

21世纪软件工程专业规划教材

Linux环境嵌入式 系统开发基础

刘彦文 李丽芬 编著

清华大学出版社



21世纪软件工程专业规划教材

Linux环境嵌入式 系统开发基础



刘彦文 李丽芬 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书系统描述 Linux 环境下嵌入式系统开发涉及的硬、软件基础知识。全书共分为 14 章。第 1 章是嵌入式系统组成简介。第 2~6 章描述硬件部分,以 S3C2410A 微处理器为主,具体描述嵌入式微处理器组成、片内功能模块原理及应用、开发板基本组成,还介绍了 OMAP3530 嵌入式微处理器组成及应用。第 7~14 章描述软件部分,针对基于 S3C2410A 及 OMAP3530 微处理器的开发板,具体描述开发系统组成、主机及目标板运行、主机开发环境配置、实验例程及驱动程序分析、目标板出厂软件烧写、U-Boot 及内核。书中给出的大量 C 语言源代码多数取自 U-Boot、 μ C/OS-II、Linux 以及芯片厂商测试程序。实验程序均上机调试通过。

本书既可以作为高等院校计算机、软件、电子、自动化、通信等专业的本科生嵌入式系统开发课程的教材使用,还可以作为研究生的参考教材,同时可供相关技术人员参考或作为培训教材使用。

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

Linux 环境嵌入式系统开发基础/刘彦文,李丽芬编著. --北京:清华大学出版社,2015
21 世纪软件工程专业规划教材
ISBN 978-7-302-39115-9

I. ①L… II. ①刘… ②李… III. ①Linux 操作系统—高等学校—教材 IV. ①TP316.89

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 017670 号

责任编辑:袁勤勇 战晓雷

封面设计:常雪影

责任校对:时翠兰

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

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

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市溧源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:33.75 字 数:780 千字

版 次:2015 年 7 月第 1 版 印 次:2015 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:59.00 元

产品编号:055411-01

前言

P R E F A C E

本书系统地描述 Linux 环境下嵌入式系统开发涉及的硬、软件基础知识。书中内容力求理论与实践相结合,注重具体实现技术与实用技术。书中主要内容已经在编者的教学过程中多次使用。

第 1 章对嵌入式系统作概括性介绍。

第 2~6 章以 S3C2410A 微处理器为主,具体描述嵌入式微处理器的组成、片内功能模块原理及应用、开发板基本组成,此外还介绍了 OMAP3530 嵌入式微处理器的组成及应用。针对片内功能模块的应用,书中给出了大量 C 语言源代码,这些源代码大多数取自 Linux、 μ C/OS-II、U-Boot 以及厂商测试程序。

第 7~14 章具体描述基于 S3C2410A 开发板及 OMAP3530 开发板的软件开发技术,包括开发系统组成、主机及目标板运行、主机开发环境配置、实验例程及驱动程序分析、目标板出厂软件烧写,以及 U-Boot、内核基础知识。书中给出了大量实验程序及 U-Boot、Linux 源代码,实验程序均上机调试通过。

附录 A 对 Linux 基础作了简单介绍。

建议在讲授计算机组成原理或微机原理后开设本课程,同时读者应该有一定的 C 语言基础。对于那些没有 Linux 基础的读者,建议先阅读附录 A。

本书虽然对名词术语进行了统一处理,但有些名词术语在不至于引起读者误读或者产生歧义的情况下,并未作强行统一,例如 S3C2410A、s3c2410a、S3C2410、s3c2410、SMDK2410、smdk2410、U-Boot、u-boot;Linux、linux 等。其原因是不同章节参考的文献不同,有的名词术语出现在电路原理图、数据手册、README 文档中,而有的是作为变量名、注释出现在不同的源代码中。

本书附录由李丽芬编写,其余部分由刘彦文编写,全书由刘彦文统稿。

另外,限于篇幅,书中没有描述指令系统及汇编语言,但在个别章节使用了汇编语言,请读者参阅参考文献[1]的相关内容。

特别感谢李惠林女士,在稿件交付出版社前,她对第 1~14 章内容进行了录入、排版和资料核对,并在统稿过程中提出了许多建议和修改意见。

感谢清华大学出版社计算机事业部袁勤勇主任对本书选题及编写工作提出的建议以及在编辑过程中付出的辛勤劳动。

还要感谢编者所在学院的领导及实验室同事所提供的实验设备及工作环境以及在工作上对编者的支持。

在本书编写过程中,除了书后所列的参考文献之外,作者还参考和引用了一些公司的公开技术资料、随机资料和程序。例如参考了 ARM 公司、三星公司和国内的博创公司的资料,引用了 U-Boot、Linux、 μ C/OS-II 部分源代码及芯片厂商测试程序。作者在此向这些文献的撰写者表示感谢。

