

天津市高等教育规划教材

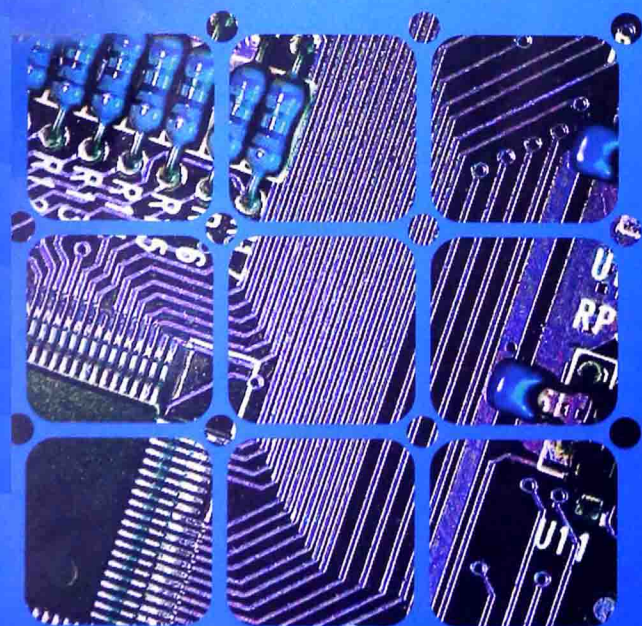
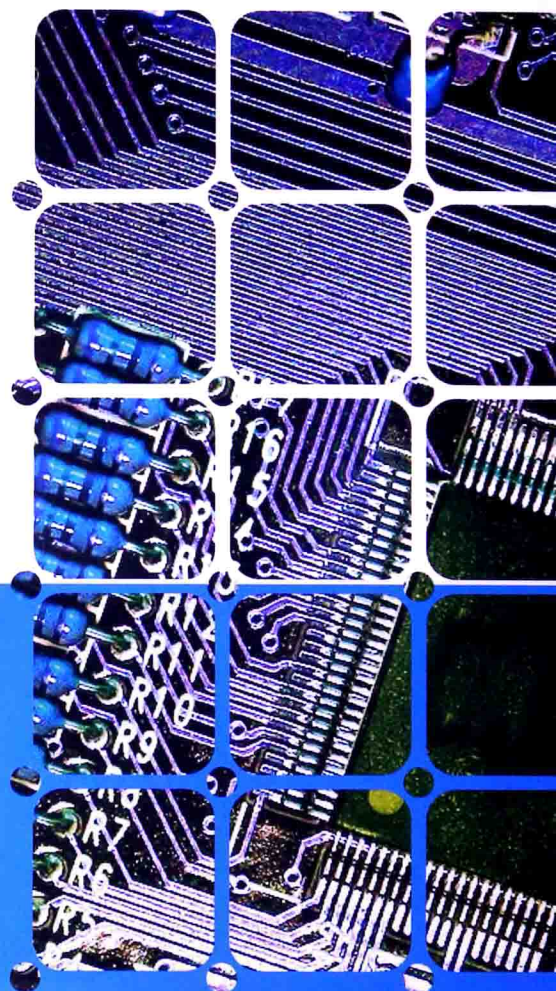
单片机

基础及应用

(第2版)

主编 赵 巍 冯 娜

清华大学出版社



天津市高等教育规划教材

单片机基础及应用

(第2版)

主编

赵 巍 冯 娜

清华大学出版社

内 容 简 介

本书针对非电类专业单片机课程学时少、内容多的特点,从实用角度出发,系统地介绍了 80C51 单片机的原理,详细地介绍了单片机的应用及开发流程,是一本重在应用、兼顾基本理论的实用教程。

全书共 8 章和 3 个附录,内容包括:单片机基础知识、数制及编码、单片机的硬件结构、单片机指令系统、单片机程序设计、单片机并行存储器扩展、单片机的中断与定时系统、单片机串行通信、单片机课程实验、单片机教学展示板及单片机设计项目。全书的例题、实验均经过实践检验,具有可行性,每章都配有练习题以巩固所学知识。

