



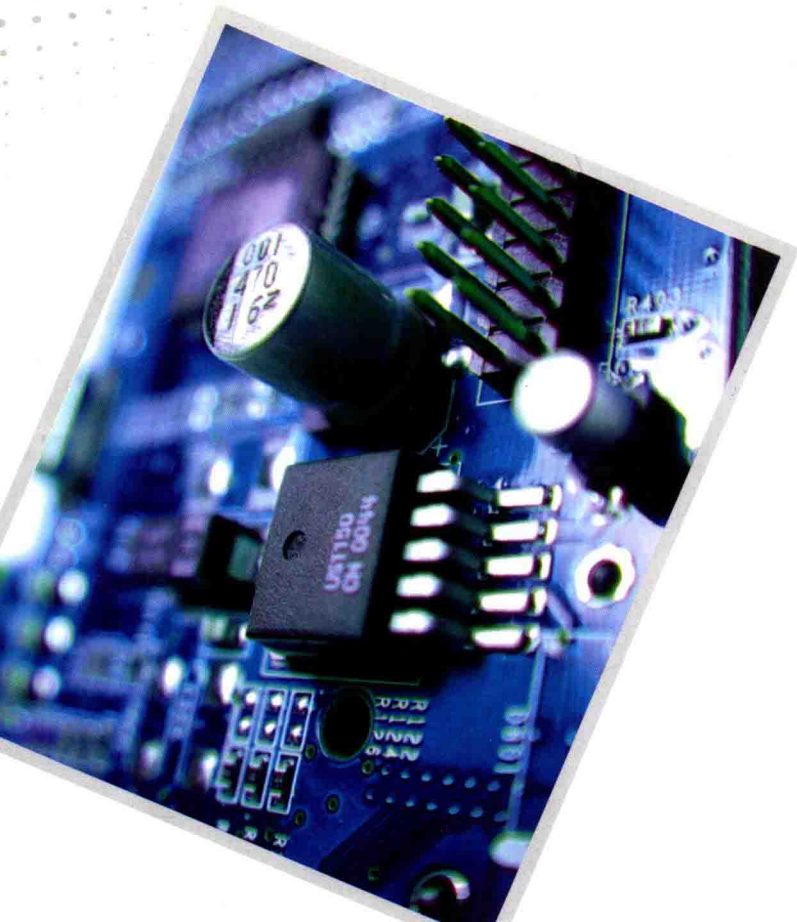
高职高专“十三五”规划教材

本书配有  
免费电子课件

# 单片机原理及应用 ——单片机基础

Dianpianji Yuanli ji Yingyong

◎ 主 编 郑毛祥 赵晓红



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

高职高专“十三五”规划教材

# 单片机原理及应用

## ——单片机基础

主 编 郑毛祥 赵晓红

华中科技大学出版社  
中国·武汉

## 内 容 提 要

全书共分为两册,分别为单片机基础、单片机接口技术。全书以 51 系列单片机为例,力求系统化、项目化。单片机基础共涉及 7 个项目:项目 1 为单片机基础知识;项目 2 为 MCS-51 单片机基本结构;项目 3 为 MCS-51 指令系统;项目 4 为汇编语言程序设计;项目 5 为中断系统;项目 6 为定时器及应用;项目 7 为 MCS-51 单片机串行接口。以上各项目的设置,针对性强,贴近高职、高专学生的实际需求。

本书适合作为高职、高专类院校的电子信息技术、电子应用技术、通信工程、电气工程、自动化及计算机应用等专业的教学用书,也可作为其他院校及相关专业教学、培训班教学的教材,还可作为从事单片机应用领域工作的工程技术人员的业务参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用:单片机基础/郑毛祥,赵晓红主编. —武汉:华中科技大学出版社,2015.3  
ISBN 978-7-5680-0777-1

I. ①单… II. ①郑… ②赵… III. ①单片微型计算机-高等职业教育-教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 066870 号

单片机原理及应用——单片机基础

郑毛祥 赵晓红 主编

策划编辑:周芬娜

责任编辑:周芬娜

封面设计:范翠璇

责任校对:马燕红

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉科源印刷设计有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:13.5

字 数:350千字

版 次:2015年5月第1版第1次印刷

定 价:27.80元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换  
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务  
版权所有 侵权必究

