目标硬件相连(通过 JTAG 或 OCD)，使用户可在目标硬件上调试代码。通过使用 Keil uVision IDE/调试器和 ULINK USB-JTAG 转换器，用户可以很方便地编辑、下载和在实际的目标硬件上测试嵌入的程序。

支持 Philips、Samsung、Atmel、Analog Devices、Sharp、ST 等众多厂商 ARM7 内核的 ARM 微控制器。

高效工程管理的 uVision3 集成开发环境

- \* Project/Target/Group/File 的重叠管理模式，并可逐级设置；
- \* 高度智能彩色语法显示；
- \* 支持编辑状态的断点设置,并在仿真状态下有效。

高速 ARM 指令/外设模拟器

- \* 高效模拟算法缩短大型软件的模拟时间；
- \* 软件模拟进程中允许建立外部输入信号；
- \* 独特的工具窗口，可快速查看寄存器和方便配置外设；
- \* 支持 C 调试描述语言，可建立与实际硬件高度吻合的仿真平台；
- \* 支持简单/条件/逻辑表达式/存储区读写/地址范围等断点。

多种流行编译工具选择

- \* Keil 高效率 C 编译器；
- \* ARM 公司的 ADS/RealView 编译器；
- \* GNU GCC 编译器；
- \* 后续厂商的编译器。

Keil for ARM 主要支持两个调试器，一个就是 Keil 公司自己的 ULINK，由于 ULINK 并没有任何的加密措施，所以在国内已经是萝卜价格，不到 100 元就可以买到，而代理商的价格是 1980；还有一个调试器是 JLINK，是 SEGGER 公司的调试器，同为德国公司。另外，还有一些第三方的调试器也可以在 Keil for ARM 下使用，比如 H-JTAG 配合 wiggler，H-JTAG 经过两年的开发现在已经可以调试 ARM7，ARM9，而且支持 RDI 接口，即可以支持 Keil,ARM,ADS 等开发环境，并且最近 H-JTAG 带了一个 FLASH 编程插件，可以方便烧写 AT91SAM7 和 LPC2100 系列 ARM7 的片内 FLASH。Wiggler 和 JLINK 的兼容产品 XLINK 均可以在本站购买到。

ARM 芯片是有 ARM 公司设计的，ARM 公司自然也有自己的开发环境，而且是最官方的，基本是效率最高的。一开始是 SDT 开发环境，然后是 ADS，现在是 Realview。SDT 可以说已经完全淘汰，ADS 现在还是很多人用，Realview 由于使用比较复杂，使用的人还不是很多。

ADS 是 ARM 公司的集成开发环境软件，他的功能非常强大。他的前身是 SDT，SDT 是 ARM 公司几年前的开发环境软件，目前 SDT 早已经不再升级。ADS 包括了四个模块分别是：SIMULATOR；C 编译器；实时调试器；应用函数库。ADS 的编译器调试器较 SDT 都有了非常大的改观，ADS1.2 提供完整的 WINDOWS 界面开发环境。C 编译器效率极高，支持 c 以及 c++，使工程师可以很方便的使用 C 语言进行开发。提供软件模拟仿真功能，使没有 Emulators 的学习者也能够熟悉 ARM 的指令系统。

ADS 支持 RDI 接口，如 MULTI-ICE，或者兼容产品，同时通过第三方的 JTAG 调试代理也可以使用简易下载电缆 wiggler。

RealView Developer Suite 工具是 ARM 公司是推出的新一代 ARM 集成开发工具。支持所有 ARM 系列核，并与众多第三方实时操作系统及工具商合作简化开发流程。开发工具包含以下组件：

- 完全优化的 ISO C/C++ 编译器
- C++ 标准模板库
- 强大的宏编译器
- 支持代码和数据复杂存储器布局的连接器
- 可选 GUI 调试器
- 基于命令行的符号调试器(armsd)
- 指令集仿真器
- 生成无格式二进制工具、Intel 32 位和 Motorola 32 位 ROM 映像代码的指令集模拟工具
- 库创建工具
- 内容丰富的在线文档

在本书中，主要以 Keil for ARM 和 IAR for ARM 为主，因为这两种开发环境相对比较容易上手，特别是 Keil，很多 8051 工程师已经非常熟悉 Keil C51 的界面了，而 Keil for ARM 和 Keil C51 的风格也很相象，很容易上手。而 IAR 在各种 MCU 编译器市场均有较好口碑，其编译效率和支持的 MCU 种类都是业界顶级的。

## 第四章 ARM 开发工具简介

由于很多芯片厂家都在生产基于 ARM 内核的芯片,所以 ARM 开发工具也得到了众多第三方开发工具厂家的支持,有多种多样的 ARM 开发工具被生产出来以支持不同的开发环境,不同的芯片,而且价格和性能也各不一样。这里我们仅介绍一下市场上比较常见,而且比较通用的 ARM 开发工具,主要是指 JTAG 仿真器。

可以说,使用出镜率最高,价格最便宜的当数 wiggler 了,虽然 wiggler 只是由一片简单的 244 构成,但是配合比较好的 JTAG 调试代理和 FLASH 编程软件,wiggler 可以干很多的活!对于比较喜欢动手的人,可以自己 DIY 一个,wiggler 的电路图可以在本站的“原创资料”栏目里面找到。一般现在的 wiggler 都是 20 芯接口,和 ARM 公司的 Multi-ICE 仿真器的 JTAG 口相兼容。在 ADS 下,推荐使用 H-JTAG 和 BANYAN 进行调试,如果要编程 FLASH,可以通过 H-JTAG 的编程插件(可以编程 LPC2100 系列的片内 FLASH 和 AT91SAM7 系列的片内 FLASH,并在不断升级),或者用 MACRAIGOR SYSTEM 公司的 FLASHPGM 软件;在 KEIL 下,推荐使用 H-JTAG 来进行调试和 FLASH 编程;在 IAR 下,建议用 IAR 集成的 MACRAIGOR SYSTEM 的 WIGGLER 驱动来调试,同时可以用 IAR 的 FLASHLOADER 进行 FLASH 编程,也可以选择使用 RDI 接口,然后选择 H-JTAG 进行调试,在 IAR 环境里面,可以通过 FLASHLOADER 插件来编程 FLASH。IAR 的 FLASHLOADER 其实功能很强大,只要配置正确,可以烧写片内片外的 FLASH。H-JTAG 是一个免费的 ARM 调试代理,程序没有任何限制,希望能给 ARM 的爱好者提供一个简单实用的学习工具。欢迎访问作者的 BLOG:

<http://twentyone.blogchina.com>

blog 提供了安装程序的下载,同时,也提供了常见的 Q&A.

0. 支持 ARM7/ARM9,支持自动检测和手动指定内核
1. 使用 RDI 接口,支持 SDT,ADS,REALVIEW 和 IAR
2. 支持 ADS1.2 和 SDT2.51 和 RREAL VIEW
3. 支持个硬件断点或者数量不限的软件断点
4. 支持 ARM/THUMB 模式
5. 支持 LITTLEENDIAN & BIGENDIAN
6. 支持 SEMIHOSTING
7. 支持 WIGGLER SDTJTAG 和自定义接口

**Multi-ICE 及其兼容产品:** Multi-ICE 是 ARM 公司开发的 ARM JTAG 仿真器,支持 RDI 接口,和 ADS 无缝集成,国内有很多厂家有生产 Multi-ICE 的兼容产品,本站也有 Multi-ICE 的兼容产品,分并口版本和 USB 版本,分别采用 8bit MCU 加 CPLD 和 32bit ARM 加 CPLD 的设计,在成本和功耗上有很好的控制,而且价格及其低廉,个人客户可以轻松接受。Multi-ICE 的好处是被 ADS, IAR 直接支持,缺点是 FLASH 编程插件很难编写,可以认为不能直接编程 FLASH,在 IAR

