

21世纪高等学校嵌入式系统专业规划教材

符意德 徐江 编著

嵌入式系统原理 及接口技术 (第2版)



清华大学出版社

013058859

21世纪高等学校嵌入式系统专业规划教材

。表式圖繪的乳膠樹膠口封及補口封的步驟一丁膠介質相同，表式圖繪的乳膠樹膠口封及補口封

符意德 徐江 编著

徐江 编著

[5] TL8019AS Specification, Evertek Semiconductor CO., LTD.

嵌入式系统原理 及接口技术 (第2版)



清华大学出版社
北京



北航

C1665293

内 容 简 介

本书以 S3C2440 芯片为背景,介绍了 ARM9 的体系结构和汇编指令系统,并基于此介绍了嵌入式系统启动引导程序的编写方法,同时还介绍了一些基本的接口功能及接口驱动程序的编写方法。

本书适于作为计算机科学与技术等专业高年级本科生的教材,为学生将来从事嵌入式系统硬件开发及底层软件开发奠定基础,也适合作为嵌入式系统相关开发人员的日常参考书。

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

嵌入式系统原理及接口技术/符意德等编著.—2版.—北京:清华大学出版社,2013

21 世纪高等学校嵌入式系统专业规划教材

ISBN 978-7-302-32052-4

I. ①嵌… II. ①符… III. ①微型计算机—系统设计—高等学校—教材 ②微型计算机—接口—高等学校—教材 IV. ①TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 078890 号

责任编辑:付弘宇 薛 阳

封面设计:常雪影

责任校对:梁 毅

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:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:19.5 字 数:489 千字

版 次:2007 年 10 月第 1 版 2013 年 8 月第 2 版 印 次:2013 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:35.00 元

出版说明

嵌入式计算机技术是 21 世纪计算机技术两个重要发展方向之一,其应用领域相当广泛,包括工业控制、消费电子、网络通信、科学研究、军事国防、医疗卫生、航空航天等方方面面。我们今天所熟悉的电子产品几乎都可以找到嵌入式系统的影子,它从各个方面影响着我们的生活。

技术的发展和生产力的提高,离不开人才的培养。目前国内外各高等院校、职业学校和培训机构都涉足了嵌入式技术人才的培养工作,高校及其软件学院和专业的培训机构更是嵌入式领域高端人才培养的前沿阵地。国家有关部门针对专业人才需求大增的现状,也着手开发“国家级”嵌入式技术培训项目。2006年6月底,国家信息技术紧缺人才培养工程(NITE)在北京正式启动,首批设定的10个紧缺专业中,嵌入式系统设计与软件开发、软件测试等IT课程一同名列其中。嵌入式开发因其广泛的应用领域和巨大的人才缺口,其培训也被列入国家商务部门实施服务外包人才培养“千百十工程”,并对符合条件的人才培训项目予以支持。

为了进一步提高国内嵌入式系统课程的教学水平和质量,培养适应社会经济发展需要的、兼具研究能力和工程能力的高质量专业技术人次。在教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议下,清华大学出版社与国内多所重点大学共同对我国嵌入式系统软硬件开发人才培养的课程框架和知识体系,以及实践教学内容进行了深入的研究,并在该基础上形成了“嵌入式系统教学现状分析及核心课程体系研究”、“微型计算机原理与应用技术课程群的研究”、“嵌入式 Linux 课程群建设报告”等多项课程体系的研究报告。

本系列教材是在课程体系的研究基础上总结、完善而成,力求充分体现科学性、先进性、工程性,突出专业核心课程的教材,兼顾具有专业教学特点的相关基础课程教材,探索具有发展潜力的选修课程教材,满足高校多层次教学的需要。

本系列教材在规划过程中体现了如下一些基本组织原则和特点。

(1) 反映嵌入式系统学科的发展和专业教育的改革,适应社会对嵌入式人才的培养需求,教材内容坚持基本理论的扎实和清晰,反映基本理论和原理的综合应用,在其基础上强调工程实践环节,并及时反映教学体系的调整和教学内容的更新。

