

基于S5PV210 处理器的嵌入式开发 完全攻略

● 欧阳骏 谢德华 张凯之 等编著
● 粟思科 审

内容实用、讲解全面

涉及基于S5PV210处理器的嵌入式Linux ARM处理器开发、Android开发的基本概念、基本流程和方法，并有配套的实例解析。

实例引导、激发兴趣

精心设计的一些编程实例以及精彩的讲解提示，激发读者的学习兴趣，轻轻松松地学会在Linux环境中进行嵌入式开发和Android应用程序开发。

读者对象

嵌入式开发人员、高等院校相关专业师生。

基于S5PV210 处理器的嵌入式开发 完全攻略

- 欧阳骏 谢德华 张凯之 等编著
- 粟思科 审



化学工业出版社

· 北京 ·

本书基于 S5PV210 处理器的开发平台,深入浅出地介绍了嵌入式 Linux 裸机开发和 Android 应用程序开发完全攻略。本书分为上下两篇,分别为嵌入式 ARM Linux 裸机开发初体验和 Android 应用开发连连看,详细介绍了 ARM 嵌入式开发的基础知识以及典型的开发实例讲解;并结合典型的实例和精彩的语言,一步步激发读者的学习兴趣,使读者轻轻松松地学会在 Linux 环境中进行嵌入式开发和 Android 应用程序开发。

本书内容新颖、实用性强,可供从事嵌入式开发的技术人员学习使用,也可作为高等院校相关专业的师生学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

基于 S5PV210 处理器的嵌入式开发完全攻略/欧阳骏
等编著. —北京:化学工业出版社, 2015.5

ISBN 978-7-122-23369-1

I. ①基… II. ①欧… III. ①Linux 操作系统-程序设计 IV. ①TP316.89

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 055594 号

责任编辑:李军亮

文字编辑:吴开亮

责任校对:宋 玮

装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:北京云浩印刷有限责任公司

装 订:三河市瞰发装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张 17½ 字数 356 千字 2015 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 68.00 元

版权所有 违者必究

前言

目前介绍 S5PV210 嵌入式开发的图书较少，已有的资料基本上要么只讲原理很少讲应用，要么只集中在操作系统移植与应用层的开发，很少针对处理器本身的底层裸机开发进行详细的介绍。再加上 S5PV210 处理器自身功能的多样性与复杂性，初学者很难对 S5PV210 处理器整体的硬件资源有一个深入的理解，以至于在进行嵌入式 Linux 开发过程中举步维艰，不得不回头再看硬件知识。因此我们编写了本书。

书中详细讲解了 S5PV210 的硬件资源，每个模块配有专门的实验，可以使初学者快速入门。本书理念：实验能证明一切，所有的理论都是为实践服务的，只有真正地做过实验后，才能体会到各个控制寄存器的用法，从而为以后的开发打下一个坚实的基础。

1. 本书特点

本书在内容编排和目录组织上力求使读者快速掌握嵌入式 Linux 开发的能力。本书以 ARM 公司 Cortex-A8 内核的高性能应用处理器 S5PV210 处理器为例，通过精心设计的一些编程实例，介绍 S5PV210 处理器嵌入式裸机程序以及 Android 应用程序开发的基本方法，避免枯燥和空洞，在不知不觉之中使读者学会 Linux 环境中的嵌入式开发和 Android 应用程序的开发，从而激发读者对网络编程的兴趣。