# 前 言

在我国各类高等院校中，机电一体化、电气自动化、应用电子、汽车电子、智能仪表控制等各类工科专业都开设了“单片机应用”这门课程。本课程实践性、理论性都很强，它需要电工电子技术、数字电子技术、传感器技术等基础课程的支撑，是一门计算机软、硬件有机结合的课程。

全书共分为两册。分别为单片机基础、单片机接口技术。全书以 51 系列单片机为例，力求系统化、项目化。单片机基础共涉及 7 个项目，分别为：单片机基础知识，MCS-51 单片机基本结构，MCS-51 指令系统，汇编语言程序设计，中断系统，定时器及应用，MCS-51 单片机串行接口等。单片机接口技术共涉及 8 个项目，分别为：最小单片机系统，存储器扩展，I/O 口扩展，显示与键盘，过程输入通道与接口，过程输出通道与接口，抗干扰技术，单片机控制系统设计及开发等。以上各项目的设计，针对性强，贴近高职高专学生的实际需求，全书循序渐进，实例引导，通俗易懂，容易激发学生的学习兴趣，增强学生的自信心和成就感。

全书注重理论与实践、教学与教辅相结合，深入浅出、层次分明、实例丰富、实用性强、可操作性强，全书每个任务的硬件电路和软件代码，都经过成功的调试，具有很强的可操作性。每个项目的习题，全部是相关知识的衍生，有很强的趣味性和实用性。全书在具体的任务上，以 51 系列单片机为控制主体，结合传统的知识体系，将理论融入项目中，融实训教学和理论教学于一体，适合“做一学一教”的教学方法，真正达到“理实一体，学做合一”的目标。

本书由武汉铁路职业技术学院郑毛祥、赵晓红任主编，石焱峰、但旭参与了本书的编写，全书由郑毛祥负责统稿。

为了方便教学，本书配有免费电子课件，请到华中科技大学出版社官方网站下载，网址：<http://www.hustp.com>。

由于作者水平有限，书中难免有不当之处，敬请读者批评指正。

编 者

2015 年 3 月



# 录

<b>项目 1 单片机基础知识</b> .....	1
知识目标 .....	1
能力目标 .....	1
任务一 单片机概述 .....	1
任务二 数制与二进制数的运算 .....	3
任务三 单片机中数的表示与字符编码 .....	9
任务四 基本逻辑单元与逻辑部件 .....	13
项目小结 .....	20
项目测试 .....	20
<b>项目 2 MCS-51 单片机基本结构</b> .....	22
知识目标 .....	22
能力目标 .....	22
任务一 MCS-51 单片机概述 .....	22
任务二 MCS-51 单片机 CPU 结构 .....	25
任务三 MCS-51 单片机存储器结构 .....	28
任务四 MCS-51 单片机并行输入/输出端口(Port) .....	34
任务五 MCS-51 单片机时钟电路与工作时序 .....	39
任务六 MCS-51 单片机外部引脚功能 .....	42
任务七 MCS-51 单片机工作原理 .....	44
任务八 MCS-51 单片机复位方式 .....	48
项目小结 .....	49
项目测试 .....	50
<b>项目 3 MCS-51 指令系统</b> .....	53
知识目标 .....	53
能力目标 .....	53
任务一 指令格式和寻址方式 .....	54
任务二 数据传送指令 .....	59
任务三 数据交换与堆栈指令 .....	65

任务四 算术运算指令 .....	69
任务五 逻辑运算及移位指令 .....	75
任务六 位操作指令 .....	80
任务七 控制转移指令 .....	83
任务八 子程序调用、返回及空操作指令 .....	90
任务九 端口操作指令 .....	93
任务十 伪指令 .....	95
项目小结 .....	98
项目测试 .....	99
<b>项目 4 汇编语言程序设计</b> .....	<b>103</b>
知识目标 .....	103
能力目标 .....	103
任务一 汇编语言的基本概念 .....	103
任务二 顺序程序设计 .....	107
任务三 分支程序设计 .....	111
任务四 循环程序设计 .....	116
任务五 子程序设计 .....	119
任务六 运算符程序设计 .....	124
项目小结 .....	128
项目测试 .....	129
<b>项目 5 中断系统</b> .....	<b>132</b>
知识目标 .....	132
能力目标 .....	132
任务一 输入/输出方式及中断的概念 .....	132
任务二 中断系统结构及中断控制 .....	135
任务三 中断处理过程 .....	141
任务四 外部中断源的应用与扩展 .....	144
项目小结 .....	148
项目测试 .....	148
<b>项目 6 定时器及应用</b> .....	<b>152</b>
知识目标 .....	152
能力目标 .....	152
任务一 定时器结构 .....	152
任务二 定时器工作方式 .....	155
任务三 定时器应用举例 .....	161
项目小结 .....	165
项目测试 .....	166