(2) 反映教学需要,促进教学发展。教材要适应多样化的教学需要,正确把握教学内容和课程体系的改革方向,在选择教材内容和编写体系时注意体现素质教育、创新能力与实践能力的培养,为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。

(3) 实施精品战略,突出重点。规划教材建设把重点放在专业核心(基础)课程的教材建设上;特别注意选择并安排一部分原来基础比较好的优秀教材或讲义修订再版,逐步形成精品教材;提倡并鼓励编写体现工程型和应用型的专业教学内容和课程体系改革成果的教材。

(4) 支持一纲多本,合理配套。专业核心课和相关基础课的教材要配套,同一门课程可以有多本具有各自内容特点的教材。处理好教材统一性与多样化,基本教材与辅助教材、教

学参考书,文字教材与软件教材的关系,实现教材系列资源的配套。

(5) 依靠专家,择优落实。在制定教材规划时依靠各课程专家在调查研究本课程教材建设现状的基础上提出规划选题。在落实主编人选时,要引入竞争机制,通过申报、评审确定主编。书稿完成后认真实行审稿程序,确保出书质量。

繁荣教材出版事业,提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平的、以老带新的教材编写队伍才能保证教材的编写质量,希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

21 世纪高等学校嵌入式系统专业规划教材

联系人:魏江江 weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前 言

嵌入式系统是计算平台的一种体现形式,被广泛地应用于工业控制、信息家电、通信设备、医疗仪器、军事装备等众多领域。虽然,传统的嵌入式系统起源于20世纪70年代初,至今已有很长时间了,以MCS51单片机为代表的《单片机原理及应用》课程也早已在许多高校开设。但是,随着时代的进步、技术的发展,人们对嵌入式系统的功能要求越来越复杂,传统的以MCS51系列单片机为代表的嵌入式系统硬件平台,以及传统的嵌入式系统程序设计方法已不能满足快速、高效地设计复杂嵌入式系统的要求。因此,系统地开设嵌入式系统原理及设计方法的相关课程,培养计算机科学与技术、通信工程、电子工程等相关专业的本科生及研究生,使其能熟练掌握复杂嵌入式系统的设计方法,是十分必要的。基于32位嵌入式微处理器的系统,其硬件构件较复杂,用户应用程序的复杂度也成倍增长。因此,要完整地学习嵌入式系统的设计知识,需要进行多门课程的学习。嵌入式系统原理及接口技术教材中所涉及的知识点,是从事嵌入式系统平台构建工作所必须掌握的基本知识。

嵌入式系统涉及的知识点非常多,因此,对于初学者来说,如何结合自己的目标,找准学习嵌入式系统设计知识的切入点,是非常必要的。狭义地说,学习嵌入式系统设计知识可以从两个不同的层面进行切入:第一层面,针对于将来只是应用嵌入式系统硬件、软件平台来进行二次开发的学生而言,应侧重学习基于某个嵌入式系统平台上(包括硬件平台和软件平台)进行应用系统设计和开发的能力,即主要是学习在某个嵌入式操作系统(如嵌入式Linux)环境下的应用程序的编写、调试,学习其API函数的使用,学习I/O接口部件的驱动程序编写等;第二层面,针对于将来从事嵌入式系统平台设计或者需要结合应用环境设计专用硬件平台的学生而言,需重点学习嵌入式系统体系结构及接口设计原理,即主要学习某个具有代表性的嵌入式微处理器(如ARM系列)内部寄存器结构、汇编指令系统、中断(异常)管理机制及常用的外围接口,同时要学习无操作系统下的编程技术。进一步还需要学习启动程序的编写和操作系统移植等方面的知识。

本书重点介绍嵌入式系统的硬件平台组成原理及其接口技术。书中没有局限于某个具体的嵌入式微处理器,而是用了大量的篇幅来介绍其原理。但在介绍原理的同时,又列举了许多基于S3C2440芯片的设计示例,从而使原理、概念具体化。

本书由符意德、徐江主编,王丽芳参加了第1章的编写,年瑞参加了第5章的编写,葛二灵参加了第7章的编写,周昆参加了第8章的编写,钱俊参加了第9章的编写。在本书的编写过程中,参考了许多专家学者的成果,在此向他们表示感谢!