概括来讲，本书具有如下特点：

❑ 取材广泛，内容丰富。本书中的实例都是读者在嵌入式处理器开发过程中经常碰到的典型模块，具有广泛的代表性和实用性。

❑ 实例完整，结构清晰。本书选择的实例以及代码实现都是由浅入深、循序渐进，并且做到尽量展现出嵌入式 Linux 开发的全貌和开发过程中的细节。

❑ 讲解通俗，步骤详细。每个实例的开发步骤都以通俗易懂的语言阐述，并穿插详细的图片和表格。

❑ 代码准确，注释清晰。本书所有实例的代码都有详尽的注释，基本做到逐行解释，并从代码的结构上做概要地讲解，以便于读者理解核心代码的功能和实现细节。

此外，在本书中还将穿插“注意”、“说明”等内容，重点强调读者在开发过程中需要特别澄清的概念和问题，“提示”是对实际操作有帮助的一些经验性的方法和技巧。

2. 本书的结构安排

本书以“快速掌握 S5PV210 裸机开发”为目标，共分两篇，共 13 章。第一篇第 1~9 章为嵌入式 ARM Linux 裸机开发初体验篇。该篇详细地讲解了嵌入式 Linux 开发环境的搭建、开发步骤与方法，对各种裸机程序的下载方法结合具体实例进行了具体分析，系统阐述了 ARM 汇编指令的使用方法及汇编语言编程的技巧，以实例为背景初步阐述了 ARM 汇编语言和 C 语言混合编程的技术，对 ARM 处理器各个功能模块进行了展开讲述，分析了硬件连接原理以及软件编程方法，同时给出了详细的代码分析，理论与实践相结合，从浅到深，从模块到系统，详细阐述了基于 ARM 处理器的裸机开发流程及注意事项。

第 10~13 章为 Android 应用开发连连看篇。该篇在第一篇裸机开发的基础上，介绍了当下最为火爆的 Android 应用开发，通过简单实用且容易入门的例子，使读者快速掌握基于 S5PV210 处理器平台的 Android 应用程序开发的基本步骤、方法，以期读者学习嵌入式处理器 Android 应用开发提供一条快速有效的途径。

3. 提供资料下载

在本书配套资料中，提供了本书文中所有项目的源代码和可执行文件，资料中附带的代码都是在 Ubuntu 操作系统中开发完成的。下载地址：download.cip.com.cn，在“配书资源”一栏中下载。

4. 读者对象

- ☐ 从事嵌入式开发与应用的技术人员。
- ☐ 大中专院校嵌入式相关专业学生。

5. 编者与致谢

本书主要由欧阳骏、谢德华、张凯之等编著，粟思科审校。参与本书编写的还有王小强、李英花等。在本书编写过程中，笔者得到了广州天嵌计算机科技有限公司、成都智造者科技有限公司工程师们的支持与帮助，全书内容与结构由欧阳骏规划、统稿，并完成编写第 1 章、第 4 章和第 6 章全部内容；谢德华完成编写第 2 章、第 3 章、第 5 章、第 7~9 章的全部内容；张凯之完成编写第 10~13 章全部内容。本书第一篇中的全部源代码编写与调试工作由谢德华完成，第二篇的源代码由王小强编写与调试。

同时参与本书资料整理工作的人员还有：王治国、钟晓林、王娟、胡静、杨龙、张成林、方明、王波、雷晓、李军华、陈晓云、方鹏、龙帆、刘亚航、凌云鹏、陈龙、曹淑明、徐伟、杨阳、张宇、刘挺、单琳、吴川、李鹏、李岩、朱榕、陈思涛和孙浩，在此一并表示感谢。欢迎读者就本书的反馈意见来信交流，电子邮箱：hwhpc@163.com。由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免有不恰当的地方，

恳请广大读者及同行专家批评指正。

配套服务

我们为 S5PV210 嵌入式开发读者和用户尽心服务，围绕相关技术、产品和项目市场，探讨应用与发展，发掘热点与重点；开辟了本书的讨论专区并提供技术支持，俱乐部 QQ：183090495，欢迎读者讨论交流。

编者

目录

第一篇 嵌入式 ARM Linux 裸机开发初体验

第 1 章	S5PV210 处理器的前世今生	2
1.1	数据类型	3
1.2	处理器状态	4
1.3	存储器格式	4
1.4	工作模式	5
1.5	寄存器介绍	6
1.5.1	堆栈指针寄存器 R13 和链接寄存器 R14	6
1.5.2	程序计数器 R15	7
1.5.3	程序状态寄存器	7
1.6	存储器映射	8
1.6.1	S5PV210 处理器的地址空间	9
1.6.2	S5PV210 处理器的存储器地址映射	9
1.7	天嵌 TQ210 开发板硬件资源概述	10
1.8	本章小结	12
第 2 章	搭建嵌入式交叉编译环境	13
2.1	交叉编译简介	14
2.2	在主机上构建嵌入式 Linux 开发环境	15
2.2.1	VMware Workstation 的安装	15
2.2.2	Ubuntu12.04 的安装	18
2.3	主机与虚拟机之间文件传输方法的介绍	25
2.4	交叉编译器的安装	30
2.5	Windows 环境下远程登录工具 SecureCRT 的安装	31
2.6	S5PV210 程序烧写方法概述	33
2.6.1	使用 SD 卡方式烧写及 SD 启动卡的制作方法	33
2.6.2	使用 U-Boot 方式烧写程序	36
2.7	本章小结	36

