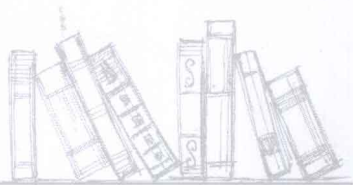


高等院校嵌入式人才培养规划教材



提供PPT等教学相关素材以及
专业视频免费下载

丛书特色

凝聚业内著名讲师一线教学经验
汇总百家知名企业最新人才标准
精选实用案例直击真实项目需求
结合学习思路提供配套技术资料

从实践中学

ARM体系结构与接口技术

· 华清远见嵌入式学院 刘洪涛 赵孝强 编著



$LDR(cond)\{.w\} \text{ register}, = [expr] \{label-expr\} \quad uINT16 * addr = (uINT16 *) fb_base_addr + (y * xsize + x)$



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>



高等院校嵌入式人才培养规划教材

从实践中学

ARM体系结构与接口技术

■ 华清远见嵌入式学院 刘洪涛 赵孝强 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书在全面介绍主流 ARM 处理器的体系结构、编程模型、指令系统及 RealView MDK 开发环境的同时,以目前行业主流的基于 ARM920T 的应用处理器 S3C2410X 为例,详细介绍了系统的设计及相关接口技术。接口技术中涵盖了 I/O、中断、串口、存储器、PWM、A/D、LCD,并提供了大量实验内容,第 13 章还提供了一个综合实例。同时,本书还介绍了目前最新的 Cortex-A8 和 Cortex-M0 处理器的相关特点和行业应用。

本书可作为大学院校电子、通信、自动化、计算机等专业 ARM 体系结构、接口技术课程的教材,也可作为嵌入式相关开发人员的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

从实践中学 ARM 体系结构与接口技术 / 华清远见嵌入式学院编著. —北京: 电子工业出版社, 2012.3
高等院校嵌入式人才培养规划教材
ISBN 978-7-121-15872-8

I. ①从… II. ①华… III. ①微处理器, ARM—系统设计—高等学校—教材②微处理器, ARM—接口—高等学校—教材 IV. ①TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 021897 号

策划编辑: 胡辛征

责任编辑: 董 英

特约编辑: 赵树刚

印 刷:

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 19.75 字数: 506 千字

印 次: 2012 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 39.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

推荐序

移动与云计算的发展推动了越来越多的新技术、新应用和新产品的涌现，推动了嵌入式电子产品世界的不断更新和快速发展。作为嵌入式行业最著名的厂商之一，20多年来 ARM 除了不断地加大研发投资，开发最新的微处理器、图形技术、物理 IP 和开发工具，为产业升级搭建了最佳的开发架构；同时，也一直致力于建设一个开放的、具有强大生命力和发展前景的 ARM 嵌入式生态系统，使得每个存在于这个生态系统的成员都能发挥各自的特长，通过有效的产业分工和协作开发出高性能、低功耗、人性化的嵌入式产品服务于广大的消费者。

在这个生态系统中，嵌入式操作系统是必不可少的重要环节，是“链接”底层硬件和上层应用软件的纽带。其中，Linux 作为开源的嵌入式操作系统，多年来一直受到广大工程师朋友的喜爱，特别是在基于 Linux 内核的 Android 操作系统发布以来，Linux 的应用和发展到了一个崭新的高度。ARM 作为应用最广泛的嵌入式处理器，对 Linux 操作系统的发展也做出了大量的支持与贡献。

吴雄昂
ARM 中国区总经理

前 言

在今天所处的大时代背景下，嵌入式、3G、物联网、云计算俨然已经成为信息产业的主旋律，不管是从政府大力扶持的角度，还是从产业变革的角度来说，这股潮流早已势不可挡。而嵌入式系统正是这些产业应用技术中最核心的部分。随着智能化电子行业的迅猛发展，嵌入式行业更是凭借其“应用领域广、人才需求大、就业薪资高、行业前景好”等众多优势，成为当前最热门、最有发展前途的行业之一。与此同时，嵌入式研发工程师更是成为 IT 职场的紧缺人才。因此，近几年来，各大学院校纷纷开设嵌入式专业课程。但是，各院校在嵌入式专业建设和教学的过程中几乎都面临教材难觅、内容更新迟缓的困境。虽然目前市场上嵌入式开发的相关书籍比较多，但几乎都是针对有一定基础的行业内研发人员而编写的，并不完全符合高校的教学要求。

