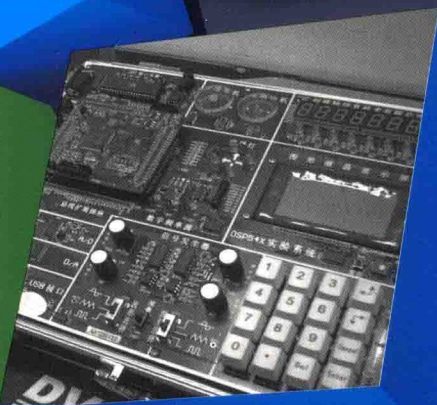


DANPIANJI YUANLI YU JIEKOU JISHU

单片机原理与接口技术

主审/王文杰 主编/任元吉



『十二五』普通高等教育体验互动式创新规划教材

哈尔滨工业大学出版社



TP368.1
636

DANPIANJI YUANLI YU JIEKOU JISHU

单片机原理与接口技术

主审 王文杰

主编 任元吉

副主编 李有兵 秦竞艳 张国瑞

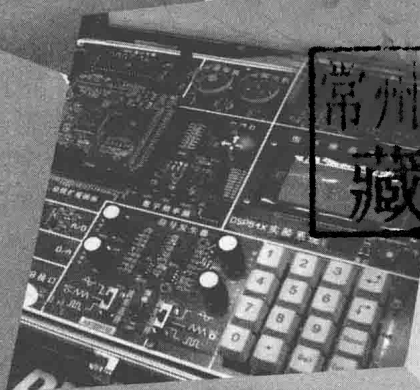
编者 淡海英 谢元成 石磊

李继祥 郑和 李庚

张亮 徐文斌 汤丽华

『十二五』普通高等教育体验互动式创新规划教材

常州大学图书馆
藏书章



哈尔滨工业大学出版社

内容简介

本书采用模块教学法,将技能训练和相关理论相结合,全面介绍了 MCS-51 系列单片机的原理与接口技术。全书共分 8 个模块,包括单片机的基础知识、MCS-51 单片机的结构和功能、指令系统、汇编语言程序设计、中断系统和定时器/计数器、单片机存储器及其扩展技术、串行通信接口以及 Proteus 仿真软件的安装和仿真应用。

本书选用典型机型,结构合理,具有较强的实用性。本书可作为自动化类、仪器仪表类、电子电气类等专业的教材或参考书,也可作为工程技术人员和单片机爱好者的自学教材。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与接口技术/任元吉主编. —哈尔滨:

哈尔滨工业大学出版社,2013.1

ISBN 978-7-5603-3934-4

I. ①单… II. ①任… III. ①单片机微型计算机-基础
理论-教材②单片微型计算机-接口-教材 IV
①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 000928 号

责任编辑 刘 瑶
封面设计 唐韵设计
出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006
传 真 0451-86414749
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>
印 刷 三河市玉星印刷装订厂
开 本 850mm×1168mm 1/16 印张 16.5 字数 488 千字
版 次 2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5603-3934-4
定 价 33.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

PREFACE

前言

单片机几乎存在于我们现代生活的各个领域,从卫星、导弹到飞机、汽车的控制到通信、网络传输、自动化控制领域,特别是在智能机器人、智能仪表和其他智能控制等方面都有着广泛的前景。其更重要的意义在于,单片机技术的开发应用从根本上改变了智能控制系统传统的设计思想和设计方法,在改变电子技术应用的方面同时也带来了巨大的经济效益。目前,学习、开发、应用单片机也必将造就一批计算机应用与智能化控制的科学家和工程师。

本书特色

1. 项目导入,能力本位。

本书以国家“十二五”“教与做1+1”体验互动式创新规划教材的要求为指导,在编写过程中注重能力培养、技能实训为本位,知识的学习和能力的掌握以项目为载体;以项目化实施的形式编写教材内容,以应用性职业岗位需求为导向,力求“以技术应用为目的,够用为度”原则,突出培养创新意识,强调实际动手能力。本书力求通过电路制作和仿真软件的应用以及实例来提高学生对实用电路的创新开发能力。

2. 实践性强。

本书由广州城建职业学院和其他部分职业院校的有着多年在职业教育第一线的具有丰富教学经验的老师编写。本书在编写过程中与广东电信网优分公司和广州市华威动漫科技有限公司工程技术人员合作,听取了他们的指导意见和建议。