由于编者水平有限,书中的错误和不当之处在所难免,敬请专家和读者批评指正。

编 者

2015 年 4 月

E-mail:cslyw@imu.edu.cn

目 录

C O N T E N T S

第 1 章 嵌入式系统组成简介	1
1.1 嵌入式系统简介	1
1.1.1 嵌入式系统定义	1
1.1.2 嵌入式系统发展历程	1
1.1.3 嵌入式系统应用举例	2
1.1.4 嵌入式系统特点	2
1.2 嵌入式系统硬件及软件组成	4
1.2.1 嵌入式系统硬件组成	4
1.2.2 嵌入式系统软件组成	5
1.3 主流嵌入式微处理器	5
1.3.1 嵌入式微处理器分类	5
1.3.2 主流嵌入式微处理器简介	7
1.4 主流嵌入式操作系统简介	10
1.4.1 嵌入式操作系统的主要特点	10
1.4.2 主流嵌入式操作系统简介	11
1.5 Linux 支持的处理器结构简介	14
1.5.1 Linux 对处理器的支持	14
1.5.2 Linux 支持的处理器结构	15
1.5.3 μ CLinux 支持的处理器结构	15
习题	16
第 2 章 微处理器组成及程序员模型	17
2.1 S3C2410A 微处理器概述	17
2.2 S3C2410A 微处理器的组成与引脚信号	18
2.2.1 S3C2410A 微处理器的组成	18
2.2.2 S3C2410A 芯片封装、引脚编号与引脚信号名	22
2.2.3 S3C2410A 特殊功能寄存器简介	26
2.3 ARM920T 核	26

2.4	ARM 程序员模型	26
2.4.1	处理器操作状态	27
2.4.2	存储器格式和数据类型	27
2.4.3	处理器操作方式	29
2.4.4	寄存器	29
2.4.5	程序状态寄存器	33
2.4.6	异常	34
2.4.7	中断延迟	39
2.4.8	Reset	39
2.5	OMAP3530 微处理器	39
2.5.1	OMAP3530 微处理器概述	40
2.5.2	OMAP3530 应用举例	40
2.5.3	OMAP3530 微处理器组成	42
	习题	44
第 3 章	存储器控制器及 Nand Flash 控制器	46
3.1	存储器控制器	46
3.1.1	S3C2410A 与存储器相关的特性简介	46
3.1.2	与存储器芯片连接的 S3C2410A 引脚信号及使用	48
3.1.3	存储器总线周期举例	54
3.1.4	存储器控制器特殊功能寄存器	57
3.2	存储器组成举例	63
3.2.1	使用 Nor Flash 芯片作为引导 ROM	63
3.2.2	使用 SDRAM 芯片举例	68
3.3	Nand Flash 芯片工作原理	78
3.3.1	两种引导模式	78
3.3.2	Nand Flash 概述	78
3.3.3	K9F2808U0C Nand Flash 芯片工作原理	78
3.4	Nand Flash 控制器	83
3.4.1	Nand Flash 控制器	83
3.4.2	Nand Flash 控制器特殊功能寄存器	86
3.4.3	Nand Flash 控制器与 Nand Flash 芯片连接举例	87
3.5	应用举例	87
3.5.1	U-Boot 对存储器控制器特殊功能寄存器初始化	87
3.5.2	存储器控制器与以太网控制器的连接	91
3.5.3	S3C44B0X 与 Nand Flash 芯片的连接	91
	习题	92

