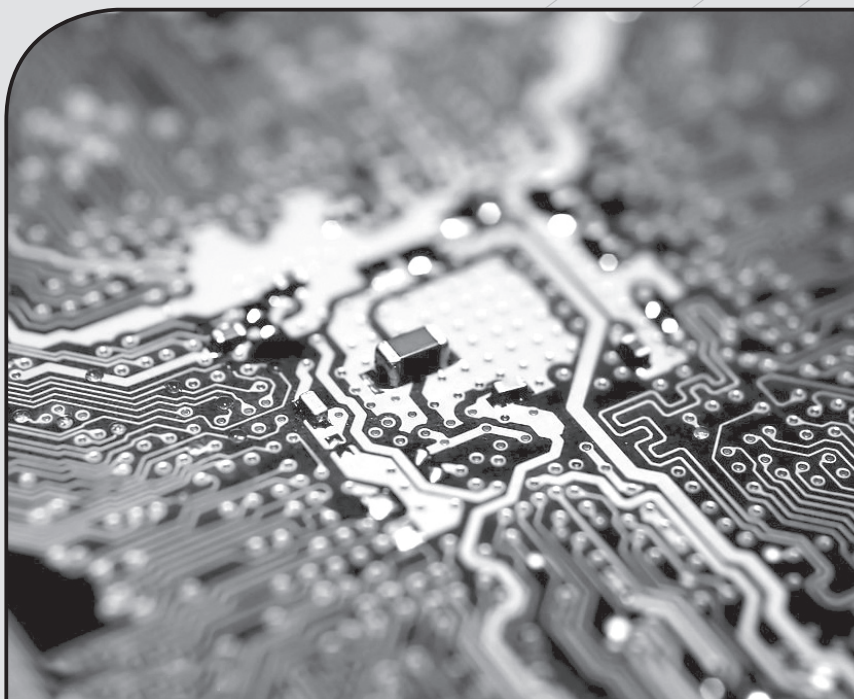




高职高专创新教材

电子信息系列



单片机原理与应用

高职高专创新教材编审委员会组编

刘卫民 马玉志 主 编
戚本志 胡江川 孙福才 副主编



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用/高职高专创新教材编审委员会组编. —武汉: 武汉大学出版社, 2011. 7

高职高专创新教材·电子信息系列

ISBN 978-7-307-08840-5

I. 单… II. 高… III. 单片微型计算机—高等职业教育—教材
IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 108736 号

责任编辑:汤林芯

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:北京泽宇印刷有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:15.5 字数:341千字

版次:2011年7月第1版 2014年1月第2次印刷

ISBN 978-7-307-08840-5/F·399 定价:30.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

高职高专创新教材·电子信息系列

编审委员会

主 任 马玉志

副 主 任 施红英 刘炳国

委 员 (按姓氏笔画为序)

于 春	王怀宇	王 艳
白秉旭	石朝晖	孙会双
孙福才	刘卫民	刘临江
刘立国	刘 刚	闫东清
张大林	李新竹	吴 鹤
吴淑霞	宋 阳	邱仁凤
周 伟	赵慧欣	陈秋霞
远红娟	夏新建	胡江川
徐伟伟	梁大鹏	戚本志

内 容 简 介

本书依据《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》，并结合教育部最新颁布的教学指导要求及高等职业院校教学特点编写。本书内容全面，结构合理，通俗易懂。全书共分11个部分，分别为单片机基础、单片机的结构与原理、单片机的指令系统、汇编语言程序设计、单片机的中断系统、单片机的定时器系统、串行口及串行通信技术、单片机的系统扩展、显示器和键盘接口技术、A/D与D/A转换接口技术和单片机应用系统设计。

本书可作为高等职业院校电子类的专业教材，也可作为职业技能培训教材，还可供工程技术人员参考阅读。

前 言

本书是依据《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》指导思想,参考教育部“关于普通高等教育教材建设与改革的意见”精神,结合高职高专“以提高学生就业竞争力为导向,突出技能训练,培养实用型人才”的人才培养目标,根据电子类专业“单片机原理及应用”课程的基本要求编写的。本书可作为高等职业院校“单片机原理及应用”课程的教材,也可供工程技术人员参考阅读。

本书的编写原则是力求符合高等职业教育电子类专业的培养目标和方向,从实际应用角度,以单片机技术为主线,充分考虑实际应用和发展现状,通过列举与大量与教学内容相关的应用实例,使学生能够对该课程产生兴趣,达到更好理解相关教学内容的目的。

本书的编写特点主要体现在以下几点:

(1)内容精选、基础宽泛。精选学生所必需掌握的基础知识,降低难度,尽可能地帮助学生逐步从新手变为能,即教材内容的选择以“必需、够用”为度。所谓基础宽泛,主要是指电子类专业学生的知识面要宽,覆盖面要广。目前,教学改革提倡“教、学、做”一体化,既要充分体现当前社会生产和服务的实际需求,又要充分考虑生产技术的发展趋势。

(2)任务驱动式教学,体例新颖。单片机原理及应用是一门应用性很强的课程,作者在多年的教学过程中,一直采用教、学、做相结合的教学模式,教学效果好。这种经验充分体现在本书内容的编排上,从最基本的应用出发,由实际问题入手,通过【实验】、【本章习题】等实践性教学环节,以提高学生利用专业知识分析问题、解决问题的能力。

本书的内容主要包括:单片机基础、单片机的结构与原理、单片机的指令系统、汇编语言程序设计、单片机的中断系统、单片机的定时器系统、串行口及串行通信技术、单片机的系统扩展、显示器和键盘接口技术、A/D与D/A转换接口技术和单片机应用系统设计。