3. 基础训练与技能训练同步,提高学习效率。

本书在每个模块都设置了“基础训练”和“技能实训”的项目。技能实训以制作最小系统开始逐步开展实训及实用电路制作,以提高学生的基本技能和开发能力。

本书内容

本书以 MCS-51 系列单片机作为主讲机型,系统、全面地介绍了 MCS-51 单片机内部的功能结构、原理与应用以及功能扩展。全书共设 8 个模块,其内容包括单片机的基本知识, MCS-51 单片机的内部结构,指令系统,并行接口和并行设备的扩展,中断系统结构与应用,定时器/计数器原理与应用,串行接口与串行通信,模拟量接口以及单片机应用系统设计技术。每个模块都按项目要求举出实例,并有硬件电路,程序代码完整,其大部分可以作为实用设计的基本模型。“技能训练”项目中的实训案例,演示了应用系统的开发,并可应用 Proteus 软件仿真,便于教师教学,也可作为相关专业学生进行毕业设计和工程技术人员工作的参考资料。

【模块1 绪论】:介绍单片机的基础知识、仿真软件 Proteus 的安装以及在单片机学习及开发中的应用。

【模块2 MCS-51 单片机的基础知识】:介绍单片机的基本结构、引脚功能、存储器的结构以及单片机组成的最小系统和最小系统的应用。

【模块3 MCS-51 单片机指令系统】:介绍单片机系列指令、汇编语言及其格式,掌握基本的寻址方式、基本指令及其功能。

【模块4 单片机的程序设计及其应用】:介绍单片机的基础程序设计及方法,掌握程序编制的方法和技巧及应用程序设计方法,并能熟练地编写调试实验程序,也能独立进行一般性的程序设计。

【模块5 单片机的中断系统】:讲解单片机的中断系统的结构及中断处理过程,应用中断方式进行程序设计方法。

【模块6 单片机的定时器/计数器】:介绍单片机的中断定时器/计数器系统的结构及其控制,掌握在程序设计中应用定时器/计数器的方法。

【模块7 通信系统设计】:介绍单片机的串行口通信基础,单片机的串行通信的过程和串行口的控制方式。

【模块8 单片机的系统扩展技术】:介绍单片机程序存储器的扩展方法、数据存储器的扩展方法和串行 EEPROM 的扩展方法。

本书课时

章节	内 容	建议课时	授课类型
模块1	绪论	6 课时	讲授、实训
模块2	MCS-51 单片机的基础知识	8 课时	讲授、实训
模块3	MCS-51 单片机指令系统	8 课时	讲授、实训
模块4	单片机的程序设计及其应用	12 课时	讲授、实训
模块5	单片机的中断系统	12 课时	讲授、实训
模块6	单片机的定时器/计数器	12 课时	讲授、实训
模块7	通信系统设计	12 课时	讲授、实训
模块8	单片机的系统扩展技术	8 课时	讲授、实训

由于编者水平有限,时间仓促,在编写过程中难免出现疏漏或不足之处,敬请广大读者予以批评指正。

编 者

> 模块1 绪 论

☞知识目标/001

☞技能目标/001

☞课时建议/001

☞教学重点/001

☞教学难点/001

☞课堂随笔/001

1.1 单片机的发展概况/002

1.1.1 什么是单片机/002

1.1.2 单片机的特点/002

1.1.3 单片机的应用/003

1.1.4 单片机的发展状况/003

1.2 数制的基础知识/004

1.2.1 二进制数的概念及数制之间的转换/004

1.2.2 数制转换/004

1.2.3 编码/006

1.3 单片机模拟仿真软件 Proteus/008

1.3.1 Proteus 7.9 仿真软件的安装/008

1.3.2 应用 Proteus 仿真软件绘制电路图/011

※重点串联/018

※拓展与实训/019

※基础训练/019

※技能实训/019

> 模块2 MCS-51单片机的基础知识

☞知识目标/021

☞技能目标/021

☞课时建议/021

☞教学重点/021

☞教学难点/021

☞课堂随笔/021

2.1 单片机简介/022

2.2 单片机的基本构成/023

2.2.1 单片机的内部结构图/022

2.2.2 MCS-51 系列单片机封装引脚的功能/023

2.2.3 AT89C51 的内部结构/026

2.3 单片机存储器的结构/030

2.3.1 存储器的划分方法/029

2.3.2 程序存储器 ROM/029

2.3.3 数据存储器 RAM/032

2.4 单片机的工作方式/036

2.4.1 时钟电路/036

2.4.2 复位方式/039

2.4.3 低功耗方式/042

2.5 单片机 I/O 接口及其功能/043

2.5.1 P0 口/043

2.5.2 P1 口/045

2.5.3 P2 口/045

- 2.5.4 P3 口/046
- 2.5.5 I/O 的负载能力和接口要求/047
- ※重点串联/051
- ※拓展与实训/052
- ※基础训练/052
- ※技能实训/052

