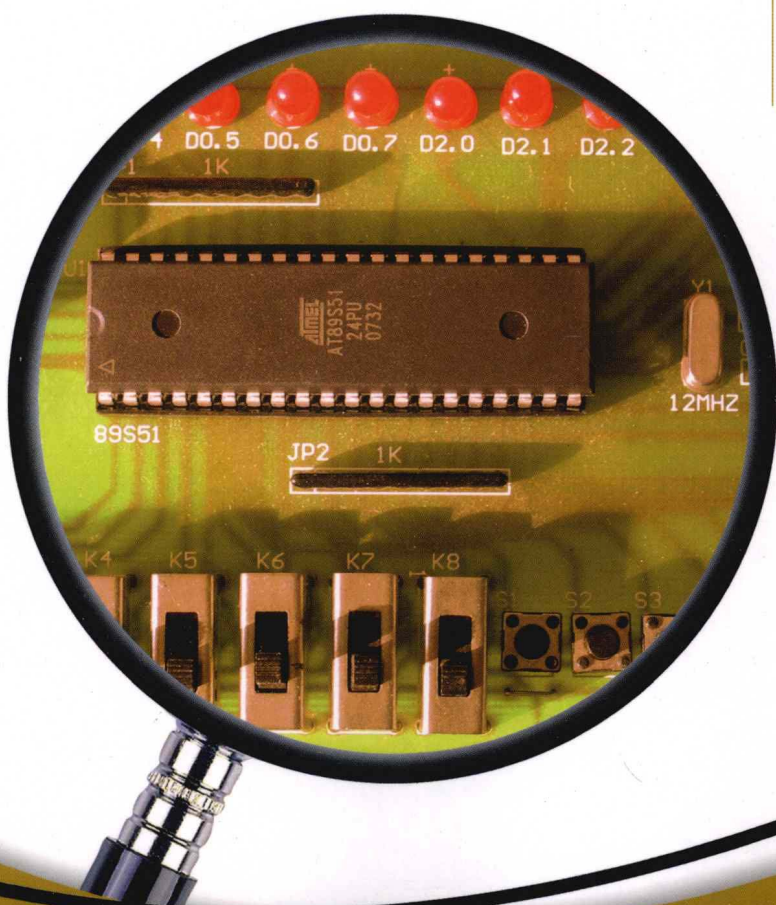


# 单片机应用基础

## (第2版)

郑毛祥 主编  
苏 雪 主审



世纪英才模块式技能实训  
高职电工电子系列教材

# 单片机应用基础（第2版）

郑毛祥 主编

苏 雪 主审

人民邮电出版社  
北京

## 图书在版编目(CIP)数据

单片机应用基础 / 郑毛祥主编. —2版. —北京: 人民邮电出版社, 2009.2  
(世纪英才模块式技能实训高职电工电子系列教材)  
ISBN 978-7-115-18966-0

I. 单… II. 郑… III. 单片微型计算机—高等学校: 技术学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第155700号

## 内 容 提 要

本书是一本单片机应用方面的高职院校教材, 书中详细地介绍了 8051 系列单片机的构成、工作原理、指令系统、汇编语言程序设计、中断技术、定时/计数器、串行口通信的使用等内容, 结合单片机应用实际, 介绍了单片机系统的扩展, 其中包括存储器扩展、I/O 口扩展、显示与键盘接口、A/D 及 D/A 接口技术等。本书在编写过程中力求深入浅出, 便于自学, 书中很多实例都可以直接应用于实际工作。本书内容丰富, 紧跟单片机应用技术的发展, 突出实用。本书构思新颖, 采用模块化结构组织形式编写, 全书共分为 11 个知识模块, 图文并茂、系统性强, 便于教师教学。