由于时间仓促及编者水平有限,书中遗漏及错误之处在所难免,恳请各位读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 单片机基础	1	实验 水塔水位控制系统的设计制作	94
任务 1 基础知识	1	本章小结	95
任务 2 信息的存储形式	6	本章习题	96
本章小结	14		
本章习题	14	第 5 章 单片机的中断系统	97
第 2 章 单片机的结构与原理	16	任务 1 中断系统的结构与控制	97
任务 1 MCS-51 单片机的结构与引脚		任务 2 中断处理过程	103
功能	16	实验 交通信号灯控制系统的设计制作	108
任务 2 输入/输出(I/O)端口的结构	20	本章小结	110
任务 3 存储器的配置	25	本章习题	110
任务 4 CPU 的时序及辅助电路	32	第 6 章 单片机的定时器系统	111
实验 单片机基本 I/O 口控制电路的设计		任务 1 定时器/计数器的结构与原理	111
制作	37	任务 2 定时器/计数器的控制	113
本章小结	38	任务 3 定时器/计数器的 4 种方式及	
本章习题	39	应用	115
第 3 章 单片机的指令系统	40	实验 《生日快乐歌》音乐播放器的制作	123
任务 1 汇编语言	40	本章小结	124
任务 2 数据传送类指令	45	本章习题	124
任务 3 算术运算类指令	51		
任务 4 逻辑运算类指令	56	第 7 章 串行口及串行通信技术	125
任务 5 控制转移类指令	59	任务 1 串行通信基础	125
任务 6 位操作类指令	64	任务 2 MCS-51 单片机的串行接口	130
实验 彩灯控制器的设计制作	67	任务 3 MCS-51 单片机之间的通信	138
本章小结	69	实验 多路数据采集系统的设计制作	146
本章习题	70	本章小结	147
第 4 章 汇编语言程序设计	73	本章习题	148
任务 1 程序设计概述	73	第 8 章 单片机的系统扩展	149
任务 2 顺序程序设计	78	任务 1 单片机应用系统	149
任务 3 循环程序设计	80	任务 2 单片机的系统总线	150
任务 4 分支程序设计	85	任务 3 程序存储器的扩展	153
任务 5 子程序设计	88	任务 4 数据存储器的扩展	157
任务 6 查表程序设计	91	任务 5 简单并行 I/O 口的扩展	160
		任务 6 8255A 可编程并行接口扩展	163

实验 数据存储器扩展及自检系统的 设计制作	170	任务 2 A/D 转换器的接口和应用	206
本章小结	171	任务 3 D/A 转换器的接口和应用	211
本章习题	172	实验 数字温度计系统的设计制作	216
第 9 章 显示器和键盘接口技术	173	本章小结	217
任务 1 键盘接口电路	173	本章习题	218
任务 2 LED 显示器接口电路	178	第 11 章 单片机应用系统设计	219
任务 3 键盘与 LED 显示器综合设计 电路	182	任务 1 单片机应用系统设计	219
任务 4 LCD 显示器接口电路	194	任务 2 单片机应用系统的软、硬件 设计	222
实验 4LED+4×2KEY 的键盘/LED 电路设计制作	201	任务 3 单片机红外遥控系统的设计	226
本章小结	203	实验 LED 点阵显示屏系统的设计 制作	231
本章习题	203	本章小结	232
第 10 章 A/D 与 D/A 转换接口 技术	204	本章习题	233
任务 1 A/D 转换接口技术	204	附录	234
		参考文献	238

第 1 章

单片机基础

任务 1 基础知识

任务描述: 了解微型计算机的基础知识;

了解单片机的基础知识。

任务分析: 计算机技术发展迅速,应用也越来越广泛,单片机更是成为嵌入式应用的典型代表。在系统地学习单片机技术前,对整个计算机技术有一个初步的了解,还是非常必要的。

阶段 1 微型计算机

微型计算机简称“微型机”或“微机”,是由大规模集成电路组成的、体积较小的电子计算机,由于其具备人脑的某些功能,所以也称为“微电脑”。微机初期在香港商人之间被称为电脑,后引入大陆成为大众最熟悉的名字。

微机由硬件系统与软件系统两部分共同构成。其中,硬件系统是指以中央处理器为基础,配以内存储器、输入/输出(I/O)接口电路和相应的辅助电路而构成的裸机;软件系统是指能使计算机硬件系统顺利和有效工作的程序集合的总称,如图 1-1 所示。

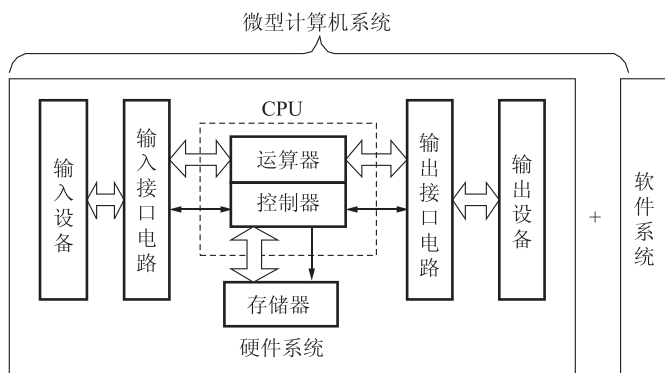


图 1-1 微型计算机的组成

1. 硬件系统

硬件系统是指构成微机系统的实体和装置,是指在计算机中看得见、摸得着的有形实体。在计算机的发展史上,做出杰出贡献的著名应用数学家冯·诺依曼与其他专家为改进ENIAC,提出了一个全新的存储程序的通用电子计算机方案。这个方案规定了新机器通常由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备5个部分组成,并描述了这5个部分的职能和相互关系。其中,运算器和控制器一般做在一个集成芯片上,统称中央处理单元。这个方案与ENIAC相比,有两个重大改进:一是采用二进制;二是提出了“存储程序”的设计思想,即用记忆数据的同一装置存储执行运算的命令,使程序可自动地从一条指令执行到下一条指令。计算机的存储程序和程序控制原理被称为冯·诺依曼原理,按照上述原理设计制造的计算机称为冯·诺依曼机。