第3章 ARM 指令集及汇编语言编程介绍 37

3.1 ARM 指令集介绍	37
3.1.1 ARM 指令集	38
3.1.2 ARM 寻址方式	44
3.1.3 GNU ARM 伪操作和伪指令介绍	47
3.2 GNU ARM 汇编程序编程规范	50
3.2.1 GNU ARM 汇编程序基本结构	50
3.2.2 GNU ARM 汇编程序中的标号	50
3.2.3 GNU ARM 汇编程序中的段	51
3.2.4 GNU ARM 汇编程序中的入口点	52
3.2.5 GNU ARM 汇编程序中的宏定义	52
3.3 常用汇编语言程序子模块实例分析	52
3.3.1 特殊功能寄存器的访问	52
3.3.2 内存数据搬移	53
3.3.3 批量加载与存储	54
3.3.4 堆栈操作	55
3.3.5 实现查表功能	57
3.4 GNU 交叉编译工具链简介	57
3.4.1 arm-linux-gcc 编译器	58
3.4.2 arm-linux-ld 链接器	60
3.4.3 arm-linux-objcopy 格式转换工具	64
3.4.4 arm-linux-objdump 工具	64
3.5 Makefile 简介	65
3.5.1 Makefile 规则和命令	66
3.5.2 Makefile 变量	68
3.5.3 Makefile 内嵌函数	69
3.6 本章小结	72

第4章 传递 C 语言的正能量 73

4.1 数据类型基础	73
4.1.1 用 typedef 和 #define 定义类型	74
4.1.2 用 signed 和 unsigned 修饰数据类型	74
4.1.3 volatile 和强制类型转换	75
4.2 深入理解位运算符和位运算	76
4.2.1 按位与运算符 (&)	76
4.2.2 按位或运算符 ()	76

4.2.3 按位取反运算符 (~)	77
4.2.4 左移和右移运算符 (<<)、(>>)	77
4.2.5 位运算应用实例分析	77
4.3 防止文件重复包含技巧	78
4.4 本章小结	79

第 5 章 ARM 汇编与 C 语言混合编程的那些事儿.....80

5.1 一个混合编程实例的实现	80
5.2 APCS 规则概述	82
5.2.1 寄存器的使用	82
5.2.2 参数传递	82
5.2.3 函数的返回值	83
5.3 本章小结	83

第 6 章 点亮神奇的流水灯.....84

6.1 S5PV210 处理器 GPIO 接口概述	84
6.1.1 GPIO 的结构简介	85
6.1.2 GPIO 的操作方法	86
6.1.3 GPIO 应用实例	89
6.2 点亮 LED 流水灯	91
6.2.1 LED 硬件电路分析	91
6.2.2 新建一个 LED 流水灯工程	91
6.2.3 代码编写与详解	93
6.2.4 编写 Makefile 文件	96
6.2.5 编译链接 LED 流水灯程序	98
6.2.6 下载可执行程序到开发板运行	101
6.3 让 TQ210 开发板发出声音	105
6.3.1 蜂鸣器硬件电路分析	106
6.3.2 代码编写与详解	107
6.3.3 蜂鸣器的 Makefile 文件	112
6.3.4 编译、链接蜂鸣器源程序	113
6.3.5 下载、测试蜂鸣器实验可执行程序	114
6.4 本章小结	118

第 7 章 探究时钟滴答的奥秘.....119

7.1 S5PV210 处理器时钟体系结构概述	119
7.1.1 S5PV210 处理器的顶层时钟	120

7.1.2 各类时钟频率之间的关系	122
7.2 PLL 的配置及时钟初始化	124
7.2.1 APLL 和 MPLL 的相关寄存器	125
7.2.2 与时钟相关的其他寄存器及初始化流程	130
7.2.3 时钟初始化应用实例	133
7.3 PWM 定时器的原理及应用	135
7.3.1 PWM 定时器概述	136
7.3.2 PWM 定时器相关寄存器	138
7.3.3 PWM 定时器的操作方法	143
7.3.4 PWM 定时器应用实例	144
7.4 PWM 定时器拓展实验——蜂鸣器实验	153
7.5 本章小结	157

