

高等学校计算机专业教材精选·计算机硬件



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

课程
配套
教材

基于ARM嵌入式 μ CLinux 系统原理及应用

李岩 王建卫 纪颖 陈海龙 姜畅 等 编著
乔佩利 审



清华大学出版社



TP332
126
普通高等教育“十

教材

TP332
126

高等学校计算机专业教材精选·计算机硬件

基于ARM嵌入式 μ CLinux 系统原理及应用

李岩 王建卫 纪颖 陈海龙 姜畅 等 编著
乔佩利 审

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书不但着重介绍了目前流行的 ARM 微处理器及应用较为广泛的 μ CLinux 嵌入式操作系统,而且结合作者多年的研究和教学经验介绍了基于 ARM 芯片的嵌入式系统的原理、程序设计方法以及应用程序的开发。

本书共分为 12 章。第 1 章~第 3 章介绍了嵌入式系统的基本概念,常用的 ARM/Thumb 指令系统及编译工具 GNU GCC 的使用方法;第 4 章和第 5 章介绍了 ARM 芯片的体系结构和各个外部设备接口(如 Flash 存储器、SDRAM、中断接口、DMA 接口、定时及时钟接口、音频接口、串行接口、键盘显示器接口、触摸屏 LCD 接口和模拟接口等)的结构、原理、接口电路及时序,并且介绍了接口的驱动程序的编制方法;第 6 章~第 10 章介绍了主流的 μ CLinux 操作系统的进程管理、文件系统管理、设备管理以及用户接口的设计过程,其中包括开发工具 Hitool for μ CLinux 的使用方法介绍及简单驱动程序的编写。第 11 章和第 12 章介绍了应用程序开发实例和 μ CLinux 在 UP-NETARM 3000 平台上的移植过程。

本书主要从嵌入式理论、方法和应用实践的角度出发,以 ARM 处理器为基础,展现了嵌入式系统的基本理论的主要内容和实际应用开发方法。本书是精品课程配套教材,有教学支持网站(<http://www1.hrbust.edu.cn/xueyuan/com/embedded/>),取得了良好的教学效果,具有较好的推广价值。

本书可供嵌入式爱好者、从业者和高等学校师生专业进修和教学参考之用,也可作为有关嵌入式系统教学的本科生或研究生的教材使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

基于 ARM 嵌入式 μ CLinux 系统原理及应用 / 李岩,王建卫,纪颖等编著. —北京:清华大学出版社,2009.4

(高等学校计算机专业教材精选·计算机硬件)

ISBN 978-7-302-18693-9

I. 基… II. ①李… ②王… ③纪… III. ①微处理器,ARM—高等学校—教材 ②Linux 操作系统—高等学校—教材 IV. ①TP332 ②TP316.89

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 155137 号

责任编辑:汪汉友

责任校对:时翠兰

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

邮 购:010-62786544

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:27

字 数:650 千字

版 次:2009 年 4 月第 1 版

印 次:2009 年 4 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:39.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。
联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:031208-01

出版说明

我国高等学校计算机教育近年来迅猛发展,应用所学计算机知识解决实际问题,已经成为当代大学生的必备能力。

时代的进步与社会的发展对高等学校计算机教育的质量提出了更高、更新的要求。现在,很多高等学校都在积极探索符合自身特点的教学模式,涌现出一大批非常优秀的精品课程。

为了适应社会的需求,满足计算机教育的发展需要,清华大学出版社在进行了大量调查研究的基础上,组织编写了《高等学校计算机专业教材精选》。本套教材从全国各高校的优秀计算机教材中精挑细选了一批很有代表性且特色鲜明的计算机精品教材,把作者们对各自所授计算机课程的独特理解和先进经验推荐给全国师生。

本系列教材特点如下。

(1) 编写目的明确。本套教材主要面向广大高校的计算机专业学生,使学生通过本套教材,学习计算机科学与技术方面的基本理论和基本知识,接受应用计算机解决实际问题的基本训练。

(2) 注重编写理念。本套教材作者群为各校相应课程的主讲,有一定经验积累,且编写思路清晰,有独特的教学思路和指导思想,其教学经验具有推广价值。本套教材中不乏各类精品课配套教材,并力图努力把不同学校的教学特点反映到每本教材中。

