

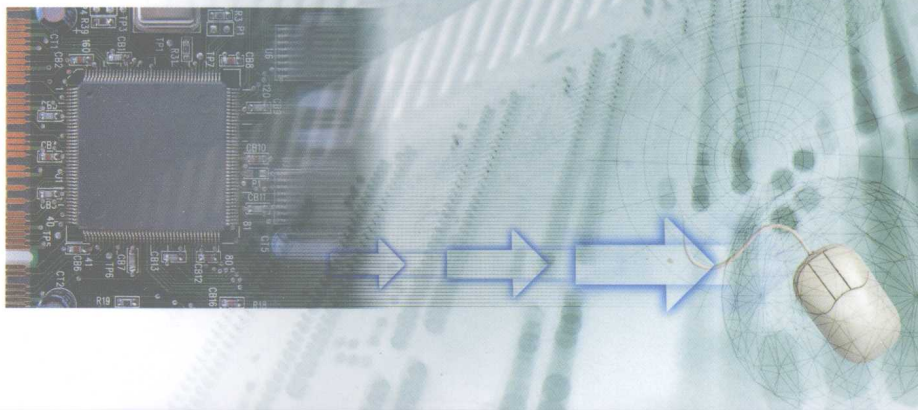
E.C

普通高校应用型本科电子与计算机系列规划教材

嵌入式系统 基础教程

主编 金建设

A Course in
Embedded System



大连理工大学出版社
Dalian University of Technology Press

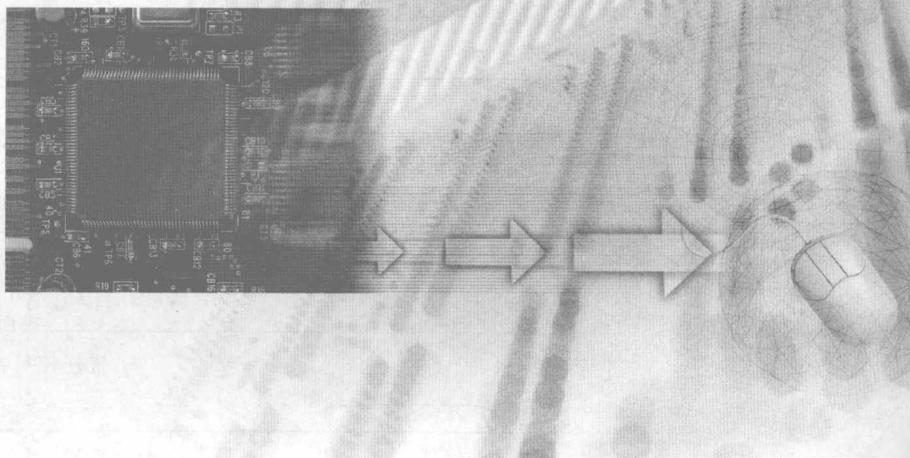
E.C

普通高校应用型本科电子与计算机系列规划教材

嵌入式系统 基础教程

主编 金建设

A Course in
Embedded System



大连理工大学出版社
Dalian University of Technology Press

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式系统基础教程/金建设主编. —大连:大连理工大学出版社, 2009. 9

ISBN 978-7-5611-5113-6

I. 嵌… II. 金… III. 微型计算机—系统设计—高等学校—教材 IV. TP360.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 169948 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail: dutp@dutp. cn URL: <http://www.dutp. cn>

大连北方博信印刷包装有限公司 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×240mm 印张:20.5 字数:434 千字
2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

责任编辑:王颖鑫

责任校对:杨焕玲

封面设计:季 强

ISBN 978-7-5611-5113-6

定价:38.00 元

出版说明

随着普通高等教育规模逐年扩大,我国高等教育已迅速进入大众化教育阶段,并成为全世界在校大学生规模最大的国家。在新时期,社会不但需要高校培养主要从事较高层次理论研究、设计和开发的学术型人才,而且更需要培养主要从事技术性和实用性工作的应用型人才。当前,许多用人单位对大学毕业生提出了专业脱离实际、上手慢、不好用的问题。因此,努力提高高校应用型本科人才培养质量,突出应用型本科人才培养特色,是一项意义重大的高等教育改革。在这项改革中,课程的教学改革是基础和关键,而对专业课程的传统教学内容进行改革,则显得尤为重要。

在大连理工大学的支持下,大连理工大学城市学院作为一所新型的独立学院,自建院时起就在各专业积极进行应用型人才培养模式改革,并以课程教学改革为主线,积极进行课程教学内容和教学方法的改革,通过多年来的课程教学改革实践,收到了比较好的效果。为了总结大连理工大学城市学院多年来在培养应用型人才中课程教学改革的实践成果和经验,大连理工大学出版社专门组织编写了这套电子与计算机类专业课程系列规划教材。