本书可作为高职高专以及本科院校电子信息类各专业的教材, 还可供从事电子技术的工程技术人员阅读参考。

世纪英才模块式技能实训  
高职电工电子系列教材  
**单片机应用基础(第2版)**

- 
- ◆ 主 编 郑毛祥
  - 主 审 苏 雪
  - 责任编辑 刘 朋
  - 执行编辑 穆丽丽
  
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
三河市潮河印业有限公司印刷
  
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 16.25  
字数: 403 千字 2009 年 2 月第 2 版  
印数: 11 001 - 14 000 册 2009 年 2 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-18966-0/TN

定价: 28.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010) 67171154

世纪英才模块式技能实训·高职电工电子系列教材

## 编 委 会

主 任：杨承毅

编 委：李忠国 梅开乡 江华圣 王 彦  
姚建永 熊新国 刘慎熊 余 华  
徐滤非 余宏生

策 划：丁金炎

# 丛书前言

在我国高等职业教育改革不断深化的今天，技能培训成为高职教育的真正主题这一趋势已越来越明显。高等职业院校的教学应该“基于工作过程”的需要而展开，这不仅是就业市场的需求，也应是职教办学理念上的回归。

如今，高等职业院校的办学方针是“以就业为导向”，因此高职教学所用的教材也应按照新的教学指导思想和学生培养目标的要求来重新编写。

本系列教材是我们根据教育部“教高[2004]1号”文件的要求，借鉴国外职业教育“以能力为本位”和“基于工作过程”的课程开发理念所进行的具体探索。这套新编教材在编写时忠实贯彻了“以就业为导向”的指导思想，扭转了“过多强调学科性”及“盲目攀高升格”的倾向，重视知识、技能传授的宏观设计及整体效果，改变了过去高职教材在学科体系基础上加加减减的编写方法。

本系列教材的主要特点是结构模块化、技能系统化、内容弹性化和版面图表化，其主要编写思想有如下几点。

(1) “授之以鱼，不如授之以渔”。本系列教材注重“方法论”的教学思想。我们以为，不能简单地、狭义地将技能实训认为就是学生的实际操作。高职技能实训教材应以传授经过提炼、加工、升华的专家经验（方法论）为主，这也是与传统实验报告的区别所在。

(2) 教材结构“模块化”。一个模块一个知识点，重点突出，主题鲜明。模块化教材结构以其良好的弹性和便于综合的特点适应了职业教育市场化的多元需求。

(3) 教学内容“本体化”。本系列教材由多本内涵不同的单科教材构成，就是教学内容“本体化”的体现，故而单个科目不向其他学科扩展渗透，追求单科教学内容单纯化，追求系列教材的组合效应是本系列教材的另一个基本思想。

(4) 注意中、高职教材的梯度衔接。《世界 21 世纪高等教育宣言》指出：“教育内部层次的衔接是社会各种工作规范层次的需要，教育与就业的衔接，就是教育本身体现其价值的必然性要求。”我们认为中、高职教材在内容定位上，前者强调“做事”，后者强调“做事方法”，教材的知识及其篇幅都应体现一定的梯度。

(5) 合理控制教学成本。本系列教材实践教学以教授做事方法为主导，因此教学成本普遍较低，我们认为若以学生实践为主题，则教学成本会增加许多，一般学校将难以实施。

(6) 教材内容更加直观。本系列教材广泛使用图表归纳法，用简洁的图表归纳整理，以解决日益庞大的知识内容与学时偏少之间的矛盾。同时，本系列教材图文并茂、直观清晰、便于自学，文字表达简洁明了、明快易懂。

总之，本系列教材的出版价值不仅在于它贯彻了国家教育部“教高[2004]1号”文件中高等职业教育的改革思想，而且与当前就业单位“招聘的人能立即上岗”的要求合拍，并为学生毕业后在电类各专业间转岗奠定了最基本的知识和技能基础。同时其新（新思想、新技术、新面貌）、实（贴近实际、体现应用）、简（文字简洁、风格明快）的编写风格令人耳目一新。