(1)中央处理单元。中央处理单元(Central Processing Unit,简称CPU)是计算机的核心部件,它完成计算机的运算和控制功能。运算器又称算术逻辑部件(Arithmetical Logic Unit,简称ALU),其主要功能是完成对数据的算术运算、逻辑运算和逻辑判断等操作,计算机的数据运算和处理都在这里进行。控制器(Control Unit,简称CU)是整个计算机的指挥中心,根据事先给定的命令,发出各种控制信号,指挥计算机各部分自动、协调地工作。它的工作过程是从内存储器中取出指令并对指令进行分析与判断,并根据指令发出控制信号,使计算机的有关设备有条不紊地协调工作。

(2)存储器。存储器(Memory)是计算机存储信息的“仓库”。所谓“信息”,是指计算机系统所要处理的数据和程序。程序是一组指令的集合。存储器是有记忆能力的部件,用来存储程序和数据。现代计算机的内存普遍采取半导体器件,按其工作方式的不同,可分为动态随机存取器(DRAM)、静态随机存储器(SRAM)和只读存储器(ROM)3种。对存储器存入信息的操作称为写入(Write),从存储器取出信息的操作称为读出(Read)。在执行读出操作后,原来存放的信息并不改变,只有执行了写入操作,写入的信息才会取代原来的内容。RAM中存放的信息可随机地读出或写入,通常用来存入用户输入的程序和数据等。计算机断电后,RAM中的内容随之丢失。DRAM和SRAM都为随机存储器,断电后信息会丢失,不同的是,DRAM存储的信息要不断刷新,而SRAM存储的信息不需要刷新。ROM中的信息只可读出而不能写入,通常用来存放一些固定不变的程序。计算机断电后,ROM中的内容保持不变,当计算机重新接通电源后,ROM中的内容仍可被读出。

为了便于对存储器内存放的信息进行管理,整个存储器被划分成许多存储单元,每个存储单元都有一个编号,此编号称为地址(Address)。通常计算机按字节编址。地址与存储单元为一对一的关系,是存储单元的唯一标志。

提 醒

存储单元的地址、存储单元和存储单元的内容是3个不同的概念。地址相当于旅馆的房间编号,存储单元相当于旅馆的房间,存储单元的内容相当于房间中的旅客。在存储器中,CPU对存储器的读写操作都是通过地址来进行的。

(3)输入/输出设备。输入设备是将外界的各种信息(如程序、数据、命令等)送入到计算机内部的设备。常用的输入设备有键盘、鼠标、扫描仪和条形码读入器等。输出设备是将计算机计算或加工处理后的信息以人们能够识别的形式(如文字、图形、数值、声音等)进行显示和输出的设备。常用的输出设备有显示器、打印机和绘图仪等。由于输入/输出设备大多是机电装置,有机械传动或物理移位等动作,相对而言,输入/输出设备是计算机系统中运转速度最慢的部件。通常把输入设备和输出设备合在一起称为计算机的外部设备,简称“外设”。

2. 软件系统

软件系统是微机系统所使用的各种程序的总称。它是计算机的灵魂,是用户与计算机的接口,是发挥计算机功能的关键。人们通过软件可以对整机进行控制,并与微机进行信息交换,使微机按照人的意图完成预定的任务。有了软件,人们可以不必过多地去了解机器本身的结构与原理,可以方便灵活地使用计算机,从而使计算机有效地为人类工作、服务。随着计算机应用的不断发展,计算机软件在不断积累和完善的过程中,形成了极为宝贵的软件资源。它在用户和计算机之间架起了桥梁,给用户的操作带来极大的方便。

(1)软件的分类。软件可分为系统软件和应用软件两大类。

①系统软件。它是管理、监控和维护计算机资源的软件,是用来扩大计算机的功能、提高计算机的工作效率、方便用户使用计算机软件,系统软件是计算机正常运转所不可缺少的,是硬件与软件的接口。

②应用软件。它是在硬件和系统软件的支持下,为了解决计算机各类问题而编写的程序,分为应用软件包和用户程序两种。随着计算机应用的日益广泛深入,各种应用软件的数量不断增加,质量日趋完善,使用更加方便灵活,通用性越来越强。有些软件已逐步标准化、模块化,形成了解决某类典型问题的、较通用的软件,这些软件称为应用软件包(Package),它们通常由专业软件人员精心设计,为广大用户提供方便、易学、易用的应用程序,帮助用户完成各种各样的工作。目前,常用的应用软件包有字处理软件、表处理软件、会计电算化软件、绘图软件等。用户程序则是用户为了解决特定的具体问题而开发的软件。

(2)计算机编程语言。计算机编程语言包括机器语言、汇编语言和高级语言3大类。

①机器语言。计算机中的数据都是用二进制表示的,机器指令也是用一串由“0”和“1”不同组合的二进制代码表示的,机器语言是直接用机器指令作为语句与计算机交换信息的语言,不同的机器,指令的编码不同,含有的指令条数也不同,因此机器指令是面向机器的,指令的格式和含义是设计者规定的,一旦规定好之后,硬件逻辑电路就严格根据这些规定设计和制造,所以制造出的机器也只能识别这种二进制信息,用机器语言编写的程序,计算机能识别,可直接运行,但程序容易出错。

②汇编语言。汇编语言由一组与机器语言指令一一对应的符号指令和简单语法组成,是一种符号语言。它将难以记忆和辨认的二进制指令码用有意义的英文单词(或缩写)作为辅助记符,使之比机器语言编程前进了一大步。例如,“ADD A,B”表示将A与B两个寄存器中的数据相加后的结果再存入A中,它能与机器语言指令的一组16位0、1代码直接对应,汇编语言与机器语言的一一对应,仍需紧密依赖硬件,程序的可移植性差。