下可以利用 IAR 的 FLASHLOADER 来编程 FLASH。另外,Multi-ICE 并不能在 KEIL 下使用。

**ULINK:** ARM7 TDMI 结构的 Keil 开发套件采用最新设计的超豪华 uVision3 集成开发环境,内嵌 C 编译器/汇编器/工程管理器/调试器等功能模块,是一款稳定/可靠/高效的开发工具,适用于不同层次的用户,完全满足从专业的应用开发工程师到初学嵌入式软件开发的学生的所有使用要求。类似于 8051 的智能平台将大幅度缩短您的开发周期,各大半导体厂商的所有 ARM 型号将逐一得到全面支持。

Keil uVision 调试器可以帮助用户准确地调试 ARM 器件的片内外围功能(I<sup>2</sup>C、CAN、UART、SPI、中断、I/O 口、A/D 转换器、D/A 转换器和 PWM 模块等功能)。ULINK USB-JTAG 转换器将 PC 机的 USB 端口与用户的目标硬件相连(通过 JTAG 或 OCD),使用户可在目标硬件上调试代码。通过使用 Keil uVision IDE/调试器和 ULINK USB-JTAG 转换器,用户可以很方便地编辑、下载和在实际的目标硬件上测试嵌入的程序。

支持 Philips、Samsung、Atmel、Analog Devices、Sharp、ST 等众多厂商 ARM7 内核的 ARM 微控制器。

#### 特点

高效工程管理的 uVision3 集成开发环境

- \* Project/Target/Group/File 的重叠管理模式,并可逐级设置;
- \* 高度智能彩色语法显示;
- \* 支持编辑状态的断点设置,并在仿真状态下有效。

高速 ARM 指令/外设模拟器

- \* 高效模拟算法缩短大型软件的模拟时间;
- \* 软件模拟进程中允许建立外部输入信号;
- \* 独特的工具窗口,可快速查看寄存器和方便配置外设;
- \* 支持 C 调试描述语言,可建立与实际硬件高度吻合的仿真平台;
- \* 支持简单/条件/逻辑表达式/存储区读写/地址范围等断点。

多种流行编译工具选择

- \* Keil 高效率 C 编译器;
- \* ARM 公司的 ADS/RealView 编译器;
- \* GNU GCC 编译器;
- \* 后续厂商的编译器。

JTAG 仿真器 ULINK

- \* USB 通讯接口高速下载用户代码;
- \* 存储区域/寄存器查看;
- \* 快速单步程序运行;
- \* 多种程序断点;
- \* 片内 Flash 编程。

支持器件

官方网站: <http://www.keil.com/ulink>

由于 ULINK 没有采用任何形式的加密措施，所以仿制 ULINK 及其简单，随着中国广大个人仿制军团的加入，ULINK 的价格直线下降，目前已经可以以 100 左右的价格搞定。但是 KEIL 公司可能也觉察到 ULINK 仿制太过容易，所以 KEIL 公司积极开发了 ULINK2，估计不久即将面世。

## **J-LINK**

SEGGER 公司的 J-LINK 是一款小巧的 ARM JTAG 硬件调试器，它是通过 USB 口与 PC 机相连。

IAR 的 J-LINK 与该公司的嵌入式开发平台紧密结合，且完全支持即插即用。

### **主要特征:**

- 1, 支持 ADS,KEIL,IAR,WINARM,RealView 等几乎所有开发环境;
- 2, 支持 FLASH 软件断点, 可以设置 2 个以上的断点, 突破一般 ARM 仿真器 2 个 FLASH 断点的限制, 可以设置无穷个 FLASH 断点, 极大的提高调试效率;
- 3, 支持 FLASH 编程, 可以在各个开发环境下轻松编程 FLASH;
- 4, 具备单独烧写 FLASH 的独立软件, 支持知名大厂的全部 NOR FLASH, 提高生产效率;
- 5, 超快速度, 编程速度和调试速度在目前已知调试工具里面最快! 下载速度高达 ARM7:600kb/s,  
ARM9:550kb/s, 通过 DCC 最高可达 800 kb/s;
- 6, 支持几乎所有 ARM7,ARM9, 暂时不支持 XSCALE;
- 7, 最高 JTAG 速度 12 MHz, 支持多 JTAG 器件串行连接
- 8, 自动速度识别功能
- 9, 监测所有 JTAG 信号和目标板电压
- 10, USB 2.0 接口, 通过 USB 2.0 取电, 无需目标板供电
- 11, 带 J-Link TCP/IP server, 允许通过 TCP/ IP 网络使用 J-Link; 支持 GDB 调试, 配合 WINARM, 实现开源调试, 提高调试效率, 降低开发成本
- 12, 终身免费升级, 几乎每周都有更新, 以支持更多的新器件;
- 13, 兼容全功能型 J-Link, 具备 RDI,FLASHDL,FLASHBP,J-FLASH ARM,GDB License

### **更强的几点:**

- 1、支持 ADS,KEIL,IAR,WINARM,RV 等几乎所有开发环境; 并且可以和 IAR 无缝连接
- 2、支持 FLASH 软件断点, 可以设置 2 个以上断点 (无限个断点), 极大的提高调试效率;

- 3、带 J-Link TCP/IP server, 允许通过 TCP/ IP 网络使用 J-Link
- 4、支持几乎所有 ARM7,ARM9, 暂时不支持 XSCALE;
  - \* ARM7TDMI (Rev 1)
  - \* ARM7TDMI (Rev 3)
  - \* ARM7TDMI-S (Rev 4)
  - \* ARM720T
  - \* ARM920T
  - \* ARM926EJ-S
  - \* ARM946E-S

更重要的一点, JLINK 的软件升级及其频繁, 基本上每周都有升级, 以支持更多的器件, 这点是其他仿真器所不能做到的!

官方网站: <http://www.segger.com/>

需要注意的是, SEGGER 公司的 JLINK 有很多版本和很多 LICENSE, SEGGER 公司给 IAR 公司做的 OEM 调试器也叫 JLINK, 但是功能及其有限, 只能在 IAR 下使用, 而且不支持其他 JLINK 的增强功能, 比如 FLASHDL, FLASHBP, J-FLASH ARM; SEGGER 公司给 ATMEL 公司做的 OEM 调试器叫做 SAM-ICE, 只支持 ATEML 的 ARM 芯片, 但是支持 RDI 接口, 可以在 ADS,KEIL, IAR 等支持 RDI 接口的开发环境下使用, 同样, SAM-ICE 不支持 FLASHBP, FLASHDL, J-FLASH ARM. SEGGER 公司自己销售的 JLINK 有各种 LICENSE, 如: RDI, FLASHDL, FLASHBP, J-FLASH, GDB LICENSE 等。

RDI 是指支持 RDI 接口, 即可以通过 RDI 接口在 ADS,KEIL,IAR,WINARM,RV 下使用;

FLASHDL, DL 是 DOWNLOAD 的缩写, 就是指可以在开发环境下将程序写入到 FLASH, 也就意味着在任何 ide 下都可以实现内置 flash 的下载, 调试具备片内 FLASH 的小 ARM 非常有用, 推荐选购;

FLASHBP, BP 是 BREAKPOINT 的缩写, 就是指可以在 FLASH 上设置软件断点, 这样就可以突破 ARM 调试 2 个 FLASH 断点的限制, 大大提高调试效率;

J-FLASH ARM, J-FLASH ARM 是一个独立的程序, 可以将 BIN, HEX, MO T 文件写入到片内 FLASH 的小 ARM 中, 也可以写入到总线开放的 ARM7/ARM9 的片外 FLASH 中, 支持的 FLASH 型号非常齐全, 调试总线开放的 ARM7/ARM9 推荐!