第 8 章 玩转 UART158

8.1 UART 概述	158
8.2 UART 的操作	160
8.3 UART 的工作模式	163
8.4 UART 的相关寄存器	166
8.5 UART 接口应用实例	178
8.5.1 UART 接口硬件电路分析	178
8.5.2 UART 的操作方法与步骤	179
8.5.3 UART 程序设计与代码详解	180
8.5.4 UART 实例测试	184
8.6 本章小结	189

第 9 章 挑战启动流程191

9.1 S5PV210 处理器启动流程概述	191
9.1.1 启动流程的 3 部曲	193
9.1.2 安全启动 (Secure Booting)	196
9.2 深入理解 S5PV210 处理器的启动流程	197
9.2.1 启动设备的选择	197
9.2.2 S5PV210 处理器的启动流程图	200
9.2.3 BL1 阶段代码的结构	202
9.2.4 BL1 头部信息的制作工具	204
9.2.5 启动过程中的内存映射	207
9.3 本章小结	209

第二篇 Android 应用开发连连看

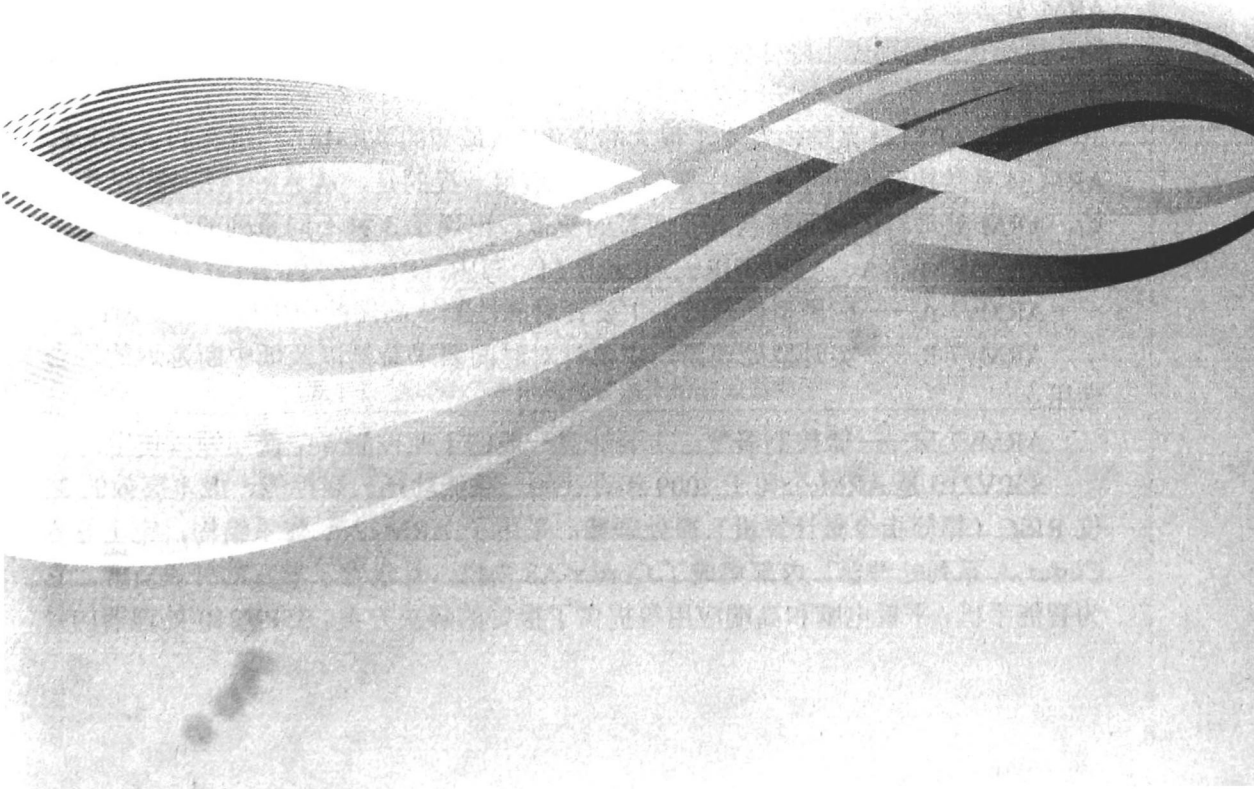
第 10 章 传说中的 Android	212
10.1 什么是 Android	212
10.2 Android 历史	216
10.3 Android 开发介绍	217
10.4 Android 初体验	218
10.5 本章小结	218
第 11 章 Android 开发平台搭建	219
11.1 操作系统平台	219
11.2 软件安装	220
11.2.1 JDK 安装	220
11.2.2 Eclipse、Android SDK 安装	223
11.2.3 开发平台测试	225
11.3 本章小结	226
第 12 章 第一个 Android 应用程序	227
12.1 Hello World 项目分析	227
12.1.1 新建工程	228
12.1.2 编译运行	231
12.1.3 导入工程	233
12.1.4 程序实现	235
12.2 程序调试技巧	235
12.2.1 设置断点	236
12.2.2 单步执行	237
12.2.3 查看变量	238
12.2.4 下载到 TQ210 开发板	239
12.3 本章小结	241
第 13 章 Android 基本组件大串烧	242
13.1 文本框(TextView)	243
13.1.1 实例编程实现	243
13.1.2 实例演示	247
13.2 编辑框 (EditText)	250
13.2.1 实例编程实现	250
13.2.2 实例演示	252