第 4 章 时钟与电源管理、DMA 与总线优先权	95
4.1 功耗管理、时钟与电源管理概述	95
4.1.1 微处理器功耗管理基础	95
4.1.2 时钟与电源管理概述	96
4.1.3 时钟与电源管理用到的 S3C2410A 引脚信号	97
4.2 时钟管理	98
4.2.1 时钟与电源管理结构框图	98
4.2.2 片外时钟源的选择	99
4.2.3 锁相环	99
4.2.4 时钟控制逻辑	100
4.3 电源管理	102
4.3.1 电源管理模式的转换	102
4.3.2 4 种电源管理模式	103
4.3.3 S3C2410A 电源引脚	107
4.4 时钟与电源管理特殊功能寄存器及设置	107
4.4.1 时钟与电源管理特殊功能寄存器	107
4.4.2 U-Boot 对特殊功能寄存器的初始设置	110
4.5 DMA 基础	112
4.5.1 DMA 含义	112
4.5.2 DMAC 控制输入传输举例	112
4.5.3 总线主设备、从设备	114
4.6 DMA 传输	114
4.6.1 DMA 概述	114
4.6.2 存储器到外设 DMA 传输举例	115
4.6.3 DMA 用到的 S3C2410A 引脚信号	117
4.7 DMA 请求、有限状态机和协议	117
4.7.1 硬件 DMA 请求与软件 DMA 请求	117
4.7.2 用于 DMA 操作的有限状态机	118
4.7.3 外部 DMA 请求/响应协议	119
4.7.4 Unit/Burst 传输、数据尺寸与自动重装	120
4.7.5 外部 DMA 请求/响应协议传输举例	121
4.8 DMA 特殊功能寄存器	122
4.9 DMA 存储器到存储器传输测试举例	127
4.10 总线优先权	130
习题	131
第 5 章 GPIO 端口及中断控制器	133
5.1 GPIO 端口概述及引脚信号	133

5.1.1	GPIO 端口概述	133
5.1.2	与 GPIO 端口及其他寄存器相关的 S3C2410A 引脚信号	134
5.2	GPIO 端口控制	135
5.3	GPIO 端口特殊功能寄存器	136
5.3.1	端口 A~端口 H 寄存器组	136
5.3.2	其他寄存器	144
5.4	GPIO 端口程序举例	151
5.4.1	GPIO 端口特殊功能寄存器在程序中定义	151
5.4.2	GPIO 端口初始化配置	153
5.4.3	GPIO 端口使用举例	154
5.5	中断控制器概述	155
5.5.1	与中断有关的寄存器	155
5.5.2	中断处理过程	157
5.6	中断控制器操作、中断源及中断优先权	158
5.6.1	中断控制器操作	158
5.6.2	中断源	159
5.6.3	中断优先权产生模块	159
5.7	中断控制器特殊功能寄存器	161
5.8	中断程序举例	167
	习题	174
第 6 章	片内功能模块	177
6.1	脉宽调制定时器	177
6.1.1	PWM 定时器概述	177
6.1.2	PWM 定时器操作	179
6.1.3	PWM 定时器特殊功能寄存器	184
6.1.4	PWM 定时器应用举例	188
6.2	实时时钟	191
6.2.1	RTC 概述	191
6.2.2	RTC 组成与操作	192
6.2.3	RTC 特殊功能寄存器	193
6.2.4	RTC 程序举例	197
6.3	看门狗定时器	199
6.3.1	WDT 概述	199
6.3.2	WDT 操作	200
6.3.3	WDT 特殊功能寄存器	200
6.3.4	WDT 程序举例	202
6.4	通用异步收发器	205

6.4.1	串行异步通信基础	205
6.4.2	UART 组成及操作	210
6.4.3	UART 特殊功能寄存器	216
6.4.4	UART 与 RS-232C 接口连接举例	222
6.4.5	UART 程序举例	224
6.4.6	UART 与红外收发器连接及程序举例	227
6.5	模数转换器与触摸屏接口	229
6.5.1	ADC 与 TS 接口基础知识	229
6.5.2	ADC 与 TS 接口概述	232
6.5.3	ADC 与 TS 接口操作	233
6.5.4	ADC 与 TS 接口特殊功能寄存器	236
6.5.5	ADC 程序举例	239
6.5.6	ADC 与 TS 接口程序举例	240
6.6	IIC、IIS、SPI 总线接口及 SD 主控制器概述	243
6.6.1	IIC 总线接口概述	243
6.6.2	IIS 总线接口概述	245
6.6.3	SPI 总线接口概述	247
6.6.4	MMC/SD/SDIO 概述	249
	习题	251
第 7 章	Linux 及嵌入式开发系统组成简介	256
7.1	Linux 起源及发展	256
7.1.1	UNIX 和 GNU 软件	256
7.1.2	Linux 的发展	257
7.2	内核、shell、文件系统及实用程序	258
7.2.1	Linux 内核	258
7.2.2	shell 简介	258
7.2.3	文件系统	261
7.2.4	实用程序	262
7.3	使用 Linux 的理由及 Linux 的不足之处	262
7.3.1	使用 Linux 的理由	262
7.3.2	使用 Linux 的不足之处	263
7.4	Linux 环境嵌入式开发系统组成简介	264
7.4.1	Linux 环境嵌入式开发系统组成	264
7.4.2	主机	264
7.4.3	目标板	264
7.4.4	主机与目标板的连接	264
7.4.5	主机中运行的程序	265