感谢南京理工大学计算机学院各位领导和同事的支持。感谢清华大学出版社的支持。感谢家人的关心与支持。

嵌入式系统目前正处于一个快速发展的阶段,新的技术和应用成果不断地涌现,囿于编者的水平,书中的疏漏和不足之处望广大读者批评、指出。

本书的配套课件等相关资源可以从清华大学出版社网站 www.tup.com.cn 下载,读者若在本书及配套资源的使用中遇到任何问题,请联系本书责任编辑: fuhy@tup.tsinghua.edu.cn。与本书配套的实验教材将于2013年底至2014年初出版,感兴趣的老师可以联系本书责任编辑索取样书。

编者

2013年5月

于紫金山麓

目 录

第1章 绪论	1
1.1 嵌入式系统的特征	1
1.2 嵌入式系统的发展概况	2
1.2.1 嵌入式系统硬件平台的发展	3
1.2.2 嵌入式系统软件平台的发展	6
1.2.3 SOPC 的概况	11
1.3 嵌入式系统的应用	12
1.3.1 嵌入式系统应用复杂度	12
1.3.2 嵌入式系统应用领域	13
1.4 嵌入式系统开发工具	16
1.4.1 Keil 集成开发环境	16
1.4.2 ADS1.2 集成开发环境	17
1.4.3 RVDS 集成开发环境	18
1.4.4 GNU 开发工具	19
1.4.5 PB 集成开发环境	19
1.5 本书内容简介	21
1.5.1 第1章：绪论	21
1.5.2 第2章：ARM9 体系结构	22
1.5.3 第3章：ARM9 汇编语言	22
1.5.4 第4章：存储系统机制及存储器接口	22
1.5.5 第5章：中断机制	23
1.5.6 第6章：GPIO 端口	23
1.5.7 第7章：定时部件	23
1.5.8 第8章：通信网络接口	23
1.5.9 第9章：人机接口技术	24
1.5.10 第10章：嵌入式系统设计方法	24
小结	24
习题	24
第2章 ARM9 体系结构	26
2.1 ARM 微处理器系列介绍	26
2.1.1 ARM 微处理器核的命名规则	26
2.1.2 ARM 系列微处理器核介绍	27

2.1.3	Cortex 系列微处理器核介绍	29
2.1.4	Xscale 系列微处理器核介绍	30
2.2	ARM9 微处理器特征	31
2.2.1	ARM9 的指令流水	32
2.2.2	ARM9 指令集特点	33
2.2.3	ARM9 的工作模式	34
2.3	ARM9 的存储组织结构	35
2.3.1	ARM9 中的地址特征	36
2.3.2	I/O 接口的访问方式	37
2.3.3	内部寄存器	37
2.4	ARM9 的异常	40
2.4.1	异常类型及向量地址	40
2.4.2	优先级	43
2.4.3	进入异常和退出异常	43
2.5	ARM9 寻址方式	44
	小结	47
	习题	47
第3章	ARM9 汇编语言	49
3.1	ARM9 指令集	49
3.1.1	寄存器装载及存储类指令	50
3.1.2	影响状态标志位类指令	53
3.1.3	比较类指令	57
3.1.4	分支类指令	58
3.1.5	软件中断指令	59
3.1.6	协处理器指令	60
3.1.7	汇编器伪指令	61
3.2	Thumb 指令集	63
3.3	汇编程序设计	64
3.3.1	汇编编程规则	64
3.3.2	汇编指令的特点	67
3.3.3	子程序调用	71
3.4	汇编程序实例——系统引导程序	74
3.4.1	系统引导程序的功能	74
3.4.2	系统引导程序的代码	75
3.4.3	几个流行的系统引导程序	78
	小结	79
	习题	79

