

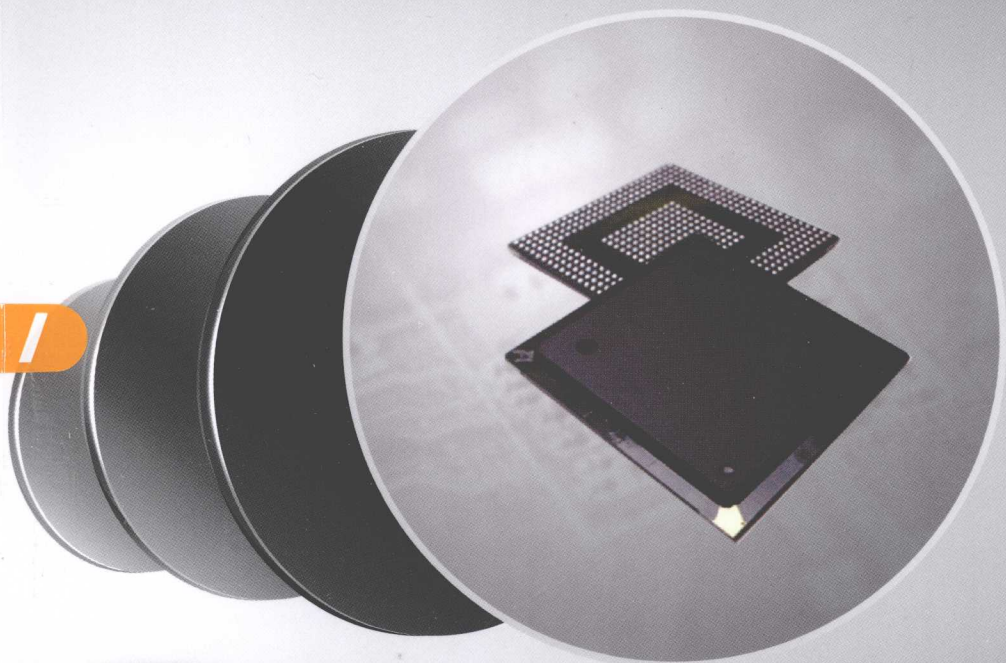


普通高校“十二五”规划教材

ARM 9 嵌入式 系统设计基础教程

(第2版)

黄智伟 邓月明 王彦 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

013027392

TP332-43
17-2



普通高校“十二五”规划教材

ARM9 嵌入式系统设计基础教程 (第2版)

黄智伟 邓月明 王彦 编著



北京航空航天大学出版社

TP332-43

17-2



北航

C1635207

013057392

内 容 简 介

本书系统介绍了嵌入式系统的基础知识,ARM 体系结构,32 位 RISC 微处理器 S3C2410A,嵌入式系统的存储器系统,嵌入式系统输入/输出设备接口,嵌入式系统总线接口,嵌入式系统网络接口,嵌入式系统软件及操作系统基础,ARM 汇编语言程序设计基础,Bootloader 设计基础,Linux 操作系统基础,嵌入式 Linux 软件设计,图形用户接口(GUI)。每章都附有思考题与习题。免费提供电子课件。

本书内容丰富实用,层次清晰,叙述详尽,方便教学与自学,可作为高等院校电子信息工程、通信工程、自动控制、电气自动化、计算机科学与技术等专业进行嵌入式系统教学的教材,也可作为全国大学生电子设计竞赛培训教材,以及工程技术人员进行嵌入式系统开发与应用的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

ARM9 嵌入式系统设计基础教程/黄智伟,邓月明,
王彦编著. --2 版. --北京:北京航空航天大学出版社
, 2013. 3

ISBN 978-7-5124-1088-6

I. ①A… II. ①黄… ②邓… ③王… III. ①微处理
器—系统设计—高等学校—教材 IV. TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 048522 号

版权所有,侵权必究。

ARM9 嵌入式系统设计基础教程(第 2 版)

黄智伟 邓月明 王彦 编著

责任编辑 刘星

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:29.25 字数:623 千字

2013 年 3 月第 2 版 2013 年 3 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 978-7-5124-1088-6 定价:54.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