针对高校专业教材缺乏的现状，我们以多年来在嵌入式工程技术领域内人才培养、项目研发的经验为基础，汇总了近几年积累的数百家企业对嵌入式研发相关岗位的真实需求，并结合行业应用技术的最新状况及未来发展趋势，调研了数十所开设“嵌入式工程技术”专业的院校的课程设置情况、学生特点和教学用书现状，通过细致的整理和分析，对专业技能和基本知识进行了合理划分，编写了这套高等院校嵌入式人才培养规划教材，包括：

- 《从实践中学 ARM 嵌入式体系结构与接口技术》
- 《从实践中学嵌入式 Linux 操作系统》
- 《从实践中学嵌入式 Linux C 编程》
- 《从实践中学嵌入式 Linux 应用程序开发》

本套教材按照专业整体教学要求组织编写，各自对应的主干课程之间既相对独立又有机衔接，整套教材具有系统性。《从实践中学 ARM 嵌入式体系结构与接口技术》侧重介绍接口技术；在操作系统教材方面，根据各院校的教学重点和行业实际情况，编写了《从实践中学嵌入式 Linux 操作系统》；考虑到嵌入式专业对学生 C 语言能力要求较高，编写了《从实践中学嵌入式 Linux C 编程》，可作为“C 语言基础”课程的后续提高课程使用；《从实践中学嵌入式 Linux 应用程序开发》则重点突出了贯穿前面所学知识的实训内容，供“嵌入式 Linux 应用开发”课程使用。

ARM 作为一种 32 位的高性能、低成本的嵌入式 RISC 微处理器，得到了广泛的应用。目前，ARM9 及 Cortex 系列的处理器已经占据了大部分嵌入式处理器的中高端产品市场。本书以目前行业应用的主流 S3C2410X 处理器及最新的 Cortex-A8 和 Cortex-M0 系列的处理器为平台，介绍了 ARM 嵌入式系统开发的各个主要环节。本书

侧重实践，辅以代码讲解，使读者从分析的角度来学习嵌入式开发的各种技术。本书使用的工具是 Keil 公司的 MDK (Microcontroller Development Kit)。MDK 是 ARM 公司推出的专业嵌入式开发工具 RealView 的工具集，它是为了满足基于 MCU 进行嵌入式软件开发的需求而推出的，包含强大的设备调试和仿真支持、众多的案例模板和固件实例，以及存储优化的 RTOS 库。MDK 适合不同层次的开发者使用，包括专业的应用程序开发工程师和嵌入式软件开发入门者，并能满足要求较高的微控制器应用。

本书将嵌入式软硬件理论讲解和技能实践融合在一起，共 14 章。第 1 章为嵌入式系统基础知识，介绍了嵌入式系统的组成及嵌入式开发概述。第 2 章为 ARM 技术概述，讲解了 ARM 体系结构、应用选型及编程模型等。第 3 章为 ARM 微处理器的指令系统，重点介绍了 ARM 指令集。第 4 章为 ARM 汇编语言程序设计，主要介绍了 ARM 程序中常用的伪指令、伪操作及 ARM 汇编语句的格式和结构。第 5 章为 ARM RealView MDK 集成开发环境，主要介绍了 RealView MDK 环境的安装和使用。第 6 章为 GPIO 编程，介绍了 GPIO 的概念及 S3C2410X 的 GPIO 操作方法。第 7 章为 ARM 异常中断处理及编程，介绍了 ARM 处理器的异常处理，以及 S3C2410X 的中断控制器工作原理。第 8 章为串行通信接口，介绍了串行通信的概念及 S3C2410X 串口的操作方法。第 9 章为存储器接口，介绍了 NOR Flash、NAND Flash、SDRAM 存储器的操作方法。第 10 章为定时器，介绍了定时器的工作原理及 S3C2410X 定时器接口的操作方法。第 11 章为 A/D 转换器，介绍了 A/D 转换器的工作原理及 S3C2410X A/D 控制器的操作方法。第 12 章为 LCD 接口设计，介绍了 S3C2410X 的 LCD 控制器的工作原理。第 13 章为温度监测仪开发实例，融合了前面章节中的大部分知识。第 14 章重点介绍了 ARM 体系的最新发展情况，并且介绍了目前在业界得到广泛应用的 Cortex-A8 和 Cortex-M0 处理器。