这套电子与计算机系列规划教材是由大连理工大学校部教师和城市学院教师共同编写完成的,他们都具有丰富的教学经验和较高的学术水平,以及比较丰富的专业实践经历,尤其更有在城市学院多年课程教学改革实践中积累的丰富教学经验,因此,这套教材可以说是应用型本科教学改革实践的丰硕成果。

这套教材的主要特色有两点,一是面向学生,二是联系实际,并体现在如下几方面:

以技术为基础 教材的编写主要建立在技术这个基点上,而不是理论的分析 and 研究,对于必需的理论,一般只给出或应用其结论,突出专业技术的学习。

以应用为目的 应用型人才培养理所应当要以应用为目的,在教材中突出专业技术的实际应用,使学生真正能够掌握专业技术之应用的真谛。专业课程也只有真正结合应用实际进行讲授,才能使学生真正理解和掌握。

内容安排突出重点 一门课程的教学内容很多,但基本的知识、概念是最主要的。抓住基本概念、基本公式、基本方法,围绕基本,提炼内容,突出重点,强化学生对基本知识的学习和掌握。

尽量降低学习难度 一本教材如果脱离学生的学习实际,那么教学的效果是不会理想的。内容循序渐进,前后衔接,推新温故,表述通俗易懂,深入浅出,是这套教材的编写原则。

这套教材是本社组织的第一套面向高校应用型本科教学的专业课程系列教材,希望这套教材能为应用型本科专业教学发挥积极的作用,同时请各位读者提出宝贵的意见。

联系电话:0411-84708947

信箱:yhl-0032029@163.com

大连理工大学出版社

2009年3月

前 言

近年来,随着 32 位嵌入式微处理器的出现,嵌入式系统技术得到了迅猛的发展,其应用已经深入到工业控制、交通运输、商业和服务业、精准农业、医疗、家庭等各个领域。社会和科技的发展需要越来越多的掌握嵌入式系统技术的专业人才,应对这种需求,我国一些高校相继开设了有关嵌入式系统技术的课程。

编者从 2004 年开始探索在应用型本科教学中引入嵌入式系统技术,相继在计算机、自动化和电子信息工程专业开设嵌入式系统课程,并在计算机专业中开设了嵌入式系统专业方向。在教学实践中发现,应用型本科学生急需一套理论与实践很好结合、通俗易懂的嵌入式系统教材,在此基础上,萌生了编写本书的想法。

编者力求将本书编写为嵌入式系统的入门教材,主要体现如下特点:

(1)深入浅出地介绍嵌入式系统的基本概念,并通过大量应用实例使读者认识到嵌入式系统无处不在,以引起读者的学习兴趣。

(2)避免冗长的理论介绍,注重讲清概念和方法,便于学习入门,侧重嵌入式系统应用能力的培养。

(3)既介绍 ARM 的体系结构,又介绍采用 ARM 内核的典型微处理器芯片 S3C2410A,也介绍了由 S3C2410A 微处理器构成的应用系统,使读者既见树木也见森林。

(4)考虑目前嵌入式系统的应用软件主要采用 C 语言编程,为了使学生更好地掌握嵌入式系统的应用软件结构和嵌入式系统 C 语言编程的特点和风格,安排了 ARM 的 C 语言程序设计一章,注重讲述嵌入式系统 C 语言编程的一些特殊方法。

(5)不仅安排了嵌入式微处理器内部集成的基本接口及应用设计,也介绍了嵌入式微处理器扩展接口及应用设计,为应用开发打好基础。

(6)为了便于初学者学习,本书以比较容易学习的嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 为切入点,介绍嵌入式操作系统。

本书共分 9 章:第 1 章嵌入式系统概论,介绍嵌入式系统的定义、嵌入式微处理器、嵌入式操作系统、嵌入式应用软件的结构和嵌入式系统的应用;第 2 章 ARM 微处理器的体系结构,首先讲述了 ARM 微处理器的体系结构,然后介绍典型的 ARM 内核微处理器 S3C2410A 及以它为核心构成的实验平台,最后给出一个简单的嵌入式系统应用开发的例子;第 3 章 ARM 指令系统与汇编语言程序设计,内容包括 ARM 的寻址方式、指令系统、伪指令与汇编语言程序设计;第 4 章 ARM 的 C 语言程序设计,重点介绍嵌入式系统 C 语言的