本书深入浅出,理论与实践紧密结合,可以作为非电类专业的教材,也可作为单片机爱好者的自学用书。

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

单片机基础及应用/赵巍,冯娜主编.--2 版.--北京:清华大学出版社,2014
ISBN 978-7-302-31940-5

I. ①单… II. ①赵… ②冯… III. ①单片微型计算机 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 078129 号

责任编辑:庄红权

封面设计:傅瑞学

责任校对:赵丽敏

责任印制:王静怡

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

印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:11.25 字 数:274 千字

版 次:2009 年 8 月第 1 版 2014 年 3 月第 2 版 印 次:2014 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:22.00 元

产品编号:052663-01

第2版 前言

单片机技术是计算机技术发展的一个重要分支。由于单片机具有集成度高、体积小、可靠性高、价格便宜等特点,在机电一体化、工业控制、仪器仪表、家用电器、信息和通信产品、军事装备等领域均得到了广泛的应用。

考虑到目前 8 位单片机应用最为广泛,所以本书以 8 位机中有代表性的 80C51 单片机为例,详细介绍了单片机的基本原理和应用。

从作者的学习经历和以往的教学经验来看,对于学机械的学生而言,一接触到电学、计算机内部结构的知识,就觉得深不可测,无从下手,所以本教材力争将抽象的形象化,将复杂的简单化,对各章节的内容都进行了结构化、图例化、实用化的调整,并开发了一套小型、实用的演示系统,书中的例题可在此教学系统下实时运行、演示,可以提高学生的学习兴趣,使学生真正掌握单片机应用技术。

本教材具有以下的特点。

(1) 详略得当,重点突出。针对学时少,内容多的特点,采用实用内容详讲,专业性强的内容略讲的策略。如乘除法指令用得较少,所以略讲;并行口结构仅以 P0 口为例简单介绍,达到会用即可;存储器详细说明。

(2) 理论与实践紧密结合。程序的三种典型结构与实验紧密结合,可以在课堂上讲解本书例题,详细介绍编程思路,在实验课上主要解决编程、调试等环节的训练。

(3) 知识表达方式多样化。例如,将枯燥乏味的指令归类介绍;对于重要的堆栈概念,采用理论分条介绍并举实例绘图解释的方式,即使自学也很容易理解。

(4) 给出了应知应会的常用数值及转换结果。

(5) 详细介绍了 Keil C 调试环境。

(6) 给出由单片机组成的控制系统的开发流程:程序编制→调试→仿真→下载→程序运行,可以给初学者指明学习方向。

为了方便读者学习,本书中还附有实验内容以及相关习题。

作者对第 1 版教材作了认真地修改,并在第 1 版的基础上增加了串口通信内容及相关实验、练习项目。各项目的设定本着循序渐进、由浅入深的原则,并采用汇编和 C 语言两种语言编写,旨在培养学生缜密的逻辑思维和良好的编程习惯。通过以上项目,使学生学会发脉冲,学会查表,学会使用中断等,这些可供教师授课及学生课后练习使用。

本书由赵巍、冯娜主编,具体分工如下:第 1 章由刘玉山编写,第 2 章由邹宾编写,第 3、6 章由赵巍编写,第 4、7 章由冯娜、李彬编写,第 5 章由撒昱、邹宾编写,



第8章由郭晓河编写,附录A由郭晓河、郝立国编写,附录B由赵巍、杨威编写,附录C由王宽、撒昱编写,全书由赵巍统稿。在本书的编写过程中参考了一些单片机教材和资料,特向相关作者表示真诚的感谢。

本教材为天津市高等教育规划教材,同时获得教育部人文社会科学研究青年基金项目《基于“T+I CDIO”理念的工学结合人才培养模式研究与实践》(12YJC880039)的资助。