(3) 理论知识与实践相结合。本套教材贯彻从实践中来到实践中去的原则,书中的许多必须掌握的理论都将结合实例来讲,同时注重培养学生分析、解决问题的能力,满足社会用人要求。

(4) 易教易用,合理适当。本套教材编写时注意结合教学实际的课时数,把握教材的篇幅。同时,对一些知识点按教育部教学指导委员会的最新精神进行合理取舍与难易控制。

(5) 注重教材的立体化配套。大多数教材都将配套教师用课件、习题及其解答,学生上机实验指导、教学网站等辅助教学资源,方便教学。

随着本套教材陆续出版,相信能够得到广大读者的认可和支持,为我国计算机教材建设及计算机教学水平的提高,为计算机教育事业的发展做出应有的贡献。

清华大学出版社

前 言

随着半导体技术和信息技术的发展以及数字化产品的普及,Internet 得到了广泛深入的应用。目前,嵌入式系统被应用到网络、手持通信设备、国防军事以及自动化控制等领域中。面对巨大的机遇和挑战,嵌入式系统异军突起,作为信息时代的产业技术,肩负重大的历史使命,成为当今信息产业发展的主流技术。

嵌入式系统是一个涉及多门知识的研究领域,包括操作系统(Linux)、微型计算机原理(ARM 处理器)、C/汇编语言程序设计、计算机网络及各种应用领域。目前,国内外同类教材主要从嵌入式系统理论、Linux(或其他)操作系统、Linux 环境的 C 编程、各种处理器结构和原理等方面分别进行描述,主要侧重于技术开发,对原理、背景知识介绍较少,多数没有和教学实验装置配套,没有习题,不利于自学、预习和复习,不能充分满足教学和系统学习的需要。本书以当前最廉价、接口最丰富、采用占有率最高(80%以上)的 ARM 处理器芯片为基础,将嵌入式系统理论和当前最流行、最适于嵌入式应用的 Linux 操作系统整合到一起,在阐述理论知识的同时,给出了简单明了的实验程序和综合实例。

本书主要从嵌入式理论和应用实践的角度展现嵌入式系统的基本理论、主要内容和实际开发应用方法,特别注重理论和实践相结合,既具有面向教学,又具有面向开发与应用的特点。可供嵌入式爱好者、从业者和高等学校师生专业进修和教学参考之用。另外,本书特别对 GCC 使用方法、ARM 体系结构和接口结构原理、接口电路设计及编程进行了详细讲解。

本书编写过程中,特别增加了低功耗管理和存储时序的内容,以及各个接口的介绍更加详细,接口驱动程序更加丰富,程序注释齐全、通俗易懂,内容安排也更为合理。

本书通过对一些相关芯片工作原理的介绍,增加了本书的可读性。例如在对 IIS 总线接口的介绍时,添加了对音频编解码芯片 1341 的工作原理的介绍,使读者更容易理解录音和播放工作过程。

本书配套资源丰富。课题组完成了“嵌入式系统设计与实现”课程教学大纲、教学 CAI 课件、教学录像和电子教案等;建立了“嵌入式微机接口技术精品课程”网站(<http://www1.hrbust.edu.cn/xueyuan/com/embedded/>),网站包括嵌入式微机接口技术论坛、在线答疑及作业提交功能、在线考试系统、习题库、试题库及答案;课题组还编写了该教材的配套实验指导书。

本书第 1 章由李岩编写,并且完成全书的程序编写和课件制作等工作,第 2 章和第 4 章由王建卫编写,第 3 章和第 6 章由纪颖编写,第 11 章由陈海龙编写,第 8 章和第 12 章由姜畅编写,第 5 章的第 1 节和第 2 节由高俊锋编写,第 5 章的第 3 节~第 5 节由陈宇编写,第 5 章的第 6 节~第 8 节由仇俊峰编写,第 5 章的第 12 节和第 13 节由王广泽编写,第 9 章和第 10 章由高辉编写,第 5 章的第 9 节和第 7 章由顾丽编写,第 5 章的第 10 节、11 节和附录由尧玉钦编写。全书由乔佩利主审,李岩负责全书统稿工作。崔晓英、郝建青、贾小梨、王显