如果您对这个系列的教材有什么意见和建议，或者您也愿意参与到这个系列教材中其他专业课教材的编写，可以发邮件至 [wuhan@ptpress.com.cn](mailto:wuhan@ptpress.com.cn) 与我们联系，也可以进入本系列教材的服务网站 [www.ycbook.com.cn](http://www.ycbook.com.cn) 留言。

编委会

# 前 言

近年来，随着高性能单片机技术的不断发展，单片机在微机控制领域中占据了不可替代的重要地位。MCS-51 系列单片机经过十几年的发展，从性能、指令功能、运算速度、控制能力等方面都有很大的提高。目前 MCS-51 兼容的产品多达几百种，单片机的应用日益广泛，具有广阔的发展前景，已被越来越多的科学工作者所关注。为了适应社会发展的需要，作者精心组织编写了本书。希望本书能给广大单片机学习者提供一定的帮助。

本书由武汉铁路职业技术学院郑毛祥主编，武汉铁路司机学校李忠国主审，韩洪照参与了本书的部分编写工作。本书已列入“世纪英才 NEW IDEA INSIDE”教材出版工程（详情请见 [www.ycbook.com.cn](http://www.ycbook.com.cn)），编写过程中得到了丛书编写委员会主任杨承毅老师的指导和大力帮助。

由于本书作者水平有限，书中难免有错误和不足之处，恳请读者批评指教。

郑毛祥

## 再版前言

《单片机应用基础》一书自 2006 年 2 月出版以来，得到各院校同行的认可，在此表示诚挚的谢意。该书现已印刷 4 次，鉴于单片机应用技术的发展较快，原有教材有些内容略显不足，本书在保持原书的风格基础上，对原书中有些内容作了修订和调整。为了突出模块式教学的特点，本次修订将单片机系统扩展的各个部分内容进行了进一步明确，全书由 10 个模块调整为 11 个模块，删除了书中有些在单片机系统开发中已不常用的内容，新增加了 I<sup>2</sup>C 总线和 SPI 总线介绍以及串口器件的扩展。相信本书经过修订后，内容会更加精细，更加适合作为教材选用。

本书由武汉铁路职业技术学院郑毛祥主编，苏雪主审，武汉铁路司机学校李忠国参与了本书的编写工作，丛书编委会主任杨承毅老师参与了本书的审定工作。

由于本书作者水平有限，书中难免有错误和不足之处，恳请读者批评指教。

郑毛祥



# 目 录

知识模块一 单片机基础知识 .....	1	三、数据交换与堆栈指令 .....	53
第一部分 教学组织 .....	1	四、算术运算指令 .....	56
一、目的要求 .....	1	五、逻辑运算及移位指令 .....	62
二、预备知识提示 .....	1	六、位操作指令 .....	66
三、教学节奏与方式 .....	1	七、控制转移指令 .....	68
第二部分 教学内容 .....	2	八、子程序调用、返回及空操作 指令 .....	75
一、单片机概述 .....	2	九、端口操作指令 .....	77
二、数制与二进制数的运算 .....	3	十、伪指令 .....	79
三、单片机中数的表示与字符编码 .....	8	知识模块四 汇编语言程序设计 .....	83
四、基本逻辑单元与逻辑部件 .....	12	第一部分 教学组织 .....	83
知识模块二 MCS-51 单片机基本结构 .....	19	一、目的要求 .....	83
第一部分 教学组织 .....	19	二、预备知识提示 .....	83
一、目的要求 .....	19	三、教学节奏与方式 .....	83
二、预备知识提示 .....	19	第二部分 教学内容 .....	83
三、教学节奏与方式 .....	19	一、汇编语言的基本概念 .....	84
第二部分 教学内容 .....	20	二、汇编语言源程序的汇编 .....	85
一、MCS-51 单片机概述 .....	20	三、顺序程序设计 .....	88
二、MCS-51 单片机 CPU 结构 .....	22	四、分支程序设计 .....	92
三、MCS-51 单片机存储器结构 .....	24	五、循环程序设计 .....	96
四、MCS-51 单片机并行输入/输出 端口 .....	29	六、子程序设计 .....	100
五、MCS-51 单片机时钟电路与 工作时序 .....	33	七、运算子程序设计 .....	103
六、MCS-51 单片机内部结构与 外部引脚功能 .....	36	知识模块五 中断系统 .....	108
七、MCS-51 单片机工作原理 .....	38	第一部分 教学组织 .....	108
八、MCS-51 单片机复位方式 .....	41	一、目的要求 .....	108
知识模块三 MCS-51 指令系统 .....	43	二、预备知识提示 .....	108
第一部分 教学组织 .....	43	三、教学节奏与方式 .....	108
一、目的要求 .....	43	第二部分 教学内容 .....	109
二、预备知识提示 .....	43	一、输入/输出方式及中断的概念 .....	109
三、教学节奏与方式 .....	43	二、中断系统结构及中断控制 .....	111
第二部分 教学内容 .....	44	三、中断处理过程 .....	117
一、指令格式和寻址方式 .....	44	四、外部中断源的应用与扩展 .....	119
二、数据传送指令 .....	47	知识模块六 定时器及应用 .....	123
		第一部分 教学组织 .....	123
		一、目的要求 .....	123