前 言

本书是第2版。随着ARM技术的发展,我们对该书第1版中的部分内容进行了修订和补充。

本书是为高等院校电子信息工程、通信工程、自动控制、电气自动化、计算机科学与技术等专业编写的嵌入式系统设计、开发与应用的通用教材,也可作为全国大学生电子设计竞赛培训教材,以及工程技术人员进行嵌入式系统开发与应用的参考书。

本书的特点是以ARM9微处理器的S3C2410A为基础,突出嵌入式系统的基础知识,突出嵌入式系统的存储器、输入/输出接口、总线接口的电路设计与编程,突出采用ARM汇编语言和嵌入式Linux的编程方法,突出图形用户接口(GUI)工具的使用,内容丰富实用,叙述详尽清晰,方便教学与自学,与嵌入式系统实验教学结合,有利于学生掌握嵌入式系统的设计方法,培养学生综合分析、开发创新和工程设计的能力。

全书共分13章。

第1章介绍了嵌入式系统的定义和组成、嵌入式微处理器体系结构和类型。

第2章介绍了ARM微处理器结构、寄存器结构、异常处理、存储器结构、指令系统和接口。

第3章介绍了S3C2410A的存储器控制器、时钟和电源管理、I/O口、中断控制、DMA控制器的内部结构和寄存器以及编程方法。

第4章介绍了嵌入式系统存储设备分类与层次结构、NOR Flash接口、NAND Flash接口、SDRAM接口、CF卡接口、SD卡接口、IDE接口的基本原理、电路结构与读/写操作方法。

第5章介绍了嵌入式系统的GPIO、A/D转换器接口、D/A转换器接口、键盘与LED数码管接口、LCD显示接口、触摸屏接口的基本原理、电路结构与编程方法。

第6章介绍了嵌入式系统的串行接口、I²C接口、USB接口、SPI接口、PCI接口、I²S总线接口的基本原理、电路结构与编程方法。

第7章介绍了嵌入式系统网络接口,包含有以太网接口、CAN总线接口的基本原理、电路结构与编程方法。

第8章介绍了嵌入式软件的特点、分类、体系结构,嵌入式操作系统的功能和分类,嵌入式系统的任务管理、存储管理、输入/输出设备管理。

前 言

第9章介绍了MDK ARM开发工具的组成与使用,ARM汇编伪指令,ARM的汇编语言结构,ARM汇编语言程序调试,ARM汇编语言与C语言混合编程等ARM汇编语言程序设计基础知识。

第10章介绍了Bootloader的作用、工作模式和启动流程,S3C2410平台下Linux的Bootloader,Windows CE的Bootloader和Blob。

第11章介绍了嵌入式Linux的开发环境,桌面Linux的安装和使用,Linux内核结构、目录结构、文件系统等Linux操作系统基础知识。

第12章介绍了Bootloader的移植,嵌入式Linux内核和文件系统的移植,Linux下设备驱动程序的开发,应用程序开发。

第13章介绍了图形用户接口(GUI)的层次结构,桌面Linux系统GUI,嵌入式Linux系统GUI,MiniGUI的开发环境、移植、应用编程库和应用程序编写方法,Qt开发及运行环境的创建和Qt应用程序的开发。

每章都附有思考题与习题。

本书提供多媒体课件需要用于教学的教师,请与北京航空航天大学出版社联系(emsbook@gmail.com)。

本书是北京航空航天大学出版社组织出版的普通高校“十二五”规划教材系列之一。由黄智伟拟订编写了本书大纲和目录。黄智伟编写了第1~8章内容。邓月明、刘峰、陆银丽编写了第9~13章内容。南华大学王彦副教授、朱卫华副教授、陈文光教授、李富英高级工程师、李圣、曾力、潘策荣,南华大学电子信息工程专业04级的刘聪、李扬宗、肖志刚、汤柯夫、樊亮,通信工程专业04级的赵俊、王永栋、晏子凯、何超、万勤斌,湖南师范大学电子信息工程专业04级的王康斌,通信工程专业04级的彭德润,05级的邓伟、肖雅斌等人为本书的编写做了大量的工作,在此一并表示衷心的感谢。同时感谢湖南省教育厅科学研究项目(07C577)课题组,南华大学高等教育研究与改革课题(06Y05)对本书出版的支持。