山、王文良、张学勇、张小生、刘为伟、张俊义、张超、路传博和戴瑞起等人完成程序验证和录入工作。感谢洪国铭、孟晓英、崔永利和李妍老师给予大力帮助和指导。

由于涉及内容广泛,加之时间仓促,书中难免存在错误或疏漏之处,愿广大专家和读者予以斧正。

作者

洪国铭,男,1963年10月出生于山东省烟台莱州市,本科学历,高级工程师,从事计算机应用研究、软件开发、数据库应用、网络工程、系统集成、项目管理等工作。现任莱州市莱州湾海水淡化有限公司技术负责人,莱州市莱州湾海水淡化有限公司技术负责人,莱州市莱州湾海水淡化有限公司技术负责人。

孟晓英,女,1963年10月出生于山东省烟台莱州市,本科学历,高级工程师,从事计算机应用研究、软件开发、数据库应用、网络工程、系统集成、项目管理等工作。现任莱州市莱州湾海水淡化有限公司技术负责人,莱州市莱州湾海水淡化有限公司技术负责人,莱州市莱州湾海水淡化有限公司技术负责人。

崔永利,男,1963年10月出生于山东省烟台莱州市,本科学历,高级工程师,从事计算机应用研究、软件开发、数据库应用、网络工程、系统集成、项目管理等工作。现任莱州市莱州湾海水淡化有限公司技术负责人,莱州市莱州湾海水淡化有限公司技术负责人,莱州市莱州湾海水淡化有限公司技术负责人。

李妍,女,1963年10月出生于山东省烟台莱州市,本科学历,高级工程师,从事计算机应用研究、软件开发、数据库应用、网络工程、系统集成、项目管理等工作。现任莱州市莱州湾海水淡化有限公司技术负责人,莱州市莱州湾海水淡化有限公司技术负责人,莱州市莱州湾海水淡化有限公司技术负责人。

张俊义,男,1963年10月出生于山东省烟台莱州市,本科学历,高级工程师,从事计算机应用研究、软件开发、数据库应用、网络工程、系统集成、项目管理等工作。现任莱州市莱州湾海水淡化有限公司技术负责人,莱州市莱州湾海水淡化有限公司技术负责人,莱州市莱州湾海水淡化有限公司技术负责人。

目 录

第 1 章 嵌入式系统导论	1
1.1 概述	1
1.1.1 什么是嵌入式系统	1
1.1.2 嵌入式系统的特点及分类	2
1.2 嵌入式微处理器和嵌入式操作系统	4
1.2.1 嵌入式微处理器	4
1.2.2 嵌入式操作系统	5
1.3 嵌入式系统设计过程	9
1.3.1 需求分析	10
1.3.2 规格说明	13
1.3.3 体系结构设计	13
1.3.4 设计硬件构件和软件构件	15
1.3.5 系统集成	15
1.3.6 系统测试	15
小结	16
习题	16
第 2 章 ARM/Thumb 微处理器结构及指令系统	17
2.1 ARM 微处理器概述	17
2.1.1 ARM 系列微处理器	17
2.1.2 RISC 体系结构	20
2.1.3 ARM 和 Thumb 状态	21
2.1.4 寄存器	21
2.1.5 ARM 指令集概述	21
2.1.6 Thumb 指令集概述	21
2.2 ARM 微处理器体系结构	22
2.2.1 数据类型	22
2.2.2 ARM 微处理器的工作状态	22
2.2.3 ARM 体系结构的存储器格式	23
2.2.4 处理器模式	23
2.2.5 寄存器组织	24
2.2.6 异常	28
2.3 ARM/Thumb 指令系统	34
2.3.1 ARM 处理器寻址方式	34