➤ 模块3 MCS-51单片机指令系统

- ☞知识目标/059
- ☞技能目标/059
- ☞课时建议/059
- ☞教学重点/059
- ☞教学难点/059
- ☞课堂随笔/059

3.1 指令系统的基本概念/060

- 3.1.1 机器代码及指令系统/060
- 3.1.2 程序设计、软件程序及机器语言/060
- 3.1.3 汇编语言、指令格式及常用符号/060

3.2 寻址方式/062

- 3.2.1 寻址范围/062
- 3.2.2 立即寻址/062
- 3.2.3 直接寻址/062
- 3.2.4 寄存器寻址/063
- 3.2.5 寄存器间接寻址/063
- 3.2.6 变址寻址(基址寄存器 + 变址寄存器间接寻址)/063
- 3.2.7 相对寻址/064
- 3.2.8 位寻址/065

3.3 指令系统/065

- 3.3.1 数据传送类指令/065
- 3.3.2 算述运算类指令/070
- 3.3.3 逻辑运算类指令/074
- 3.3.4 控制转移类指令/077
- 3.3.5 位操作类指令/082

- ※重点串联/086
- ※拓展与实训/087
- ※基础训练/087
- ※技能实训/088

➤ 模块4 单片机的程序设计及其应用

- ☞知识目标/090
- ☞技能目标/090
- ☞课时建议/090
- ☞教学重点/090
- ☞教学难点/090
- ☞课堂随笔/090

4.1 汇编语言源程序的编辑和汇编/091

- 4.1.1 伪指令/091
- 4.1.2 程序设计/093
- 4.1.3 程序结构/094
- 4.1.4 汇编语言源程序设计举例/107

4.2 阵列彩灯程序/111

- 4.2.1 阵列彩灯控制要求分析/110
- 4.2.2 绘制流程图/111
- 4.2.3 编写应用程序/112
- 4.2.4 硬件组成/116

- ※重点串联/116
- ※拓展与实训/117
- ※基础训练/117
- ※技能实训/117

➤ 模块5 单片机的中断系统

- ☞知识目标/122
- ☞技能目标/122
- ☞课时建议/122
- ☞教学重点/122
- ☞教学难点/122

☞课堂随笔/122

5.1 中断系统/123

5.1.1 中断系统的基本概念/123

5.1.2 中断系统的结构/124

5.1.3 中断控制/126

5.1.4 中断过程/129

5.2 电子计数器/135

5.2.1 中断初始化/134

5.2.2 电子计数器的实现/134

5.3 用多级外部中断控制灯移动/137

5.3.1 单片机控制分析/137

5.3.2 系统实现/137

5.3.3 代码详解/139

5.3.4 模拟仿真/140

5.3.5 实例测试/140

5.3.6 经验总结/141

※重点串联/141

※拓展与实训/142

※基础训练/142

※技能实训/143

> 模块6 单片机的定时器/计数器

☞知识目标/149

☞技能目标/149

☞课时建议/149

☞教学重点/149

☞教学难点/149

☞课堂随笔/149

6.1 定时器/计数器/150

6.1.1 定时器/计数器概述/150

6.1.2 定时器/计数器控制分析/151

6.1.3 定时器/计数的工作模式/151

6.1.4 定时器/计数器的容量/154

6.2 电子钟的制作及应用/154

6.2.1 定时器/计数器的应用步骤/154

6.2.2 电子钟系统制作与分析/155

6.2.3 编制程序/160

6.2.4 系统调试/163

6.3 智能抢答器的制作及应用/164

6.3.1 电路原理分析及设计/164

6.3.2 硬件系统制作与分析/164

6.3.3 编制程序/165

6.3.4 系统调试/169

※重点串联/169

※拓展与实训/170

※基础训练/170

※技能实训/170

> 模块7 通信系统设计

☞知识目标/175

☞技能目标/175

☞课时建议/175

☞教学重点/175

☞教学难点/175

☞课堂随笔/175

7.1 串行通信的基础知识/176

7.1.1 串行口的结构/176

7.1.2 串行通信的过程/179

7.1.3 串行口的控制/183

7.1.4 串行口的工作方式及波特率设置/183

7.1.5 串行口的协议/186

7.2 简易秒表的制作/187

7.2.1 串行口扩展并行 I/O/187