一些编程方法和编程风格;第5章 ADS1.2 集成开发环境简介;第6章 S3C2410A 的基本接口及应用设计,内容涉及 S3C2410A 内部含有的串行接口、A/D 转换器、GPIO、LCD 与触摸屏控制接口,同时通过实例说明它们的应用程序设计方法;第7章介绍 ARM 的存储器系统;第8章嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$,首先介绍了 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 嵌入式实时操作系统的特点和内核结构,然后介绍 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的任务、任务状态、任务调度、多任务之间同步和通信等基本概念,在此基础上讲述了在 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 操作系统支持下多任务应用程序的结构和编程以及任务之间实现共享资源与通信的方法;第9章扩展接口的应用设计,涉及嵌入式系统应用常用到的几个扩展接口,包括 RS-485 通信、CAN 总线、GPRS、GPS。

参加本书编写的有:金建设(第1、3、4、6、8章),于晓海(第2、5、7章和附录),朱延东(第3、6章),王永辉(第8、9章)。全书由金建设统稿并最后定稿。

感谢北京博创兴业科技有限公司,本书的程序和测试是在其公司的 UP-NET-ARM2410-S 实验平台上完成的,同时还获得了大量的技术资料。感谢本书参考文献的作者,本书吸取了他们的宝贵经验。

由于编者水平所限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

金建设
2009年9月

目 录

第 1 章 嵌入式系统概论	1	2.2.2 ARM 微处理器的精简指令集	31
1.1 嵌入式系统的概念	1	2.2.3 ARM 微处理器的多级流水线	32
1.1.1 嵌入式系统的感性认识	1	2.3 ARM 微处理器的工作状态和运行模式	33
1.1.2 嵌入式系统定义	2	2.3.1 ARM 微处理器的工作状态	33
1.1.3 嵌入式系统的基本组成	3	2.3.2 ARM 微处理器的运行模式	33
1.1.4 嵌入式系统的特点	4	2.4 ARM 微处理器的寄存器组织	34
1.2 嵌入式微处理器	5	2.4.1 ARM 状态下的寄存器	34
1.2.1 嵌入式微处理器的类型	5	2.4.2 Thumb 状态下的寄存器	37
1.2.2 嵌入式微处理器的选型	6	2.5 ARM 支持的数据类型和存储模式	38
1.3 嵌入式操作系统	7	2.5.1 ARM 支持的数据类型	38
1.3.1 操作系统	7	2.5.2 ARM 支持的存储模式	39
1.3.2 嵌入式操作系统的特点	9	2.5.3 ARM 支持的 I/O 寻址	39
1.3.3 常见的嵌入式操作系统	10	2.6 ARM 微处理器的异常	40
1.3.4 嵌入式操作系统的选择	11	2.6.1 ARM 的异常类型	40
1.4 嵌入式系统应用软件开发	12	2.6.2 异常的响应及返回	41
1.4.1 嵌入式系统应用软件开发的特点	12	2.6.3 异常的描述	41
1.4.2 嵌入式系统应用软件的 结构体系	13	2.6.4 异常服务程序	43
1.5 嵌入式系统的应用	18	2.7 典型 ARM 微处理器芯片 S3C2410A	43
1.5.1 嵌入式系统的应用模式	18	2.7.1 S3C2410A 芯片概述	43
1.5.2 嵌入式系统的应用领域	21	2.7.2 S3C2410A 芯片的内部结构	44
习 题	24	2.7.3 S3C2410A 芯片的引脚及功能	47
第 2 章 ARM 微处理器的体系结构	26	2.7.4 S3C2410A 芯片与 80C51 单片 机的比较	54
2.1 ARM 微处理器	26	2.8 基于 S3C2410A 微处理器的 典型实验平台	55
2.1.1 ARM 微处理器概述	26	2.8.1 实验平台概述	55
2.1.2 ARM 系列微处理器	26	2.8.2 实验平台的组成	57
2.1.3 ARM 微处理器的特点	29	2.9 嵌入式系统应用实例设计	59
2.2 ARM 的体系结构	30	2.9.1 应用系统概述	59
2.2.1 ARM 微处理器的 CPU 结构	30		