2.3.2	ARM 指令集介绍	36
2.3.3	Thumb 指令集介绍	54
小结		55
习题		55
第 3 章	程序设计基础	56
3.1	GCC 简介	56
3.1.1	GCC 组成	56
3.1.2	GCC 编译程序的基本过程	57
3.2	C/C++ 交叉编译器 arm-elf-gcc	58
3.2.1	概述	58
3.2.2	命令使用	60
3.3	交叉连接器 arm-elf-ld	62
3.3.1	概述	62
3.3.2	命令使用	63
3.3.3	linkcmds 链接命令文件	64
3.4	工程管理器 make	70
3.4.1	概述	70
3.4.2	命令使用	71
3.4.3	编写一个 makefile	72
3.5	交叉汇编器 arm-elf-as	76
3.5.1	概述	76
3.5.2	命令使用	77
3.6	汇编语言编程	78
3.6.1	汇编语言	78
3.6.2	宏语句与条件汇编	83
3.6.3	模块化程序设计	86
3.6.4	内存模式	86
3.6.5	StrongARM 和 ARM7	86
3.7	简单程序设计	88
3.7.1	顺序程序设计	88
3.7.2	分支程序设计	89
3.7.3	循环程序设计	90
3.7.4	子程序设计	91
3.8	混合语言编程	92
3.8.1	如何在 C 语言内嵌汇编语言	93
3.8.2	C 与汇编相互调用	96
小结		99
习题		99

第 4 章 S3C44B0X CPU 管理及附加电路	101
4.1 S3C44B0X 简介	101
4.2 时钟和功耗管理	109
4.2.1 概述	109
4.2.2 寄存器定义	111
4.2.3 时钟与电源管理编程	113
4.3 CPU Wrapper 和总线特性	114
4.3.1 概述	114
4.3.2 内部 SRAM	115
4.3.3 总线优先级	115
4.3.4 写缓冲区操作	116
4.3.5 特殊寄存器	116
4.4 存储器管理	118
4.5 存储时序图	123
4.6 MICROTEK EV44B0II 开发板简介	126
4.6.1 存储地址空间分配	126
4.6.2 I/O 口配置	128
4.6.3 电源、时钟及复位电路	130
4.6.4 MBL(Micetek Boot Loader)介绍	130
小结	131
习题	131
第 5 章 S3C44B0X 接口电路设计与编程	132
5.1 存储器电路设计及编程	132
5.1.1 SDRAM KM416S4020B 芯片	132
5.1.2 Flash 存储器	132
5.1.3 存储器与 CPU 的连接	137
5.1.4 SDRAM 存储器接口电路与编程	138
5.1.5 Flash 存储器接口电路与编程	139
5.2 中断系统电路设计及编程	141
5.2.1 S3C44B0X 中断概述	141
5.2.2 中断源及中断模式	142
5.2.3 中断请求及允许	143
5.2.4 中断判优	143
5.2.5 IRQ 中断响应模式	145
5.2.6 中断及异常响应处理过程	150
5.2.7 中断特殊寄存器	154
5.2.8 中断程序应用编程	159
5.3 通用 I/O 接口电路设计及编程	161

5.3.1	概述	161
5.3.2	端口控制寄存器	165
5.3.3	LED 接口电路设计及编程	166
5.3.4	键盘接口电路设计及编程	167
5.4	DMA 接口电路原理及编程	169
5.4.1	S3C44B0X DMA 控制器结构	170
5.4.2	外部 DMA 请求/应答协议	171
5.4.3	DMA 传输模式	172
5.4.4	DMA 请求源的选择	173
5.4.5	DMA 自动重装模式	173
5.4.6	S3C44B0X 芯片的 DMA 寄存器	174
5.4.7	S3C44B0X DMA 编程	177
5.5	PWM 计时器接口电路原理及编程	180
5.5.1	概述	180
5.5.2	PWM 计时器操作	181
5.5.3	PWM 计时器控制寄存器	186
5.5.4	PWM 计时器编程	188
5.6	看门狗计时器接口电路原理及编程	190
5.6.1	概述	190
5.6.2	WDT 计时器控制寄存器	190
5.6.3	WDT 计时器编程	191
5.7	日历时钟接口电路设计及编程	192
5.7.1	概述	192
5.7.2	日历时钟	192
5.7.3	日历时钟寄存器定义	194
5.7.4	日历时钟接口电路设计及编程	197
5.8	LCD 控制器	198
5.8.1	LCD 工作原理	199
5.8.2	S3C44B0X 的内部 LCD 控制器	199
5.8.3	LCD 控制器的操作	201
5.8.4	LCD 控制器专用寄存器	203
5.8.5	LCD 接口电路设计及编程	209
5.9	触摸屏电路设计及编程	213
5.9.1	触摸屏概述	213
5.9.2	电阻触摸屏原理	213
5.9.3	触摸屏电路控制	213
5.9.4	编程	217
5.9.5	触摸屏与显示器的配合	218
5.10	异步串行通信接口	219