7.2.2 秒表电路制作与分析/188

7.2.3 编制程序流程图/189

7.2.4 电路调试/190

7.3 单片机与 PC 机通信/191

7.3.1 RS-232C 总线标准的结构/191

7.3.2 RS-232C 接口电路/194

7.3.3 PC 机与单片机间的串行通信/195

7.4 多机通信系统/198

7.4.1 主从式通信总线/198

7.4.2 RS-485 通信接口技术/198

7.4.3 PC 机与多个单片机间的串行通信系统/200

※重点串联/202

※拓展与实训/203

※基础训练/204

※技能实训/204

模块8 单片机的系统扩展技术

☞知识目标/209

☞技能目标/209

☞课时建议/209

☞教学重点/209

☞教学难点/209

☞课堂随笔/209

8.1 程序存储器的扩展/210

8.1.1 存储器芯片的选择方法/210

8.1.2 在 8031 单片机上扩展 4KB EPROM 程序存储器/211

8.2 数据存储器的扩展/213

8.2.1 单片机 RAM 概述/213

8.2.2 实例分析/213

8.3 I²C 总线简介/217

8.3.1 I²C 总线的工作原理/217

8.3.2 I²C 总线的工作方式/217

8.3.3 I²C 总线数据传输方式模拟/218

8.4 AT24C1024 操作/218

8.4.1 引脚简介/219

8.4.2 内存组织/219

8.4.3 器件工作/219

8.4.4 AT24C1024 操作/221

※重点串联/226

※拓展与实训/227

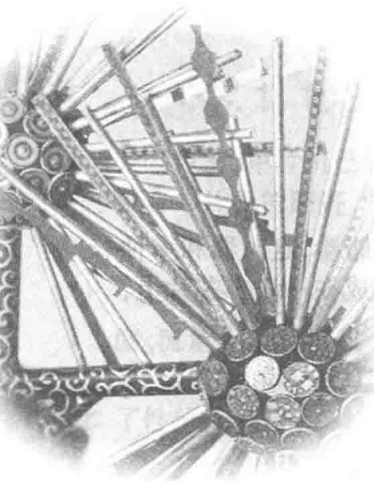
※基础训练/227

※技能实训/227

附表/231

试卷/241

参考文献/256



模块 1

绪 论



知识目标

- ◆熟悉单片机的特点及应用
- ◆掌握单片机的开发及系统设计
- ◆仿真软件 Proteus 的安装与使用
- ◆单片机系列产品及发展状况

技能目标

- ◆能够应用仿真软件 Proteus 绘制电路原理图
- ◆学会单片机应用系统的开发

课时建议

6 课时

教学重点

- ◆Proteus 仿真软件的安装与调试

教学难点

- ◆利用 Proteus 绘制电路原理图

课堂随笔

1.1 单片机的发展概况

1.1.1 什么是单片机

单片机是指一个集成在一块芯片上的完整计算机系统,它将计算机的 CPU、存储器、定时器和多种输入/输出接口电路集成在一块超大规模集成电路芯片上。尽管它的大部分功能集成在一块小芯片上,但是它具有一个完整计算机所需要的大部分部件,如图 1.1 所示。

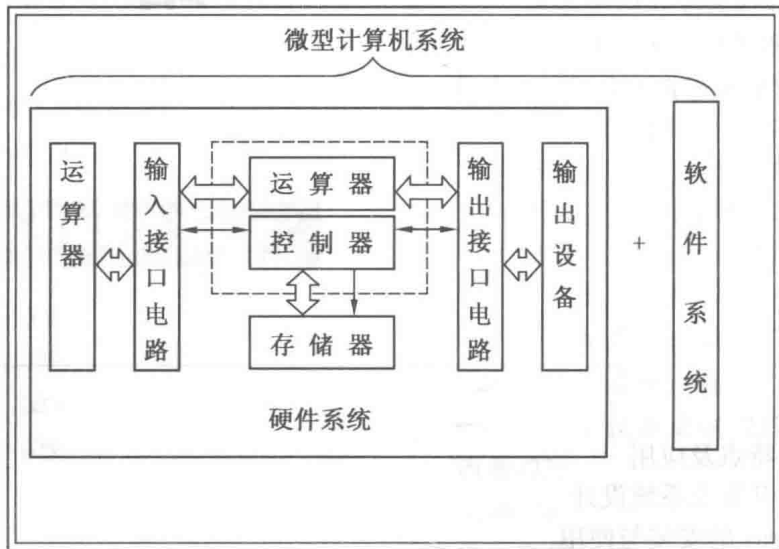


图 1.1 单片微型计算机系统

单片机又被称为微控制器(Microcontroller),是因为它最早被用在工业控制领域。单片机由芯片内 CPU 的专用处理器发展而来。当代单片机系统已经不只在裸机环境下开发和使用,大量专用的嵌入式操作系统被广泛应用到全系列的单片机上。而作为掌上电脑和手机核心处理的高端单片机已经可以直接使用专用的 Windows 和 Linux 操作系统。单片机比专用处理器更适合应用于嵌入式系统,因此它得到了最多的应用。

概括地讲,一块芯片就是一台计算机。它的体积小、质量轻、价格便宜,为学习、应用和开发提供了便利条件。

1.1.2 单片机的特点

单片机的特点如下:

- (1) 有优异的性价比。
- (2) 集成度高,体积小,有很高的可靠性。单片机各功能部件集成在一块芯片上,内部采用总线结构,减少了各芯片之间的连线,大大提高了单片机的可靠性与抗干扰能力。另外,其体积小,对于强磁场环境易于采取屏蔽措施,适合在恶劣的环境下工作。
- (3) 控制功能强。为了满足工业控制的要求,一般单片机的指令系统中均有丰富的转移指令、I/O 接口的逻辑操作以及位处理功能。单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的计算机。
- (4) 低功耗、低电压,便于生产便携式产品。
- (5) 外部总线增加了 IC(Inter-integrated Circuit)及 SPI(Serial Peripheral Interface)等串行总线方式,进一步缩小了体积,简化了结构。
- (6) 单片机的系统扩展和系统配置较典型、规范,容易构成各种规模的应用系统。