在学习本书时，读者要具有一定的数字电路和 C 语言的基础知识。

本书由华清远见研发中心技术总监刘洪涛和赵孝强编著并统校全稿。在此还要感谢华清远见嵌入式学院的大力支持，教材内容参考了学院与嵌入式企业需求无缝对接的、科学的专业人才培养体系。同时，在嵌入式学院从业或执教多年的行业专家团队也对教材的编写工作做出了贡献，曾宏安、季久峰、冯利美、曹忠明、赵孝强、陈刚、程姚根、温尚书、贾燕枫、方琳琳、沈静、冯瑜、杨曼、王利丽、李媛媛、张丹、刘晶晶、王丽丽、谭翠君、关晓强、王彦红等老师在书稿的编写过程中认真阅读了所有章节，提供了大量在实际教学中积累的重要素材，对教材结构、内容提出了中肯的建议，并在后期审校工作中提供了很多帮助，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。对于本书的批评和建议，可以发到 www.embedu.org 技术论坛。

编 者
2012 年 1 月

目 录

第 1 章 嵌入式系统基础知识	1
1.1 嵌入式系统概述	2
1.1.1 嵌入式系统简介	2
1.1.2 嵌入式系统的特点	2
1.1.3 嵌入式系统的发展	3
1.2 嵌入式系统的组成	5
1.2.1 嵌入式系统硬件组成	6
1.2.2 嵌入式系统软件组成	7
1.3 嵌入式操作系统举例	7
1.3.1 商业版嵌入式操作系统	8
1.3.2 开源版嵌入式操作系统	8
1.4 嵌入式系统开发概述	9
1.5 本章小结	17
1.6 本章习题	17
第 2 章 ARM 技术概述	18
2.1 ARM 体系结构的技术特征及发展	19
2.1.1 ARM 公司简介	19
2.1.2 ARM 技术特征	20
2.1.3 ARM 体系结构的发展	20
2.2 ARM 微处理器简介	22
2.2.1 ARM7 处理器系列	23
2.2.2 ARM9 处理器系列	24
2.2.3 ARM9E 处理器系列	24
2.2.4 ARM11 处理器系列	25
2.2.5 SecurCore 处理器系列	25
2.2.6 StrongARM 和 Xscale 处理器系列	25
2.2.7 MPCore 处理器系列	26
2.2.8 Cortex 处理器系列	26
2.3 ARM 微处理器结构	29

2.4	ARM 微处理器的应用选型	29
2.4.1	ARM 芯片选择的一般原则	29
2.4.2	选择一款适合高职、高专教学的 ARM 芯片	30
2.5	ARM920T 内部功能及特点	34
2.6	数据类型	35
2.6.1	ARM 的基本数据类型	35
2.6.2	浮点数据类型	36
2.6.3	存储器大/小端	36
2.7	ARM920T 内核工作模式	38
2.8	ARM920T 存储系统	39
2.8.1	协处理器 (CP15)	40
2.8.2	存储管理单元 (MMU)	41
2.8.3	高速缓冲存储器 (Cache)	41
2.9	流水线	42
2.9.1	流水线的概念与原理	42
2.9.2	流水线的分类	43
2.9.3	影响流水线性能的因素	44
2.10	寄存器组织	45
2.11	通用寄存器	46
2.12	程序状态寄存器	48
2.13	三星 S3C2410X 处理器介绍	50
2.14	本章小结	52
2.15	本章习题	52
第 3 章	ARM 微处理器的指令系统	53
3.1	ARM 处理器的寻址方式	54
3.1.1	数据处理指令寻址方式	54
3.1.2	内存访问指令寻址方式	55
3.2	ARM 处理器的指令集	58
3.2.1	数据操作指令	58
3.2.2	乘法指令	65
3.2.3	Load/Store 指令	68
3.2.4	跳转指令	74
3.2.5	状态操作指令	77
3.2.6	协处理器指令	79
3.2.7	异常产生指令	81
3.3	本章小结	83