鉴于本书作者水平有限,书中不可避免地存在缺点、错误,敬请各位读者批评指正。联系方式 zhaoweitj2013@126.com。

作 者

2013年12月

第 1 章 单片机基础知识	1
1.1 单片机的概念	1
1.1.1 单片机的名称	1
1.1.2 单片机和单片机系统	2
1.2 单片机的发展与应用	3
1.2.1 单片机的发展	3
1.2.2 MCS-51 系列单片机	3
1.2.3 80C51 系列单片机	3
1.2.4 单片机的应用	4
练习题	5
第 2 章 计算机中的数制及编码	6
2.1 二进制数与数制	6
2.1.1 进位计数制	6
2.1.2 二进制数及在计算机中的应用	7
2.1.3 其他进制数	9
2.1.4 不同进制数的转换	10
2.2 计算机中数据的表示方法	12
2.2.1 无符号数的表示方法	12
2.2.2 带符号数的表示方法	12
2.2.3 十进制数的表示方法	14
2.2.4 字符数据的表示方法	14
练习题	15
第 3 章 80C51 单片机的硬件结构	17
3.1 80C51 单片机的结构及信号引脚	17
3.1.1 80C51 单片机的总体结构	17
3.1.2 80C51 单片机的内部逻辑结构	18
3.1.3 80C51 单片机的信号引脚	20
3.2 80C51 单片机的内部存储器	22
3.2.1 内部的数据存储器	22
3.2.2 内部的程序存储器	26



3.2.3 堆栈操作	27
3.3 80C51 单片机的并行 I/O 口	28
3.4 80C51 单片机的时序单位	31
3.5 80C51 单片机的系统复位	31
3.6 80C51 单片机的低功耗功能	32
练习题	32
第 4 章 80C51 单片机指令系统	34
4.1 单片机指令系统概述	34
4.1.1 指令概述	34
4.1.2 指令格式和指令的表示形式	34
4.1.3 指令中的常用符号	36
4.1.4 指令的字节数和指令周期	37
4.2 80C51 单片机指令寻址方式	39
4.2.1 立即寻址	39
4.2.2 直接寻址	40
4.2.3 寄存器寻址	41
4.2.4 寄存器间接寻址	41
4.2.5 变址寻址	42
4.2.6 相对寻址	43
4.2.7 位寻址	43
4.3 80C51 单片机指令分类介绍	44
4.3.1 数据传送指令	44
4.3.2 算术运算指令	48
4.3.3 逻辑运算及移位指令	52
4.3.4 位操作指令	54
4.3.5 控制转移指令	57
练习题	62
第 5 章 80C51 单片机汇编语言程序设计	63
5.1 单片机程序设计语言概述	63
5.1.1 单片机常用的三种程序设计语言	63
5.1.2 汇编语言语句的种类和格式	64
5.1.3 汇编过程	67
5.1.4 汇编语言程序设计过程	68
5.2 汇编语言基本结构	68
5.2.1 顺序程序设计	68
5.2.2 分支程序设计	70
5.2.3 循环程序设计	76

5.2.4 子程序设计	80
练习题	82
第6章 单片机并行存储器扩展	83
6.1 80C51 单片机的并行扩展总线	84
6.2 存储器分类	86
6.3 并行扩展系统的芯片选取	89
6.4 存储器并行扩展	90
6.4.1 程序存储器并行扩展	90
6.4.2 数据存储器并行扩展	92
6.5 80C51 单片机存储器系统的特点和区分方法	94
练习题	96
第7章 单片机的中断与定时系统	97
7.1 中断的用途	97
7.2 80C51 单片机的中断系统	99
7.2.1 80C51 单片机的中断源	99
7.2.2 80C51 单片机的中断系统控制寄存器	100
7.2.3 80C51 单片机的中断响应过程	102
7.2.4 中断服务程序	103
7.3 80C51 单片机的定时器/计数器	104
7.3.1 用于定时器/计数器控制的寄存器	105
7.3.2 定时器的工作方式	106
练习题	106
第8章 80C51 单片机串行通信	107
8.1 异步串行通信的基本概念	108
8.1.1 异步串行通信的字符格式	108
8.1.2 串行通信的传输方式	108
8.1.3 串行通信的传送速率	109
8.2 51 系列单片机的串行通信接口	109
8.2.1 串行口的结构及工作原理	109
8.2.2 串行口的工作方式与波特率	111
8.3 串行通信接口的编程	112
练习题	113
附录A 单片机课程实验	115
实验1 数据传送、算术运算指令实验	115
实验2 逻辑操作、位操作和控制转移指令实验	130