---

项目 7 MCS-51 单片机串行接口 .....	169
知识目标 .....	169
能力目标 .....	169
任务一 串行数据通信基础知识 .....	169
任务二 MCS-51 的串行接口及控制寄存器 .....	174
任务三 串行口工作方式 0 .....	177
任务四 串行口工作方式 1 .....	180
任务五 串行口工作方式 2 和工作方式 3 .....	184
任务六 单片机通信 .....	189
项目小结 .....	193
项目测试 .....	194
附录 1 8051 指令 (Instruction) 英文还原记忆法 (Mnemonics) .....	197
附录 2 MCS-51 单片机指令表 .....	199

# 项目 1

---

## 单片机基础知识

### 知识目标

1. 了解单片机的概念;
2. 了解单片机的应用领域;
3. 了解单片机的发展趋势;
4. 掌握十进制、二进制、十六进制整数的特点;
5. 了解机器数的概念;
6. 了解字符的编码形式;
7. 掌握有关组合数字逻辑电路和存储器的结构与工作原理;
8. 掌握字节、字、存储单元地址、存储内容的概念。

### 能力目标

1. 理解十进制数、二进制数、十六进制数;
2. 掌握二进制数的算术、逻辑运算;
3. 学会不同进制数之间的转换;
4. 学会机器数的原码、反码、补码的表示方法;
5. 学会由机器数求真值及数的补码运算;
6. 学会通过 ASCII 码表查找不同的字符编码;
7. 掌握基本逻辑部件(如触发器、寄存器、三态门、译码器)的应用;
8. 掌握存储器结构与工作原理。

### 任务一 单片机概述

#### 任务要求

- ◇ 了解什么是单片机
- ◇ 了解单片机的应用领域
- ◇ 了解单片机的发展趋势



## 相关知识

### 1. 单片机概述

单片微型计算机(SCMC, Single-Chip Microcomputer)简称单片机,是将计算机的基本部件微型化,集成在一块芯片上,构成一种功能独特、功能完整的微型计算机。单片机是微型计算机的一个重要分支,它主要面向控制,因此又称微控制器(MCU, Microcontroller Unit)。单片机具有体积小、功能强、价格低、电源单一、功耗低、运算速度快、控制功能强、可靠性高、抗干扰能力强、输入/输出线多、逻辑操作能力强等优点,特别适用于实时控制。它既可作单机控制,又可作多级控制的前沿处理机。单片机系统开发方便、研制周期短,它只需要极少量的外部电路与程序软件相结合,便可组成成为一个单片机控制系统。目前单片机已被广泛应用于国民经济的各个领域,对企业技术改造和产品更新换代起到了重要的作用。

### 2. 单片机的应用

由于单片机技术的飞速发展,单片机的应用范围日益广泛,已经深入到工业自动化、智能仪器仪表、计算机网络与通信技术、军事装备、日常生活中等领域。

下面仅就一些典型应用方面进行介绍。

#### (1) 工业自动化方面

自动化能使工业系统处于最佳状态,可以提高经济效益、改善产品质量和减轻劳动强度。自动化技术被广泛应用于机械、电子、电力、石油、化工、纺织、食品等工业领域中,在工业自动化技术中,无论是过程控制技术、数据采集和测控技术,还是生产线上的机器人技术,都有单片机的参与。由于单片机体积小,可以把它做到产品的内部,取代部分老式机械零件和电子元器件,缩小了产品体积,增强了功能,实现了不同程度的智能化,机电一体化技术将发挥愈来愈重要的作用。如国内外有相当一部分汽车工业,其汽车生产流水线控制,以及汽车自身的点火控制、反锁制动、牵引、转向等控制都是采用单片机实现的。又如电脑缝纫机,用单片机代替了传统机械凸轮花样控制,不仅简化了机械结构,减少了加工工序和设备,而且使缝纫机性能大大提高,并能提供许多老式缝纫机无法提供的缝纫花样。