3.4 本章习题	83
第 4 章 ARM 汇编语言程序设计	85
4.1 ARM 汇编器支持的伪操作	86
4.1.1 伪操作概述	86
4.1.2 符号定义伪操作	86
4.1.3 数据定义 (Data Definition) 伪操作	89
4.1.4 汇编控制伪操作	96
4.1.5 杂项伪操作	100
4.2 ARM 汇编器支持的伪指令	108
4.3 ARM 汇编语言的语句格式	111
4.3.1 ARM 汇编语言中的符号	111
4.3.2 ARM 汇编语言中的表达式和运算符	114
4.3.3 ARM 汇编语言内置的变量	120
4.4 ARM 汇编语言的程序结构	121
4.4.1 汇编语言的程序格式	121
4.4.2 汇编语言子程序调用	122
4.4.3 过程调用标准 AAPCS	122
4.4.4 scatter 文件的使用	124
4.4.5 汇编语言程序设计举例	126
4.5 汇编语言与 C 语言的混合编程	128
4.5.1 内联汇编	129
4.5.2 嵌入型汇编	131
4.5.3 汇编代码访问 C 全局变量	133
4.5.4 混合编程调用举例	134
4.6 本章小结	135
4.7 本章习题	135
第 5 章 ARM RealView MDK 集成开发环境	136
5.1 RealView MDK 环境介绍	137
5.2 ULINK2 仿真器简介	138
5.3 RealView MDK 的使用	139
5.3.1 选择工具集	139
5.3.2 创建工程并选择处理器	139
5.3.3 建立一个新的源文件	141
5.3.4 工程中文件的加入	141
5.3.5 工程基本配置	141

5.3.6	工程的编译链接	149
5.3.7	工程的调试	150
5.3.8	映像文件下载	152
5.4	本章小结	152
5.5	本章习题	153
第 6 章	GPIO 编程	154
6.1	GPIO 功能介绍	155
6.2	S3C2410X 芯片的 GPIO 控制器详解	155
6.2.1	S3C2410X GPIO 常用寄存器分类	156
6.2.2	S3C2410X I/O 口常用寄存器详解	156
6.3	S3C2410X GPIO 的应用	164
6.3.1	电路连接	164
6.3.2	寄存器设置	165
6.3.3	程序的编写	165
6.4	本章小结	166
6.5	本章习题	167
第 7 章	ARM 异常中断处理及编程	168
7.1	ARM 异常中断处理概述	169
7.2	ARM 体系异常种类	170
7.3	ARM 异常的优先级	174
7.4	ARM 处理器模式和异常	175
7.5	ARM 异常响应和处理程序返回	175
7.5.1	中断响应的概念	175
7.5.2	ARM 异常响应流程	176
7.5.3	从异常处理程序中返回	178
7.6	ARM 应用系统中异常中断 处理程序的安装	179
7.6.1	使用汇编语言安装异常处理程序	179
7.6.2	使用 C 语言编写安装处理函数	180
7.7	ARM 的 SWI 异常中断处理程序设计	181
7.8	FIQ 和 IRQ 异常中断程序设计	184
7.9	基于 ARM9 芯片 S3C2410X 异常中断程序设计	187
7.9.1	S3C2410X 中断机制分析	187
7.9.2	S3C2410X 中断处理程序实例	192
7.10	本章小结	194
7.11	本章习题	194

第 8 章 串行通信接口	195
8.1 串行通信	196
8.1.1 串行通信与并行通信的概念	196
8.1.2 异步串行方式的特点	196
8.1.3 异步串行方式的数据格式	196
8.1.4 同步串行方式的特点	197
8.1.5 同步串行方式的数据格式	197
8.1.6 比特率、比特率因子与位周期	197
8.1.7 RS-232C 串口规范	198
8.2 S3C2410X 异步串行通信	200
8.2.1 S3C2410X 串口控制器概述	200
8.2.2 S3C2410X 串口控制器寄存器详解	201
8.3 接口电路与程序设计	204
8.3.1 电路连接	204
8.3.2 寄存器设置	205
8.3.3 程序的编写	205
8.3.4 调试与运行结果	207
8.4 本章小结	209
8.5 本章习题	209
第 9 章 存储器接口	210
9.1 Flash ROM 介绍	211
9.2 NOR Flash 操作	213
9.2.1 SST39VF160 芯片介绍	213
9.2.2 SST39VF160 字编程操作	215
9.2.3 SST39VF160 扇区/块擦除操作	215
9.2.4 SST39VF160 芯片擦除操作	216
9.2.5 SST39VF160 与 S3C2410X 的接口电路	216
9.2.6 SST39VF160 存储器的程序设计	217
9.3 NAND Flash 操作	219
9.3.1 K9F1280 芯片介绍	219
9.3.2 读操作过程	220
9.3.3 擦除操作过程	221
9.3.4 写操作过程	222
9.4 S3C2410X 中 NAND Flash 控制器的操作	223
9.4.1 S3C2410X NAND Flash 控制器概述	223
9.4.2 S3C2410X NAND Flash 控制器寄存器详解	224