实验 3	3/8 线译码器实验	133
实验 4	中断程序设计实验	135
实验 5	定时器/计数器实验	137
实验 6	串口通信实验	140
附录B	单片机教学展示板	143
附录C	单片机项目设计	150
项目 1	让某一盏 LED 点亮(顺序结构)	150
项目 2	让一盏 LED 闪烁(循环结构)	151
项目 3	让 LED 形成流水灯(循环结构)	153
项目 4	一位七段 LED 显示“1”(静态的顺序结构)	155
项目 5	一位七段 LED 显示“0~8”(静态)	158
项目 6	四位一体七段 LED 数码管显示“859”(动态)	160
项目 7	控制步进电机旋转	163
项目 8	3/8 译码器控制 LED 循环点亮	165
项目 9	定时器中断控制步进电机旋转	167
参考文献		172

单片机基础知识

本章重点

- (1) 掌握单片机基本概念;
- (2) 了解单片机的发展历程;
- (3) 掌握 80C51 系列单片机的特点;
- (4) 了解单片机的应用领域。

1.1 单片机的概念

微型计算机自 1971 年问世以来(第一台电子计算机 1946 年问世),由于实际应用的需要,其发展方向出现了两个分支,一个是向高速度、大容量、高性能的高档微机方向发展;另一个则向稳定可靠、体积小、价格低的单片机方向发展。但两者在技术上和原理上是紧密联系的。

微型计算机包括中央处理器(central processing unit, CPU),只读存储器(read only memory, ROM)和随机存储器(random access memory, RAM),输入/输出接口及其他功能部件,如定时器/计数器、中断系统等。它们通过地址总线(address bus, AB)、数据总线(data bus, DB)和控制总线(control bus, CB)连接起来,通过输入/输出与外部设备及外围芯片相连。CPU 中配置有指令系统,计算机系统中配有监控程序、系统操作软件及用户应用软件。

1.1.1 单片机的名称

单片机是将微型计算机的主要组成部分集成在一个芯片上的微型计算机(图 1.1)。具体地说就是把中央处理器(CPU)、随机存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、中断系统、定时器/计数器以及 I/O 接口电路等集成在一块芯片上的微型计算机。换一种说法,单片机就

是不包括输入/输出设备、不带外部设备的微型计算机,相当于一个没有显示器,没有键盘,不带监控程序的单板机。虽然单片机只是一个芯片,但从组成和功能上看,它已具有了计算机系统的属性,因此称它为单片微型计算机(single chip micro-computer,SCMC),简称单片机。

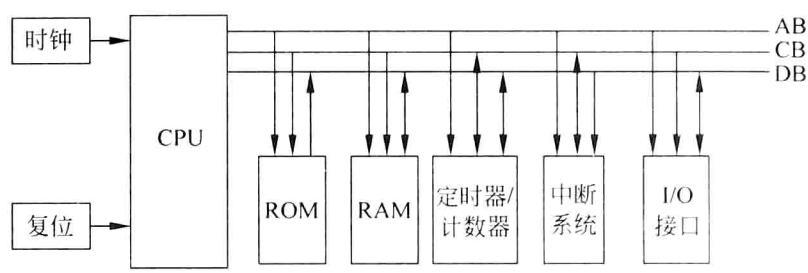


图 1.1 单片机的系统结构

单片机主要应用在控制领域,用以实现各种测试和控制功能,为了强调其控制属性,单片机也被称为微控制器(micro-controller unit,MCU)。

另外,单片机在应用时通常处于被控系统的核心地位并融入其中,即以嵌入的方式进行使用,所以,为了强调其“嵌入”的特点,也常常将单片机称为嵌入式微控制器(embedded micro-controller unit,EMCU),在单片机的电路和结构中有许多嵌入式应用的特点。

1.1.2 单片机和单片机系统

单片机(见图 1.2)只是一个芯片,而单片机系统(见图 1.3)则是在单片机芯片的基础上扩展其他电路(如时钟电路、复位电路)或芯片(扩展存储器等)构成的具有一定应用功能的计算机系统。