❖ 1.1.3 单片机的应用

目前,单片机已经在工业控制、科研技术等领域应用,并且渗透到各个领域,几乎很难找到哪个领域没有单片机的踪迹,它已成为人类生活的得力助手。它的应用主要表现在以下几个方面:

1. 单片机在智能仪表中的应用

单片机广泛地用于各种仪器仪表,结合不同类型的传感器,可实现诸如电压、功率、频率、湿度、温度、流量、速度、厚度、角度、长度、硬度、元素、压力等物理量的测量。采用单片机控制使仪器仪表数字化、智能化、微型化,且功能比起采用电子或数字电路更加强大,大大简化了仪器仪表的硬件结构,提高了性价比。

2. 单片机在工业控制中的应用

用单片机可以构成形式多样的控制系统和机电一体化工业,使机电产品集成机械技术、微电子技术、计算机技术于一体,具有智能化特征的机电产品,如电梯智能化控制,各种报警系统,与计算机联网构成的二级控制系统等。单片机作为产品中的控制器,能充分发挥其体积小、可靠性高、功能强等优点,可大大提高机器的自动化、智能化程度。

3. 单片机在汽车设备领域中的应用

单片机在汽车电子中的应用非常广泛,例如,汽车中的发动机控制器,基于 CAN 总线的汽车发动机智能电子控制器,GPS 导航系统,abs 防抱死系统,制动系统等。

4. 单片机在分布式多机系统中的应用

在比较复杂的系统中,常采用分布式多机系统。多机系统一般由若干台功能各异的单片机组成,各自完成特定的任务。例如,在汽车上一般要配备 40 多部单片机,在复杂的工业控制系统上甚至可能有数百台单片机在同时工作,它们通过串行通信相互联系、协调工作。单片机在这种系统中往往作为一个终端机安装在系统的某些节点上,对现场信息进行实时的测量和控制。

5. 单片机在其他方面的应用

现在的家用电器基本上都采用了单片机控制,如电饭煲、洗衣机、电冰箱、空调机、彩电等。单片机在办公自动化、医用设备、计算机网络和通信领域、实时控制等领域中都有着广泛的应用。单片机已成为计算机发展和应用的一个重要方面。

另一方面,单片机应用的重要意义还在于,它从根本上改变了传统的控制系统设计思想和设计方法。从前必须由模拟电路或数字电路实现的大部分功能,现在已能用单片机通过软件方法来实现了。这种软件代替硬件的控制技术也称为微控制技术,是传统控制技术的一次革命。

❖ 1.1.4 单片机的发展状况

单片机是以微处理器技术及超大规模集成电路的发展为基础,以其优越的性能、低廉的价格、强大的控制功能以及广泛的应用领域为动力,表现出了强劲的发展趋势。

1. 单片机的发展史

单片机诞生于 1971 年,经历了 SCM、MCU、SOC 三大阶段。

(1) 第一阶段。Intel 公司推出第一个 4 位的微处理器,标志着第一代微处理器问世,随后 Intel 公司又推出了具有代表意义的 MCS-48 系列单片机,“单片机”一词即由此而来。

(2) 第二阶段。20 世纪 80 年代初,Intel 公司在 MCS-48 系列单片机的基础上推出了 MCS-51 系列 8 位高档单片机。MCS-51 系列单片机无论是片内 RAM 容量、I/O 接口功能,还是系统扩展方面都有了很大的提高。它在以下几个方面奠定了典型的通用总线型单片机体系结构。

①完善的外部总线。MCS-51 设置了经典的 8 位单片机的总线结构,包括 8 位数据总线、16 位地址总线、控制总线及具有多机通信功能的串行通信接口。

②CPU 外围功能单元的集中管理模式。

③体现工控特性的位地址空间及位操作方式。

④指令系统趋于丰富和完善,并且增加了许多突出控制功能的指令。

这一阶段的单片机应用领域非常广泛,在我国的工业控制、仪器仪表等方面得到了迅猛发展。

(3)第三阶段。8 位单片机的巩固发展及 16 位、32 位单片机的推出,增强了外围电路功能,强化了智能控制的特征。

1.2 数制的基本知识

1.2.1 二进制数的概念及数制之间的转换

单片机需要处理计数问题,人们在日常生活中,习惯用十进制,而在计算机中,采用的则是二进制,有时也采用八进制或十六进制,任何信息必须转换成二进制形式后才能由计算机进行处理、存储和传输。这就需要进行数制间的转换。