第4章 存储系统机制及存储器接口	81
4.1 总线	81
4.1.1 AMBA 总线	82
4.1.2 S3C2440 芯片总线	84
4.1.3 其他板级总线标准概述	88
4.2 存储系统及管理	89
4.2.1 存储系统的组织结构	90
4.2.2 高速缓存机制	90
4.2.3 存储管理单元	92
4.3 存储器接口设计方法	98
4.3.1 存储器芯片类别	98
4.3.2 SROM 型存储器接口设计方法	100
4.3.3 DRAM 型存储器接口设计方法	102
4.3.4 NAND Flash 型存储器接口设计方法	104
4.3.5 I/O 端口的寻址	106
4.4 S3C2440 存储系统	108
4.4.1 ARM9 核内部的缓存区	108
4.4.2 S3C2440 存储空间	109
4.4.3 NOR Flash 存储器接口电路	115
4.4.4 SDRAM 存储器接口电路	115
4.4.5 NAND Flash 存储器接口电路	119
小结	122
习题	122
第5章 中断机制	124
5.1 中断方式原理	124
5.1.1 中断操作	125
5.1.2 中断源及其识别方法	126
5.1.3 中断优先级仲裁方式	126
5.2 S3C2440 中断系统	129
5.2.1 概述	129
5.2.2 中断优先级	130
5.2.3 中断控制寄存器	132
5.3 中断编程示例	140
5.3.1 IRQ 异常处理过程	140
5.3.2 FIQ 异常处理过程	141
5.3.3 中断编程模式	142
5.3.4 中断编程示例	142

小结	147
习题	147
第6章 GPIO 端口	149
6.1 GPIO 端口功能	149
6.1.1 端口功能定义	150
6.1.2 端口控制寄存器	154
6.1.3 端口其他寄存器	165
6.1.4 端口的使用示例	174
6.2 音频接口	176
6.2.1 IIS 总线格式	176
6.2.2 控制寄存器	178
6.3 视频接口*	180
6.3.1 接口信号	180
6.3.2 接口工作原理	182
6.3.3 控制寄存器功能	182
小结	185
习题	185
第7章 定时部件	187
7.1 定时部件的原理	187
7.2 看门狗定时器	188
7.2.1 看门狗定时器概述	188
7.2.2 看门狗控制寄存器	188
7.2.3 应用示例	190
7.3 RTC 部件	191
7.3.1 概述	191
7.3.2 RTC 控制寄存器	192
7.3.3 应用示例	197
7.4 Timer 部件	199
7.4.1 Timer 部件概况	200
7.4.2 Timer 部件的操作	201
7.4.3 Timer 部件内部寄存器	204
7.4.4 应用示例	207
小结	208
习题	208
第8章 通信网络接口	210
8.1 异步串行通信接口	210

8.1.1	基本术语	210
8.1.2	异步串行通信协议	211
8.1.3	S3C2440 的异步串行通信部件	215
8.1.4	RS-232C 接口设计示例	219
8.2	SPI 通信接口	221
8.2.1	SPI 基本原理	222
8.2.2	S3C2440 的 SPI	222
8.2.3	SPI 设计示例	224
8.3	IIC 总线接口技术	226
8.3.1	IIC 协议结构	226
8.3.2	S3C2440 的 IIC 接口	228
8.3.3	IIC 总线的设计示例	230
8.4	CAN 总线接口技术*	232
8.4.1	CAN 总线协议	233
8.4.2	CAN 总线接口设计示例	235
8.5	以太网接口技术*	237
8.5.1	以太网接口电路	237
8.5.2	网络协议软件实现	239
	小结	252
	习题	252
第 9 章	人机接口技术	254
9.1	键盘接口	254
9.1.1	按键的识别方法	254
9.1.2	键盘接口示例	256
9.2	LED 显示器接口	258
9.2.1	LED 显示控制原理	258
9.2.2	LED 显示接口示例	261
9.3	LCD 显示器接口*	264
9.3.1	LCD 显示原理	264
9.3.2	LCD 的控制器	265
9.3.3	S3C2440 芯片的 LCD 寄存器	269
9.3.4	S3C2440 芯片 LCD 寄存器的设置	272
9.4	触摸屏接口*	274
9.4.1	触摸屏工作原理	274
9.4.2	S3C2440 的触摸屏接口	276
	小结	279
	习题	279