#### (2) 智能化仪器仪表

智能化仪器仪表是目前国内外应用单片机最多、最活跃的领域。现代仪器仪表(例如,测试仪表和医疗仪器等)的自动化和智能化要求越来越高,在各类(包括温度、湿度、流量、流速、电压、频率、功率、厚度、角度、长度、硬度、元素测定等)仪器仪表中引入单片机,使仪器仪表向数字化、智能化、微型化、多功能化方向发展。此外,单片机的使用还有助于提高仪器仪表的精度和准确度,简化结构、减小体积及重量后易于携带和使用,并具有降低成本,增强抗干扰能力,便于增加仪器仪表的显示、报警和自诊断等功能。如便携式心率监护仪,采用单片机能判断心跳过缓、心跳过速、停搏、漏搏等异常心率。

#### (3) 计算机网络与通信技术方面

高档的单片机都具有通信接口,为单片机在计算机网络与通信设备中的应用创造了很好的条件。例如,计算机的外部设备(键盘、打印机、磁盘驱动器等)和自动化办公设备(传真机、复印机、考勤机、电话机等)中,都有单片机在其中发挥作用。

#### (4) 军事装备方面

科技强军、国防现代化离不开单片机。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。

近些年来, 单片机正朝着高性能和多品种方向发展, 尤其是 MCS-51 系列单片机, 由于它具有价格低廉、应用软件齐全、开发方便等特点, 已成为目前单片机中的主流机型。单片机的发展速度非常快, 从有关统计资料提供的数据来看, 单片机的产量已占整个微机(包括一般的微处理器)产量的 80%以上。单片机正处在上升的前沿时期, 就其整体的发展趋势而言, 单片机正向着大容量、高性能化、低价格化和外围电路内装化方向发展。

### (5) 日常生活中

当前, 家用电器产品的一个重要发展趋势是不断提高其智能化程度, 通过采用单片机进行控制, 智能化家用电器将给我们带来更大的舒适和方便, 例如, 电脑全自动洗衣机、电冰箱、空调、电脑微波炉、电视机和音像视频设备等, 进一步改善生活质量, 可以把我们的生活变得更加丰富多彩。如电子秤, 是出现最早、最典型的一种单片机应用产品, 内装单片机接收信息, 计价处理时能立即显示单价、售价, 在菜场、商店里获得广泛应用。高级电子玩具的出现使玩具智能化, 有很大的发展潜力, 尤其是在国际市场需求量较大。

### 3. 单片机的发展趋势

随着半导体集成工艺的进步, 外围电路也将是大规模的, 应用时可把所需要的外围电路装入单片机芯片内, 从而简化外围电路的设计。未来的单片机将会使系统单片化、功能更强大; 单片机的工作电压低、功耗小; 价格更低; 单片机的种类会更加丰富。

随着社会的进步和科学技术的发展, 单片机的发展及对单片机的需求和它在各个领域中的应用将得到进一步扩大。

## 思考与练习

1. 单片机的应用领域有哪些方面?
2. 介绍你见到的单片机应用的产品, 它们有哪些功能?
3. 单片机的发展趋势是怎样的?

## 任务二 数制与二进制数的运算

### 任务要求

- ◇ 了解数制及数的表示形式
- ◇ 掌握不同进制数之间的转换
- ◇ 掌握二进制数的算术、逻辑运算

### 相关知识

单片机是一种数字逻辑器件, 其内部是以二进制数形式进行算术运算和逻辑操作的。用户通过输入设备输入的命令、十进制数字和符号, 只有转换成二进制形式, 才能被单片机识别、运算和处理。为了方便今后的学习, 本节先介绍数制与数制之间的转换和二进制数的算术、逻辑运算规则。

## 1. 数制

### (1) 十进制整数(Decimal)

人们习惯用十进制计数，其特点如下：

- ① 有 10 个元素符号：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9。
- ② 计数原则“逢十进一”，基数为 10。
- ③ 十进制数每位的权值是 10 的  $n$  次方幂。