GDB LICENSE 是指可以通过 GDB 进行调试, 是一种远程调试方式, 方便局域网用户。

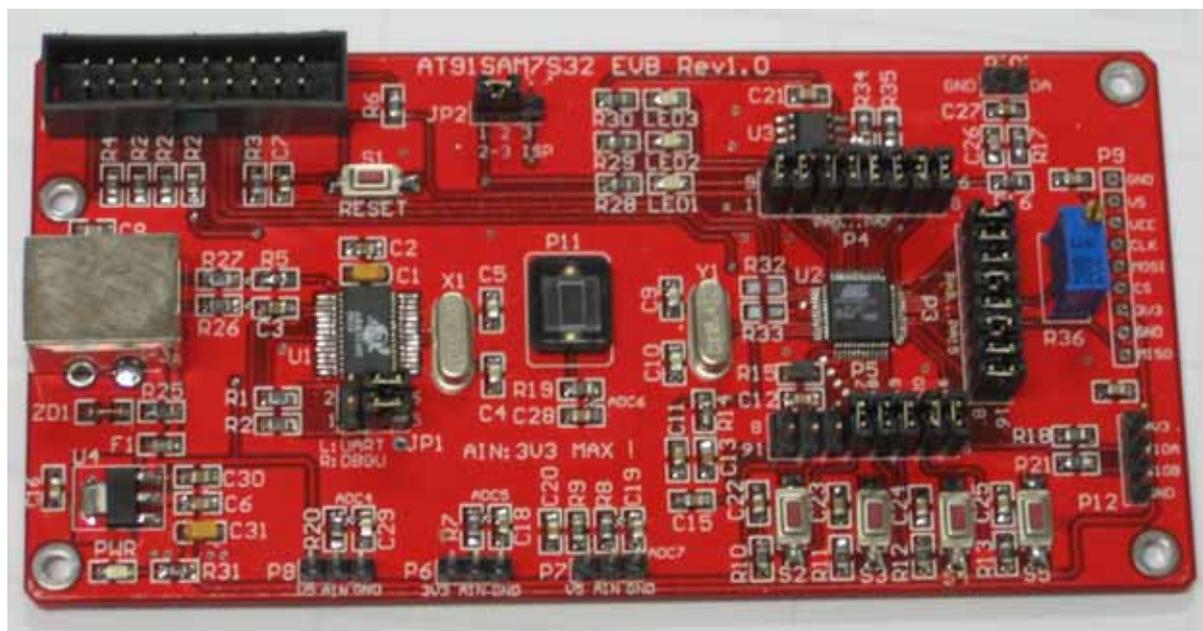
市场上还有很多其他调试器, 但是大部分是 MULTI-ICE 的兼容产品, 另外还有一些调试器, 使用起来不是很方便, 价格也不是很理想, 或者一些老外的产

品，用起来很爽，但是价格几乎是个天价，在此就不再一一介绍了。

对于本书配套的 AT91SAM7S32 学习板，采用的配套调试器是并口的 wiggler，如果有条件，可以选购其他更高档次的调试器。对于初学者，一个 wiggler 基本可以完成所有配套实验。

## 第五章 AT91SAM7S32 学习板介绍

AT91SAM7S32 是 ATMEL 最低端的 ARM7 芯片，但是麻雀虽小，功能还是很强大的。

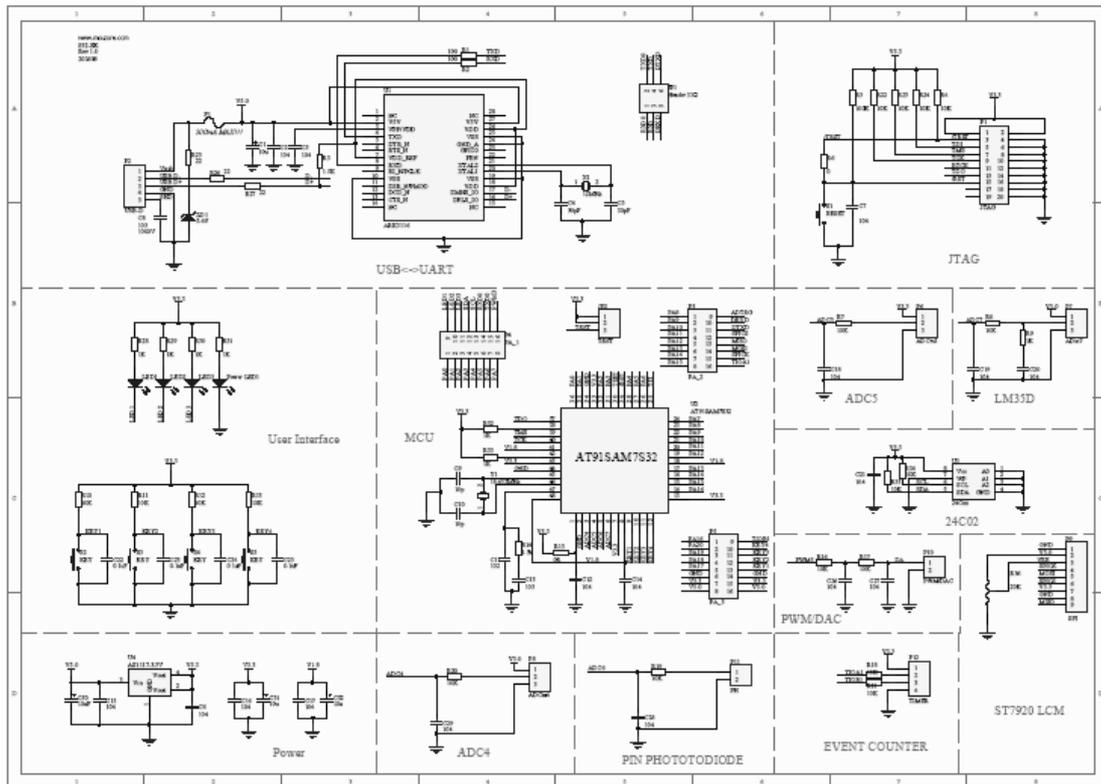


AT91SAM7S32 评估板参考图片

板载资源有：

- 1、4 个贴片按键
- 2、3 个 LED
- 3、USB 转串口，既用于 USB 口取电，也用于 DBGU 和 UART 通讯
- 4、SPI 扩展插座，可以外接 SPI 接口的 LCM
- 5、3 路 ADC 输入
- 6、定时器输出
- 7、PWM 型 DAC
- 8、硅光电池，用于测量光照度
- 9、AT24C02 EEPROM，用于 IIC 实验
- 10、全部 IO 引出，方便大家自行试验
- 11、具备 JTAG 调试接口，ISP 跳线，DBGU 跳线。既可以用 JTAG 调试下载，也可以通过 DBGU 进行下载