1. 十进制

所谓十进制就是以 10 为基数的计数体制。任何一个数都可以用 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 十个数码,按一定规律排列起来表示,其计数规律是“逢十进一”。

例如:十进制数 $4\ 261.2 = 4 \times 10^3 + 2 \times 10^2 + 6 \times 10^1 + 1 \times 10^0 + 2 \times 10^{-1}$ 。

其中第一个 4 的权是 10^3 ,表示 4 000;小数点后的 2 的权是 10^{-1} ,表示 0.2。

2. 二进制

二进制就是以 2 为基数的计数体制。二进制数有两个特点:由两个基本数字 0,1 组成;运算规律是“逢二进一”。

为区别于其他进制数,二进制数的书写通常在数的右下方注上基数 2,或在后面加 B 表示。

例如:二进制数 10110011 可以写成 $(10110011)_2$,或写成 10110011B。计算机中的数据均采用二进制数表示,这是因为二进制数具有以下特点:

(1)二进制数中只有两个字符 0 和 1,表示具有两个不同稳定状态的元器件。例如,电路中有无电流,有电流用 1 表示,无电流用 0 表示。又如,电路中电压的高低、晶体管的导通和截止等。

(2)二进制数运算简单,大大简化了计算中运算部件的结构。

二进制数的加法和乘法运算如下:

$0+0=0, 0+1=1, 1+0=1, 1+1=10$,因为二进制只认识 1,0,所以逢二进一。

$0 \times 0=0, 0 \times 1=0, 1 \times 0=0, 1 \times 1=1$ 。

3. 八进制和十六进制

由于二进制数的位数很多,不便于书写和记忆,因此在数字计算机中常采用十六进制数或八进制数来表示二进制数。上述十进制和二进制数的表示法可以推广到十六进制和八进制。十六进制是以 16 为基数的计数体制。十六进制数采用 16 个数码,而且“逢十六进一”。这种数制中有 16 个不同的数字:0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A(对应十进制数中的 10),B(11),C(12),D(13),E(14),F(15)。

例如:十六进制数 4AC8 可写成 $(4AC8)_{16}$,或写成 4AC8H。

1.2.2 数制转换

1. R 进制转换为十进制

人们习惯用十进制数,若将 R 进制数转换为等值的十进制数,只要将 R 进制数按位权展开,再按十进制运算即可得到十进制数,即按照幂级数展开。

例 1.1 将二进制数 $(11011.101)_2$ 转换成十进制数。

$$\begin{aligned} \text{解: } (11011.101)_2 &= 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = \\ &= 16 + 8 + 0 + 2 + 1 + 0.5 + 0 + 0.125 = \\ &= (27.625)_{10} \end{aligned}$$

例 1.2 将八进制数 $(136.524)_8$ 转换成十进制数。

$$\begin{aligned} \text{解: } (136.524)_8 &= 1 \times 8^2 + 3 \times 8^1 + 6 \times 8^0 + 5 \times 8^{-1} + 2 \times 8^{-2} + 4 \times 8^{-3} = \\ &= 64 + 24 + 6 + 0.625 + 0.03125 + 0.0078125 = \\ &= (94.6640625)_{10} \end{aligned}$$

例 1.3 将十六进制数 $(13DF.B8)_{16}$ ($= (13DF.B8)_H$)转换成十进制数。

$$\begin{aligned} \text{解: } (13DF.B8)_{16} &= 1 \times 16^3 + 3 \times 16^2 + 13 \times 16^1 + 15 \times 16^0 + 11 \times 16^{-1} + 8 \times 16^{-2} = \\ &= 4096 + 768 + 208 + 15 + 0.6875 + 0.03125 = \\ &= (5087.71875)_{10} \end{aligned}$$

2. 十进制 $\rightarrow R$ 进制

十进制数转换成 R 进制数,须将整数部分和小数部分分别转换。

(1) 整数转换——除 R 取余法。

规则:①用 R 去除给出的十进制数的整数部分,取其余数作为转换后的 R 进制数的整数部分最低位数字;②再用 2 去除所得的商,取其余数作为转换后的 R 进制数的高一位数字;③重复执行②操作,一直到商为 0 结束。

十进制整数转换为二进制整数采用“除 2 取余,逆序排列”法。

例 1.4 $(255)_{10} = (\quad)_2$ 。

$$255/2 = 127 \text{——余 } 1$$

$$127/2 = 63 \text{——余 } 1$$

$$63/2 = 31 \text{——余 } 1$$

$$31/2 = 15 \text{——余 } 1$$

$$15/2 = 7 \text{——余 } 1$$

$$7/2 = 3 \text{——余 } 1$$

$$3/2 = 1 \text{——余 } 1$$

$$1/2 = 0 \text{——余 } 1$$

答: $(255)_{10} = (11111111)_2$ 。

(2) 小数转换——乘 R 取整法。

规则:①用 R 去乘给出的十进制数的小数部分,取乘积的整数部分作为转换后 R 进制小数点后第一位数字;②再用 R 去乘上一步乘积的小数部分,然后取新乘积的整数部分作为转换后 R 进制小数的低一位数字;③重复执行②操作,一直到乘积为 0 ,或已得到要求精度数位为止。