5.10.1	简述	219
5.10.2	中断/DMA 请求产生器	220
5.10.3	UART 错误状态 FIFO	220
5.10.4	UART 寄存器	221
5.10.5	编程	225
5.11	A/D 转换器	227
5.11.1	A/D 转换器概述	227
5.11.2	ADC 的相关寄存器	228
5.11.3	A/D 转换器电路设计及编程	229
5.12	D/A 转换器	230
5.12.1	D/A 转换器工作原理	230
5.12.2	DAC0832 芯片	231
5.13	IIS 总线接口	234
5.13.1	音频系统简介	234
5.13.2	IIS 总线概述	234
5.13.3	传输方式	235
5.13.4	声音串口格式	236
5.13.5	采样频率和主时钟	237
5.13.6	IIS 操作	238
5.13.7	IIS 总线接口寄存器	238
5.13.8	UDA1341TS 概述	240
5.13.9	IIS 接口及编程	246
小结		252
习题		252
第 6 章	嵌入式 Linux 开发	254
6.1	嵌入式 Linux 概况	254
6.1.1	嵌入式 Linux	254
6.1.2	嵌入式 Linux 的组成	257
6.1.3	嵌入式 Linux 的版本	257
6.2	μ CLinux 开发介绍	258
6.2.1	启动模块	258
6.2.2	内核初始化	259
6.2.3	系统调用处理/异常处理	259
6.2.4	驱动程序	259
6.2.5	文件系统	260
6.2.6	内存管理	260
6.2.7	进程管理	261
6.2.8	运行时间库及应用程序	261

6.3	μ CLinux 启动过程	263
6.4	开发工具介绍	266
6.4.1	安装	267
6.4.2	开发环境的建立	267
6.4.3	调试方法	268
6.5	内核的配置和编译	272
6.5.1	配置内核	272
6.5.2	编译内核	274
6.6	内核的调试	274
6.6.1	下载 μ CLinux 内核	274
6.6.2	几个调试窗口	274
小结		278
习题		278
第 7 章	进程/线程管理	279
7.1	进程概念及组成	279
7.1.1	进程概念	279
7.1.2	进程的组成	279
7.2	进程调度	280
7.2.1	信号	280
7.2.2	进程状态	283
7.2.3	进程调度	284
7.3	进程运行和控制	285
7.4	进程通信与同步	286
7.4.1	进程通信	286
7.4.2	进程同步	288
7.5	线程概念及分类	288
7.5.1	线程特点	288
7.5.2	线程的基本概念	289
7.5.3	线程的分类	289
7.6	线程基础	290
7.6.1	线程的基本操作函数	290
7.6.2	简单的多线程编程	291
7.7	线程应用中的同步问题	292
7.7.1	特定线程数据	292
7.7.2	互斥锁	292
7.7.3	读写锁	294
7.7.4	记录上锁	294
7.7.5	条件变量	295

7.7.6 信号量.....	295
小结.....	295
习题.....	295
第 8 章 存储管理	296
8.1 FLAT 模式内存管理	296
8.1.1 3 种内存管理模型	296
8.1.2 标准 Linux 的内存管理	297
8.1.3 μ CLinux 的内存管理.....	298
8.1.4 μ CLinux 内存管理的局限性.....	298
8.2 内存管理模块的启动初始化	299
8.2.1 setup_arch()	299
8.2.2 paging_init()	300
8.2.3 free_area_init()	301
8.2.4 mem_init().....	301
8.3 可执行程序的加载	301
8.3.1 用户程序的内存分布.....	301
8.3.2 reloc 段机制	302
8.3.3 FLAT 可执行文件格式	303
8.3.4 执行文件加载流程.....	304
小结.....	307
习题.....	307
第 9 章 文件系统	308
9.1 文件系统结构	308
9.2 文件系统类型	310
9.2.1 ROMFS 文件系统	310
9.2.2 RAMFS 文件系统	312
9.2.3 JFFS 与 JFFS2 文件系统	312
9.2.4 EXT2 文件系统	314
9.3 文件系统目录结构	315
9.3.1 ROMFS 文件系统目录结构	315
9.3.2 μ CLinux 源程序结构.....	318
9.4 简单编程实例	321
小结.....	324
习题.....	324
第 10 章 设备管理	325
10.1 设备管理结构.....	325

