

21世纪高职高专教学做一体化规划教材

单片机

应用技术

教 学 做 一体化

★ 项目主线
★ 任务驱动
★ 理实一体
★ 易学乐学

主 编 周 越
卢彦民 费 莉
副主编 陈国良 袁 锋
陈爱文



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21 世纪高职高专教学做一体化规划教材

单片机应用技术

主 编 周 越

副主编 卢彦民 费 莉 陈国良
袁 锋 陈爱文



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是根据高职高专教育培养目标和单片机原理及应用课程教学的基本要求编写的。以 80C51 系列单片机为主线,采用了“项目引领,任务驱动”的教学模式,符合读者的认知规律,充分体现了以人为本的指导思想。

全书共 10 个模块:初识单片机、一步一步学单片机、80C51 的指令系统和程序设计、80C51 的中断系统及定时/计数器、串行通信、80C51 的显示接口技术、80C51 的键盘接口技术、8255 接口芯片、A/D 与 D/A 转换接口、应用设计举例。

本书内容丰富实用,通俗易懂,列举并分析大量应用实例,可作为高职高专院校相关专业的教材,也可供从事单片机开发、应用的工程技术人员参考。

本书配有电子教案,读者可以从中国水利水电出版社网站免费下载,网址为:
<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>。

图书在版编目(CIP)数据

单片机应用技术 / 周越主编. —北京:中国水利水电出版社, 2009

21 世纪高职高专教学做一体化规划教材

ISBN 978-7-5084-6247-9

I. 单… II. 周… 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 (2009) 第 009416 号

书 名	21 世纪高职高专教学做一体化规划教材 单片机应用技术
作 者	主 编 周 越 副主编 卢彦民 费 莉 陈国良 袁 锋 陈爱文
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68367658 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京蓝空印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 10 印张 250 千字
版 次	2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	18.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

传统的单片机教学，均是以单片机的结构为主线，先讲单片机的硬件结构，然后讲指令、软件编程，接着是单片机系统的扩展和各种外围器件的应用，最后再讲一些实例。这种先理论后实践，教、做分离的教学模式，使高职高专学生普遍感到难学。

伟大的教育家陶行知先生一贯倡导“教学做合一”的教学思想，指出“教学做是一件事，不是三件事，我们要在做中教，在做中学”。他认为，学习首先要唤起学生的学习兴趣，“学生有了兴味，就肯用全副精神去做事体，所以‘学’与‘乐’是不可分离的”。

本书秉承陶行知先生的这些思想，按照由浅入深、由易到难的原则和教学大纲的要求，以 80C51 系列单片机为主线，以培养学生应用能力为宗旨，打破原有界限，将各部分知识分解成一个个知识点，采用了“项目引领，任务驱动”的教学模式，视各章为一个项目，每个项目又由多个任务组成，学生通过完成各个任务而掌握本章的所有知识。全书以读者的认知规律为主线，充分体现了以人为本的指导思想。导入一个个知识点，用鲜活实用的典型范例，调动学生积极思维，激发学生的学习兴趣，使学生在做每一个项目的过程中，领悟知识，掌握技能，理解思路，学会应用，真正体现了高职教育教学做一体化教学理念的显著特色。

本书内容丰富实用，分 10 个模块进行讲解。

模块一介绍单片机的基本知识、计算机中数据的表示方法。

模块二首先介绍 Keil 软件及仿真器的使用，然后介绍相关的单片机结构与原理、单片机的指令，并用 Keil 软件、实验仿真器来完成这些任务，一些不便集成到任务中的知识则分散在各任务之间介绍。读者学完本模块，实际上已实现初步入门，可以做一些模仿性的实验、开发、编程工作。

模块三介绍 80C51 的指令系统和汇编语言程序设计。

模块四介绍中断系统、定时器/计数器等单片机内部常用的“外围”电路。

模块五介绍串行通信技术。

模块六介绍显示器接口技术。通过时钟、LCD 文本显示器等任务介绍 LED 显示器、LCD 显示的接口技术。

模块七介绍键盘接口技术，通过任务学习各种键盘设计技术。

模块八介绍 8255 接口芯片，掌握扩展 I/O 口的方法。

模块九介绍模拟量接口，通过多路输入电压表、任意波形发生器等任务学习 A/D、D/A 相关知识。

模块十为应用设计举例，介绍点阵显示屏技术和单片机音乐程序的设计技术。

本书具有以下几个特点：

- (1) 针对性强。贴近高职高专学生实际，通俗易懂，便于阅读。
- (2) 层次性强。由浅入深，由易到难，循序渐进，逐步提升。
- (3) 趣味性强。实例引导，激发兴趣，增强学习者的自信心和成就感。
- (4) 实践性强。“做”字当头，乐在其中，在做中教，在做中学。

本书由江海职业技术学院周越副教授任主编，正德职业技术学院卢彦民老师、托普职业技术学院费莉老师、紫琅职业技术学院陈国良老师、建东职业技术学院袁锋老师、扬州环境资源职业技术学院陈爱文老师任副主编。周越编写了模块一、模块二、模块三和模块十；卢彦民编写了模块六和模块七；费莉编写了模块八；陈国良编写了模块九；袁锋编写了模块四；陈爱文编写了模块五。另外，在程序的编制和软件的调试中，郑棣、洪晓静、丁红、赵琳琳、范爱华等老师做了大量的工作，并制作多媒体课件。郭振民教授认真细致地审阅了全书并提出了许多宝贵意见，谨此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点和错误，恳请广大读者批评指正。