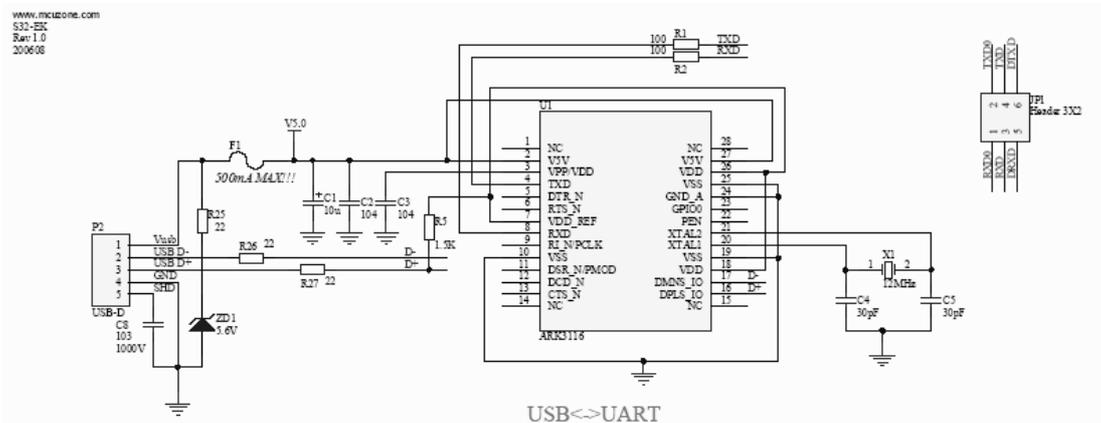
下面是 AT91SAM7S32 EVB 的原理图：



详细的 PDF 格式的原理图可以在网站下载到，也可以在配套光盘里面找到。

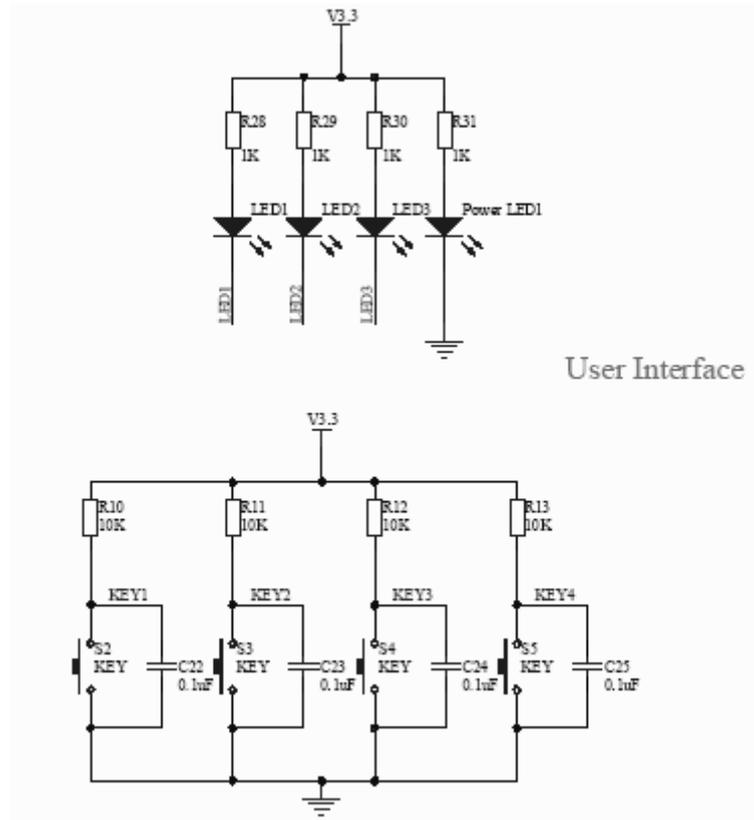
下面分析一下各个模块：

首先是 USB 转 UART 模块：



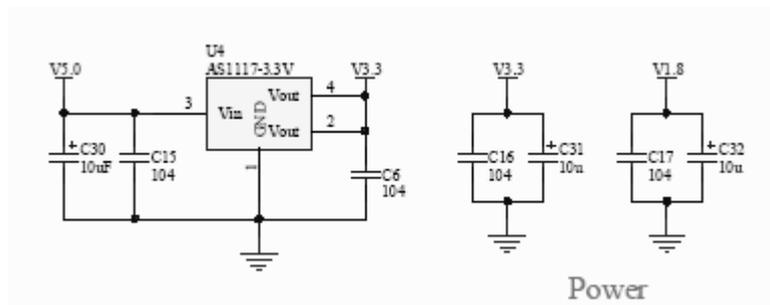
采用了 ARK3116T 来实现 USB 转 UART, ARK3116T 与其他 USB 转 UART 芯片功能一样,但是价格要便宜不少,而且该芯片广泛应用于国内生产的 NOKIA 和 SONY ERICSSON 的手机数据线内。在这里,我们只用到了 ARK3116 的 RXD 和 TXD 数据线,其他外设采用的是典型应用电路,在该设计中,ARK3116 的 RXD 和 TXD 信号的电平是 3.3V 的 TTL/CMOS 电平,可以直接与 AT91SAM7S32 接口,为了安全起见,中间串入了 100 欧姆的小电阻,实际板子上可能会采用更小阻值的电阻。ZD1 和 R25 构成简易的浪涌保护电路,当出现浪涌或者电压尖峰时,ZD1 会将电压控制在最高 5.1V,这样可以有效保护 USB 和 ARK3116T 乃至整个评估板。F1 设计中是保险丝,但是实际会采用 1 欧姆左右的 1/8W 贴片电





3 个 LED, 4 个 KEY

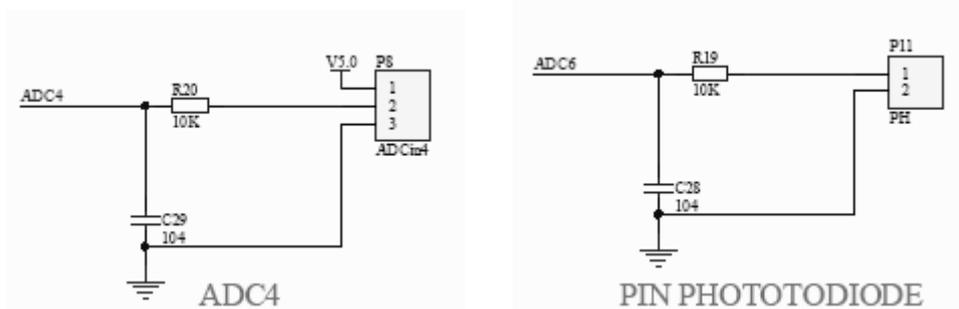
电源电路:

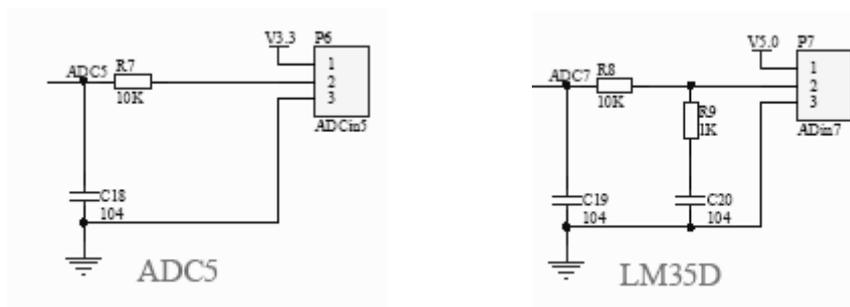


Power

5V 直接从 USB 口取, 3.3V 通过 1117-3.3 产生, 1.8V 由 AT91SAM7S32 片内 LDO 产生。

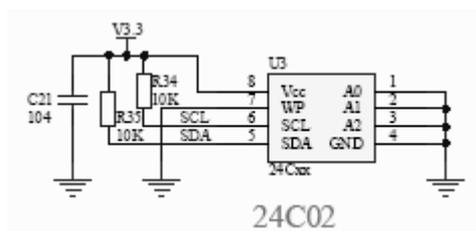
ADC 电路:





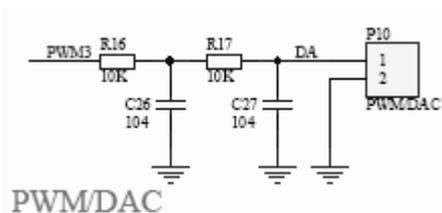
ADC4 和 ADC5 是通用 ADC 通道。ADC5 为 3.3V 的 ADC 接口，提供 3.3V 电压输出；ADC4 是 5.0V 的 ADC 接口，提供 5.0V 电压输出；ADC6 是硅光电池电压采集电路，用于测量光照度；ADC7 是 5.0V 的 ADC 接口，提供 5.0V 的电压输出，预定用于接 LM35D 实现温度测量。

IIC 电路:



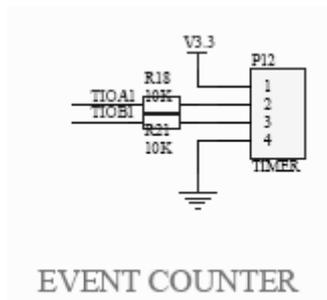
24C02 EEPROM,用于 IIC 试验

PWM/DAC:



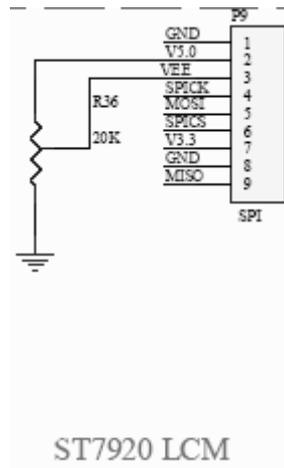
PWM 型 DAC，两级滤波

计数器/定时器输出:



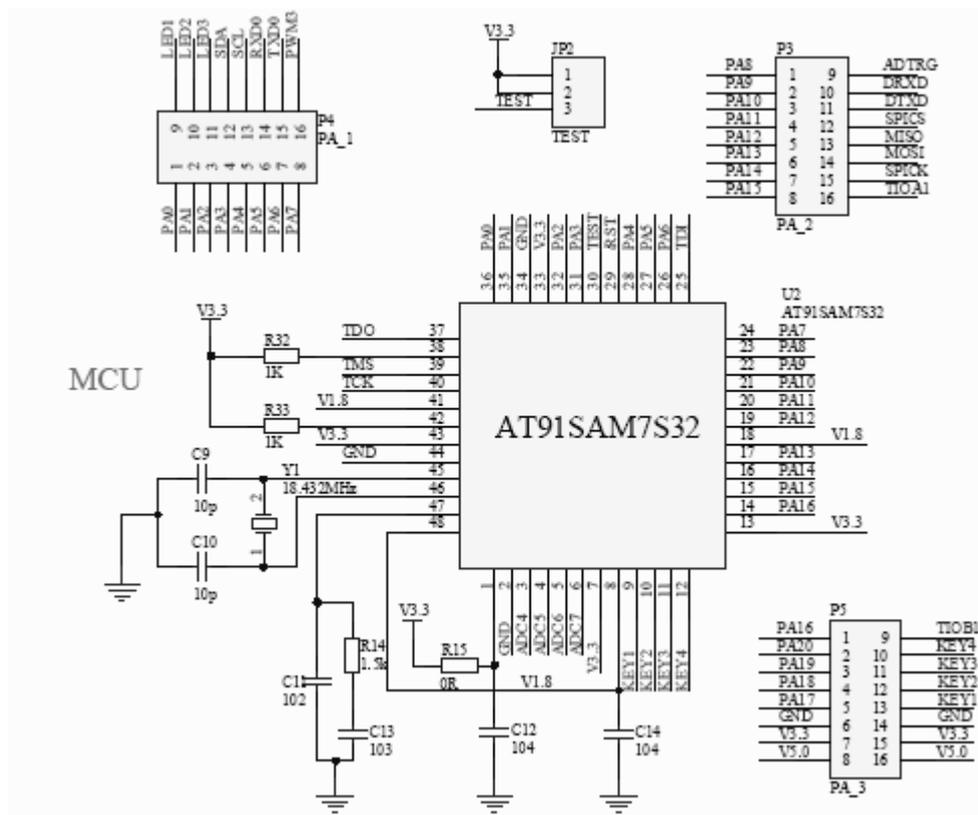
计数器，可以用于外部事件技术

液晶接口：



液晶电路接口，也可以用于外接 SPI 设备

MCU 部分电路：



XTAL 电路采用 18.432MHz，PLL 电路采用 EK 电路，内核所需 1.8V 由 AT91SAM7S32 片内 LDO 产生，所有 IO 全部引出。JP2 跳线用于进行 BOOT 操作。

## 第六章 LED 入门范例

下面，通过一个 LED 来演示一下 AT91SAM7S32 学习板的整个操作流程。

假设客户已经安装了 KEIL 和 IAR，关于 KEIL 和 IAR 的使用方法可以参考 KEIL 和 IAR 的帮助文档。KEIL 和 IAR 的帮助文档都比较详细，特别是 IAR 的文档，加起来有上千页之多，你想得到的信息，基本都可以找到！不过是 E 文的，要有耐性看哦。

下面先给出 IAR 的测试范例流程，假设已经安装了 IAR for ARM 软件，推荐到 [www.iar.com](http://www.iar.com) 下载 32K 限制的评估版本软件，对于 AT91SAM7S32，完全够用！除了有 32K 代码限制，其他功能一样，软件有效期到 2030 年，够用了吧：)

首先，打开 IAR，然后选择“Open existing workspace”，或者直接从“Project”菜单下选择“Add existing workspace”：