2.9.2 硬件结构框图	59	4.4.1 文件包含预处理指令	100
2.9.3 软件流程图	60	4.4.2 宏定义预处理指令	100
2.9.4 测试结果	62	4.4.3 条件编译预处理指令	103
习 题	63	4.4.4 预处理指令 #pragma	104
第3章 ARM 指令系统与 汇编语言程序设计	64	4.5 位运算	104
3.1 ARM 指令系统概述	64	4.5.1 “按位与”运算	105
3.1.1 ARM 指令系统的特点	64	4.5.2 “按位或”运算	105
3.1.2 ARM 汇编指令的基本格式	65	4.5.3 “移位”运算	106
3.1.3 ARM 指令的条件域	65	4.6 函 数	108
3.2 ARM 指令的寻址方式	67	4.6.1 函数概述	108
3.3 ARM 指令的分类介绍	70	4.6.2 中断函数	109
3.3.1 数据处理指令	70	4.6.3 可重入函数	110
3.3.2 加载/存储指令	77	4.7 应用程序的结构	111
3.3.3 转移指令	80	4.8 C 语言应用程序举例	113
3.3.4 程序状态寄存器访问指令	81	习 题	118
3.3.5 软件中断指令	82	第5章 ADS 1.2 集成开发环境简介	121
3.4 Thumb 指令集	82	5.1 ADS 1.2 集成开发环境的组成与 功能	121
3.5 ARM 的伪指令	83	5.1.1 ADS 1.2 集成开发环境的组成	121
3.6 ARM 汇编语言程序设计举例	87	5.1.2 CodeWarrior 和 AXD	122
3.6.1 分支结构	87	5.2 ADS 1.2 集成开发环境的安装	123
3.6.2 循环结构	88	5.3 ADS 1.2 集成开发环境的使用	126
3.6.3 主子结构	90	5.3.1 开发环境的配置	126
习 题	92	5.3.2 程序的编辑、编译和链接	135
第4章 ARM 的 C 语言程序设计	93	5.3.3 程序的调试和运行	138
4.1 概 述	93	5.4 ADS 1.2 集成开发环境的应用	142
4.1.1 嵌入式系统应用程序的 编程语言	93	5.4.1 ARM 汇编语言程序的编辑、 汇编链接、调试运行	142
4.1.2 嵌入式系统 C 语言程序设计需 考虑的问题	93	5.4.2 ARM C 语言程序的编辑、编译 链接、调试运行	147
4.2 数据类型	95	习 题	149
4.2.1 C 语言的数据类型	95	第6章 S3C2410A 的基本接口及 应用设计	150
4.2.2 ARM 的 C 编译器支持的基本 数据类型	95	6.1 S3C2410A 的串行接口与串行通信	150
4.3 常量与变量	96	6.1.1 S3C2410A UART 的内部结构	150
4.3.1 常 量	96	6.1.2 S3C2410A UART 的功能	151
4.3.2 变 量	97	6.1.3 波特率的计算	153
4.4 预处理指令	99	6.1.4 UART 的初始化	154

6.1.5	UART 数据的发送与接收的编程	158	7.4.1	SDRAM 存储器概述	208
6.1.6	串行通信编程举例	160	7.4.2	SDRAM 芯片简介	208
6.2	S3C2410A 的通用 I/O 接口及应用	163	7.4.3	SDRAM 的接口设计	209
6.2.1	GPIO 的原理与结构	164	习 题		211
6.2.2	GPIO 的初始化及输入/输出操作	164	第 8 章 嵌入式实时操作系统		
6.2.3	GPIO 的应用举例	169	 μC/OS-II		212
6.3	S3C2410A 的 A/D 转换接口	171	8.1 μ C/OS-II 实时操作系统概述		212
6.3.1	A/D 转换的基本概念	171	8.1.1 μ C/OS-II 的特点		212
6.3.2	S3C2410A 的 A/D 转换器	173	8.1.2 μ C/OS-II 的体系结构		214
6.3.3	A/D 转换的应用编程	175	8.1.3 μ C/OS-II 提供的系统服务		214
6.4	S3C2410A 的 LCD 接口	177	8.2 μ C/OS-II 中的任务		215
6.4.1	LCD 的工作原理	178	8.2.1 任务的基本概念		215
6.4.2	S3C2410A 的 LCD 控制器	179	8.2.2 任务的状态		216
6.4.3	S3C2410A 的 LCD 应用编程	180	8.2.3 任务代码		217
6.5	S3C2410A 的触摸屏接口及应用	181	8.2.4 系统任务		218
6.5.1	触摸屏的工作原理	181	8.2.5 任务的优先级、任务的堆栈和任务控制块		219
6.5.2	S3C2410A 的触摸屏控制接口	182	8.2.6 任务的调度		221
6.5.3	触摸屏控制接口的特殊功能寄存器	183	8.2.7 任务的创建		223
6.5.4	触摸屏应用编程	185	8.2.8 μ C/OS-II 的初始化和任务的启动		225
习 题		191	8.2.9 编程举例		226
第 7 章 ARM 的存储器系统		192	8.3 μ C/OS-II 的任务同步与通信		228
7.1 存储器系统概述		192	8.3.1 任务之间的协调		228
7.1.1 存储器系统的分层结构		192	8.3.2 信号量		230
7.1.2 常用的存储器		193	8.3.3 消息邮箱		233
7.2 S3C2410A 微处理器的存储系统		196	8.3.4 消息队列		235
7.2.1 S3C2410A 的存储空间		197	8.4 μ C/OS-II 的移植		238
7.2.2 S3C2410A 存储空间的映射		199	8.4.1 μ C/OS-II 移植的基本要求与工作内容		238
7.2.3 S3C2410A 的存储控制寄存器		200	8.4.2 μ C/OS-II 在 S3C2410A 微处理器上的移植		239
7.3 NAND Flash 存储器的扩展		202	习 题		247
7.3.1 NAND Flash 存储器概述		203	第 9 章 扩展接口的应用设计		248
7.3.2 NAND Flash 的运行模式		203	9.1 RS-485 接口的应用设计		248
7.3.3 NAND Flash 芯片简介		204	9.1.1 RS-485 接口概述		248
7.3.4 NAND Flash 的接口设计		205	9.1.2 RS-485 接口双机通信的硬件设计		250
7.3.5 NAND Flash 的控制寄存器		206			
7.4 SDRAM 存储器的扩展		208			