13.3 按钮 (Button)	253
13.3.1 实例编程实现	253
13.3.2 实例演示	255
13.3.3 Button 扩展实验——消息响应	256
13.4 进度条	257
13.4.1 实例编程实现	257
13.4.2 实例演示	261
13.5 Android 进阶——Intent 和 Activity	261
13.5.1 实例编程实现	262
13.5.2 实例演示	267

参考文献	268
-------------------	------------

第一篇

嵌入式 ARM Linux 裸机开发初体验



第1章

S5PV210 处理器的前世今生

ARM 处理器由英国剑桥的 ARM 公司设计。ARM 公司成立于 1990 年，该公司是知识产权（IP）提供商（不生产芯片）。

ARM 公司作为嵌入式 RISC 处理器的知识产权 IP 供应商，公司本身并不直接从事芯片生产，而是将设计许可授权给合作公司，合作公司添加自己的外设，进而生产各具特色的 SoC 芯片，利用这种合伙关系，ARM 很快成为许多全球性 RISC 标准的缔造者。

目前，全世界有几十家大的半导体公司都使用 ARM 公司的授权，其中包括 Intel、IBM、Samsung、LG 半导体、NEC、SONY、PHILIP 等公司。因此，采用 ARM 处理器进行嵌入式系统开发时，开发者可以获得更多的第三方工具和技术支持，进而从一定程度上降低整个系统的研发成本，缩短研发周期，从而使产品更具市场竞争力。

至今，ARM 体系结构发生了很大的变化。从最初的 ARMv1 到现在的 ARMv8，ARM 体系结构已经历了 8 种主要的版本。值得一提的是，从 ARMv7 体系结构开始，ARM 处理器的体系结构有了明显的变革，出现了 3 种不同系列的体系结构，分别是：ARMv7-A、ARMv7-R、ARMv7-M。其中：

ARMv7-A——应用型处理器，主要针对高性能、高端的应用型场合使用；

ARMv7-R——实时型处理器，主要针对时间要求苛刻以及低中断延迟的场合使用；

ARMv7-M——微控制器型，主要针对一般的工业控制等中低端领域使用。

S5PV210 是 ARM 公司于 2009 年设计的一款低功耗、高性能、成本高效的 32 位 RISC（精简指令集计算机）微处理器，采用了 ARMv7-A 体系结构，完全兼容 Cortex-A 系列处理器，内部集成了 Cortex-A8 内核，且包含了丰富的外设资源。它为智能手机、平板电脑和高端应用等提供了很好的解决方案。S5PV210 处理器的片