**例 1.1**  $666=6\times 10^2+6\times 10^1+6\times 10^0$

虽然 3 个元素全是 6，但它们的含义是不同的，最高位 6 的权是  $10^2$ ，最低位 6 的权是  $10^0$ 。任意一个十进制整数都可表示为

$$(D)_{10}=D_{n-1}\times 10^{n-1}+D_{n-2}\times 10^{n-2}+\cdots+D_0\times 10^0$$

其中， $n$  为整数部分的位数， $D_i$  的值取决于一个具体的数， $i=0, 1, 2, 3, \cdots, n-1$ 。

### (2) 二进制整数(Binary)

二进制数是一种最简单的数，其特点如下：

- ① 有两个元素符号：0、1。
- ② 计数规则：“逢二进一”，基数为 2。
- ③ 二进制数每位的权值是 2 的  $n$  次方幂。

**例 1.2**  $(1011)_2=1\times 2^3+0\times 2^2+1\times 2^1+1\times 2^0=(11)_{10}$

任意一个二进制整数都可表示为

$$(B)_2=B_{n-1}\times 2^{n-1}+B_{n-2}\times 2^{n-2}+\cdots+B_0\times 2^0$$

其中， $n$  为整数部分的位数， $B_i$  的值取决于一个具体的数， $i=0, 1, 2, 3, \cdots, n-1$ 。

### (3) 十六进制整数(Hexa decimal)

十六进制数的特点如下：

- ① 有 16 个元素符号：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F。
- ② 计数规则：“逢十六进一”，基数为 16。
- ③ 十六进制数每位的权值是 16 的  $n$  次方幂。

**例 1.3**  $(3E8)_{16}=3\times 16^2+14\times 16^1+8\times 16^0=(1000)_{10}$

任意一个十六进制整数都可表示为

$$(H)_{16}=H_{n-1}\times 16^{n-1}+H_{n-2}\times 16^{n-2}+\cdots+H_0\times 16^0$$

其中， $n$  为整数部分的位数， $H_i$  的值取决于一个具体的数， $i=0, 1, 2, 3, \cdots, n-1$ 。

同一数字形式的数在不同进制下，表示数的大小是不同的。如：“11”在十进制下表示数的大小为 11；但在二进制下表示数的大小为 3；在十六进制下表示数的大小为 17。为了能分辨出不同进制的数，需要对不同进制的数加以标记，标记数的类型的方法有两种：一种是把数加上括号，并在括号右下角标注数制代号，如： $(11)_2$ 、 $(11)_{10}$ 、 $(11)_{16}$ ；另一种方法是用英文字母标记，加在被标记数的后面，分别用 B、D 和 H 表示二进制数、十进制数和十六进制数，如：11B、123D、5ACH，其中表示十进制数的 D 标记可省略不写。

十进制数、二进制数、十六进制数的比较如表 1-1 所示。

表 1-1 十进制数、二进制数、十六进制数的比较

	十进制数	二进制数	十六进制数
元素符号	0、1、2、3、4、5、6、7、8、9	0、1	0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F
运算规则	逢十进一	逢二进一	逢十六进一
权值	$10^n$	$2^n$	$16^n$
助记符	D	B	H
举例	123D	101011B	2A3BH

## 2. 不同进制数之间的转换

在现实生活中，人们习惯用十进制数表示数的大小，总是用十进制数来书写数字。但单片机只能识别二进制数，为了利用单片机处理问题，就需要先将十进制数变成单片机能够“看得懂”的二进制数形式。单片机对二进制数运算处理后，再将二进制数转换为十进制数，用十进制数形式显示出来。

### (1) 二进制与十进制整数之间的转换

① 十进制整数转换成二进制整数的方法。将一个十进制整数转换成二进制整数时，采用“除 2 取余”的方法得到。即：将十进制整数一次次地除以 2，直到商为 0 为止，最后把每次除以 2 后所得到的余数按由下至上顺序书写，这就是转换后的二进制整数表示形式。

例 1.4 将十进制数 25 转换成二进制数。

$$\begin{array}{r}
 2 \overline{) 25} \\
 \underline{2} \phantom{0} \\
 2 \overline{) 12} \quad \dots \text{余数为 1 (最低位)} \\
 \underline{2} \phantom{0} \\
 2 \overline{) 6} \quad \dots \text{余数为 0} \\
 \underline{2} \phantom{0} \\
 2 \overline{) 3} \quad \dots \text{余数为 0} \\
 \underline{2} \phantom{0} \\
 2 \overline{) 1} \quad \dots \text{余数为 1} \\
 \underline{0} \quad \dots \text{余数为 1 (最高位)}
 \end{array}$$