第 10 章 嵌入式系统设计方法	281
10.1 设计要求	281
10.1.1 系统需求	281
10.1.2 规格说明	282
10.2 系统结构设计	285
10.2.1 软件结构	285
10.2.2 硬件组成	286
10.3 构件设计与集成	287
10.3.1 构件设计	287
10.3.2 系统集成	287
小结	288
习题	288
附录 A 习题答案	289
附录 B 嵌入式编程相关头文件	291
参考文献	299

第1章 绪论

嵌入式系统(Embedded System)是后 PC 时代被广泛使用的计算平台,它广泛地出现在人们的日常生活、工作的环境之中,如日常生活中使用的智能手机、数码相机、汽车导航仪等;工作中使用的智能仪器仪表、一些设备中的控制器等。本章归纳了嵌入式系统的特征,并通过回顾嵌入式系统的发展过程、分析嵌入式系统的应用层面,来总结如何从事嵌入式系统的开发。

1.1 嵌入式系统的特征

什么是嵌入式系统呢?目前对嵌入式系统的定义主要有以下两种形式。

第一种定义是传统的定义形式,它把嵌入式系统定义为:嵌入在其他设备中,起智能控制作用的专用计算机系统。也可以说,它是任意包含一个可编程计算机的设备,但是这个设备不是作为通用计算机而设计的。一台通用个人计算机(即 PC)不能被称为嵌入式系统,尽管有时会把它嵌入到某些设备中。而一台嵌入在数控机床里的控制器就可以算作嵌入式系统。

第二种定义是目前比较流行的定义形式,它把嵌入式系统定义为:以应用为中心,以计算机技术为基础,并且软硬件可裁剪,软件固化的专用计算机系统。例如,数码相机、GPS 导航仪就体现了这种特点,因此,它们可被称为嵌入式系统;而笔记本电脑没有体现这种特点,因此,它不能被称为嵌入式系统。

无论采用哪种定义形式来描述嵌入式系统,可以确定的是,嵌入式系统本质上是计算机,它是计算机的一种体现形式,因为它的硬件结构也是由 CPU、存储器、输入/输出部件组成,是由存储的指令来控制任务的完成,只不过它与应用目标紧密结合,硬件结构中的组成部件需要根据应用目标来定制,同时,软件结构中的软件功能模块也需要定制。因此,可以把嵌入式系统的特征归纳如下。

(1) 嵌入式系统与应用目标结合紧密,硬件组件需要定制(或称硬件裁剪)。也就是说,设计者需要根据自己所设计的嵌入式系统功能要求,自行设计硬件电路,除了设计通用的电路,如 CPU 与存储器的接口电路、时钟电路(或称晶振电路)、复位电路等之外,还需要设计一些专用部件的电路,如在设计开发 GPS 导航仪时,设计者就需要设计能够接收卫星定位信号的 GPS 模块的接口电路。

(2) 嵌入式系统的软件组件也需要定制(或称为软件裁剪)。也就是说,设计者需要根据应用的功能要求,确定所设计的嵌入式系统是否需要操作系统作为软件平台,并设计专用的软件功能模块。通常情况下,若应用软件可以设计成单任务的,并且无须图形化人机界面、以太网通信等复杂功能的嵌入式系统,设计其应用软件时就无须操作系统作为软件平台。但若嵌入式系统应用功能要求复杂,如需要处理多媒体信息、需要以太网通信功能等,

那么,其应用软件的开发通常需要基于某个操作系统平台(如 Linux)来进行,这样可以缩短嵌入式系统的开发周期。若需要操作系统作为平台,设计者还需要结合所设计的硬件结构,完成操作系统的移植和裁剪,使操作系统能在该硬件环境下有效地运行。

(3) 嵌入式系统的所有软件组件均需要存储在非易失存储芯片中,把运行代码写入非易失存储芯片中的过程叫作“软件固化”,这样就保证了程序代码及常数在嵌入式系统关电以后也不会丢失,从而保证嵌入式系统再开机时能够正常运行。由于嵌入式系统中通常不用磁盘这种类型的存储媒介,而采用存储芯片作为系统的程序代码及数据的存储媒介,因此,嵌入式系统中软件固化是必需的。