7.4.6	目标板中运行的程序	265
7.4.7	开发系统附带的光盘文档	266
7.5	主机安装的 Linux 发行版	267
7.5.1	常用的 Linux 发行版	267
7.5.2	Linux 发行版在主机的安装方式	268
	习题、操作与实验	269
第 8 章	主机及目标板的运行	271
8.1	终端基础知识	271
8.1.1	tty	271
8.1.2	早期的终端及终端与主机的连接	271
8.1.3	X-Window、GNOME 及 KDE 简介	273
8.2	主机系统引导、登录及退出 Linux	274
8.2.1	主机系统引导	274
8.2.2	登录 Linux	275
8.2.3	Linux 的终端	276
8.2.4	查看及修改用户使用的 shell	278
8.2.5	通过退出与 shell 的会话退出 Linux	280
8.2.6	关闭运行的 Linux 系统	281
8.2.7	使用帮助命令 help 和 man	281
8.3	目标板初次运行	283
8.3.1	目标板连接的电源、端口及安装的操作系统	283
8.3.2	目标板引导过程简述	284
8.3.3	装入装载引导程序(vivi)	286
8.3.4	装入装载引导程序(u-boot)	287
8.3.5	主机在 Windows 环境下的超级终端	287
8.3.6	主机在 Linux 环境下的 minicom 仿真终端(Linux 企业版 4.0)	290
8.3.7	主机在 Linux 环境下的 minicom 仿真终端(Linux 企业版 5.0)	293
8.3.8	在虚拟机中增添串口设备	296
8.3.9	装载引导程序支持的命令简介(vivi)	300
8.3.10	装载引导程序支持的命令简介(u-boot)	302
8.3.11	目标板运行的 Linux 登录、退出讨论	306
8.3.12	目标板安装的 Linux	306
8.3.13	目标板运行的 Linux 命令举例(S3C2410A)	307
8.3.14	目标板运行的 Linux 命令举例(OMAP3530)	310
	习题、操作与实验	311

第 9 章 主机开发环境配置	313
9.1 交叉开发平台基础	313
9.1.1 本地开发及交叉开发	313
9.1.2 GNU 跨平台工具链组成	314
9.1.3 如何获取工具链	314
9.1.4 工具链的组件及 GDB 简介	315
9.2 交叉工具链安装举例	316
9.2.1 交叉工具链安装举例(S3C2410A)	316
9.2.2 交叉工具链安装举例(OMAP3530)	318
9.3 主机 Linux 环境网络配置举例(S3C2410A)	321
9.3.1 主机 Linux 环境 IP 地址设置	322
9.3.2 主机 Linux 环境网络防火墙设置	325
9.3.3 主机与目标板网络通信测试	326
9.3.4 主机 Linux 环境 NFS 设置	328
9.3.5 输入、编译、运行一个程序全过程举例	332
9.4 主机 Linux 环境网络配置举例(OMAP3530)	333
9.4.1 主机 Linux 环境 IP 地址设置	333
9.4.2 主机 Linux 环境网络防火墙设置	335
9.4.3 主机与目标板网络通信测试	337
9.4.4 主机 Linux 环境 NFS 设置	337
9.4.5 输入、编译、运行一个程序全过程举例	340
习题、操作与实验	342
第 10 章 应用程序编程举例及驱动程序分析(一)	343
10.1 读取、转换时间函数编程举例	343
10.1.1 Linux 查看、设置时间的命令	343
10.1.2 常用的读取、转换时间的函数	344
10.1.3 读取、转换时间的函数编程举例(S3C2410A)	345
10.1.4 例 10.1 对应的 Makefile 文件(S3C2410A)	347
10.1.5 读取、转换时间的函数编程举例(OMAP3530)	348
10.1.6 例 10.2 对应的 Makefile 文件(OMAP3530)	348
10.1.7 执行例 10.2 程序前的操作步骤举例(OMAP3530)	349
10.2 多线程编程举例	350
10.2.1 Linux 线程概述	350
10.2.2 线程、互斥量、条件变量函数	351
10.2.3 生产者、消费者编程举例(S3C2410A)	353
10.3 串行端口及标准输入/输出/错误编程举例	358
10.3.1 Linux 标准输入/输出/错误系统调用	358