9.5	S3C2410X NAND Flash 接口 电路与程序设计	225
9.5.1	K9F1208 和 S3C2410X 的接口电路	225
9.5.2	S3C2410X NAND Flash 寄存器设置	226
9.5.3	S3C2410X 控制 K9F1208 的程序设计	226
9.6	SDRAM 芯片介绍	230
9.6.1	SDRAM 介绍	230
9.6.2	HY57V561620 的结构	232
9.6.3	接口电路	234
9.6.4	寄存器设置	235
9.7	本章小结	239
9.8	本章习题	239
第 10 章	定时器	240
10.1	S3C2410X PWM 定时器	241
10.1.1	PWM 定时器概述	241
10.1.2	PWM 定时器的寄存器	243
10.1.3	PWM 定时器操作示例	247
10.2	S3C2410X 看门狗定时器	248
10.2.1	S3C2410X 看门狗定时器概述	248
10.2.2	看门狗定时器寄存器	249
10.2.3	看门狗定时器程序编写	250
10.3	本章小结	253
10.4	本章习题	253
第 11 章	A/D 转换器	254
11.1	A/D 转换器原理	255
11.1.1	A/D 转换基础	255
11.1.2	A/D 转换的技术指标	255
11.1.3	A/D 转换器类型	256
11.1.4	A/D 转换的一般步骤	261
11.2	S3C2410X A/D 转换器	261
11.2.1	S3C2410X A/D 转换器概述	261
11.2.2	S3C2410X A/D 控制器寄存器	262
11.3	A/D 转换器应用举例	264
11.3.1	电路连接	264
11.3.2	程序的编写	264
11.3.3	调试与运行结果	265

11.4	本章小结	266
11.5	本章习题	266
第 12 章	LCD 接口设计	267
12.1	LCD 控制器	268
12.1.1	LCD 控制器介绍	268
12.1.2	S3C2410X LCD 控制器介绍	268
12.1.3	S3C2410X LCD 控制器操作	270
12.1.4	LCD 控制器寄存器	272
12.2	接口电路与程序设计	277
12.2.1	S3C2410X LCD 电路连接	277
12.2.2	程序的编写	278
12.2.3	调试与运行结果	281
12.3	本章小结	282
12.4	本章习题	283
第 13 章	温度监测仪开发实例	284
13.1	项目功能描述	285
13.2	系统组成	285
13.3	接口电路图设计	285
13.4	程序设计	287
13.5	运行结果	289
13.6	本章小结	290
第 14 章	Cortex-A8 和 Cortex-M0 简介	291
14.1	Cortex-A8 处理器	292
14.1.1	Cortex-A8 简介	292
14.1.2	Cortex-A8 架构特性	293
14.1.3	S5PC100 介绍	294
14.1.4	FS_S5PC100 介绍	296
14.2	Cortex-M0 处理器	298
14.2.1	Cortex-M0 介绍	298
14.2.2	ARM Cortex-M 技术	299
14.2.3	基于 Cortex-M0 的处理器	299
14.2.4	FS_11C14 物联网教学开发板	301
14.3	本章小结	303