十进制小数转换为二进制小数采用“乘 2 取整,顺序排列”法。

例 1.5 $(0.125)_{10} = (\quad)_2$ 。

$$0.125 \times 2 = 0.25 \text{——取出整数部分 } 0$$

$$0.25 \times 2 = 0.5 \text{——取出整数部分 } 0$$

$$0.5 \times 2 = 1.0 \text{——取出整数部分 } 1$$

答: $(0.125)_{10} = (0.001)_2$ 。

(3) 将八进制转换为二进制。

例 1.6 $(67.54)_8 = (\quad)_2$ 。

方法:取一分三法,即将一位八进制数分解成三位二进制数,用三位二进制数按权相加去凑这位八进制数,小数点位置照旧。即

$$\begin{array}{cccc} 110 & 111 & 101 & 100 \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ 6 & 7 & 5 & 4 \end{array}$$

答: $(67.54)_8 = (110111.101100)_2$ 。

(4) 将十六进制转换为二进制。

例 1.6 $(6E.2)_{16} = (\quad)_2$ 。

方法: 取一分四法, 即将一位十六进制数分解成四位二进制数, 用四位二进制数按权相加去凑这位十六进制数, 小数点位置照旧。即

0110 1110 . 0010

↓

↓

↓

6

15

2

答: $(6E.2)_{16} = (1101110.001)_2$ 。

综上所述, 什么进制就用进制除以要转换的进制的数。

十进制整数转换成 R 进制数采用逐次除以基数 R 取余数的方法。具体方法如下:

- ① 将给定的十进制整数除以 R , 余数作为 R 进制的最低位。
- ② 把前一步的商再除以 R , 余数作为次低位。
- ③ 重复②步骤, 记下余数, 直至最后商为零, 最后的余数即为 R 进制的最高位。

十进制纯小数转换成 R 进制数, 采用小数部分乘以 R 取整数的方法。具体方法如下:

- ① 将给定的十进制纯小数乘以 R , 乘积的整数部分作为 R 进制小数部分的最高位。
- ② 把①乘积的小数部分继续乘以 R , 乘积的整数部分作为 R 进制小数次高位。
- ③ 重复②步骤, 直到乘积的小数部分为 0 或达到一定精度为止。

注: 由精度确定小数位数的方法。

因为 R 进制一位小数达到的精度为 $R - 1$, n 位小数达到的精度为 $R - n$, 故小数的位数 n 应满足 $R - n$ 小于等于给定精度, 其中 n 取满足上式的最小整数。

1.2.3 编码

数字系统中的信息可分为两类: 一类是数值, 另一类是文字符号 (包括控制符)。为了表示文字符号信息, 往往也采用一定位数的二进制码表示, 这个特定的二进制码称为代码。建立代码与十进制数、字母、符号一一对应关系的方法称为编码。

1. 有权 BCD 码

(1) BCD 码。

用二进制代码对十进制数进行编码, 它既具有二进制码的形式 (四位二进制码), 又有十进制数的特点 (每四位二进制码是一位十进制数)。

(2) 8421 码。

编码值与 ASCII 码字符 0 到 9 的低 4 位码相同, 易于实现人机联系。

例如: $(1999)_{10} = (0001 \ 1001 \ 1001 \ 1001)_{BCD}$

$(0110 \ 1000 \ 0100 \ 0000)_{BCD} = (6840)_{10}$

(3) 8421 码和 5211 码。

共同点: 任何两个这样的编码值相加等于 9 时, 结果的 4 个二进制码一定都是 1111。

表 1.1 中的 8421 码, 二进制代码的每位都有相应的位权值, 如 b_0 的位权为 $2^0 = 1$, b_1 的位权为 $2^1 = 2$, b_2 的位权为 $2^2 = 4$, b_3 的位权为 $2^3 = 8$, 这种二进制 BCD 码称为有权 BCD 码。由于 8421BCD 代码中每位的位权值分别为 8, 4, 2, 1, 所以这种代码又称为 8421BCD 码。有权 BCD 代码和十进制自然数之间可以相互转换, 其方法是将对应的代码及对应的数码按照下式相互转换:

$$(N)_D = W_3 b_3 + W_2 b_2 + W_1 b_1 + W_0 b_0$$

式中, $W_3 \sim W_0$ 为二进制码中各位的位权。

表 1.1 常用 BCD 码

十进制数	8421 码	2421 码	5211 码	余 3 码	格雷码
0	0000	0000	0000	0011	0000
1	0001	0001	0001	0100	0001
2	0010	0010	0011	0101	0011
3	0011	0011	0101	0110	0010
4	0100	0100	0111	0111	0110
5	0101	1011	1000	1000	1110
6	0110	1100	1001	1001	1010
7	0111	1101	1010	1010	1000
8	1000	1110	1011	1011	1100
9	1001	1111	1100	1100	0100