二、预备知识提示 .....	123	知识模块九 I/O 口扩展 .....	187
三、教学节奏与方式 .....	123	第一部分 教学组织 .....	187
第二部分 教学内容 .....	123	一、目的要求 .....	187
一、定时器结构 .....	124	二、预备知识提示 .....	187
二、定时器工作方式 .....	126	三、教学节奏与方式 .....	187
三、定时器应用举例 .....	131	第二部分 教学内容 .....	188
知识模块七 MCS-51 单片机串行接口 .....	136	一、I/O 口扩展的必要性 .....	188
第一部分 教学组织 .....	136	二、简单 I/O 口的扩展 .....	189
一、目的要求 .....	136	三、8255 可编程并行 I/O 接口	
二、预备知识提示 .....	136	扩展 .....	191
三、教学节奏与方式 .....	136	四、8155 可编程接口芯片的扩展 .....	199
第二部分 教学内容 .....	137	知识模块十 显示与键盘 .....	205
一、串行数据通信基础知识 .....	137	第一部分 教学组织 .....	205
二、MCS-51 的串行接口及控制		一、目的要求 .....	205
寄存器 .....	140	二、预备知识提示 .....	205
三、串行口工作方式 0 .....	143	三、教学节奏与方式 .....	205
四、串行口工作方式 1 .....	145	第二部分 教学内容 .....	206
五、串行口工作方式 2 和工作		一、LED 显示接口 .....	206
方式 3 .....	149	二、LCD 显示模块 .....	212
六、单片机通信 .....	152	三、键盘 .....	219
七、单片机与 PC 机间通信 .....	155	四、独立式按键 .....	221
知识模块八 存储器扩展 .....	157	五、行列式键盘 .....	222
第一部分 教学组织 .....	157	知识模块十一 A/D、D/A 转换接口 .....	227
一、目的要求 .....	157	第一部分 教学组织 .....	227
二、预备知识提示 .....	157	一、目的要求 .....	227
三、教学节奏与方式 .....	157	二、预备知识提示 .....	227
第二部分 教学内容 .....	158	三、教学节奏与方式 .....	227
一、单片机系统扩展结构 .....	158	第二部分 教学内容 .....	227
二、数据存储器扩展 .....	160	一、A/D 转换器接口 .....	228
三、程序存储器扩展 .....	167	二、串行 A/D 转换 .....	231
四、存储器综合扩展 .....	172	三、D/A 转换器接口 .....	236
五、I <sup>2</sup> C 总线接口与串口存储器		附录一 8051 指令 (Instruction) 英文	
扩展 .....	175	还原记忆法 (Mnemonics) .....	241
六、SPI 总线与串口数据存储器		附录二 MCS-51 单片机指令表 .....	243
扩展 .....	181	参考文献 .....	250