9.1.3 RS-485 接口双机通信的 软件编程	252	9.3.3 GPRS 远程通信系统接口的 硬件设计	276
9.1.4 RS-485 接口的多机通信设计 ...	255	9.3.4 GPRS 远程通信系统的 软件编程	278
9.2 CAN 总线接口的应用设计	260	9.4 GPS 地理定位系统的设计	289
9.2.1 CAN 总线接口概述	260	9.4.1 GPS 接口模块概述	290
9.2.2 CAN 总线接口的硬件设计	261	9.4.2 GPS 地理定位系统的设计	292
9.2.3 CAN 总线接口的控制命令	262	习 题	298
9.2.4 CAN 总线接口的软件编程 ...	265	附 录	300
9.3 GPRS 远程通讯系统的设计	271	附录 A S3C2410A 的引脚及名称	300
9.3.1 GPRS 接口概述	271	附录 B 常用的头文件和系统引导程序 ...	303
9.3.2 GPRS 接口模块及 AT 指令集 简介	273	参考文献	318

第 1 章 嵌入式系统概论

20 世纪 70 年代微处理器出现后,计算机技术及应用得到了飞速的发展。计算机已经进入办公室、家庭及社会的各个角落。计算机不仅作为通用的“计算机”被人们使用,而且越来越多的微处理器被“嵌入”到设备、仪器、家用电器、交通工具及各种系统中,从而使它们具有智能化的功能,受到人们的欢迎。

随着设备智能化的深入发展,微处理器这种“嵌入式”应用技术越来越受到人们的重视,嵌入式系统技术已经成为计算机应用技术的重要分支,成为计算机技术领域发展最活跃的方向之一。

1.1 嵌入式系统的概念

1.1.1 嵌入式系统的感性认识

什么是嵌入式系统呢?首先让我们来看一下微处理器的两种应用形式。图 1-1 是由微处理器构成的 PC 计算机,从外观看,PC 计算机由机箱、显示器、键盘组成。在机箱中装有主板,主板是计算机的主体,其上安装了微处理器、内存条、各种扩展板(包括显卡、声卡、网卡、通信卡等)。在市场上见到的 PC 计算机都是以同样的标准形式配置的,只是在存储容量、处理速度等性能上有所差异。在这种应用模式下,计算机主要用来完成计算和数据处理任务,人们可以利用它来完成各种信息处理工作,这种计算机属于通用计算机。

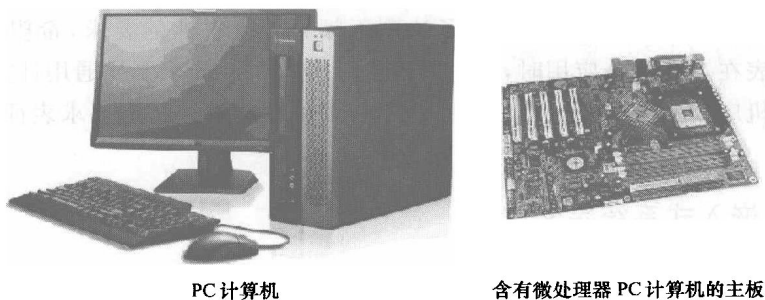


图 1-1 由微处理器构成的 PC 计算机

在图 1-2 中,给出了微处理器的另外一种应用形式。图 1-2(a)是个智能布娃娃,它能与

人进行简单的对话。从外观上看,它已经没有 PC 计算机的特征,但是在它的内部也嵌入了以微处理器为核心的计算机系统,使得布娃娃具有智能化的功能。图 1-2(b)是一台智能洗衣机,微处理器及相关电路作为洗衣机的一部分嵌入在洗衣机中,用来控制洗衣机自动完成各种洗衣动作。图 1-2(c)是一台智能仪表,在其内部含有微处理器。与传统的仪表相比,它具有智能化的测量和控制功能。图 1-2(d)是一部智能手机,它不仅可以在打电话,而且可以收发电子邮件、上网及实现部分计算机的功能。