10.1.1	概述	325
10.1.2	字符设备与块设备	325
10.1.3	主设备号和次设备号	326
10.1.4	Linux 设备命名习惯	326
10.2	驱动程序	326
10.2.1	驱动程序基本功能	326
10.2.2	驱动程序的运作过程	327
10.2.3	常用接口函数介绍	327
10.2.4	常用函数原型	328
10.3	驱动程序编写实例	329
10.3.1	设备功能介绍	329
10.3.2	具体实现	329
	小结	333
	习题	334
第 11 章	应用程序开发	335
11.1	串口应用程序	335
11.1.1	串口主要函数介绍	336
11.1.2	串口举例	338
11.2	网络应用	340
11.2.1	TCP/IP 网络应用	340
11.2.2	Web 服务器应用	350
11.3	音频设备应用	354
11.3.1	常用音频文件格式	354
11.3.2	播放 WAV 文件举例	360
11.4	键盘及 LCD 显示应用	364
11.4.1	LCD 介绍	364
11.4.2	键盘实现	368
11.5	汉字音乐点播应用	368
	小结	377
	习题	378
第 12 章	μCLinux 在 UP-NETARM3000 平台上的移植	379
12.1	UP-NETARM3000 嵌入式开发平台介绍	379
12.2	μ CLinux 在 UP-NETARM3000 上的移植	379
12.2.1	Linux 移植准备	379
12.2.2	关于交叉编译环境	380
12.2.3	修改 μ CLinux 内核源码	382
12.2.4	Linux 内核裁减	384

12.2.5 内核的编译.....	392
12.3 内核及根文件系统的烧写.....	392
12.3.1 配置 minicom	392
12.3.2 烧写内核.....	393
12.3.3 烧写根文件系统.....	393
小结.....	394
习题.....	394
 附录 A S3C44B0X 特殊功能寄存器地址对应表	 395
 附录 B 部分 Linux 命令	 403
 附录 C LinuxView 简介	 406
 参考文献.....	 411

第 1 章 嵌入式系统导论

随着社会信息化的日益加强,计算机和网络已经全面渗透到日常生活的每一个角落。人们需要的已经不仅仅是那种放在桌上处理文档、进行工作管理和生产控制的计算“机器”。任何一个普通人都可能拥有大小不一、形状各异、包含了嵌入式技术的电子产品。小到 MP3、PDA(个人数字助理)等微型数字产品,大到网络家电、智能家电和车载电子设备等都已广泛应用于人们的日常生活之中。

目前,各种各样的新型嵌入式系统设备在应用数量上已经远远超过了通用计算机。在工业和服务领域中,使用嵌入式技术的数控机床、智能工具、工业机器人和服务机器人正在逐渐改变着传统的工业生产和服务方式。

本章主要内容如下:

- (1) 嵌入式系统的概念;
- (2) 嵌入式系统的特点、分类及应用领域;
- (3) 主流嵌入式微处理器和嵌入式操作系统;
- (4) 嵌入式系统设计方法。

1.1 概 述

1.1.1 什么是嵌入式系统

1. 嵌入式系统的定义

借用英国的电气工程师学会(IEE)的一个定义(<http://www.iee.org/policy/areas/y2k/w-43.cfm>):嵌入式系统是“控制、监视或者辅助设备、机器和车间运行的装置”。