(4) 嵌入式系统相对于通用个人计算机来说,其硬件、软件资源受限。因为,嵌入式系统通常对某些非功能性指标,如成本、体积、功耗、实时性等,有比较严格的要求,甚至到了苛求的地步,因此,嵌入式系统的硬件、软件资源通常只要能满足应用需求即可,而没有更多的冗余。

正是由于嵌入式系统与通用个人计算机比较而言,有上述的几点特征,因此,嵌入式系统的设计、开发方法与通用个人计算机的应用系统开发方法相比较,也有以下几点不同。

(1) 需要软硬一体的设计理念。在嵌入式系统设计阶段,设计者需要根据应用功能需求,结合成本、体积、功耗等非功能性需求,综合考虑哪部分功能由硬件完成,哪部分功能由软件完成,并在开发实施阶段,能根据硬件结构的具体情况,设计适应于该硬件结构的软件。

(2) 需要系统软件与应用软件融合设计。系统软件通常是指管理及控制系统资源的那部分软件,而应用软件指的就是具体完成用户功能的那部分软件。开发嵌入式系统时,设计者往往需要完成应用软件和系统软件两部分的开发工作。例如,若设计者开发的嵌入式系统无操作系统平台,那么,设计者除了要设计开发应用软件外,还需要设计监控管理硬件资源的软件,这两部分软件通常融合在一个循环结构中;若设计者开发的嵌入式系统需要操作系统平台,那么,设计者即使不去设计操作系统,也需要完成操作系统的移植和裁剪,并在完成应用软件的设计时,需要完成一些非标准的硬件接口驱动程序设计。

(3) 需要建立交叉开发环境。嵌入式系统由于受到资源的限制,通常软件的开发环境与软件的运行环境是不同的。也就是说,嵌入式系统开发时,需要借助通用个人计算机(如 PC,被称为宿主机)来完成嵌入式系统的软件编辑、编译、连接等工作,生成可执行文件;而运行时,必须把可执行文件下载到嵌入式系统(被称为目标机)上,在宿主机上是不能直接运行的。这种宿主机-目标机的开发架构被称为交叉开发环境。

综上所述,嵌入式系统的开发与通用个人计算机的应用系统开发,其主要的差别体现在开发手段和开发者需具备的技能上。嵌入式系统的设计者更需具备软硬一体的综合开发技能,而嵌入式系统原理及接口技术正是这种技能的基石。

1.2 嵌入式系统的发展概况

嵌入式系统是伴随着计算机理论及技术的发展而发展的,早在 20 世纪 70 年代初,随着微处理器的诞生,个人计算时代到来,便出现了嵌入式系统,只是那时的嵌入式系统,其应用领域主要局限在工业控制和一些智能仪器仪表中,计算机的体现形式主要是通用个人计算

机(即 PC),而嵌入式系统并没有作为计算机体现形式的主流。但是到了 21 世纪初,随着普适计算(又称泛在计算)理论的出现,随着智能手机、物联网等各种应用产品或应用系统的涌现,嵌入式系统已对信息技术(IT)产业产生了强有力的影响,改变了以通用个人计算机为主的计算模式,使计算无处不在。计算机发展到当代,嵌入式系统已经成为其主要的体现形式。

1.2.1 嵌入式系统硬件平台的发展

嵌入式系统硬件平台的核心部件是各种类型的嵌入式微处理器,是随着嵌入式微处理器芯片的发展而发展的。在嵌入式系统的发展过程中,每个发展阶段均有一些微处理器芯片作为这个阶段的主流芯片,而被大量使用在这个阶段的嵌入式系统产品上。但是,没有哪一个微处理器芯片处于绝对的垄断地位,这一点与通用个人计算机是不同的,这正是由于嵌入式系统的应用需求多种多样,硬件平台很难统一。在国内,大约出现过以下几种主流的嵌入式微处理器,被大量用在了各自阶段的嵌入式系统上。