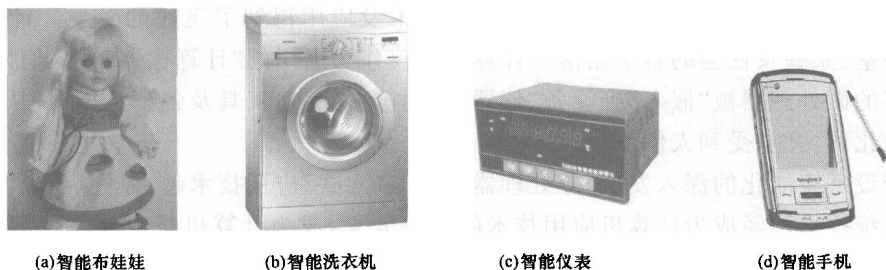


图 1-2 微处理器的嵌入式系统应用形式

与通用计算机相比,不难发现图 1-2 所示的微处理器应用形式具有下述特征:

(1)从表面上看,它们并不是以通用和独立的计算机形态出现,而是作为设备的一部分嵌入到设备中,构成了具体的计算机应用系统。

(2)它们的应用目的和功能相对专一。智能布娃娃、智能洗衣机、智能仪表、智能手机中的计算机系统所实现的功能完全不同,从而它们中计算机系统的软硬件配置可能完全不同,不像通用计算机具有相同的标准配置。所以可以将它们称为专用的计算机系统。

(3)由于它们的专用性和成本要求,不像通用计算机那样追求配备大容量的内存、高处理速度的微处理器、良好的人机接口设备,而是完全可以按照具体应用目的采用精简的软硬件配置。

(4)与通用计算机相比,它们往往存在特殊要求。例如,智能布娃娃不能采用普通的 220V AC 供电以保证它的可移动性,为了达到不频繁更换电池的要求,希望它的功耗尽可能低。智能仪表在工业场合应用时,对它的可靠性和实时性要求要比通用计算机更严格。

上述计算机应用系统的嵌入性、专用性、软硬件的精简性和特殊要求表征了嵌入式系统的基本特征。

1.1.2 嵌入式系统定义

嵌入式系统是外延非常广泛的名词,凡是具有嵌入式特征的计算机应用系统都可以称为嵌入式系统,所以很难给它一个十分准确的定义,业界有多种不同的关于嵌入式系统的定义。

国际电气与电子工程师学会(IEEE)对嵌入式系统的定义为:嵌入式系统是“控制、监视或辅助设备、机器和车间运行的装置”。该定义是从应用的角度出发,强调嵌入式系统是控

制、监视或辅助设备和机器工作的装置,与设备和机器一起作为一个整体存在,体现了与通用计算机不同的应用目的。

国内普遍接受的嵌入式系统定义为:嵌入式系统是以应用为中心,以计算机技术为基础,并且软硬件可裁剪,适用于应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗有严格要求的专用计算机系统。

该定义更能体现嵌入式系统的基本特征。首先该定义突出了嵌入式系统是面向应用的,与具体的应用结合才能体现嵌入式系统存在的必要性,不同的嵌入式系统具有不同的功能和要求。开发者一定要针对具体的应用要求设计嵌入式系统。

其次,嵌入式系统是以计算机技术为基础,这就要求嵌入式系统的开发者掌握先进的计算机软硬件技术,将先进的计算机技术融入具体的应用系统中。

此外,由于应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗往往有严格的要求,在设计嵌入式系统时,要充分考虑这些特殊要求,才能设计出令人满意的嵌入式应用系统。

1.1.3 嵌入式系统的基本组成

与通用计算机一样,嵌入式系统也由硬件和软件两大部分组成,其基本组成如图 1-3 所示。

1. 嵌入式系统的硬件

嵌入式系统的硬件由嵌入式微处理器、RAM、ROM、FLASH、外围电路、扩展接口及其他实际应用需要的输入/输出设备构成。其中嵌入式微处理器是系统的核心,负责控制系统的各种工作,与通用的微处理器不同,嵌入式微处理器通常把通用计算机中的一些接口电路和板卡功能集成到芯片内部,以提高工作效率和可靠性。外围电路是指在嵌入式系统中,嵌入式微处理器以外提供供电、产生时钟及系统复位等功能的部件。常用的输入/输出设备包括 LCD、触摸屏、键盘等人机接口设备,以及特定应用所需的专用设备。