本书在编写过程中,参考了大量的国内外著作和资料,得到了许多专家和学者的大力支持,听取了多方面的宝贵意见和建议,在此对他们表示衷心的感谢。

由于时间仓促和水平所限,本书难免有疏漏和不足之处,敬请各位读者批评指正。

黄智伟

2013年3月

于南华大学

目 录

第 1 章 嵌入式系统基础知识	1
1.1 嵌入式系统的定义和组成	1
1.1.1 嵌入式系统的定义	1
1.1.2 嵌入式系统的发展趋势	1
1.1.3 嵌入式系统的组成	3
1.1.4 RTOS	6
1.2 嵌入式微处理器体系结构	8
1.2.1 冯·诺依曼结构与哈佛结构	8
1.2.2 精简指令集计算机	9
1.2.3 流水线技术	10
1.2.4 信息存储的字节顺序	11
1.3 嵌入式微处理器的结构和类型	14
1.3.1 嵌入式微控制器	14
1.3.2 嵌入式微处理器	14
1.3.3 DSP 处理器	17
1.3.4 嵌入式片上系统	18
1.3.5 多核处理器	19
思考题与习题	19
第 2 章 ARM 体系结构	21
2.1 ARM 体系结构简介	21
2.2 ARM 微处理器结构	24
2.2.1 ARM7 微处理器	24
2.2.2 ARM9 微处理器	24
2.2.3 ARM11 微处理器	25

目 录

2.2.4	Cortex - A 微处理器	26
2.2.5	Cortex - R 微处理器	30
2.2.6	Cortex - M 微处理器	31
2.2.7	SecurCore 微处理器	33
2.3	ARM 微处理器的寄存器结构	34
2.3.1	处理器的运行模式	34
2.3.2	处理器的工作状态	35
2.3.3	处理器的寄存器组织	35
2.3.4	Thumb 状态的寄存器集	39
2.4	ARM 微处理器的异常处理	40
2.4.1	ARM 体系结构的异常类型	40
2.4.2	异常类型的含义	41
2.4.3	异常的响应过程	42
2.4.4	应用程序中的异常处理	42
2.5	ARM 的存储器结构	43
2.6	ARM 微处理器指令系统	44
2.6.1	基本寻址方式	44
2.6.2	ARM 指令集	47
2.6.3	Thumb 指令集	53
2.7	ARM 微处理器的接口	56
2.7.1	ARM 协处理器接口	56
2.7.2	ARM AMBA 接口	57
2.7.3	ARM I/O 结构	57
2.7.4	ARM JTAG 调试接口	58
	思考题与习题	61
第 3 章	32 位 RISC 微处理器 S3C2410A	63
3.1	S3C2410A 简介	63
3.1.1	S3C2410A 的内部结构	63
3.1.2	S3C2410A 的技术特点	65
3.2	S3C2410A 存储器控制器	69
3.2.1	S3C2410A 存储器控制器特性	69
3.2.2	S3C2410A 存储器映射	69
3.3	复位、时钟和电源管理	70
3.4	S3C2410A 的 I/O 口	74
3.4.1	S3C2410A 的 I/O 口配置	74