从实践中学 ARM 体系结构与接口技术

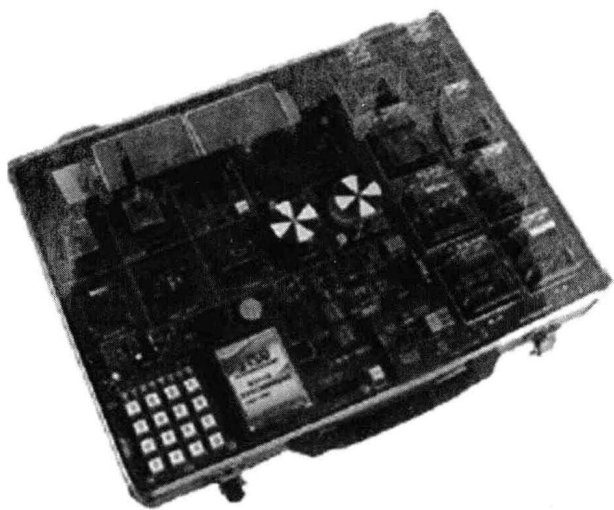
第 1 章

嵌入式系统基础知识

嵌入式系统已成为当前最为热门的领域之一，它无处不在，受到社会各方面的广泛关注，更有越来越多的人开始学习嵌入式系统开发。本章将向读者介绍嵌入式系统的基本知识。

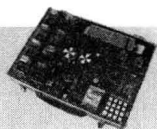
本章主要内容：

- ☐ 嵌入式系统概述。
- ☐ 嵌入式系统的组成。
- ☐ 嵌入式系统开发举例。
- ☐ 嵌入式系统开发概述。





1.1 嵌入式系统概述



1.1.1 嵌入式系统简介

经过 30 多年的发展，嵌入式系统已经广泛地渗透到人们的学习、工作、生活中，并已应用在科学研究、工程设计、军事技术及人们日常生活的方方面面。表 1-1 列举了嵌入式系统应用的部分领域。

表 1-1 嵌入式系统应用领域举例

领 域	应 用
消费电子	信息家电、智能玩具、通信设备、移动存储、视频监控
工业控制	工控设备、智能仪表、汽车电子、电子农业
网 络	网络设备、电子商务、无线传感器
医务医疗	医疗电子
军事国防	军事电子
航空航天	各类飞行设备、卫星等

随着数字信息技术和网络技术的飞速发展，计算机、通信、消费电子的一体化趋势日益明显，这必将培育出一个庞大的嵌入式应用市场，嵌入式系统技术也成为了当前人们关注、学习和研究的热点。那究竟什么是嵌入式系统呢？嵌入式系统本身是一个相对模糊的定义，不同的组织对其定义也略有不同。

按照电器工程协会（IEEE）的定义，嵌入式系统是用来控制、监控或者辅助操作机器、装置、工厂等大规模系统的设备（Devices used to control, monitor, or assist the operation of equipment, machinery or plants），这个定义主要是从嵌入式系统的用途方面来进行定义的。

在多数书籍资料中使用的关于嵌入式系统的定义为：嵌入式系统是指以应用为中心，以计算机技术为基础，软件、硬件可剪裁，适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统。

根据以上嵌入式系统的定义我们可以看出，嵌入式系统是由硬件和软件相结合组成的具有特定功能、用于特定场合的独立系统。其硬件主要由嵌入式微处理器、外围硬件设备组成；其软件主要包括底层系统软件 and 用户应用软件。

1.1.2 嵌入式系统的特点

嵌入式系统具有以下特点：

(1) 专用, 软硬件可剪裁、可配置。从嵌入式系统的定义可以看出, 嵌入式系统是面向应用的, 与通用系统最大的区别在于嵌入式系统功能专一。根据这个特性, 嵌入式系统的软、硬件可以根据需要进行精心设计、量体裁衣、去除冗余, 以实现低成本、高性能。也正因如此, 嵌入式系统采用的微处理器和外围设备种类繁多, 系统不具通用性。

(2) 低功耗、高可靠性、高稳定性。嵌入式系统大多应用在特定场合, 要么是环境条件恶劣, 要么要求其长时间连续运转, 因此嵌入式系统应具有高可靠性、高稳定性、低功耗等性能。

(3) 软件代码短小精悍。由于成本和应用场合的特殊性, 通常嵌入式系统的硬件资源(如内存等)都比较少, 因此对嵌入式系统设计也提出了较高的要求。尤其是嵌入式系统对软件设计高质量的要求, 要在有限的资源上实现高可靠性、高性能的系统。虽然随着硬件技术的发展和成本的降低, 在高端嵌入式产品上也开始采用嵌入式操作系统, 但其和 PC 资源比起来还是少得可怜, 所以嵌入式系统的软件代码依然要在保证性能的情况下占用尽量少的资源, 保证产品的高性价比, 使其具有更强的竞争力。