上资源整体框图如图 1-1 所示。

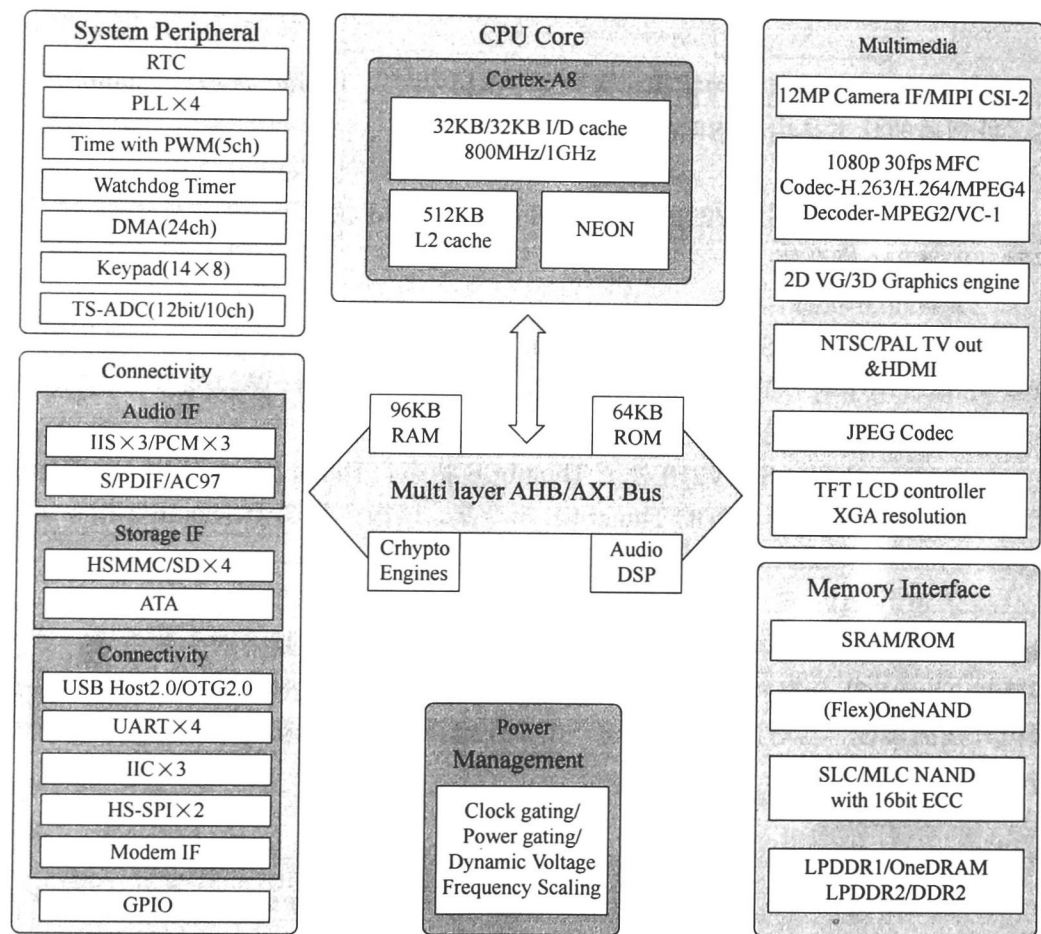


图 1-1 S5PV210 处理器的片上资源的整体框图

1.1 数据类型

与 S3C2440 一样，所有的 ARMv7-A 架构处理器均支持如下的数据类型，如表 1-1 所示。

表 1-1 ARMv7-A 架构处理器支持的数据类型

Byte (字节)	8 位
Halfword (半字)	16 位
Word (字)	32 位
Doubleword (双字)	64 位

1.2 处理器状态

S5PV210 处理器有三种状态，分别是 ARM 状态、Thumb 状态、ThumbEE 状态。处理器的状态是由 CPSR 的 T 位和 J 位控制的。

(1) ARM 状态

当 T=0、J=0 时，S5PV210 处于 ARM 状态。ARM 状态下，处理器执行 32 位、字对齐的 ARM 指令集。

(2) Thumb 状态

当 T=1、J=0 时，S5PV210 处于 Thumb 状态。Thumb 状态下，处理器执行 16 位或 32 位、半字对齐的 Thumb-2 指令集。

(3) ThumbEE 状态

当 T=1、J=1 时，S5PV210 处于 ThumbEE 状态。ThumbEE 状态下，处理器执行 16 位或 32 位半字节对齐的 ThumbEE 指令集，该指令集属于 Thumb-2 指令集的变种。