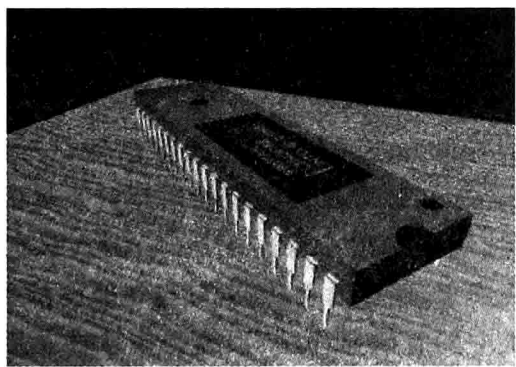


图 1.2 单片机

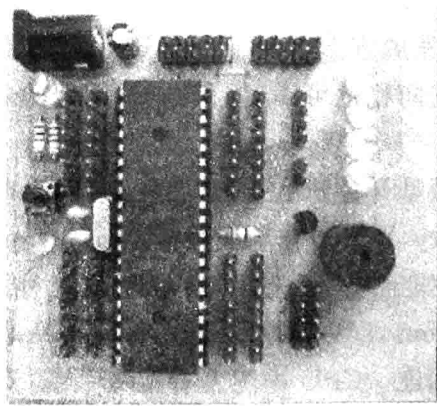


图 1.3 单片机系统

通常所说的单片机系统都是单片机应用系统,是为实现某控制需要由用户设计的。单片机应用系统是一个在单片机系统的基础上加上接口电路,如前向通道(传感器通道接口)、后向通道(伺服驱动、控制通道接口)、人机交互通道(键盘、显示器、打印机)以及应用程序等,而组建的计算机应用系统。在单片机应用系统中,单片机处于核心地位,是构成单片机系统的硬件和软件的基础。

1.2 单片机的发展与应用

1.2.1 单片机的发展

自从 1971 年美国 Intel 公司首先研制出 4 位单片 4004 以来,单片机大概经历了四个阶段的发展。

(1) 萌芽阶段(1971—1976),该阶段主要以 4 位单片机和 8 位单片机的初级产品为主。这时的单片机制造工艺落后,集成度也较低,并且采用电子双片的形式,主要用于仪器、仪表、民用电器和计算器。

(2) 发展阶段(1976—1980),此时出现了各种各样的 8 位单片机,其中以 Intel 公司的 MCS-48 系列单片机为代表,这类单片机采用了单片结构,将 CPU 和计算机外围电路集成在一个芯片上,它采用 8 位 CPU,多个并行 I/O 口,一个 8 位定时器/计数器,但不带串行口。它的出现使单片机与通用 CPU 开始分道扬镳,构成新的工业控制器。

(3) 8 位单片机成熟阶段(1980—1983),此阶段以 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机为代表,产生了各种高性能的单片机。这类单片机集成了全双工串行通信口和多个 16 位定时器/计数器。存储容量进一步扩大,片内资源进一步丰富,得到了广泛的应用。

(4) 高性能单片机发展阶段(1983 年以后),1983 年 Intel 公司推出 16 位单片机 MCS-96 以后,各大厂商也分别推出了高性能单片机,单片机位数有的达到了 32 位。但是在此阶段,8 位单片机仍有很大的市场应用。此外,专用化也是单片机的一个发展方向。

1.2.2 MCS-51 系列单片机

MCS-51 可分为两个子系列和 4 种类型,如表 1.1 所示。按资源的配置数量,MCS-51 系列分为 51 和 52 两个子系列,其中 51 子系列是基本型,而 52 子系列属于增强型。

表 1.1 MCS-51 系列单片机分类

资源配置 子系列	片内 ROM 的形式				片内 ROM 容量	片内 RAM 容量	定时器/ 计数器	中断源
	无	ROM	EPROM	E ² PROM				
8×51 系列	8031	8051	8751	8951	4KB	128B	2×16	5
8×C51 系列	80C31	80C51	87C51	89C51	4KB	128B	2×16	5
8×52 系列	8032	8052	8752	8952	8KB	256B	3×16	6
8×C252 系列	80C32	80C52	87C52	89C52	8KB	256B	3×16	6

1.2.3 80C51 系列单片机

MCS-51 系列单片机采用两种半导体工艺生产。一种是 HMOS 工艺,即高速度、高密度、短沟道 MOS 工艺。另外一种 CHMOS 工艺,即互补金属氧化物的 HMOS 工艺。表 1.1 中,芯片型号中带有字母“C”的为 CHMOS 芯片,其余均为一般的 HMOS 芯片。