(4) 代码可固化。为了提高执行速度和系统可靠性, 嵌入式系统中的软件一般都固化在存储器芯片或单片机本身中, 而不是存储于磁盘中。

(5) 实时性。很多采用嵌入式系统的应用具有实时性要求, 所以大多数嵌入式系统采用实时性系统。但需要注意的是, 嵌入式系统不等于实时系统。

(6) 弱交互性。嵌入式系统不仅功能强大, 而且要求使用灵活方便, 一般不需要类似键盘、鼠标等设备。人机交互以简单方便为主。

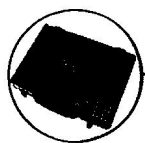
(7) 嵌入式系统软件开发通常需要专门的开发工具和开发环境。

(8) 要求开发、设计人员有较高的技能。嵌入式系统是将先进的计算机技术、半导体技术和电子技术与各个行业的具体应用相结合后的产物。这就决定了它必然是一个技术密集、资金密集、高度分散、不断创新的知识集成系统, 从事嵌入式系统开发的人才也必须是复合型人才。

1.1.3 嵌入式系统的发展

1. 嵌入式系统发展的 4 个阶段

第一阶段是以单芯片为核心的可编程控制器形式的系统。这类系统大部分应用于一些专业性强的工业控制系统中, 一般没有操作系统的支持, 软件通过汇编语言编写。这一阶段系统的主要特点是: 系统结构和功能相对单一, 处理效率较低, 存储容量较小, 几乎没有用户接口。由于这种嵌入式系统使用简单、价格低, 因此以前在国内工业领域应用较为普遍, 但是现在已经远不能适应高效的、需要大容量存储的现代工业控制和新兴信息家电等领域的需求。



第二阶段是以嵌入式 CPU 为基础、以简单操作系统为核心的嵌入式系统。其主要特点是：CPU 种类繁多，通用性比较弱；系统开销小，效率高；操作系统达到一定的兼容性和扩展性；应用软件较专业化，用户界面不够友好。

第三阶段是以嵌入式操作系统为标志的嵌入式系统。其主要特点是：嵌入式操作系统能运行于各种不同类型的微处理器上，兼容性好；操作系统内核小、效率高，并且具有高度的模块化和扩展性；具备文件和目录管理，支持多任务，支持网络应用，具备图形窗口和用户界面；具有大量的应用程序接口 API，开发应用程序较简单；嵌入式应用软件丰富。

第四阶段是以 Internet 为标志的嵌入式系统。这是一个正在迅速发展的阶段。目前大多数嵌入式系统还孤立于 Internet 之外，但随着 Internet 的发展及 Internet 技术与信息家电、工业控制技术的结合日益密切，嵌入式设备与 Internet 的结合将代表嵌入式系统的未来。

2. 未来嵌入式系统的主要发展趋势

(1) 小型化、智能化、网络化、可视化。随着技术水平的提高和人们生活的需要，嵌入式设备（尤其是消费类产品）正朝着小型化、便携式和智能化的方向发展。如果你携带笔记本电脑外出办事，你肯定希望它轻薄小巧，甚至你可能希望有一种更便携的设备来替代它，目前的上网本、MID（移动互联网设备）、便携投影仪等都是因类似的需求而出现的。对嵌入式而言，可以说已经进入了嵌入式互联网时代（有线网、无线网、广域网、局域网的组合），嵌入式设备和互联网的紧密结合，更为我们的日常生活带来了极大的方便和无限的想象空间。嵌入式设备功能越来越强大，未来，我们的冰箱、洗衣机等家用电器都将实现网上控制；异地通信、协同工作、无人操控场所、安全监控场所等的可视化已经成为了现实，而且随着网络运载能力的提升，可视化将得到进一步完善。人工智能、模式识别技术也将在嵌入式系统中得到应用，使得嵌入式系统更具人性化、智能化。

(2) 多核技术的应用。人们需要处理的信息越来越多，这就要求嵌入式设备运算能力更强，因此需要设计出更强大的嵌入式处理器，多核技术处理器在嵌入式中的应用将更为普遍。

(3) 低功耗（节能）、绿色环保。在嵌入式系统的硬件和软件设计中都在追求更低的功耗，以求嵌入式系统能获得更长的可靠工作时间，如手机的通话和待机时间、MP3 听音乐的时间等。同时，绿色环保型嵌入式产品将更受人们的青睐，在嵌入式系统设计中也会更多地考虑辐射和静电等问题。

(4) 云计算、可重构、虚拟化等技术被进一步应用到嵌入式系统中。简单地讲，云计算是将计算分布在大量的分布式计算机上，这样我们只需要一个终端，就可以通过网络服务来实现我们需要的计算任务，甚至是超级计算任务。云计算（Cloud Computing）是分布式处理（Distributed Computing）、并行处理（Parallel Computing）和网格计算（Grid