2. 无权 BCD 码

如表 1.1 中的余 3 码,二进制代码的每位没有相应的位权值,这种二进制 BCD 码称为无权 BCD 码。无权 BCD 代码和十进制自然数之间也可以相互转换,其方法是将对应的代码与对应的数码通过查表的方法相互转换。实际上,还有一种常见的无权码称为格雷码。无权 BCD 码的特点:相邻的两个码组之间仅有一位不同,因而常用于模拟量的转换中,当模拟量发生微小变化而可能引起数字量发生变化时,格雷码仅改变 1 位,这样与其他码同时改变两位或多位的情况相比更为可靠,即可减少出错的可能性。

余 3 码是在 8421 码的基础上,把每个代码都加 0011 码而形成的。它的优点是执行十进制数相加时,能正确地产生进位信号,而且还给减法运算带来了方便。格雷码:循环码中的一种,任何两个相邻的代码只有一个二进制位的状态不同,有利于抗干扰。

通常,人们可通过键盘上的字母、符号和数值向计算机发送数据和指令,每一个键可用二进制码来表示,ASCII 码即是其中的一种,它是用 7 位二进制码表示的。ASCII 码是美国(国家)信息交换标准(代)码,一种使用 7 个或 8 个二进制位进行编码的方案,最多可以给 256 个字符(包括字母、数字、标点符号、控制字符及其他符号)分配(或指定)数值。

从表 1.2 中可见,数字 0~9,相应用 0110000~0111001 来表示,B₈ 通常用作奇偶检验位,但在机器中常使其为 0,因此 0~9 的 ASCII 码为 30H~39H,大写字母 A~Z 的 ASCII 码为 41H~5AH 等。

表 1.2 ASCII 码

	B₇B₆B₅ B₄B₃B₂B₁	0	1	2	3	4	5	6	7
		0	0	0	0	1	1	1	1
		0	0	1	1	0	0	1	1
		0	1	0	1	0	1	0	1
0	0000	NUL	DLE	Sp	0	@	P	`	~
1	0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
2	0010	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
3	0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
4	0100	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
5	0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
6	0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
7	0111	EBL	ETB	'	7	G	W	g	w
8	1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
9	1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
A	1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
B	1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
C	1100	FF	FS	,	<	L	\	l	
D	1101	CR	GX	-	=	M	]	m	}
E	1110	SO	RS	.	>	N	^	n	~
F	1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

ASCII 码于 1968 年提出,用于在不同计算机硬件和软件系统中实现数据传输标准化,在大多数的小型机和全部的个人计算机中都使用此码。ASCII 码划分为两个集合:128 个字符的标准 ASCII 码和附加的 128 个字符的扩充和 ASCII 码。

1.3 单片机模拟仿真软件 Proteus

1.3.1 Proteus 7.9 仿真软件的安装

- (1) 双击安装图标“setup79spl.exe”。
- (2) 多次点击“Next”按钮,直到出现如图 1.2 所示窗口。

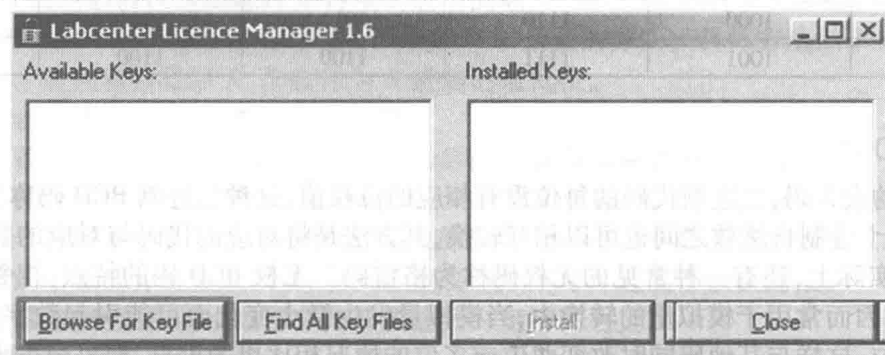


图 1.2 “Labcenter Licence Manager 1.6”对话框

- (3) 单击“Browse For Key File”按钮,在安装文件夹中找到“LICENCE.lnk”文件,选中并单击“打开”按钮,如图 1.3 所示。



图 1.3 查找“LICENCE.lnk”文件

- (4) 先选择对话框左上角方框中的内容,再单击“Install”按钮,如图 1.4 所示。