CHMOS 工艺是 CMOS 和 HMOS 的结合,既保持了 HMOS 高速度和高密度的特点,又具有 CMOS 低功耗的特点。

80C51 系列原来是 Intel 公司 MCS-51 系列中一个采用 CHMOS 制造工艺的品种。自 Intel 公司将 MCS-51 系列单片机实现技术开放政策后,许多公司诸如 Philips、Dallas、Siemens、ATMEL、华邦和 LG 等公司都以 MCS-51 系列中的基础结构 8051 为内核,推出了具有优异性能的各具特色的单片机。所以,现在的 80C51 已不限于 Intel 公司,而是把所有以 8051 为内核的各种型号的 80C51 兼容机型统称为 80C51 系列。

80C51 与 8051 的比较如下:

(1) 8051 系列芯片采用 HMOS 工艺,而 80C51 芯片则采用 CHMOS 工艺。

(2) 80C51 芯片具有 COMS 低功耗的特点。例如 8051 芯片的功耗为 630mW,而 80C51 的功耗只有 120mW。

(3) 80C51 在功能上增加了待机和掉电保护两种工作方式,以保证单片机在掉电情况下能以最低的消耗电流维持。

(4) 在 80C51 系列芯片中,内部程序存储器除了 ROM 型和 EPROM 型外,还有 E²PROM 型,例如 89C51 就有 4KB E²PROM。并且随着集成技术的提高,80C51 系列片内程序存储器的容量也越来越大,目前已有 64KB 的芯片了。另外,许多 80C51 芯片还具有程序存储器保密机制,以防止应用程序泄密或被复制。

1.2.4 单片机的应用

由于单片机具有集成度高、体积小、可靠性高、价格便宜等特点,其在机电一体化、工业控制、仪器仪表和家用电器等领域得到了广泛的应用。

1. 机电一体化

机电一体化是机械工业的发展方向,机电一体化产品是指集机械技术、通信技术、计算机技术于一体,具有智能化特征的机电产品。单片机作为机电一体化产品中的控制器,能发挥其体积小、控制功能强的优点。

2. 工业控制

单片机广泛应用于各种控制系统中,如数控机床、工业机器人、温度控制和电能仪表等。

3. 仪器仪表

在各种仪器仪表中引入单片机,使仪器仪表数字化、智能化、微型化,可以提高仪器仪表的智能化程度和测量精度,简化仪器仪表的硬件结构。在仪器仪表中大量使用单片机已是一种趋势,单片机的使用使仪器仪表的智能化取得了令人瞩目的进展。

4. 家用电器

家用电器普遍采用单片机取代传统的控制电路,如洗衣机、电冰箱、空调、彩电、微波炉、照相机、音频设备和遥控器等。家用电器配上单片机后,功能增强,智能化程度提高,使用方便。

5. 信息和通信产品

信息和通信产品的自动化和智能化程度很高,单片机在其中发挥了重要作用,如键盘、打印机、传真机、复印机、考勤机和电话机等。

6. 军事装备

在现代化的飞机、军舰、坦克、大炮、导弹火箭和雷达等各种军用装备上,都有单片机深入其中。

练 习 题

1. 何谓单片机,单片机由哪些部分组成,与微机相比单片机有何特点?
2. 简述单片机的应用领域。
3. 结合生产、生活中的实例简要说明单片机在其中的作用。
4. 查资料,说明冯·诺依曼结构和哈弗结构的区别。

第 2 章

计算机中的数制及编码

本章重点

- (1) 掌握数制的概念及不同数制之间的转换;
- (2) 掌握进制数的运算法则;
- (3) 了解原码、反码、补码的概念及应用;
- (4) 理解位、字节、字的定义及相互关系;
- (5) 掌握 ASCII 码及 BCD 码的应用。

2.1 二进制数与数制

二进制数是计算机工作的基础,在计算机中只能使用二进制数。所有指令、数据、字符和地址的表示,以及它们的存储、处理和传送都是以二进制形式进行的,因此计算机的电路逻辑和处理方法也都是按二进制的原则实现的。可以说,没有二进制就没有电子计算机。