3.4.2	S3C2410A 的 I/O 口寄存器	76
3.5	S3C2410A 的中断控制	77
3.5.1	ARM 系统的中断处理	77
3.5.2	S3C2410A 的中断控制器	77
3.5.3	S3C2410A 的中断编程实例	80
3.6	S3C2410A 的 DMA 控制	82
3.6.1	DMA 工作原理	82
3.6.2	S3C2410A 的 DMA 控制器	83
3.6.3	S3C2410A 的 DMA 编程实例	85
	思考题与习题	85
第 4 章	嵌入式系统的存储器系统	87
4.1	存储器系统概述	87
4.1.1	存储器系统的层次结构	87
4.1.2	高速缓冲存储器	88
4.1.3	存储管理单元	88
4.2	嵌入式系统存储设备分类	90
4.2.1	存储器部件的分类	90
4.2.2	存储器的组织和结构	90
4.2.3	常见的嵌入式系统存储器	91
4.3	NOR Flash 接口电路	95
4.3.1	NOR Flash 存储器 Am29LV160D	95
4.3.2	S3C2410A 与 NOR Flash 存储器的接口电路	96
4.4	NAND Flash 接口电路	97
4.4.1	S3C2410A NAND Flash 控制器	97
4.4.2	S3C2410A 与 NAND Flash 存储器的接口电路	100
4.5	SDRAM 接口电路	101
4.6	CF 卡接口电路	103
4.6.1	PCMCIA 接口规范	103
4.6.2	S3C2410A 的 CF 卡接口电路	104
4.6.3	CF 卡的读/写操作	104
4.7	SD 卡接口电路	106
4.7.1	SD 卡的接口规范	106
4.7.2	S3C2410A 的 SD 卡接口电路	107
4.8	IDE 接口电路	107
4.8.1	S3C2410A 的 IDE 接口电路	107

目 录

4.8.2 IDE 硬盘读/写操作	107
思考题与习题	110
第5章 嵌入式系统输入/输出设备接口	112
5.1 通用输入/输出接口	112
5.1.1 通用输入/输出接口原理与结构	112
5.1.2 S3C2410A 输入/输出接口编程实例	113
5.2 A/D 转换器接口	114
5.2.1 A/D 转换的方法和原理	114
5.2.2 S3C2410A 的 A/D 转换器	117
5.2.3 S3C2410A A/D 接口编程实例	120
5.3 D/A 转换器接口	122
5.3.1 D/A 转换器的工作原理	122
5.3.2 S3C2410A 与 D/A 转换器的接口电路	125
5.4 键盘与 LED 数码管接口	127
5.4.1 键盘与 LED 数码管接口基本原理与结构	127
5.4.2 用 I/O 口实现键盘接口	129
5.4.3 采用专用芯片实现键盘及 LED 接口	129
5.5 LCD 显示接口	132
5.5.1 LCD 显示接口原理与结构	132
5.5.2 S3C2410A 的 LCD 控制器	134
5.5.3 S3C2410A LCD 显示的编程实例	137
5.6 触摸屏接口	139
5.6.1 触摸屏工作原理与结构	139
5.6.2 采用专用芯片的触摸屏控制接口	140
5.6.3 S3C2410A 的触摸屏接口电路	142
思考题与习题	146
第6章 嵌入式系统总线接口	148
6.1 串行接口	148
6.1.1 串行接口基本原理与结构	148
6.1.2 S3C2410A 的 UART	152
6.1.3 与 S3C2410A 的 UART 连接的串行接口电路	158
6.1.4 S3C2410A 的 UART 编程实例	159
6.2 I ² C 接口	163
6.2.1 I ² C 接口基本原理与结构	163

6.2.2	S3C2410A 的 I ² C 接口	165
6.2.3	S3C2410A 的 I ² C 接口应用实例	167
6.3	USB 接口	170
6.3.1	USB 接口基本原理与结构	170
6.3.2	S3C2410A 的 USB 控制器	173
6.3.3	S3C2410A 的 USB 接口电路与驱动程序	175
6.4	SPI 接口	177
6.4.1	SPI 接口基本原理与结构	177
6.4.2	S3C2410A 的 SPI 接口电路	178
6.4.3	S3C2410A 的 SPI 接口编程实例	183
6.5	PCI 接口	185
6.5.1	PCI 接口基本结构	185
6.5.2	PCI 接口电路	187
6.6	I ² S 总线接口	188
6.6.1	数字音频简介	188
6.6.2	I ² S 总线结构	190
6.6.3	S3C2410A 的 I ² S 总线接口	191
6.6.4	S3C2410A 的 I ² S 总线接口电路与编程	195
	思考题与习题	196
第 7 章	嵌入式系统网络接口	199
7.1	以太网接口	199
7.1.1	以太网基础知识	199
7.1.2	嵌入式以太网接口的实现方法	201
7.1.3	在嵌入式系统中主要处理的以太网协议	201
7.1.4	网络编程接口	203
7.1.5	以太网的物理层接口及编程	204
7.2	CAN 总线接口	208
7.2.1	CAN 总线概述	208
7.2.2	在嵌入式处理器上扩展 CAN 总线接口	209
7.2.3	S3C2410A 与 MCP2510 的 CAN 通信接口电路	214
	思考题与习题	215
第 8 章	嵌入式系统软件及操作系统基础	217
8.1	嵌入式软件基础	217
8.1.1	嵌入式软件的特点	217