1. Z80、Intel8080、MC6800 等

Z80 是美国 Zilog 公司于 1976 年推出的微处理器,其外形图如图 1-1(a)所示; Intel8080 是 Intel 公司于 1974 年推出的微处理器,其外形图如图 1-1(b)所示; MC6800 是 Motorola 公司于 1974 年推出的微处理器。这些微处理器的数据位均是 8 位,可直接寻址的存储器容量通常为 64KB。



(a) Z80 的外形图

(b) Intel8080 的外形图

图 1-1 早期的嵌入式微处理器

上述三种微处理器芯片,在微处理器诞生的早期阶段,即 20 世纪 70 年代中期~20 世纪 90 年代初期,被广泛地用在了企业生产过程及其设备的控制中,那时候嵌入式系统的产品形式主要是控制器,即嵌入在其他设备中,起控制作用的专用计算机,如数控机床的控制器、数字式温控器等,如图 1-2 所示。



(a) 数控机床

(b) 数字式温控器

图 1-2 早期的两种嵌入式系统产品

在设计这个阶段的嵌入式系统硬件平台时,由于微处理器芯片内部一般没有集成特定功能的部件,如定时器部件、UART 部件、AD 转换部件等,因此,需要外加专用功能的芯片

来完成这些功能。并且,外围的其他组合逻辑电路及时序逻辑电路通常采用 74 系列的芯片来完成设计。

2. MCS51 系列单片机

MCS51 是 Intel 公司生产的一系列 8 位数据宽度的微处理器统称,因为这些微处理器芯片中集成了存储器以及许多专用功能部件,如定时器部件、UART 部件、AD 转换部件等,因此,把它们称为单片机。与 Z80、Intel8080 的微处理器不同的是,它们有时又被称为嵌入式微控制器(MCU),是 MCU 的一种。这一系列的微处理器芯片包括许多品种,如 8031、8051、8052、8055 等。

自 20 世纪 80 年代,Intel 公司推出了 MCS51 系列单片机以来,该系列的微处理器迅速在嵌入式系统中得到了广泛的应用,并逐步取代了 Z80 等微处理器的地位,在工业控制器及智能仪器仪表等产品的硬件平台中,成为主流的微处理器芯片。并且在人们的日常生活中,也涌现出了许多以 MCS51 系列单片机为核心的嵌入式系统产品,如用于公交车、食堂等场合的 IC 卡读卡器,用于小区、办公区等场合的门禁系统等,如图 1-3 所示。目前,MCS51 系列的微处理器芯片仍然在许多嵌入式系统产品中得到应用。



(a) IC 卡读卡器



(b) 门禁系统中的身份识别器

图 1-3 两种日常生活中常见的嵌入式系统产品

为了满足更高性能的计算要求,Intel 公司还推出了 MCS96 系列的单片机。这一系列的微处理器的数据宽度是 16 位的,具有 16 位数据乘以 16 位数据的乘法指令,以及 32 位数据除以 16 位数据的除法指令,可以满足更高应用要求的嵌入式系统设计。

3. DSP 微处理器

DSP(Digital Signal Processing, 数字信号处理)微处理器是一系列适合完成数字信号处理技术的微处理器芯片的统称。所谓的数字信号处理,指的是信号(如音频信号、视频信号)经过 A/D 转换后的后续处理,主要有数字滤波、编码解码等处理。这些信号处理在技术上需要涉及大量的乘法、加法运算,如数字滤波处理时,需要涉及卷积运算,编码解码处理时,需要涉及傅里叶变换和傅里叶反变换等,而卷积运算、快速傅里叶变换等算法均是采用多次乘法并累加来完成的。这些运算若采用普通的微处理器处理,需要的指令非常多(即通常需要采用多重循环结构来编程实现),效率很低。而 DSP 类的微处理器,具有专门的指令,在处理这些运算时,效率要高得多。因此,DSP 微处理器芯片在需要进行信号处理的应用场合中得到了广泛使用,如数码相机、VoIP 电话机、机器人控制等领域,如图 1-4 所示。

目前,在国内,使用得最多的是 TI 公司推出的 TMS320 系列的 DSP 芯片。TI 公司在 1982 年推出了其首款 DSP 芯片 TMS32010,之后又推出了多种型号的 DSP 芯片,以满足不