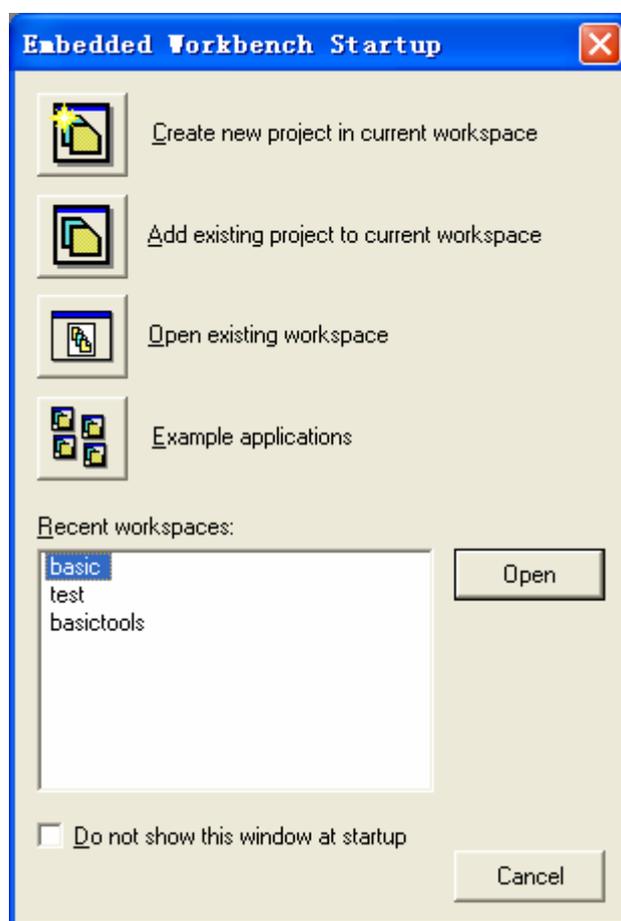


图 6-1

然后找到 IAR 的安装目录，然后打开如下地址内的文件：

ARM\examples\Atmel\SAM7S32\AT91SAM7S-BasicTools\Compil\basic.eww

打开后的界面如下：

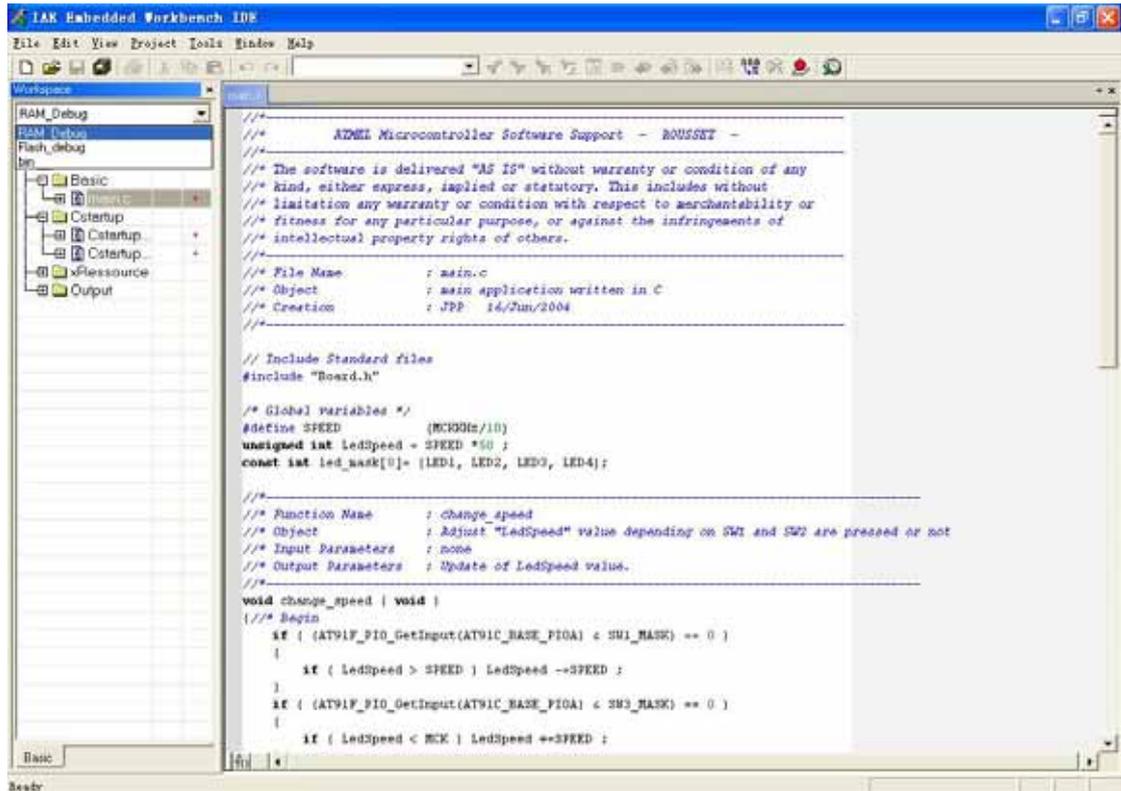


图 6-2

左边是工程结构，右边是代码窗口。左边还有一个下拉框，用来选择调试模式：

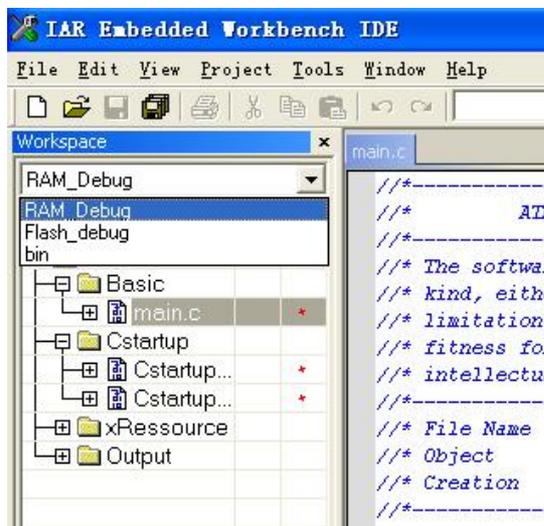


图 6-3

分别是 RAM 调试，FLASH 调试，和 Bin 文件发布。本例我们直接选择 FLASH 调试。

点选工程名（工程根目录），然后右键，选择“Options”进行工程设置，也可以通过点选工程名，然后选择“Project”菜单下的“Options”来进行工程设置：

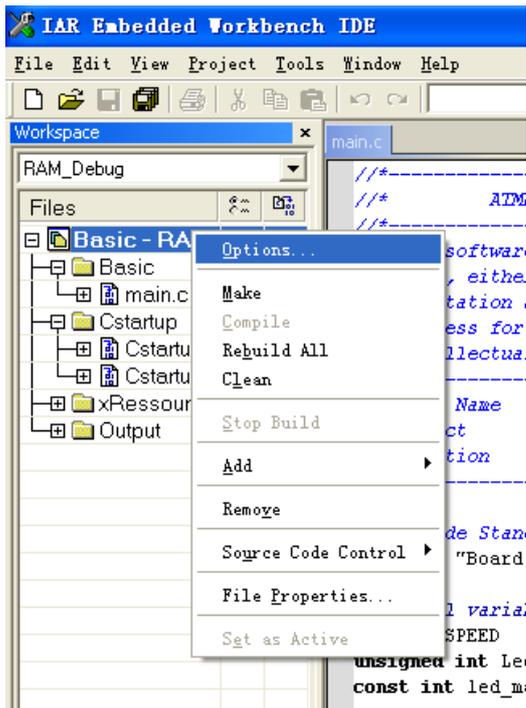


图 6-4A

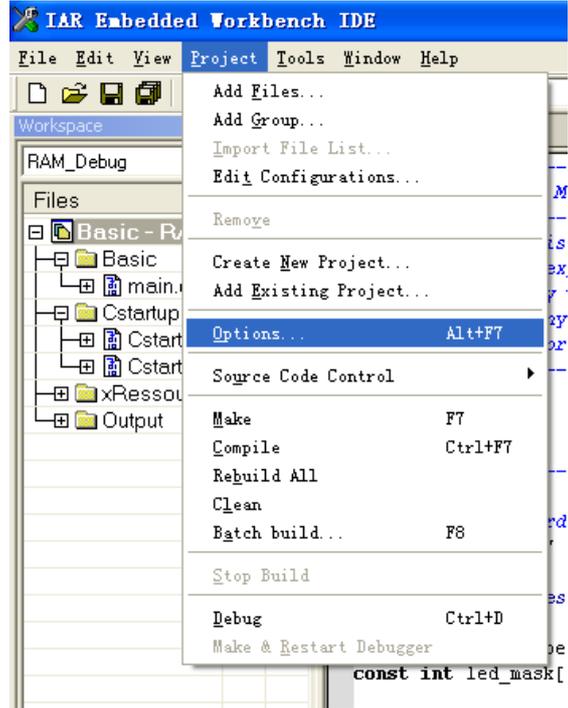


图 6-4B

打开“Options”后需要对几个设置进行更改：

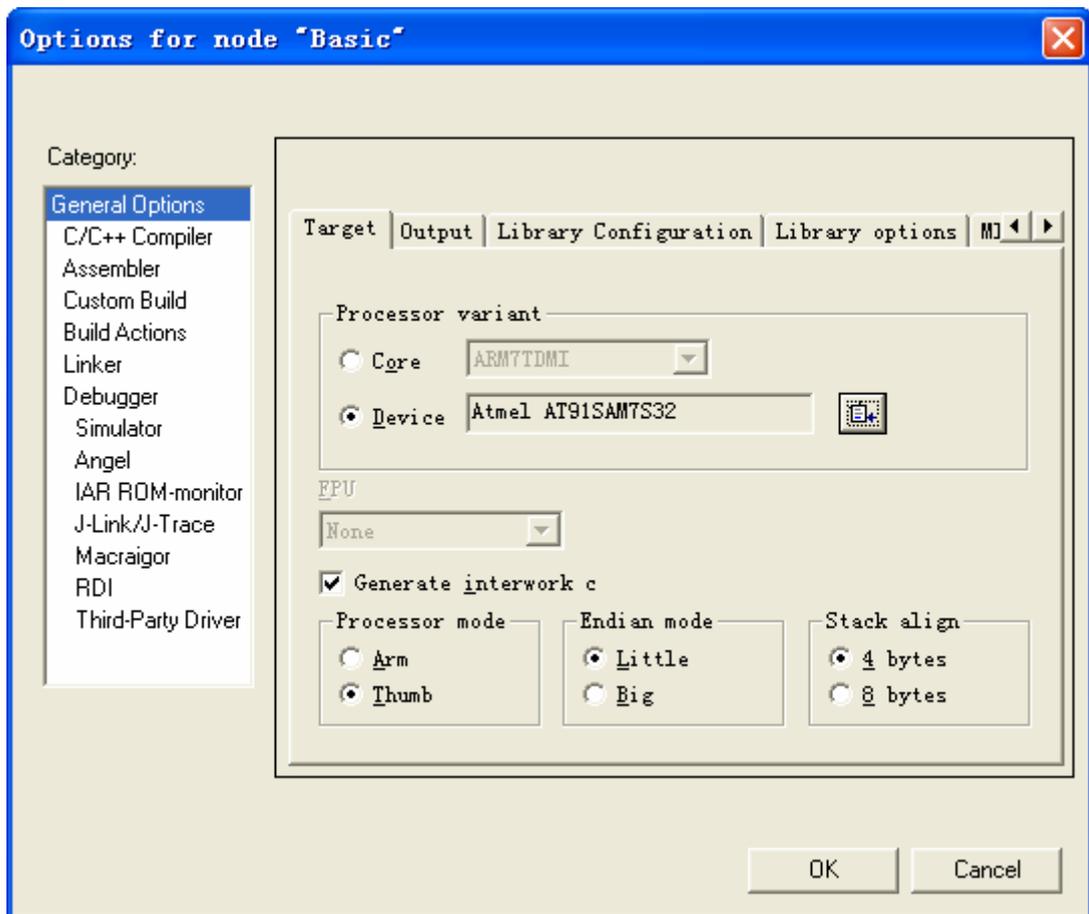


图 6-5

请确认 Device 是 AT91SAM7S32。  
然后设置 Debugger:

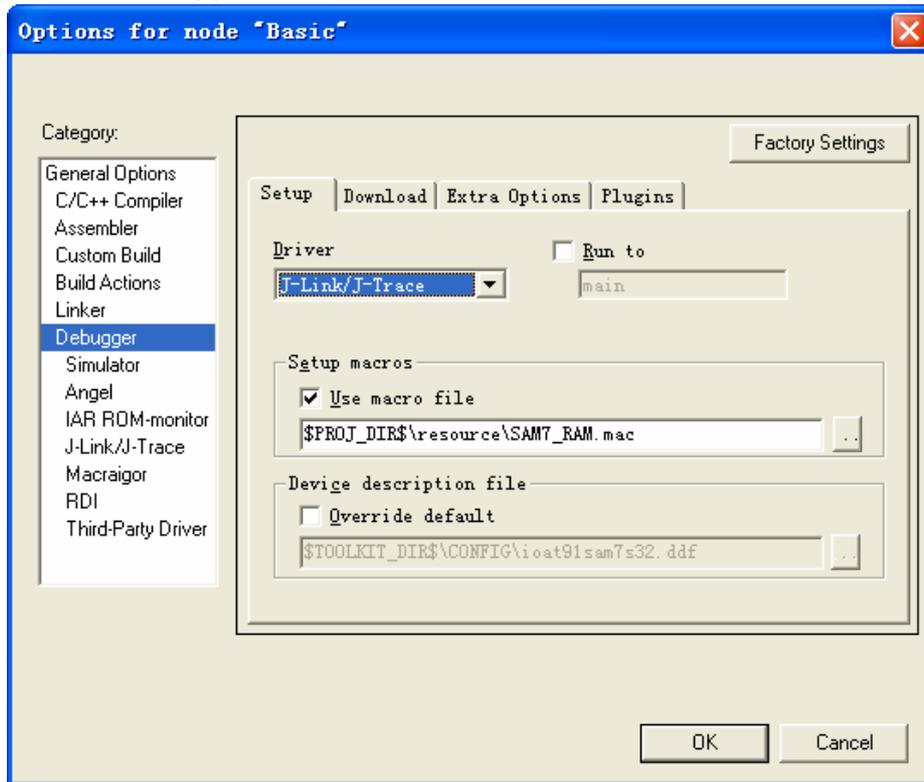


图 6-6

默认是 J-Link 仿真器，由于我们使用的是 wiggler，所以在 Driver 的下拉菜单里面，我们要选择 “Macraigor”

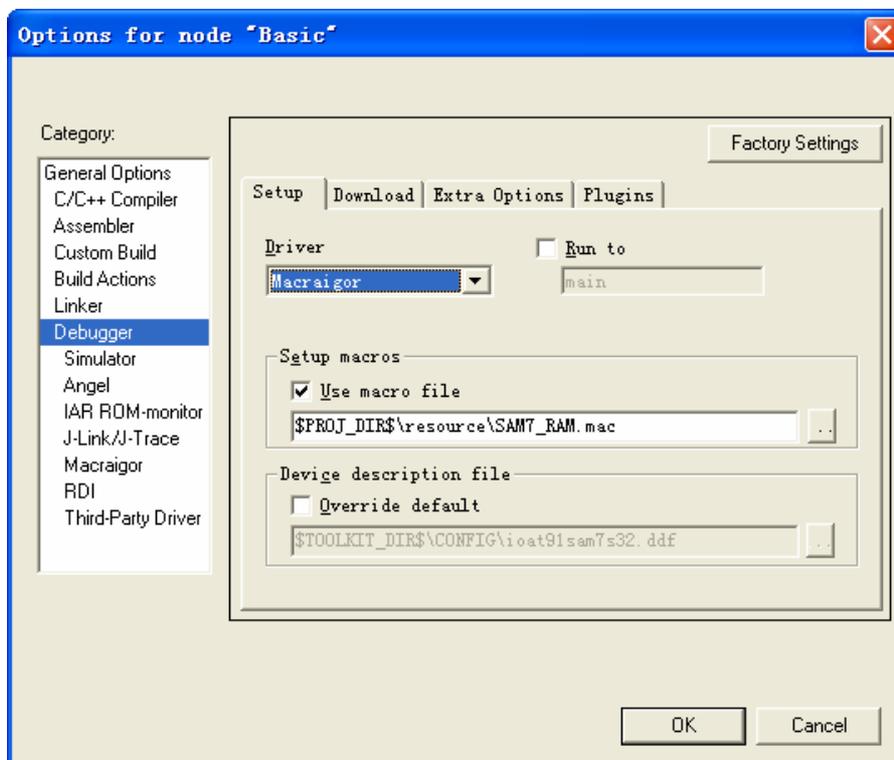


图 6-7

然后设置 Download 子菜单:

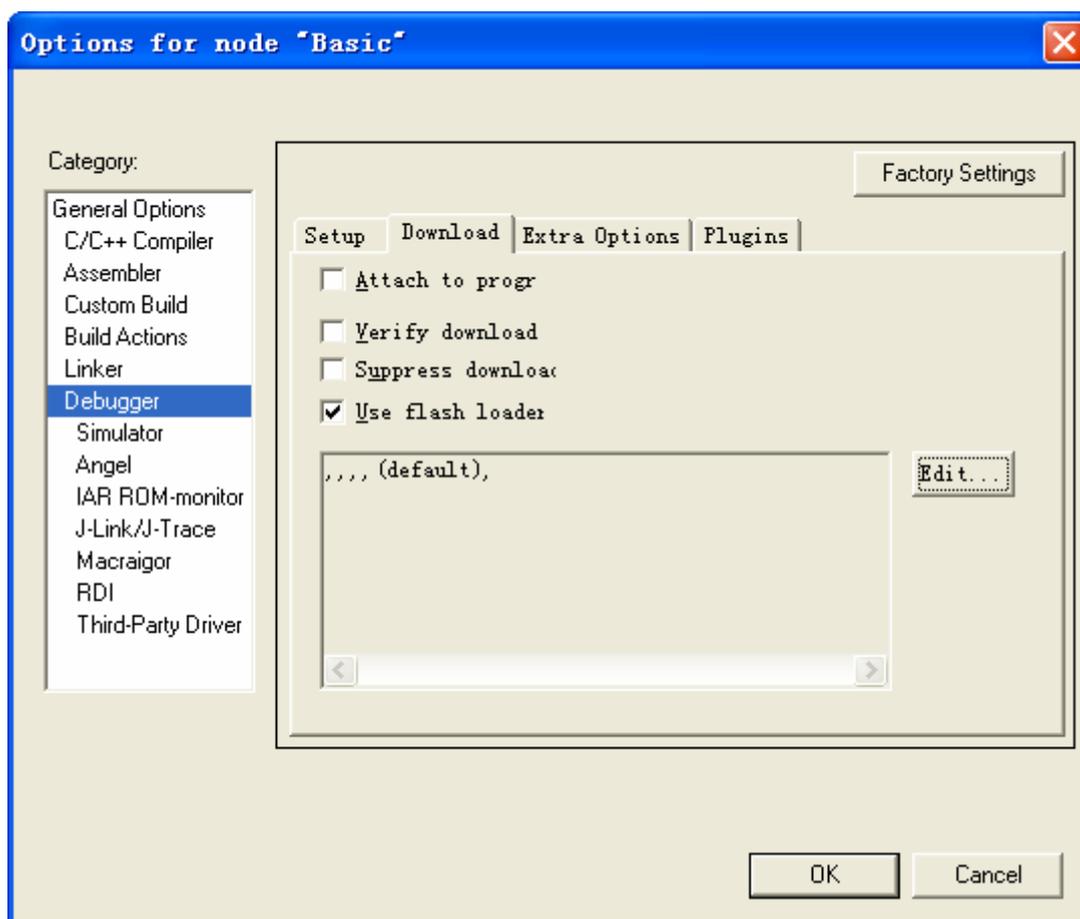


图 6-8

请一定要将“Use flash loader”前面的勾打上，这个勾的意思是利用 IAR 提供的 flash loader 软件配合 wiggler 来实现对目标芯片的 FLASH 的烧写。如果不打勾，则不能直接编程 FLASH。