2.1.1 进位计数制

进位制的最大特点是:同样的数字符号,由于在数字序列中所处的位置不同,因而它所代表的数值就不同。

例如十进制数 288.45,从左数第 2 位和第 3 位都是“8”,但它们所代表的值不同,第 2 位的“8”代表 8 个 10,第 3 位的 8 代表 8 个 1,根据每一位代表的数值不同,可以将 288.45 写成如下形式:

$$288.45 = 2 \times 10^2 + 8 \times 10^1 + 8 \times 10^0 + 4 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$$

上式中,各位数的值为该位数字乘以一个系数,通常把该系数称作该位数的权。数的位置不同,权的大小也就不同,但它们都是 10 的幂的形式,其中整数位的权从低位向高位依次

为 $10^0, 10^1, 10^2, \dots$; 小数位的权依次为 $10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, \dots$ 。综上所述,进位数制具有如下特点:

- 每一种进位数制的数字符号的个数等于计数制的基数;
- 逢基数进一;
- 数字的权与其位置有关,且为基数的幂的形式。

对十进制数而言,共有十个数字符号,即 1,2,3,4,5,6,7,8,9,0。基数是 10,逢 10 进位,各位数的权是 10 的幂。

2.1.2 二进制数及在计算机中的应用

1. 二进制数

二进制数(binary)只有两个数字符号,即 0,1。基数是 2,逢 2 进位,各位数的权是 2 的幂。表示二进制数时,为了区别其他进制数,一般在数字后加“B”。

例如,二进制数 1011.01B,可以写成:

$$1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = 8 + 0 + 2 + 1 + 0 + 0.25 = 11.25$$

2. 二进制数的单位

(1) 位(bit)。指二进制数的位。位是数的最小单位,bit 是英文名称,中文称作“比特”。

(2) 字节(byte)。8 位二进制数成为一个字节,其英文名称是 byte,使用时常用大写字母 B 表示。字节是最基本的数据单位,计算机的数据、代码、指令、地址多以字节为单位。

(3) 字(word)。字是一台计算机上所能并行处理的二进制数,字的位数(或长度)称为字长。字长必须是字节的整数倍。如 MCS-51 单片机字长为 8 位,MCS-96 单片机字长为 16 位,在微机中还有 32 位、64 位的计算机。

3. 二进制数的算术运算

二进制数只有 0、1 两个数字,其算术运算较为简单,加、减法遵循“逢二进一”和“借一当二”的原则。

1) 二进制的加法

运算规则:

$$0+0=0$$

$$1+0=1$$

$$0+1=1$$

$$1+1=0(\text{进位为 } 1)$$

例 2.1 求 $1001\text{B}+1011\text{B}$ 。

解

$$\begin{array}{r} 1001 \\ +) 1011 \\ \hline 10100 \end{array}$$

2) 二进制数减法

运算规则:

$$\begin{aligned} 0-0 &= 0 \\ 1-0 &= 1 \\ 0-1 &= 1 \text{ (借位为 1)} \\ 1-1 &= 0 \end{aligned}$$

例 2.2 求 1100B-111B。

解

$$\begin{array}{r} 1100 \\ -) 111 \\ \hline 0101 \end{array}$$

3) 二进制数乘法

运算规则:

$$\begin{aligned} 0 \times 0 &= 0 \\ 1 \times 0 &= 0 \\ 0 \times 1 &= 0 \\ 1 \times 1 &= 1 \end{aligned}$$

例 2.3 求 1011B×1101B。

解

$$\begin{array}{r} 1011 \\ \times) 1101 \\ \hline 1011 \\ 0000 \\ 1011 \\ +) 1011 \\ \hline 10001111 \end{array}$$

4) 二进制数除法

运算规则:

$$\begin{aligned} 0 \div 1 &= 0 \\ 1 \div 1 &= 1 \end{aligned}$$

例 2.4 求 10100101B÷1111B。

解

$$\begin{array}{r} 1011 \\ 1111 \overline{) 10100101} \\ \underline{1111} \\ 1011 \\ \underline{0000} \\ 10110 \\ \underline{1111} \\ 1111 \\ \underline{1111} \\ 0 \end{array}$$