$$(25)_{10} = (11001)_2$$

② 二进制整数转换成十进制整数的方法。根据定义，只需将二进制整数按权位展开相加即可。

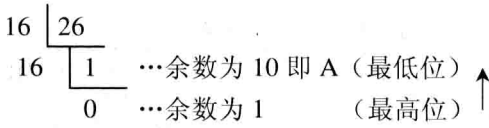
例 1.5 将二进制数 11011 转换成十进制数。

$$(11011)_2 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (27)_{10}$$

### (2) 十进制整数与十六进制整数之间的转换

① 十进制整数转换成十六进制整数的方法。一个十进制整数转换成十六进制整数时，可采用“除 16 取余”的方法得到。即：将十进制整数一次次地除以 16，直到商为 0 为止，最后把每次除以 16 后所得到的余数按由下至上顺序书写，这就是转换后的十六进制整数表示形式。

例 1.6 将十进制数 26 转换成十六进制数。



$$(26)_{10} = (1A)_{16}$$

② 十六进制整数转换成十进制整数的方法。根据定义，只需将十六进制整数按权位展开相加即可。

**例 1.7** 将十六进制数 1B3 转换成十进制数。

$$(1B3)_{16} = 1 \times 16^2 + 11 \times 16^1 + 3 \times 16^0 = (435)_{10}$$

(3) 二进制整数与十六进制整数之间的转换

由于在阅读或书写一个稍大的二进制数时位数太多，很不方便，且容易出错，为此，在实际工作中常常把二进制数转换成相应的十六进制数。

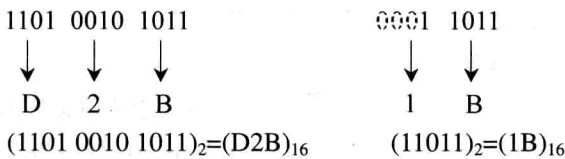
二进制、十进制、十六进制整数编码对照表如表 1-2 所示。

表 1-2 二进制、十进制、十六进制整数编码对照表

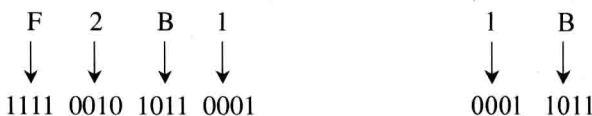
十 进 制	十 六 进 制	二 进 制	十 进 制	十 六 进 制	二 进 制
0	0	0000	8	8	1000
1	1	0001	9	9	1001
2	2	0010	10	A	1010
3	3	0011	11	B	1011
4	4	0100	12	C	1100
5	5	0101	13	D	1101
6	6	0110	14	E	1110
7	7	0111	15	F	1111

从表 1-2 中可以看出，4 位二进制整数的 16 种组合与十六进制整数的 16 个符号一一对应，在将二进制整数转换成十六进制整数时，只需把二进制整数以最低位为基准，向左每 4 位为一组(不够 4 位时，在最前面添 0)，每组转换成一位对应十六进制整数即可；十六进制整数转换成二进制整数时，只需将每一位十六进制整数转换成相应的 4 位二进制整数，去掉前面多余的 0 后，即可得相应的二进制整数。

**例 1.8** 将  $(110100101011)_2$ 、 $(11011)_2$  转换成十六进制数。



**例 1.9** 将  $(F2B1)_{16}$ 、 $(1B)_{16}$  转换成二进制数。



$$(F2B1)_{16}=(1111\ 0010\ 1011\ 0001)_2 \quad (1B)_{16}=(11011)_2$$

十进制、二进制、十六进制整数之间的转换关系如图 1-1 所示。

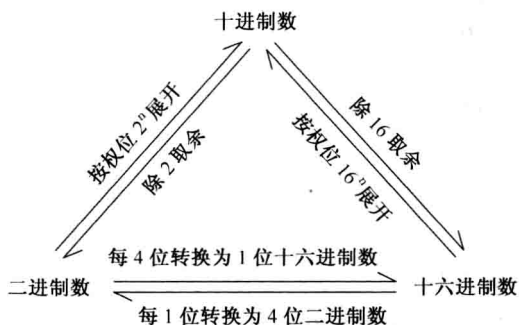


图 1-1 十进制、二进制、十六进制整数之间的转换关系

### 3. 二进制数的算术运算规则

二进制数的算术运算规则如表 1-3 所示。

表 1-3 二进制数的算术运算规则

二进制加法基本规则	二进制减法基本规则	二进制乘法基本规则	二进制除法基本规则
$0+0=0$	$0-0=0$	$0\times 0=0$	$0/0$ : 无意义
$0+1=1$	$10-1=1$ ; 向高位有借位, 借 1 当 2	$0\times 1=0$	$0/1=0$
$1+0=1$	$1-0=1$	$1\times 0=0$	$1/0$ : 无意义
$1+1=10$ ; 向高位有进位, 进 1 当 2	$1-1=0$	$1\times 1=1$	$1/1=1$