2. 嵌入式系统的软件

嵌入式系统的软件一般由应用软件和嵌入式操作系统构成。

对于较大型的嵌入式应用系统,为了方便地进行多任务管理,很好地分配和管理内存,需要使用嵌入式操作系统。嵌入式操作系统的引入扩展了系统的功能,方便了应用软件的设计,但同时也占用了系统的资源,对相对简单的嵌入式系统没有采用嵌入式操作系统的必要,一般对比较大型或复杂的嵌入式应用系统,才考虑采用嵌入式操作系统。

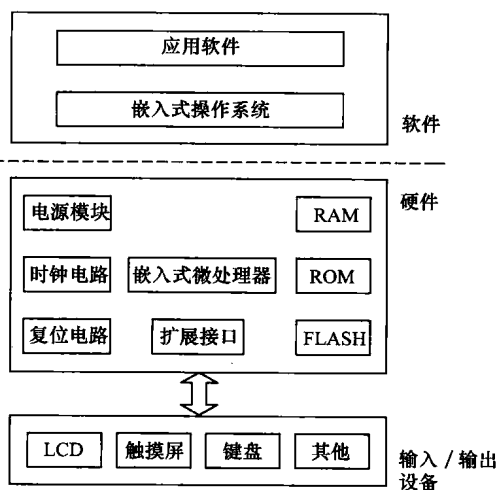


图 1-3 嵌入式系统的基本组成

嵌入式系统的应用软件是针对特定的功能而设计的应用程序,在具有操作系统的嵌入式系统中,应用软件在操作系统的支持下运行。由于嵌入式系统资源的有限性和系统的可靠性要求,嵌入式系统的应用软件代码一般要求高质量、高可靠性。有些嵌入式系统的应用软件设计还要考虑满足系统实时性的要求。

1.1.4 嵌入式系统的特点

嵌入式系统是针对特定的应用需要设计的专用计算机应用系统,与通用的计算机系统相比,它具有如下显著的特点:

1. 专用的计算机系统

与通用计算机构造的通用计算和信息处理平台不同,嵌入式系统完全根据具体应用的目标进行设计,构建一个专用的计算机系统。在图 1-2 中的四个不同的嵌入式系统产品可以充分体现这一特点。

2. 体积小、功耗低

嵌入式系统嵌入到设备中,往往对体积和功耗有严格的要求,特别是一些诸如手机之类需要移动使用的嵌入式产品和设备,希望嵌入式系统具有较小的体积和较低的功耗,这种要求必须在设计嵌入式系统时给予充分考虑。

3. 高可靠性和实时性

与在办公室和家庭中使用的通用计算机不同,嵌入式系统应用的场合各种各样,有一些应用场合的环境十分恶劣,系统可能运行在具有高温和振动的生产车间或冰天雪地的北极,这就要求嵌入式系统比通用计算机具有更高的可靠性。而且一些应用要求系统能够及时地响应各种事件,保证系统的实时性。可以想象,一个由嵌入式系统构成的导弹控制系统在检测到目标时不能及时响应带来的后果。

4. 高效地软硬件设计

由于成本和体积等因素的限制,与具有丰富计算资源的通用计算机相比,嵌入式系统的软硬件必须高效地设计,按照系统的应用要求量体裁衣、去除冗余,力争尽可能使用较少的资源实现系统的功能。

5. 软件固化在半导体存储器中

出于可靠性、运行速度和体积的考虑,嵌入式系统不像通用计算机那样配置大容量的硬盘存储器,嵌入式系统的软件一般被固化在体积小、可靠性高的半导体存储芯片中。

6. 无自举开发能力

一般通用计算机都能够支持应用程序开发环境和开发工具的工作,它本身既能运行应用程序又能进行应用程序的开发。而嵌入式系统一般只能运行应用程序而不能运行开发环境和开发工具,这种情况称为无自举开发能力。所以嵌入式系统采用宿主机-目标板的模式进行应用程序的开发,即使用一台通用计算机作为宿主机,嵌入式系统作为目标板,在宿主机上运行开发环境和开发工具,经过宿主机上仿真调试好的程序再下载到目标板上运行。

1.2 嵌入式微处理器

1.2.1 嵌入式微处理器的类型

嵌入式微处理器是嵌入式系统的核心部件,目前使用的嵌入式微处理器的种类达 1000 种以上。嵌入式微处理器可以分为低端的嵌入式微控制器、中高端的嵌入式微处理器、数字信号处理中使用的 DSP 处理器、高度集成度的片上系统。

1. 微控制器

微控制器(MCU, Micro Control Unit)俗称单片机,它是将计算机的 CPU、内存、I/O 接口集成到一块芯片上。微控制器的最主要特点是单片化、可靠性高、体积小、功耗低、价格便宜,非常适合产品和设备的控制和低端智能化。