8.1.2	嵌入式软件分类	218
8.1.3	嵌入式软件的体系结构	218
8.1.4	嵌入式系统的设备驱动层	220
8.1.5	嵌入式中间件	222
8.2	嵌入式操作系统基础	222
8.2.1	嵌入式操作系统的功能	222
8.2.2	嵌入式操作系统的分类	223
8.2.3	常见的嵌入式操作系统简介	225
8.3	嵌入式系统的任务管理	227
8.3.1	单道程序设计和多道程序设计	227
8.3.2	进程、线程和任务	228
8.3.3	进程间通信与线程间同步	230
8.3.4	任务的实现	231
8.3.5	任务的调度	234
8.3.6	实时系统调度	237
8.4	嵌入式系统的存储管理	238
8.4.1	嵌入式存储管理方式的特点	238
8.4.2	存储管理的实模式与保护模式	239
8.4.3	分区存储管理	240
8.4.4	地址映射	241
8.4.5	页式存储管理	242
8.4.6	虚拟页式存储管理	243
8.5	I/O 设备管理	243
8.5.1	I/O 编址	243
8.5.2	I/O 设备的控制方式	244
8.5.3	I/O 软件	245
	思考题与习题	247
第 9 章	ARM 汇编语言程序设计基础	248
9.1	MDK - ARM 开发工具	248
9.1.1	μ Vision4 IDE	248
9.1.2	RealView 编译工具集	249
9.1.3	RealView 实时库	249
9.1.4	μ Vision IDE 调试器	250
9.1.5	创建工程	251
9.1.6	工程调试	255

9.1.7 工程下载	257
9.2 ARM 汇编伪指令	259
9.2.1 数据常量定义伪指令	259
9.2.2 数据变量定义伪指令	259
9.2.3 内存分配伪指令	261
9.2.4 汇编控制伪指令	263
9.2.5 其他常用的伪指令	265
9.3 ARM 的汇编语言结构	269
9.3.1 ARM 汇编语言程序结构	269
9.3.2 ARM 汇编语言的语句格式	270
9.3.3 基于 Windows 下 MDK 的汇编语言程序结构	271
9.3.4 基于 Linux 下 GCC 的汇编语言程序结构	272
9.4 ARM 汇编语言程序调试	274
9.4.1 MDK 环境下的程序调试	274
9.4.2 Linux 环境下的 gdb 程序调试	274
9.5 ARM 汇编语言与 C 语言混合编程	276
9.5.1 基本的 ATPCS	277
9.5.2 汇编程序中调用 C 程序	278
9.5.3 C 程序中调用汇编程序	279
9.5.4 C 程序中内嵌汇编语句	280
9.5.5 从汇编程序中访问 C 程序变量	281
思考题与习题	282
第 10 章 Bootloader 设计基础	283
10.1 Bootloader 概述	283
10.1.1 Bootloader 的作用	283
10.1.2 Bootloader 的工作模式	285
10.1.3 Bootloader 的启动流程	286
10.2 S3C2410 平台下 Linux 的 Bootloader	288
10.2.1 vivi	288
10.2.2 U-boot	305
10.3 其他常见的 Bootloader	308
10.3.1 Windows CE.NET 的 Bootloader	308
10.3.2 Blob	310
思考题与习题	311