③高级语言。高级语言比较接近日常用语,对机器依赖性低,是适用于各种机器的计算

机语言,其表达方式更接近于被描述的问题,更易被人们掌握和书写。

阶段 2 单片微型计算机

单片微型计算机(Single Chip Microcomputer,简称 SCM)是大规模集成电路技术发展的产物,它将中央处理器(CPU)、存储器(ROM/RAM)、输入/输出接口、定时器/计数器等计算机的主要部件集成在一片芯片上,又称为单片机或微控制器。单片机配上适当的外部设备和软件,便可构成一个单片机应用系统。单片机具有集成度高、体积小、功耗低、控制功能强、扩展灵活、微型化、使用方便、价格低和抗干扰能力强等特点,被广泛应用于工农业生产、国防、科研及日常生活等各个领域。

1. 单片机技术的发展

1974年,美国 Fairchild 公司研制出世界上第一台由两块集成电路芯片组成的单片微型计算机 F8,从此单片机开始迅速发展。自 20 世纪 70 年代开始,从 4 位机和 8 位机到现在的 16 位机和 32 位机,单片机的功能越来越强大,应用范围也越来越广泛。单片机的发展历程通常可以分为以下几个阶段:

(1)第一代单片机(1974—1976年)。这是单片机发展的起步阶段。在这个时期生产的单片机属于 4 位机型,集成度低。典型的代表产品有 Intel 公司的 4004 四位单片机,主要应用于家用电器领域中。

(2)第二代单片机(1976—1978年)。这是单片机的发展阶段。这个时代生产的单片机属于低、中档 8 位机型,片内集成有 CPU、输入/输出接口、定时器和 ROM 等部件,是 8 位机的早期产品,存储器容量小、性能低,目前已很少应用。典型的产品有 Intel 公司的 MCS-48 系列单片机。

(3)第三代单片机(1978—1982年)。这一代单片机的存储容量和寻址范围都有扩大,而且增加了中断系统、并行 I/O 和定时器/计数器的个数,集成了全双工串行通信接口电路。代表产品有 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机。

(4)第四代单片机(1982—1990年)。这是 16 位单片机和 8 位高性能单片机并行发展的时代。16 位单片机的特点是工艺先进、集成度高和内部功能强,代表产品有 Intel 公司的 MCS-96 系列等。

(5)第五阶段(1990年至今)。这是单片机的全面发展阶段。随着单片机在各个领域全面、深入的发展和应用,国内外生产厂家不仅推出了很多适合不同领域要求的、高速的、大存储容量的、强运算能力的 8 位/16 位/32 位通用型单片机,而且不断涌现出大量的、用于单一领域的、廉价的专用型单片机。

2. 单片机的特点

单片机是微型计算机的一个重要分支,应用面很广,发展很快。自单片机诞生至今,已发展有上百种系列的近千个机种,单片机已成为工控领域、日常生活中使用最广泛的计算机。单片机的重要特点主要体现在以下几个方面:

(1)可靠性高。单片机采用三总线结构,抗干扰能力强,可靠性高。

(2)控制功能强。单片机具有判断和处理能力,可以直接对 I/O 接口进行各种操作(如输入、输出、位操作以及算术逻辑操作等),运算速度快,实时控制功能强。

(3)体积小、功耗低。由于单片机包含了运算器等基本功能部件,具有较高的集成度,因此由单片机组成的应用系统结构简单、体积小、功能全、电源单一、功耗低。

(4)使用方便。由于单片机内部功能强,系统扩展方便,因此应用系统的硬件设计非常简单。

(5)易于产品化。单片机具有功能强、价格便宜、体积小、插接件少、安装调试简单等特点,使单片机应用系统的性价比较高,同时单片机开发工具很多,这些开发工具都具有很强的软硬件调试功能,使单片机的应用开发极为方便,大大缩短了产品研制的周期,并使单片机应用系统易于产品化。

3. 单片机的分类

单片机的种类繁多,一般按单片机数据总线的位数进行分类,主要分为 4 位、8 位、16 位和 32 位单片机。

(1)4 位单片机。4 位单片机结构简单,价格便宜,非常适合用于控制单一的小型电子类产品,如 PC 机的输入装置(鼠标、游戏杆)、电池充电器、遥控器、电子玩具、小家电等。

(2)8 位单片机。8 位单片机是目前品种最为丰富、应用最为广泛的单片机。8 位单片机主要分为 51 系列和非 51 系列单片机。51 系列单片机以其典型的结构、众多的逻辑位操作功能,以及丰富的指令系统,堪称一代“名机”,目前,主要生产厂商有 Atmel(爱特梅尔)、Philips(飞利浦)、Winbond(华邦)等。非 51 系列单片机在中国应用较广的有 Microchip(微芯)的 PIC 单片机、Atmel 的 AVR 单片机、义隆的 EM78 系列以及 Motorola(摩托罗拉)的 68HC05/11/12 系列单片机等。

(3)16 位单片机。16 位单片机的操作速度及数据吞吐能力在性能上比 8 位机有较大提高。目前,应用较多的有 TI 的 MSP430 系列、凌阳的 SPCE061A 系列、Motorola 的 68HC16 系列、Intel 的 MCS-96/196 系列等。

(4)32 位单片机。与 16 位单片机相比,32 位单片机的运行速度和功能有大幅提高,随着技术的发展以及价格的下降,将会得到越来越广泛的应用。32 位单片机主要由英国 ARM 公司研制,因此,32 位单片机一般均指 ARM 单片机。严格来说,ARM 不是单片机,而是一种 32 位处理器内核(主要有 ARM7、ARM9、ARM9E、ARM10 等),它虽然由英国 ARM 公司开发,但 ARM 公司自己并不生产芯片,而是由授权的芯片厂商如 Samsung(三星)、Philips、Atmel、Intel(英特尔)等制造,芯片厂商可以根据自己的需要进行结构与功能的调整,因此,实际中使用的 ARM 芯片有很多型号。常见的 ARM 芯片主要有 Philips 的 LPC2000 系列、Samsung 的 S3C/S3F/S3P 系列等。