10.3.2	Linux 标准输入/输出/错误系统调用编程举例 (S3C2410A)	360
10.3.3	Linux 标准输入/输出/错误系统调用编程举例 (OMAP3530)	361
10.3.4	串行端口设备与文件关联及系统调用	362
10.3.5	串行端口设备与文件关联及系统调用编程举例 (S3C2410A)	363
10.3.6	串行端口设备与文件关联及系统调用编程举例 (OMAP3530)	365
10.3.7	C 语言标准输入/输出/错误函数	367
10.3.8	C 语言标准输入/输出/错误函数编程举例(S3C2410A)	368
10.3.9	C 语言标准输入/输出/错误函数编程举例(OMAP3530)	369
10.4	ADC 应用程序编程举例(S3C2410A)	369
10.4.1	ADC 编程基础	369
10.4.2	ADC 应用程序编程举例	371
10.5	ADC 驱动程序源代码分析(S3C2410A)	375
10.5.1	概述	375
10.5.2	Linux 设备驱动程序概述	376
10.5.3	s3c2410-adc.h 头文件源代码分析	380
10.5.4	s3c2410.h_chip.h 头文件源代码分析	381
10.5.5	s3c2410-adc.c 设备驱动程序源代码分析	383
	习题、操作、实验及编程	389
第 11 章	目标板出厂软件烧写实验(S3C2410A)	392
11.1	目标板出厂软件烧写概述	392
11.1.1	目标板出厂软件	392
11.1.2	Linux 环境要烧写的文件	392
11.1.3	什么情况下烧写目标板出厂软件	392
11.1.4	烧写环境	393
11.2	目标板出厂软件烧写实验(一)	393
11.2.1	主机 Windows 环境下安装 JTAG 驱动程序	393
11.2.2	通过 JTAG 端口传送并烧写装载引导程序 vivi	394
11.2.3	通过串口传送并烧写内核 zImage	395
11.2.4	通过串口传送并烧写根文件系统 root.cramfs	397
11.2.5	通过网口传送并烧写应用程序 yaffs.tar.bz2	397
11.2.6	格式化闪存以及通过串口传送并烧写 vivi	402
11.3	目标板出厂软件烧写实验(二)	402
11.3.1	通过网口传送并烧写内核 zImage	403

11.3.2	通过网口传送并烧写根文件系统 root.cramfs	406
11.4	目标板出厂软件烧写实验(三).....	407
11.4.1	通过 JTAG 端口传送并烧写装载引导程序 u-boot	407
11.4.2	通过网口传送并烧写内核 uImage	409
11.4.3	通过网口传送并烧写根文件系统 root.cramfs	411
11.4.4	通过网口传送并烧写应用程序 yaffs.tar.bz2	412
11.5	目标板出厂软件烧写小结.....	413
	习题、操作与实验	413
第 12 章	应用程序编程举例及驱动程序分析(二)	415
12.1	DAC 应用程序编程举例及驱动程序分析	415
12.1.1	DAC 硬件基础	415
12.1.2	DAC 应用程序编程举例(S3C2410A)	417
12.1.3	DAC 驱动程序源代码分析(S3C2410A)	419
12.2	PWM 直流电机应用程序编程举例及驱动程序分析	422
12.2.1	PWM 直流电机(S3C2410A)	422
12.2.2	编译、加载驱动程序模块(S3C2410A).....	423
12.2.3	PWM 直流电机应用程序编程举例(S3C2410A)	426
12.2.4	PWM 直流电机驱动程序源代码分析(S3C2410A)	428
12.3	LED 应用程序编程举例及驱动程序分析	429
12.3.1	七段 LED 概述	429
12.3.2	8×8 点阵 LED 显示概述	432
12.3.3	CPLD 与七段 LED、8×8 点阵 LED 连接举例(S3C2410A)	435
12.3.4	七段 LED、8×8 点阵 LED 应用程序编程举例(S3C2410A).....	437
12.3.5	LED 驱动程序源代码分析(S3C2410A)	439
	习题、操作、实验及编程.....	442
第 13 章	装载引导程序	443
13.1	常见的装载引导程序.....	443
13.2	U-Boot 概述	444
13.3	编译、烧写、运行 U-Boot 及装入内核	446
13.3.1	对标准开发板源代码进行编译、链接并烧写 U-Boot	446
13.3.2	U-Boot 等映像文件在开发板存储位置举例	446
13.3.3	加电运行 U-Boot 及 U-Boot 装入内核	447
13.4	U-Boot 监视命令及环境变量	448
13.4.1	使用命令及在源代码中配置监视命令.....	448
13.4.2	环境变量.....	449
13.5	顶层目录、编译过程及配置头文件举例	451