第 11 章 Linux 操作系统基础	312
11.1 嵌入式 Linux 的开发环境	312
11.1.1 交叉开发概述	312
11.1.2 桌面 Linux 的开发工具链	313
11.1.3 嵌入式 Linux 的交叉开发工具链	314
11.2 桌面 Linux 的安装	318
11.2.1 双操作系统环境	318
11.2.2 Cygwin 模拟环境	319
11.2.3 VMware 虚拟机环境	319
11.3 Linux 的使用	320
11.3.1 Linux 基本命令	320
11.3.2 vi 编辑器的使用	335
11.3.3 环境变量	337
11.3.4 gcc 编译器	338
11.3.5 make 工具和 Makefile 文件	339
11.3.6 Kconfig 文件	343
11.4 Linux 内核结构	344
11.4.1 核心子系统	344
11.4.2 设备驱动程序	346
11.5 Linux 目录结构	348
11.5.1 Linux 源文件的目录结构	348
11.5.2 Linux 运行系统的目录结构	350
11.6 Linux 文件系统	351
11.6.1 文件系统与内核的关系	351
11.6.2 常见通用 Linux 文件系统	353
11.6.3 常见嵌入式 Linux 文件系统	354
11.6.4 根文件系统的选择	357
思考题与习题	358
第 12 章 嵌入式 Linux 软件设计	359
12.1 移植的基本概念	359
12.2 Bootloader 的移植	360
12.2.1 关键文件的修改	360
12.2.2 串口设置示例	362
12.2.3 Bootloader 的交叉编译	363

12.2.4	Bootloader 的下载	363
12.3	嵌入式 Linux 内核的移植	365
12.3.1	内核移植的准备	365
12.3.2	关键文件的修改	365
12.3.3	内核的配置与裁剪	370
12.3.4	内核的编译	372
12.3.5	内核的下载	373
12.4	嵌入式 Linux 文件系统的移植	374
12.5	Linux 下设备驱动程序的开发	375
12.5.1	Linux 设备管理概述	375
12.5.2	驱动程序概述	376
12.5.3	重要的数据结构和函数	379
12.5.4	字符设备驱动程序的组成	384
12.5.5	动态加载方式和静态加载方式	385
12.5.6	字符设备驱动开发示例	388
12.6	应用程序开发	393
12.6.1	应用程序的加载方式	394
12.6.2	应用程序的 GDB/GDBSERVER 联机调试	398
12.6.3	字符设备应用程序的开发	401
	思考题与习题	402
第 13 章	图形用户接口(GUI)	403
13.1	图形用户接口的层次结构	403
13.1.1	图形基础设施	403
13.1.2	高级图形函数库	404
13.1.3	GUI 窗口管理系统	405
13.2	桌面 Linux 系统 GUI	405
13.2.1	KDE	406
13.2.2	GNOME	407
13.3	嵌入式 Linux 系统 GUI	408
13.3.1	MiniGUI	408
13.3.2	Qttopia	410
13.3.3	Nano - X	411
13.4	MiniGUI 应用入门	411
13.4.1	MiniGUI 的软件架构	411
13.4.2	MiniGUI 的开发环境	413

目 录

13.4.3	MiniGUI 的移植	414
13.4.4	MiniGUI 的运行模式	418
13.4.5	MiniGUI 应用程序编写示例	419
13.5	Qt 应用入门	424
13.5.1	Qt 支持的平台	424
13.5.2	Qt 的授权	426
13.5.3	Qt Creator	428
13.5.4	Qt Designer	434
13.5.5	Qt Assistant	438
13.5.6	Qt Demo	439
13.5.7	Qt 应用程序的开发示例	441
13.5.8	Qt 资源	449
	思考题与习题	451
	参考文献	452

第 1 章

嵌入式系统基础知识

1.1 嵌入式系统的定义和组成

1.1.1 嵌入式系统的定义

根据国际电气和电子工程师协会(IEEE)的定义,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”,原文为 devices used to control, monitor, or assist the operation of equipment, machinery or plants。

目前,国内普遍认同的定义是: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、功耗严格要求的专用计算机系统。