微控制器的单片机化使应用系统的外围电路减少,降低了系统的故障率和成本,系统的体积也得以减小。它们一般是 8 位机或 16 位机,适合作为低端嵌入式系统的微处理器使用。但是,由于资源和处理速度的限制,它们很难支持操作系统的运行,不能承担大型嵌入式应用系统中主处理器的角色。

微控制器的品种和数量远远超过通用计算机中的 x86 微处理器,目前微控制器占有嵌入式系统 70% 的市场份额。具有代表性的微控制器有 Intel 公司的 MCS-51 系列、MCS-96 系列, Motorola 公司的 M68HC05 系列, Philips 公司的 LPC700 系列, Microchip 公司 PIC 系列, Atmel 公司的 AVR 系列。

2. 嵌入式微处理器

嵌入式微处理器由通用计算机中的微处理器演变而来。与通用计算机中的微处理器相比,去掉了与嵌入式系统应用不相关的冗余部分,配上必要的扩展电路与经常使用的接口电路,以较低的功耗和资源满足嵌入式应用系统的特殊要求。此外,嵌入式微处理器在工作温度、抗干扰能力、可靠性等方面都采取了相应的措施。

嵌入式微处理器一般是 32 位机,与微控制器相比,具有较大的寻址空间和较高的处理速度,接口的功能更加丰富,能支持嵌入式操作系统的运行,但由于体积和功耗的限制,它们的单片化程度要比微控制器低,一般需要配置片外存储器才能构成最小应用系统。嵌入式微处理器更适合中大型的嵌入式应用系统。此外,嵌入式微处理器提供丰富的调试功能,有利于交叉调试,系统的软件开发更加方便。

目前主要的嵌入式微处理器类型有 ARM 公司的 ARM 系列、Intel 公司的 Xscale 系列、IBM 公司的 Power PC、MIPS 公司的 MIPS 系列、Sun 公司的 Sparc 系列。在我国目前以 ARM 公司的 ARM 为内核的嵌入式微处理器占主导地位。

3. DSP 处理器

DSP 是专门用于数字信号处理的微处理器,在系统结构和指令算法方面进行了特殊的

设计。

伴随着语音和图像等数字信号处理技术的发展,在 1982 年诞生了首枚 DSP 微处理器芯片,并在语音合成和编解码器中得到了广泛的应用。

DSP 处理器特别适合数字信号处理技术中用到的各种智能化算法,如向量运算等。它是针对数字信号处理需要而设计的一种专门的微处理器。主要应用于通信领域,在控制领域也有它的身影。

DSP 处理器比较有代表性的产品有 TI 公司的 TMS320 系列、ADI 公司的 ADSP21 系列和 Motorola 公司的 MC56000 系列。

4. 片上系统

近年来,随着电子设计自动化(EDA)的推广和 VLSI 设计的普及,以及半导体制造工艺的发展,已经能够做到把整个应用系统中的一个或多个 CPU 单元及其他功能部件进行整合,集成到一个芯片上,这就是片上系统(SoC, System on Chip)。

将应用系统中的各种芯片和器件整合后集成到一个片上系统,具有减少芯片的引脚和连接、避免芯片及器件间的信号传递干扰、加快系统的处理速度、提高系统可靠性的优点,是未来的一个发展方向。

1.2.2 嵌入式微处理器的选型

嵌入式微处理器多种多样,要根据具体的应用要求、系统的成本、开发的难易程度进行选择,一般选择嵌入式微处理器考虑下述因素。

1. 嵌入式微处理器的类型

目前常用的嵌入式微处理器有微控制器、嵌入式微处理器、DSP 处理器三种类型,选择嵌入式微处理器的类型要根据具体应用要求和不同类型嵌入式微处理器的特点进行。

对于单纯、简单的应用,测量和控制参数较少,对处理速度要求也不高,这类应用选用微控制器比较合适。

对于多任务、复杂、处理速度有较高要求的应用系统,采用能支持操作系统运行的嵌入式微处理器更合适。

对于具有较多数字信号处理和复杂的应用,特别是在图像处理、语音处理、通信方面的应用,宜选用 DSP 处理器。

2. 嵌入式微处理器的内核

目前在微处理器制造领域,一些 CPU 设计公司将自己设计的 CPU 内核技术转让给一些微处理器制造商,微处理器制造商在此基础上进行二次设计推出了具有自己特色的微处理器,这样形成了不同内核的微处理器。在嵌入式微处理器的类型确定后再选择微处理器的内核,选择时,要首先考虑采用在国内应用广泛内核的微处理器。这样可以获得充分的软硬件支持,得到齐备的开发和调试工具。当然,优秀性能内核的微处理器也是选择的条件。