13.5.1	U-Boot 源代码顶层目录及编译指定的开发板	451
13.5.2	标准开发板配置头文件及举例	453
13.6	U-Boot 启动过程及举例	456
	习题、操作与实验	459
第 14 章	内核	461
14.1	内核简介	461
14.1.1	内核	461
14.1.2	内核在嵌入式 Linux 系统中的位置及内核组成	461
14.2	内核映像、Linux 启动过程及输出信息	463
14.2.1	常见内核映像文件 zImage 和 uImage	463
14.2.2	Linux 启动过程简介	464
14.2.3	Linux 启动期间控制台输出的信息	467
14.3	Linux 内核源代码	468
14.3.1	获得内核源代码	468
14.3.2	Linux 内核源代码树及内核目录	469
14.4	内核配置文件及配置编辑器	472
14.4.1	内核配置文件	472
14.4.2	内核配置编辑器	473
14.4.3	顶层.config 文件内容及 Kconfig 文件内容举例	475
14.5	联编内核及联编内核模块	477
14.5.1	联编内核举例	478
14.5.2	联编内核模块举例	480
14.5.3	清理	480
	习题、操作与实验	481
附录 A	Linux 基础	483
A.1	用户和组	483
A.1.1	账户	483
A.1.2	与用户和组关联的文件	484
A.1.3	与用户和组相关的命令	486
A.2	文件系统及 Linux 常用命令	488
A.2.1	目录结构及根的基本目录	488
A.2.2	创建和删除目录	489
A.2.3	常用目录操作命令	491
A.2.4	文件类型及链接	493
A.2.5	文件和目录的权限	494
A.2.6	创建、修改和删除文件	495

A. 2.7 常用文件操作命令	496
A. 2.8 元字符	500
A. 3 用 vi 输入源程序	500
A. 3.1 vi 功能简介	500
A. 3.2 常用 vi 操作	501
A. 3.3 输入、保存源程序举例	502
A. 4 make 及 Makefile 举例	504
A. 4.1 make、Makefile 文件内容简介	504
A. 4.2 编译文件	509
A. 5 主机运行用户程序举例	510
A. 5.1 运行一个程序举例	510
A. 5.2 输入、编译、运行程序过程总结	512
习题	512
附录 B 英汉名词术语对照表	514
参考文献	523

嵌入式系统组成简介

1.1 嵌入式系统简介

1.1.1 嵌入式系统定义

嵌入式系统目前被国内计算机界普遍认同的定义是：以应用为中心、以计算机技术为基础，软、硬件可裁剪，适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等有严格要求的专用计算机系统。

由嵌入式系统的定义可以看出，嵌入式系统有以下明显特点：

- 嵌入式系统是一个专用计算机系统，有微处理器，可编程。
- 嵌入式系统有明确的应用目的。
- 嵌入式系统作为机器或设备的组成部分被使用。

1.1.2 嵌入式系统发展历程

嵌入式系统的发展历程与微处理器的发展历程密切相关。

1971年出现的4位集成电路微处理器 Intel 4004 是为嵌入到计算器设计的。通常可以将 Intel 4004 微处理器的出现看作是嵌入式系统发展的初始阶段。

20世纪70年代之后，大规模和超大规模集成电路技术迅速发展，单片微处理器面积不断缩小，主频提高，处理器的位数从8位、16位、32位发展到64位，处理器内部功能增强并且集成了更多的功能模块，极大地提高了微处理器的计算能力、处理能力和实时控制能力，促进了嵌入式系统的发展。

可以将微处理器分为通用微处理器和专门用于嵌入式系统的专用微处理器。

典型的通用微处理器，如 Intel 公司的 8080(8位, 1974年)、8086(16位, 1978年)、8088(准16位, 1979年)、80386(32位, 1986年)、80486(32位, 1989年)以及奔腾系列(32位, 1993年)、Merced(64位, 2000年)等，虽然它们主要用来生产通用的微型机，但是也可以与一些配套芯片及外设设计成一个专用计算机系统，作为嵌入式系统使用。

嵌入式系统专用微处理器可以分为单片机、嵌入式微处理器、数字信号处理器和片上系统，这些处理器是专门为嵌入式应用而设计的。其中单片机典型产品有 Intel 公司的 MCS-48(8位, 1976年)、MCS-51(8位, 1980年)、MCS-96(16位, 1982年)等。其他专用