北京航空航天大学的何立民教授是这样定义嵌入式系统的:“嵌入到对象体系中的专用计算机系统”。

可以这样认为,嵌入式系统是一种专用的计算机系统,作为装置或设备的一部分。嵌入式系统一般由嵌入式微处理器、外围硬件设备、嵌入式操作系统以及用户应用程序 4 部分组成。“嵌入性”、“专用性”和“计算机系统”是嵌入式系统的 3 个基本要素,对象系统则是指嵌入式系统所嵌入的宿主系统。

嵌入式系统无处不在,在移动电话、数码照相机、MP4、数字电视的机顶盒、微波炉、汽车内部的喷油控制系统、防抱死制动系统等装置或设备都使用了嵌入式系统。

1.1.2 嵌入式系统的发展趋势

1. 嵌入式系统的发展历史

从单片机的出现到今天各种嵌入式微处理器、微控制器的广泛应用,嵌入式系统的应用可以追溯到 20 世纪 60 年代中期,例如阿波罗飞船的导航控制系统 AGC (Apollo Guidance Computer)。嵌入式系统的发展历程,大致经历了以下 4 个阶段。

(1) 无操作系统阶段

单片机是最早应用的嵌入式系统。单片机作为各类工业控制和飞机、导弹等武

第1章 嵌入式系统基础知识

器装备中的微控制器,用来执行一些单线程的程序,完成监测、伺服和设备指示等多种功能,一般没有操作系统的支持,程序设计采用汇编语言。由单片机构成的这种嵌入式系统使用简便,价格低廉,在工业控制领域中得到了非常广泛的应用。

(2) 简单操作系统阶段

20世纪80年代,出现了大量具有高可靠性、低功耗的嵌入式CPU,如Power PC等。这些芯片上集成有微处理器、I/O接口、串行接口及RAM、ROM等部件。同时,面向I/O设计的微控制器开始在嵌入式系统中设计应用。一些简单的嵌入式操作系统开始出现并得到迅速发展,程序设计人员也开始基于一些简单的“操作系统”开发嵌入式应用软件。虽然此时的嵌入式操作系统还比较简单,但已经初步具有了一定的兼容性和扩展性,内核精巧且效率高,大大缩短了开发周期,提高了开发效率。

(3) 实时操作系统阶段

20世纪90年代,面对分布控制、柔性制造、数字化通信和信息家电等巨大市场的需求,嵌入式系统飞速发展。随着硬件实时性要求的提高,嵌入式系统的软件规模也不断扩大,实时操作系统(Real-Time Operation System, RTOS)逐渐形成。实时操作系统能够运行在各种不同类型的微处理器上,具备了文件和目录管理、设备管理、多任务、网络、图形用户界面(Graphic User Interface, GUI)等功能,并提供了大量的应用程序接口(Application Programming Interface, API),从而使应用软件的开发变得更加简单。

(4) 面向Internet阶段

进入21世纪,Internet技术与信息家电、工业控制技术等的结合日益紧密,嵌入式技术与Internet技术的结合正在推动着嵌入式系统飞速发展,网络互联已成为必然趋势。

2. 嵌入式系统的发展趋势

随着嵌入式技术与Internet技术的结合,嵌入式系统的研究和应用在飞速发展。

① 新的微处理器层出不穷。这些新的微处理器进一步精简了系统内核,优化关键算法,降低功耗和软硬件成本,并提供更加友好的多媒体人机交互界面。

② Linux、Windows CE、Palm OS等嵌入式操作系统迅速发展。嵌入式操作系统自身结构的设计更加便于移植,具有源代码开放、系统内核小、执行效率高、网络结构完整等特点,能够在短时间内支持更多的微处理器。计算机的新技术、新观念开始逐步移植到嵌入式系统中,嵌入式软件平台得到进一步完善。

③ 嵌入式系统的开发成为了一项系统工程,开发商不仅要提供嵌入式软硬件系统本身,而且还要提供强大的硬件开发工具和软件支持包。

3. IP核(Intellectual Property Core, 知识产权核)

SoC(System on Chip, 片上系统)是20世纪90年代中期出现的一个概念,并成为现代集成电路设计的发展方向。SoC是指在单芯片上集成数字信号处理器、微控