4. 单片机的应用

(1)在智能仪表中的应用。采用单片机制作测量和控制仪表,不仅简化了仪器仪表的硬

件结构,增强了控制功能,而且提高了测量速度和测量精度,使仪表向数字化、智能化、多功能化、柔性化发展,并使监测、处理、控制等功能一体化,减轻仪表的质量,使其便于携带和使用,同时降低成本,提高了性价比。典型的实例有数字式 RLC 测量仪、智能转速表、计时器等。

(2)在机电一体化中的应用。机电一体化产品集机械技术、电子技术、自动化技术和计算机技术于一身,是机械工业发展的方向。将单片机应用于机械行业,发挥它的体积小、可靠性高、功能强和安装方便等优点,提高了机器的自动化和智能化程度,促进了机电一体化的发展。

(3)在实时控制中的应用。控制系统特别是工业控制系统的工作环境恶劣,由于各种干扰很强,并且往往要求其能够进行实时控制,因此对于控制系统的要求是工作稳定、可靠、抗干扰能力强。单片机被广泛地应用于各种实时控制系统中,如对工业生产过程中温度、湿度、流量和压力等参数的测量和控制等。

(4)在分布式测控系统中的应用。分布式测控系统的主要特点是系统中有多个处理单元,各自完成特定的任务,可通过网络通信相互联系、协调工作,具有功能强、可靠性高的特点。单片机可作为一个处理单元应用于分布式测控系统中。

(5)在智能计算机外设中的应用。在计算机应用系统中,除了通用外部设备外,还有许多用于外部通信、数据采集、多路分配管理、驱动控制等方面的接口。如果这些外部设备和接口全部由主机管理,会造成主机负担过重、运行速度降低,并且无法提高对各种接口的管理能力。若采用单片机专门对接口进行控制和管理,则主机和单片机就能并行工作,这不仅大大提高了系统的运算速度,而且单片机还可对接口的信息进行预处理,以减少主机和接口间的通信密度,提高接口控制管理的能力,典型的示例有绘图仪控制器,磁带机、打印机的控制器等。

(6)在日常生活中的应用。由于单片机价格低廉、体积小、逻辑判断及控制功能强,因此被广泛地应用于日常生活的各个方面,如洗衣机、电冰箱、电子玩具、立体声音响和家用防盗系统等。

任务 2 信息的存储形式

任务描述: 了解计算机中数据的表示方法;
掌握各种数制及相互之间的转换方法;
理解编码的基本思想。

任务分析: 人类用文字、图表、数字表达和记录着世界上各种各样的信息,以进行处理和交流。现在可以把这些信息都输入到计算机中,由计算机来保存和处理,而计算机都使用二进制来表示数据,本任务所要讨论的就是用二进制来表示这些数据。

阶段 1 计算机中的数据

数据是指能够输入计算机并被计算机处理的数字、字母和符号的集合。经过收集、整理和组织起来的数据,能成为有用的信息。平常所看到的景象和听到的事实,都可以用数据来描述。可以说,只要计算机能够接受的信息都可叫数据。在计算机内部,数据都是以二进制的形式存储和运算的,数据的表示经常用到以下几个概念。

(1)位。二进制数据中的一个位(bit)简称为 b,音译为比特,是计算机存储数据的最小单位。一个二进制位只能表示 0 或 1 两种状态,要表示更多的信息,就要把多个位组合成一个整体,一般以 8 个二进制位组成一个基本单位。

(2)字节。字节是计算机存储数据的最基本单位,并主要以字节为单位解释信息。字节(Byte)简记为 B,规定一个字节为 8 位,即 $1\text{B}=8\text{bit}$ 。每个字节由 8 个二进制位组成。一般情况下,一个 ASCII 码占用一个字节,一个汉字国际码占用两个字节。

(3)字。一个字通常由一个或若干个字节组成。字(Word)是计算机进行数据处理时,一次存取、加工和传送的数据长度。由于字长是计算机一次所能处理信息的实际位数,所以,它决定了计算机数据处理的速度,是衡量计算机性能的一个重要指标,字长越长,性能越好。

计算机的型号不同,其字长也不同,常用的字长有 8、16、32 和 64 位。一般情况下,IBM PC/XT 的字长为 8 位,80286 微机的字长为 16 位,80386/80486 微机的字长为 32 位,Pentium 系列微机的字长为 64 位。

(4)数据的换算关系:

$$1\text{Byte}=8\text{bit}, 1\text{KB}=1\ 024\text{B}, 1\text{MB}=1\ 024\text{KB}, 1\text{GB}=1\ 024\text{MB}$$

【例 1-1】 一台微机,内存为 256MB,硬盘容量为 80GB,计算它们实际的存储字节数。

解 内存、硬盘的容量分别为

$$\text{内存容量}=256\times 1\ 024\times 1\ 024\text{B}=268\ 435\ 456\text{B}$$

$$\text{硬盘容量}=80\times 1\ 024\times 1\ 024\times 1\ 024\text{B}=85\ 899\ 345\ 920\text{B}$$

阶段 2 进位计数制

在数制中,要掌握 3 个概念,即数码、基数和位权。

数码:一个数制中表示基本数值大小的不同数字符号。例如,十进制有 10 个数码:0、1、2、3、4、5、6、7、8、9。

基数:一个数制所使用数码的个数。例如,十进制的基数为10,二进制的基数为2。

位权:一个数制中某一位上的1所表示数值的大小。例如,十进制数123中1的位权是100,2的位权是10,3的位权是1。

1. 十进制(Decimal notation)