2. 嵌入式系统的特性

嵌入式系统具备下列特性。

- (1) 通常只执行特定功能,这一点与一般桌上型办公设备或数据库系统有很大区别。
- (2) 以微型计算机与周边器件构成核心,其规模可在大范围内变化,如从 8051 芯片到 x86 芯片。
- (3) 要求严格的时序和稳定性,这是因为在计算机控制的大型系统中,程序运行稍有差错则可能使得整个系统失去控制,甚至酿成灾害。
- (4) 全自动操作循环。

嵌入式系统是电脑软件与硬件的综合体,它是以应用为中心,以计算机技术为基础,软硬件可裁剪,从而能够适应实际应用中对功能、可靠性、成本、体积和功耗等严格要求的专用计算机系统。嵌入式计算机在应用数量上远远超过了各种通用计算机。一台通用计算机的外部设备中就包含了 5~10 个嵌入式微处理器,键盘、鼠标、软驱、硬盘、显示卡、显示器、调制解调器、网卡、声卡、打印机、扫描仪、数码相机和 USB 集线器等均是由嵌入式处理器控

制的。

1.1.2 嵌入式系统的特点及分类

1. 嵌入式系统的特点

(1) 系统内核小。由于嵌入式系统一般是应用于小型电子装置,系统资源相对有限,所以内核较之传统的操作系统要小得多。比如 ENEA 公司的 OSE 分布式系统,内核只有 5KB,而 Windows 的内核则要大得多。

(2) 专用性强。嵌入式系统的个性化很强,其中的软件系统和硬件的结合非常紧密,一般要针对硬件进行系统的移植,即使在同一品牌、同一系列的产品中也需要根据系统硬件的变化和增减不断进行修改。同时,针对不同的任务,往往需要对系统进行较大更改;程序的编译下载要和系统相结合,这种修改和通用软件的“升级”是完全不同的概念。

(3) 系统精简。嵌入式系统一般没有系统软件和应用软件的明显区分,不要求其功能的设计及实现过于复杂,这样一方面利于控制系统成本,同时也利于实现系统安全。

(4) 高实时性的操作系统软件是嵌入式软件的基本要求,而且软件要求固化存储,以提高速度。软件代码要求高质量和高可靠性。

(5) 嵌入式软件开发要想走向标准化,就必须使用多任务的操作系统。嵌入式系统的应用程序可以没有操作系统而直接在芯片上运行;但是为了合理地调度多任务,利用系统资源、系统函数以及专家库函数接口,用户必须自行选配 RTOS (Real Time Operating System) 开发平台,这样才能保证程序执行的实时性、可靠性,并减少开发时间,保障软件质量。

(6) 嵌入式系统开发需要专门的开发工具和环境。由于嵌入式系统本身不具备自主开发能力,即使设计完成以后,用户通常也不能对其中的程序功能进行修改,因此必须有一套开发工具和环境才能进行开发,这些工具和环境一般是基于通用计算机上的软硬件设备以及各种逻辑分析仪、混合信号示波器等。开发时往往有主机和目标机的概念,主机用于程序的开发,目标机作为最后的执行机,开发时需要交替结合进行。

2. 嵌入式系统的分类

由于嵌入式系统由硬件和软件两大部分组成,所以其分类也可以从硬件和软件进行划分。

(1) 嵌入式系统的硬件。从硬件方面来讲,嵌入式系统的核心部件是嵌入式处理器。据不完全统计,全世界嵌入式处理器的品种数量已经超过 1000 种,流行体系结构有 30 多个,其中 8051 体系占大多数。生产 8051 单片机的半导体厂家有 20 多个,共 350 多种衍生产品,仅 Philips 公司就有近 100 种。目前嵌入式处理器的寻址空间为 64KB~256MB,处理速度为 0.1~2000MIPS。

近年来嵌入式微处理器的主要发展方向是小体积、高性能和低功耗。专业分工也越来越明显,出现了专业的 IP 核 (Intellectual Property Core, 知识产权核) 供应商,如 ARM、MIPS 等,他们通过提供优质、高性能的嵌入式微处理器内核,由各个半导体厂商生产面向各个应用领域的芯片。

如图 1-1 所示,一般可以将嵌入式处理器分成 4 类,即嵌入式微处理器 (Micro Processor Unit, MPU)、嵌入式微控制器 (Micro Controller Unit, MCU)、嵌入式 DSP 处理