在设置好 Download 菜单后，还要回过头来设置左边“Debugger”菜单下的“Macraigor”子菜单，Macraigor 是一家美国公司，其全称是“Macraigor Systems LLC”，是一家专业的开发工具提供商，主要产品有 mpDEMON，wiggler，USB wiggler，USBDEMON，USB2DEMON，RAVEN，JSCAN 等硬件产品，还有 Flash Programmer，Batch Programmer，Target Access，GNU 工具等。Macraigor 虽然成立时间不长，但是其开发工具涉及到 ARM,X86,PPC,MIPS 等 CPU，并被业界广泛认可。

由于我们使用的是 wiggler，所以在 Macraigor 子菜单下应该选择“wiggler”，如下图所示：

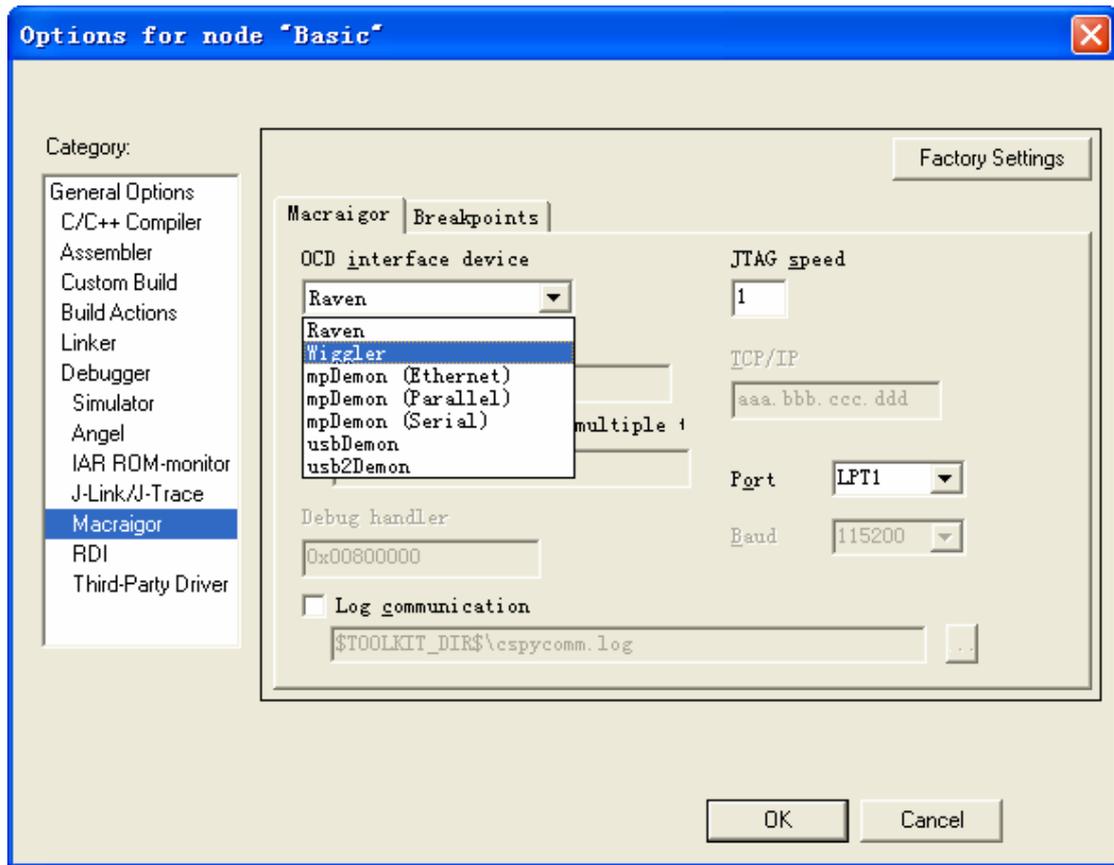


图 6-9

设置完成后点击“OK”按钮退出。

按 F7 或者在“Project”菜单下选择“Make”进行 Make，提示信息会显示在底部 Messages 栏内：

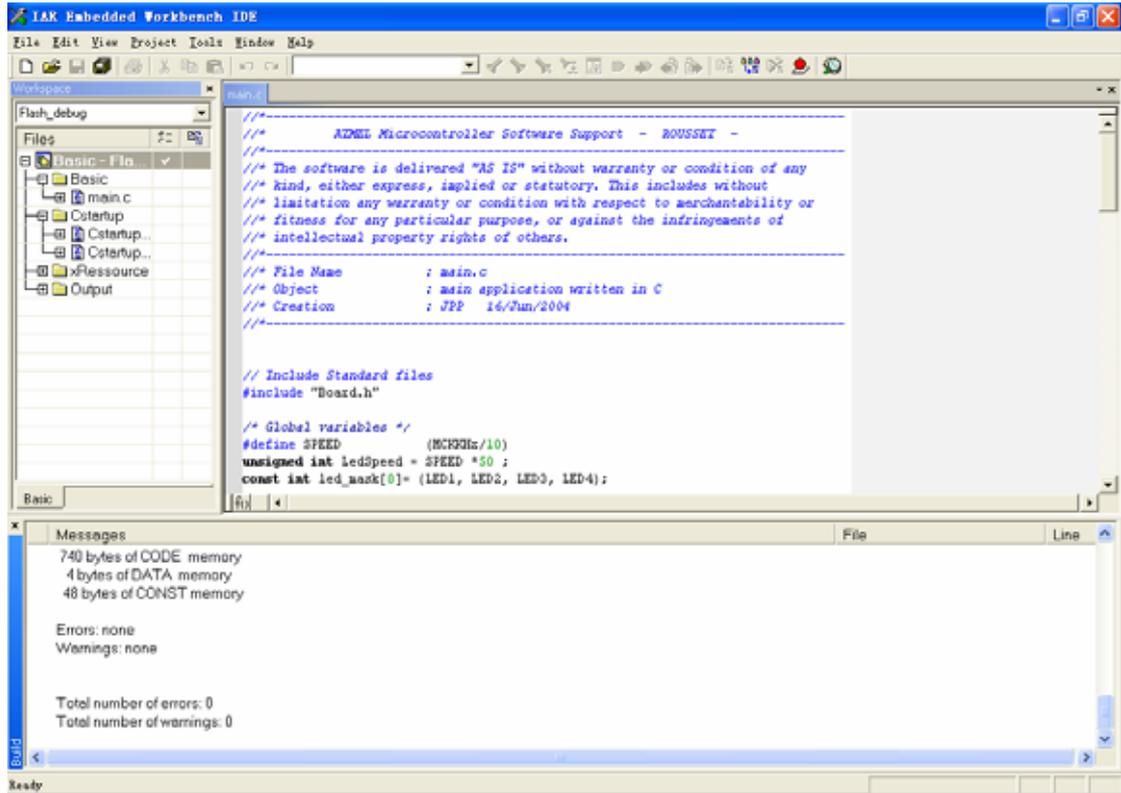


图 6-10

如果编译通过即可进行调试，按 Ctrl+D 或者“Project”菜单下选择“Debug”进入 Debug 状态。

由于我们先前已经在“Use Flash loader”前打勾了，所以在进入 Debug 前，IAR 会自动将程序下载下去，由于我们选择的是 FLASH DEBUG，所以程序是直接下载到 FLASH 里面了。下载完成后，IAR 切换到调试界面，全速运行后，可以看到 3 个 LED 开始跑马。此时即可验证开发软件，调试器，学习板均可以正常工作。

## 第七章 ARM 指令集

ARM在国内已经大行其道好几年，相关的参考书籍和网络资料已经不在少数，所以对于ARM指令集，本站就不再单独撰写，直接推荐大家翻阅几份本站认为还不错的资料。分别是宛城布衣所著的《常用ARM指令集及汇编》(pdf格式)和EMBEST整理的《ARM指令集》(chm格式)，如果你的英文不错，也可以看看ARM官方的《ARM7TDMI Technical Reference Manual》。这几份资料都可以在本站<http://www.mcuzone.com>下载到。