(1)有10个数码:0、1、2、3、4、5、6、7、8、9。

(2)基数:10。

(3)逢十进一(加法运算),借一当十(减法运算)。

(4)按权展开式。对于任意一个 n 位整数和 m 位小数的十进制数 D ,均可按权展开为

$$D = D_{n-1} \cdot 10^{n-1} + \dots + D_1 \cdot 10^1 + D_0 \cdot 10^0 + D_{-1} \cdot 10^{-1} + \dots + D_{-m} \cdot 10^{-m}$$

【例 1-2】 将十进制数756.23写成按权展开式。

解 该数的展开式为

$$756.23 = 7 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 6 \times 10^0 + 2 \times 10^{-1} + 3 \times 10^{-2}$$

2. 二进制(Binary notation)

(1)有两个数码:0、1。

(2)基数:2。

(3)逢二进一(加法运算),借一当二(减法运算)。

(4)按权展开式。对于任意一个 n 位整数和 m 位小数的二进制数 D ,均可按权展开为

$$D = B_{n-1} \cdot 2^{n-1} + \dots + B_1 \cdot 2^1 + B_0 \cdot 2^0 + B_{-1} \cdot 2^{-1} + \dots + B_{-m} \cdot 2^{-m}$$

【例 1-3】 把 $(11010.101)_2$ 写成按权展开式。

解 该数表示成十进制数为

$$\begin{aligned} (11010.101)_2 &= 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} \\ &= (26.625)_{10} \end{aligned}$$

3. 十六进制(Hexadecimal notation)

(1)有16个数码:0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F。

(2)基数:16。

(3)逢十六进一(加法运算),借一当十六(减法运算)。

(4)按权展开式。对于任意一个 n 位整数和 m 位小数的十六进制数 D ,均可按权展开为

$$D = H_{n-1} \cdot 16^{n-1} + \dots + H_1 \cdot 16^1 + H_0 \cdot 16^0 + H_{-1} \cdot 16^{-1} + \dots + H_{-m} \cdot 16^{-m}$$

在16个数码中,A、B、C、D、E和F这6个数码分别代表十进制的10、11、12、13、14和15,这是国际上通用的表示法。

【例 1-4】 把十六进制数 $(4C5E.8)_{16}$ 写成按权展开式。

解 该数表示成十进制数为

$$(4C5E.8)_{16} = 4 \times 16^3 + C \times 16^2 + 5 \times 16^1 + E \times 16^0 + 8 \times 16^{-1} = (19\ 550.5)_{10}$$

二进制数与其他进制数之间的对应关系如表1-1所示。

表 1-1 三种常用进制之间的对照关系

十进制	二进制	十六进制	十进制	二进制	十六进制
0	0000	0	8	1000	8
1	0001	1	9	1001	9
2	0010	2	10	1010	A
3	0011	3	11	1011	B
4	0100	4	12	1100	C
5	0101	5	13	1101	D
6	0110	6	14	1110	E
7	0111	7	15	1111	F

阶段 3 常用计数制之间的转换

不同计数制之间进行转换应遵循转换原则。转换原则是:若两个有理数相等,则有理数的整数部分和分数部分一定分别相等。也就是说,若转换前两数相等,转换后必须相等,数制的转换要遵循一定的规律。

1. 二、十六进制数转换为十进制数

(1)二进制数转换为十进制数。将二进制数转换成十进制数,只要将二进制数用计数制的通用形式表示出来,计算出结果,便得到相应的十进制数,即以 2 为基数按权展开并相加。

(2)十六进制数转换为十进制数。与二进制数转换成十进制数的方法类似,方法是以 16 为基数按权展开并相加。

2. 十进制数转换为二进制数

(1)整数部分的转换。整数部分的转换采用的是除 2 取余倒序法。其转换原则是:将该十进制数除以 2,得到一个商和余数(K_0),再将商除以 2,又得到一个新商和余数(K_1),如此反复,得到的商是 0 时得到余数(K_{n-1}),然后将所得到的各位余数,以最后余数为最高位,最初余数为最低位依次排列,即 $K_{n-1}K_{n-2}\cdots K_1K_0$,这就是该十进制数对应的二进制数。

【例 1-5】 将 $(126)_{10}$ 转换成二进制数。

解

2	126	0	(K_0)	低
2	63	1	(K_1)	↑ 高
2	31	.....	1	(K_2)
2	15	.....	1	(K_3)
2	7	.....	1	(K_4)
2	3	.....	1	(K_5)
2	1	.....	1	(K_6)
			0		

结果为: $(126)_{10} = (1111110)_2$

(2) 小数部分的转换。小数部分的转换采用乘 2 取整顺序法。其转换原则是: 将十进制数的小数乘以 2, 取乘积中的整数部分作为相应二进制数小数点后最高位 K_{-1} , 反复乘 2, 逐次得到 K_{-2} 、 K_{-3} 、 \dots 、 K_{-m} , 直到乘积的小数部分为 0 或 1 的位数达到精确度要求为止; 然后把每次乘积的整数部分由上而下依次排列起来, $K_{-1}K_{-2}\dots K_{-m}$ 即所求的二进制数。

【例 1-6】 将 $(0.534)_{10}$ 转换成二进制数。

解

0 . 5 3 4				
×	2			
1 . 0 6 8		.....	1	(K_{-1})
×	2			
0 . 1 3 6		.....	0	(K_{-2})
×	2			
0 . 2 7 2		.....	0	(K_{-3})
×	2			
0 . 5 4 4		.....	0	(K_{-4})
×	2			
1 . 0 8 8		.....	1	(K_{-5})

高

↓

低

结果为: $(0.534)_{10} = (0.10001)_2$

【例 1-7】 将 $(48.125)_{10}$ 转换成二进制数。

解 对于这种既有整数部分又有小数部分的十进制数, 可将其整数部分和小数部分分别转换成二进制数, 再把两者连接起来即可。

因为 $(48)_{10} = (110000)_2$, $(0.125)_{10} = (0.001)_2$

所以 $(48.125)_{10} = (110000.001)_2$

3. 二进制数与十六进制数的相互转换

(1) 二进制数转换成十六进制数。二进制数转换成十六进制数的转换原则是“四位并一位”, 即以小数点为界, 整数部分从右向左每 4 位为一组, 若最后一组不足 4 位, 则在最高位前面添 0 补足 4 位, 然后从左边第一组起, 将每组中的二进制数按权数相加得到对应的十六进制数, 并依次写出即可; 小数部分从左向右每 4 位为一组, 若最后一组不足 4 位, 则在尾部用 0 补足 4 位, 然后按顺序写出每组二进制数对应的十六进制数。