例 1.10 求  $1101+1011$

$$\begin{array}{r} \text{加数 } 1101 \\ + \text{加数 } 1011 \\ \hline \text{和 } 11000 \end{array}$$

例 1.11 求  $11000100-01100101$

$$\begin{array}{r} \text{被减数 } 11000100 \\ - \text{减数 } 01100101 \\ \hline \text{差 } 01011111 \end{array}$$

例 1.12 求  $1111\times 1101$

$$\begin{array}{r} \text{被乘数 } 1111 \\ \times \text{乘数 } 1101 \\ \hline 1111 \\ 0000 \\ 1111 \\ + 1111 \\ \hline \text{积 } 1100011 \end{array}$$

例 1.13 求 1001110÷110

$$\begin{array}{r}
 \text{除数 } 110 \overline{) 1001110} \quad \text{被除数} \\
 \underline{110} \phantom{00} \\
 111 \phantom{0} \\
 \underline{110} \phantom{0} \\
 110 \\
 \underline{110} \\
 0
 \end{array}$$

#### 4. 二进制数的逻辑运算规则

二进制数的逻辑运算规则如表 1-4 所示。

表 1-4 二进制数的逻辑运算规则

逻辑与运算	逻辑或运算	逻辑异或运算	逻辑非运算
$0 \wedge 0 = 0$	$0 \vee 0 = 0$	$0 \oplus 0 = 0$	$\neg 0 = 1$
$0 \wedge 1 = 0$	$0 \vee 1 = 1$	$0 \oplus 1 = 1$	$\neg 1 = 0$
$1 \wedge 0 = 0$	$1 \vee 0 = 1$	$1 \oplus 0 = 1$	
$1 \wedge 1 = 1$	$1 \vee 1 = 1$	$1 \oplus 1 = 0$	
当两个相同位数二进制数逻辑“与”、“或”及“异或”运算时，将它 们对对应位进行逻辑“与”、“或”及“异或”运算即可			当一个多位二进制数非 运算时，对应各位取反

例 1.14 求 10100011 与 00001111 的与运算、或运算、异或运算。

$$\begin{array}{r}
 10101100 \\
 \wedge \quad 00001111 \\
 \hline
 00001100
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 10101100 \\
 \vee \quad 00001111 \\
 \hline
 10101111
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 10101100 \\
 \oplus \quad 00001111 \\
 \hline
 10100011
 \end{array}$$

例 1.15 求 10101100 的非运算。

$$\begin{array}{r}
 10101100 \\
 \downarrow \downarrow \dots \downarrow \\
 01010011
 \end{array}$$

### 思考与练习

1. 将下列十进制数转换成二进制数。

- a. 51
- b. 67
- c. 35

2. 将下列二进制数转换成十进制数和十六进制数。

- a. 11111010
- b. 10101010
- c. 10000110
- d. 11100110
- e. 11101110

3. 将下列十六进制数转换成二进制数和十进制数。

- a. 1FH
- b. 2FH
- c. FFH
- d. 0FFFH
- e. 1000H

4. 写出数 11110000 和数 00001111 逻辑“与”、“或”、“异或”运算的结果。

## 任务三 单片机中数的表示与字符编码

### 任务要求

- ◇ 掌握单片机中数的几种表示形式
- ◇ 掌握数的补码运算
- ◇ 了解 BCD 码及字符编码

### 相关知识

单片机中的信息有数据、字符和命令。其中，数据有大与小、正数与负数之分，如+1011B、-1011B。单片机是如何用“0”或“1”来表示这些信息的呢？

#### 1. 单片机中数的表示形式

在单片机中，只有数码 1 和 0，对于一个数的正、负号两种不同状态，规定正数的符号用 0 表示，负数的符号用 1 表示。由于 MCS-51 单片机为 8 位机，信息是以 8 位为单位进行处理的，如果用 8 位二进制数来表示上述两个符号数，它们可分别表示为：