为了更好地掌握 S5PV210 裸机开发的全貌，关于 Thumb-2 指令集以及 ThumbEE 指令集不做具体地讨论，读者可以查阅相关的文献。对于初学者，请大胆略过 Thumb 指令集和 ThumbEE 指令集。这将有助于加快熟悉 S5PV210 处理器裸机开发的步伐，当对该处理器有了一定的熟悉后，可根据实际需要来选择性地学习其他两种指令集。



注意

① S5PV210 处理器不支持 jazelle 状态。即当 T=0，J=1 时，处理器的状态不属于任何状态。

② 处理器状态之间的切换不影响处理器的工作模式以及寄存器的内容。

1.3 存储器格式

目前在各种体系的计算机中通常采用的存储机制主要有两种：大端（big-endian）和小端（little-endian），当不同端模式的计算机进行通信时，需要进行相应的转换。S5PV210 处理器同样支持大端和小端两种存储格式。

- 大端：数据的高位存放在存储器低地址端，数据的低位存放在存储器高地址端。
- 小端：数据的高位存放在存储器高地址端，数据的低位存放在存储器低地址端。

例如：变量 A，A=0xFF7744CC，在内存中的起始地址为 0x30000000；变量 B，B=0xFF7744CC，在内存中的起始地址为 0x30000000，其在内存中的存放格式如图 1-2 所示。

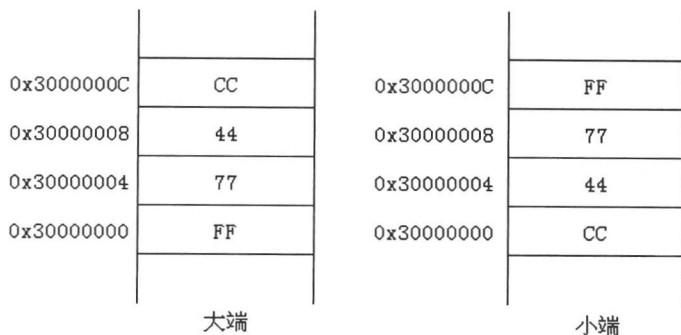


图 1-2 数据在内存中的存放格式

1.4 工作模式

S5PV210 处理器有 8 种工作模式，如表 1-2 所示。

表 1-2 S5PV210 处理器工作模式

工作模式	模式类型	NS=1	NS=0	说明
用户模式（User）	用户	非安全	安全	程序正常运行的模式
快速中断模式（FIQ）	特权	非安全	安全	用于处理快速中断的模式
外部中断模式（IRQ）	特权	非安全	安全	用于处理普通中断的模式
特权模式（Supervisor）	特权	非安全	安全	用于操作系统的保护模式
终止模式（Abort）	特权	非安全	安全	数据或指令预取异常模式
未定义模式（Undefined）	特权	非安全	安全	未定义指令异常模式
系统模式（System）	特权	非安全	安全	运行特权级的操作系统任务
监控模式（Monitor）	特权	安全	安全	安全监控模式

S5PV210 处理器的工作模式分为用户模式和特权模式，除用户模式外的其他 7 种工作模式为特权模式。S5PV210 微处理器的运行模式可以通过软件改变，也可以通过外部中断或异常处理来改变处理器的工作模式。大多数的应用程序运行在用户模式下，当处理器运行在用户模式下时，某些被保护的系统资源是不能被访问的。



注意

本书旨在帮助读者尽快掌握 S5PV210 处理器的裸机开发，达到熟练掌握 S5PV210 处理器硬件资源和软件编程的目的。因此，主要使用的工作模式有用户模式、系统模式和外部中断模式。当然，系统上电后进入管理模式。其实各种工作模式是为以后移植操作系统准备的。作为初学者，可以跳过这个地方，等到后面做实验的时候再复习这里。