【例 1-8】 将 $(1111101101.0001101)_2$ 转换成十六进制数。

解

0011	1110	1101	.	0001	1010
↓	↓	↓	↓	↓	↓
3	E	D	.	1	A

结果为: $(1111101101.0001101)_2 = (3ED.1A)_{16}$

(2) 十六进制数转换成二进制数。十六进制数转换成二进制数的转换原则是“一位拆四

位”，即把 1 位十六进制数写成对应的 4 位二进制数，然后按顺序连接即可。

【例 1-9】 将 $(C51.BA7)_{16}$ 转换为二进制数。

解

C	5	1	.	B	A	7
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
1100	0101	0001	.	1011	1010	0111

结果为： $(C51.BA7)_{16} = (110001010001.101110100111)_2$

4. 数制书写约定

在书写计算机程序时，一般不用基数作为下标来区分各种进制，而是用相应的英文字母作后缀来表示各种进制的数。

二进制数，在数字后面加字母 B(Binary)，如 1100101B。

十进制数，在数字后面加字母 D(Decimal)，如 6859D。一般 D 可省略，即无后缀的数字为十进制数，如 6859。

十六进制数，在数字后面加字母 H(Hexadecimal)，如 9FE7BH。

阶段 4 数值数据的表示

1. 机器数和真值

在计算机中，使用的二进制数只有 0 和 1 两种。一个数在计算机中的表示形式称为机器数。机器数所对应的原来的数值称为真值。由于采用二进制必须把符号数字化，通常是用机器数的最高位作为符号位，仅用来表示数符，其数值位为真值的绝对值。若符号位为 0，则表示正数；若符号位为 1，则表示负数。机器数也有不同的表示法，常用的有 3 种：原码、补码和反码。假设用 8 位二进制数表示一个数，如图 1-2 所示。

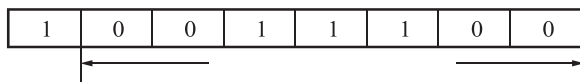


图 1-2 用 8 位二进制表示一个数

在数的表示中，机器数与真值的区别是：真值带符号如 -0011100 ，机器数不带符号，最高位为符号位，如 10011100 ，其中最高位 1 代表符号位。例如，真值 -0111001 对应的机器数为 10111001 ，其中最高位为 1，表示该数为负数。

2. 原码、反码、补码的表示

在计算机中，符号位和数值位都是用 0 和 1 表示，在对机器数进行处理时，必须考虑到符号位，这种考虑的方法就是对符号和数值的编码方法。常见的编码方法有原码、反码和补码 3 种。在计算机中，有符号数一般用补码表示，无论是加法还是减法都可采用加法运算，而且是连同符号位一起进行的，运算结果仍为补码。

(1) 原码的表示。一个数 X 的原码表示为：符号位用 0 表示正，用 1 表示负；数值位为 X

的绝对值的二进制形式。记 X 的原码表示为 $[X]_{\text{原}}$ 。

当 $X = +1100100$ 时, $[X]_{\text{原}} = 01100100$ 。

当 $X = -1110001$ 时, $[X]_{\text{原}} = 11110001$ 。

在原码表示中, 0 有两种表示方式:

当 $X = +0000000$ 时, $[X]_{\text{原}} = 00000000$ 。

当 $X = -0000000$ 时, $[X]_{\text{原}} = 10000000$ 。

(2) 反码的表示。一个数 X 的反码表示: 若 X 为正数, 则其反码和原码相同; 若 X 为负数, 在原码的基础上, 符号位保持不变, 数值位各位取反。记 X 的反码表示为 $[X]_{\text{反}}$ 。

当 $X = +1100100$ 时, $[X]_{\text{原}} = 01100100, [X]_{\text{反}} = 01100100$ 。

当 $X = -1110001$ 时, $[X]_{\text{原}} = 11110001, [X]_{\text{反}} = 10001110$ 。

在反码表示中, 0 也有两种表示形式:

当 $X = +0000000$ 时, $[X]_{\text{反}} = 00000000$ 。

当 $X = -0000000$ 时, $[X]_{\text{反}} = 11111111$ 。

(3) 补码的表示。一个数 X 的补码表示: 当 X 为正数时, X 的补码与 X 的原码相同; 当 X 为负数时, X 的补码符号位与原码相同, 其数值位取反加 1。记 X 的补码表示为 $[X]_{\text{补}}$ 。

当 $X = +1110100$ 时, $[X]_{\text{原}} = 01110100, [X]_{\text{补}} = 01110100$ 。

当 $X = -1110001$ 时, $[X]_{\text{原}} = 11110001, [X]_{\text{补}} = 10001111$ 。

在补码表示中, 0 只有一种表示方式:

当 $X = +0000000$ 时, $[X]_{\text{补}} = 00000000$ 。

当 $X = -0000000$ 时, $[X]_{\text{补}} = 00000000$ 。

3. BCD 码

用二进制编码表示的十进制数称为二-十进制数, 简称 BCD(Binary Coded Decimal) 码。BCD 码保留了十进制数的权, 并用四位二进制数给 0~9 这 10 个数字编码。BCD 码的种类较多, 如有 8421 码、2421 码和余 3 码等。最常用的是 8421BCD 码(以下简称 BCD 码), 8421BCD 码与十进制数的对应关系如表 1-2 所示。