最高位为符号位，后面 7 位为数字位。

这种单片机用来表示数的形式叫机器数，而把对应于该机器数的算术值叫真值。

机器数和真值都是用来表示数字的方法，但面向的对象不同。机器数面向单片机，真值面向用户。

机器数编码形式有很多种，其中常见的有原码、反码和补码 3 种形式。下面以 8 位二进制数来加以说明。

#### (1) 原码表示方法

用 8 位二进制数表示数的原码时，最高位为数的符号位，其余 7 位为数值位。

例如：真值为+120 和-120 的原码形式。

$[+120]_{\text{原}} = 01111000$

$[-120]_{\text{原}} = 11111000$

特例：对于零，可以认为它是正零，也可以认为它是负零，所以零的原码有两种表示形式：

$[+0]_{\text{原}} = 00000000$

$[-0]_{\text{原}} = 10000000$

8 位二进制数原码表示数的范围为：11111111~01111111，即-127~+127。

原码表示的数比较直观，通过数的原码形式可直接得出数的真值。

#### (2) 反码表示方法

在反码表示方法中，正数的反码与正数的原码相同，负数的反码由它对应的原码除符号位之外，其余各位按位取反得到。

例如：



$[+120]_{反}=[+120]_{原}=01111000$

$[-120]_{原}=11111000$

$[-120]_{反}=10000111$

特例：零的反码有两种表示方式，即

$[+0]_{反}=00000000$

$[-0]_{反}=11111111$

8 位二进制数反码表示数的范围为：11111111~01111111，即-127~+127。

(3) 补码表示方法

在补码表示方法中，正数的补码表示方法与原码相同，负数的补码表示形式为它的反码加 1。

例如：

$[+10]_{原}=00001010$       $[-10]_{原}=10001010$

$[+10]_{反}=00001010$       $[-10]_{反}=11110101$

$[+10]_{补}=00001010$       $[-10]_{补}=11110110$

在补码表示法中，零的补码只有一种表示法，即 $[+0]_{补}=[-0]_{补}=00000000$ 。

对于 8 位二进制数而言，补码能表示数的范围为：-128~+127。

一个正数的原码、反码、补码都相同；但负数的反码由它对应的原码除符号位之外其余各位按位取反得到；负数的补码为其反码加 1 得到。

设有一个正数  $x=X_6X_5X_4X_3X_2X_1X_0$ ，则 x 的机器数归纳如表 1-5 所示。

表 1-5 x 的机器数归纳

	原 码	反 码	补 码
机器数	$[+x]_{原}=0X_6X_5X_4X_3X_2X_1X_0$	$[+x]_{反}=0X_6X_5X_4X_3X_2X_1X_0$	$[+x]_{补}=0X_6X_5X_4X_3X_2X_1X_0$
	$[-x]_{原}=1X_6X_5X_4X_3X_2X_1X_0$	$[-x]_{反}=1\overline{X_6}\overline{X_5}\overline{X_4}\overline{X_3}\overline{X_2}\overline{X_1}\overline{X_0}$	$[-x]_{补}=[-x]_{反}+1$
所能表示数的大小范围	-127~+127	-127~+127	-128~+127
特例	$[+0]_{原}=00000000$	$[+0]_{反}=00000000$	$[-0]_{补}=00000000$
	$[-0]_{原}=10000000$	$[-0]_{反}=11111111$	$[-0]_{补}=00000000$

注： $\overline{X_n}$  为  $X_n$  的反。

2. 数的补码运算

(1) 已知 x 的补码，求 x 的真值

通过数的原码形式很容易知道数的正负或大小，但是在单片机中，符号数的表示形式一般是以数的补码形式出现的，而通过一个数的补码形式很难看出数的大小(特别是负数的补码)，这就需要能方便地将数的补码形式转换成数的原码形式后再判断它的大小。已知 x 的补码，求 x 的原码时，可以将 x 的补码当作一个数的原码形式，对它再一次求补码得到，即 $[[x]_{补}]_{补}=[x]_{原}$ 。

例 1.16 已知 $[x]_{补}=11110110$ ， $[y]_{补}=01110110$ ，求 x、y 的真值。

$[x]_{补}=11110110$  符号位为 1，x 为负数， $[x]_{原}=[[x]_{补}]_{补}=10001001+1=10001010$   
 $x=-0001010B=-10D$