# 知识模块一 单片机基础知识

## 第一部分 教学组织

### 一、目的要求

- ① 掌握十进制、二进制、十六进制整数的特点及它们之间相互转换的方法。
- ② 了解机器数的概念，掌握机器数的几种不同表示形式。
- ③ 学会由机器数求真值及数的补码的运算。
- ④ 进一步巩固与提高数字逻辑电路知识。

### 二、预备知识提示

知 识 点	内 容
数制	二进制数、十进制数、十六进制数
基本数字逻辑关系	① 与、或、非、异或逻辑； ② 逻辑门电路

### 三、教学节奏与方式

节拍	项 目	教 学 内 容		参 考 学 时
		重 点	难 点	
1	单片机概述	① 单片机的应用领域； ② 单片机的发展趋势		0.5
2	数制与二进制数的运算	① 十进制数、二进制数、十六进制数的理解； ② 不同进制数之间的转换； ③ 二进制数的算术、逻辑运算	二进制数、十进制数、十六进制数之间的转换	1
3	单片机中数的表示与字符编码	① 原码、反码、补码的表示方法，真值与机器数的理解； ② 补码的运算； ③ 编码的表示方法	① 对机器数的理解； ② 补码的运算	1.5
4	基本逻辑单元与逻辑部件	① 触发器、寄存器； ② 三态门、译码器； ③ 存储器结构与工作原理	① 组合逻辑电路； ② 存储器的结构与工作原理	1

## 第二部分 教 学 内 容

### 一、单片机概述

单片微型计算机（SCMC，Single-Chip Microcomputer）简称单片机。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。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. 生活中的电器产品

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。

#### 4. 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。

### 5. 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发展。

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。

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？

## 二、数制与二进制数的运算

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. 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：

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

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

### 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：

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

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

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

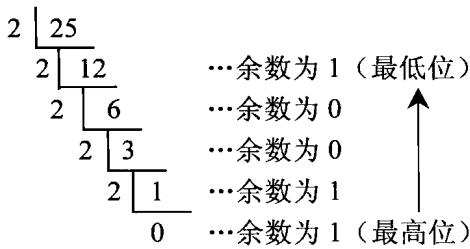
### 4. 不同进制数之间的转换

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：将十进制整数一次又一次地除以 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，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。



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

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。

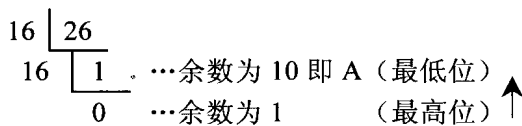
例 1.5 将二进制数 11011 转换成十进制数。

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

(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

从图中可以看出，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  $(110100101011)_2$  转换成十六进制数。

```

1101 0010 1011
  ↓   ↓   ↓
  D   2   B
(1101 0010 1011)2=(D2B)16

```

例 1.9 将  $(F2B1)_{16}$  转换成二进制数。

```

  F   2   B   1
  ↓   ↓   ↓   ↓
1111 0010 1011 0001
(F2B1)16=(1111 0010 1011 0001)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。

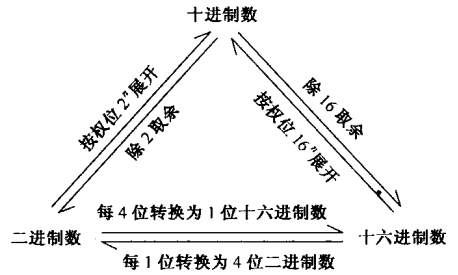


图 1-1 十进制、二进制、十六进制整数之间的转换关系

### 5. 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  $1101+1011$

```

      加数 1101
+     加数 1011
-----
      和   11000

```

例 1.11 求  $11000100-01100101$

```

      被减数 11000100
-     减数 01100101
-----
      差   01011111

```