表 1-2 BCD 码和十进制数的对照表

十进制数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BCD 码	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001

阶段 5 非数值数据的表示

在计算机中, 使用的数据有数值数据和非数值数据两大类。其中, 数值数据用于表示数量意义; 非数值数据又称为符号数据, 包括字母和符号等。计算机除了处理数值信息外, 大量处理的是字符信息。例如, 将用高级语言编写的程序输入到计算机时, 人与计算机通信所用的语言就不再是一种纯数字语言, 而是字符语言。由于计算机只能存储二进制数, 这就需

要对字符进行编码,建立字符数据与二进制代码之间的对应关系,以便于计算机识别、存储和处理。这里介绍两种符号数据的表示。

1. 字符数据的表示

计算机中用得最多的符号数据是字符。对于字符的编码方案有很多种,但使用最广泛的是 ASCII 码(American Standard Code for Information Interchange)。ASCII 码是美国国家信息交换标准字符码,现在被采纳为一种国际通用的信息交换标准代码。

ASCII 码由 0~9 这 10 个数符,52 个大、小写英文字母,32 个符号及 34 个计算机通用控制符组成,共有 128 个元素。因为 ASCII 码总共为 128 个元素,故需用 7 个二进制位编码来表示,从 0000000 到 1111111 共有 128 种编码,可用来表示 128 个不同的字符。ASCII 码表的查表方式是:先查列(高三位),后查行(低四位),然后按从左到右的书写顺序完成,如 B 的 ASCII 码为 1000010。在存放 ASCII 码时,由于它的编码是 7 位,但计算机中常用的存储单位是 1 个字节,故仍以 1 字节来存放 1 个 ASCII 字符,每个字节中多余的最高位取 0。7 位 ASCII 字符编码表如表 1-3 所示。

表 1-3 ASCII 字符编码表

$d_6 d_5 d_4$ $d_3 d_2 d_1 d_0$	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	0	@	P	,	P
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0011	EXT	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	|
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SD	RS	.	>	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

2. 汉字的存储与编码

英语文字是拼音文字,所有文字均由 26 个字母拼组而成,所以使用一个字节表示一个字符足够了。但汉字是象形文字,汉字的计算机处理技术比英文字符复杂得多,一般用两个

字节表示一个汉字。由于汉字有一万多个,常用的也有六千多个,因此编码采用两字节(共14个二进制位)的低7位来表示。汉字交换码主要是用做汉字信息交换的。以国家标准局1980年颁布的《信息交换用汉字编码字符集基本集》(代号为GB 2312—1980)规定的汉字交换码作为国家标准汉字编码,简称国标码。

国标GB 2312—1980规定,所有的国际汉字和符号组成一个 94×94 的矩阵。在该矩阵中,每一行称为一个“区”,每一列称为一个“位”,这样就形成了94个区号(01~94)和94个位号(01~94)的汉字字符集。国标码中有6 763个汉字和682个其他基本图形字符,共计7 445个字符,其中规定一级汉字3 755个,二级汉字3 008个,图形符号682个。一个汉字所在的区号与位号简单地组合在一起就构成了该汉字的“区位码”。

本章小结

计算机按规模、性能、用途和价格来分类,可分为巨、大、中、小、微型计算机5种。单片机是微型计算机的一个分支,其主要特点是集成度高、控制功能强、可靠性高、低功耗、低电压、外部总线丰富、功能扩展性强、体积小和性价比高。单片机按数据处理位数来分,可分为4位机、8位机、16位机和32位机4种;按适用范围,可分为通用型和专用型两种。

微型计算机由硬件系统和软件系统两大部分组成。其中,硬件部分主要由CPU、存储器、I/O接口和I/O设备组成,采用总线结构形式;软件部分包括系统软件和应用软件两大类。程序设计语言分为三级,分别是机器语言、汇编语言和高级语言。

在计算机中,常用的数制有十进制、二进制和十六进制3种。不同数制之间的转换都有一定的规则。例如,二进制数转换成十六进制数采用“四位合一”法,十六进制数转换成二进制数采用“一位分四位”法,十进制整数转换成二进制整数采用除2取余倒序法,十进制小数转换成二进制小数采用乘2取整顺序法。

有符号二进制数有三种表示法,即原码、反码和补码。在计算机中,有符号数一般用补码表示。BCD码的加、减法运算与十进制数的运算规则相同,必须对运算结果进行修正。ASCII码是国际通用的标准编码,采用7位二进制编码,分为图形字符和控制字符两类,共128个字符。

本章习题

1. 微型计算机包括哪几个主要组成部分? 各部分的功能是什么?
2. 解释名词: 位、字节、字、地址、存储容量、CPU、单片机。
3. 单片机有哪些主要特点,主要应用在哪些领域?

4. 写出下列有符号数的原码、反码和补码。(假设计算机字长为 8 位)

+45 -79 -16 +112

5. 写出字符 T9sENgJF12mdQv 在计算机内部的表示形式。

6. 回答问题：

(1) 8 位和 16 位无符号二进制数的表示范围分别是多少？

(2) 8 位和 16 位带符号二进制数的表示范围分别是多少？

7. 将下列十进制数转换成二进制数、十六进制数及 BCD 码。

(1) 119 (2) 35.25 (3) 63.5 (4) 0.65

8. 将下列二进制数转换成十进制数及十六进制数。

(1) 10111 (2) 1101110.101 (3) 1000011 (4) 0.11111

9. 将下列十六进制数转换成二进制数及十进制数。

(1) 8CH (2) 3D.69H (3) 0.F4H (4) EC.A7H

10. 求下列代码的二进制真值(数值部分 7 位)。

(1) $[X]_{\text{原}} = 01101110$ (2) $[X]_{\text{反}} = 10110111$

(3) $[X]_{\text{补}} = 01101101$ (4) $[X]_{\text{补}} = 11101100$

11. 写出十进制数、二进制数和十六进制数之间的转换规则。