编 者
2008 年 11 月

目 录

前言

模块一 初识单片机	1
1.1 单片机的发展	1
1.1.1 电子计算机的问世及其经典结构	2
1.1.2 微型计算机的组成及其应用形态	3
1.1.3 单片机的发展过程	3
1.1.4 单片机的特点及应用领域	4
1.2 数制与编码	5
1.2.1 数制	5
1.2.2 不同进位计数制之间的转换	6
模块二 一步一步学单片机	11
2.1 Keil 软件的使用	11
2.1.1 仿真的概念	16
2.1.2 仿真的种类	17
2.2 80C51 单片机的结构	17
2.3 80C51 单片机的存储器结构	23
2.3.1 单片机的工作过程	24
2.3.2 单片机的存储器组织	25
2.3.3 指令的继续学习	28
2.4 80C51 单片机的并行端口结构	30
2.4.1 指令的继续学习	31
2.4.2 80C51 单片机的并行端口结构	31
模块三 80C51 的指令系统和程序设计	35
3.1 80C51 指令系统概述	35
3.1.1 计算机常用的编程语言	35
3.1.2 汇编语言指令格式	36
3.2 指令的寻址方式	37
3.3 数据传送类指令	40
3.3.1 内部 RAM 单元之间的数据传送指令	41
3.3.2 栈操作指令	43
3.3.3 数据交换指令	44
3.3.4 累加器 A 与外部 RAM 的数据传送指令	44
3.3.5 累加器 A 与 ROM 的数据传送指令（查表指令）	45
3.4 算术运算类指令	46

3.4.1	加法指令	47
3.4.2	减法指令	49
3.4.3	乘法指令	50
3.4.4	除法指令	50
3.5	逻辑运算与循环类指令	51
3.5.1	循环移位指令（4 条）	52
3.5.2	求反指令（一条）	52
3.5.3	清零指令（一条）	53
3.5.4	逻辑与操作指令（6 条）	53
3.5.5	逻辑或操作指令（6 条）	53
3.5.6	逻辑异或操作指令（6 条）	53
3.6	控制转移类指令	55
3.6.1	无条件转移指令	55
3.6.2	条件转移指令	56
3.6.3	子程序调用与返回指令	57
3.6.4	空操作指令	58
3.7	位操作类指令	58
3.7.1	位传送指令	58
3.7.2	位置位和位清零指令	59
3.7.3	位逻辑运算指令	59
3.7.4	位条件转移指令	59
3.8	程序设计实例	60
3.8.1	顺序结构程序设计	60
3.8.2	分支结构程序设计	63
3.8.3	循环结构程序设计	66
3.8.4	子程序设计	67
模块四	80C51 的中断系统及定时/计数器	71
4.1	80C51 的中断系统	71
4.1.1	中断的概念	73
4.1.2	中断控制（两级管理）	74
4.1.3	80C51 单片机中断处理过程	76
4.2	80C51 的定时/计数器	78
4.2.1	定时/计数器的结构和工作原理	81
4.2.2	定时/计数器的控制字	82
4.2.3	定时/计数器的 4 种工作方式	83
模块五	串行通信	87
5.1	串行通信概述	89
5.2	与串行口有关的特殊功能寄存器	90
5.3	串行口的 4 种工作方式	91

5.4	波特率的设计	93
模块六	80C51 的显示接口技术	95
6.1	LED 显示技术.....	95
6.2	LCD 模块显示技术	102
模块七	80C51 的键盘接口技术	112
7.1	独立式键盘开关	112
7.2	矩阵式键盘开关	117
模块八	8255 接口芯片	123
模块九	A/D 与 D/A 转换接口	128
9.1	A/D 转换接口.....	128
9.1.1	A/D 转换器概述.....	131
9.1.2	典型 A/D 转换器芯片 ADC0809	132
9.1.3	MCS-51 单片机与 ADC0809 接口	133
9.2	D/A 转换接口.....	136
9.2.1	D/A 转换器概述.....	138
9.2.2	典型 D/A 转换器芯片 DAC0832	138
9.2.3	单缓冲方式的接口	140
9.2.4	双缓冲方式的接口	141
模块十	应用设计举例	143
10.1	点阵 LED 显示屏.....	143
10.2	单片机音乐程序的设计.....	148
参考文献		151

模块一 初识单片机

1.1 单片机的发展



- (1) 理解冯·诺依曼提出的“程序存储”思想。
- (2) 理解微型计算机的组成及其应用形态。
- (3) 了解单片机的发展过程。

在计算机出现以前，有不少能工巧匠做出了很多精巧的机械。进入电器时代后，人们借助电气技术实现了自动控制机械、自动生产线，甚至自动工厂。单片机（Microcontroller）出现后，计算机真正地从科学的神圣殿堂走入寻常百姓家，成为广大工程技术人员现代化技术革新、技术革命的有利武器。

目前，单片机在民用和工业测控领域得到最广泛的应用。彩电、冰箱、空调、录像机、VCD、遥控器、游戏机、电饭煲等无处不见单片机的影子，单片机早已深深地融入我们每个人的生活之中。

单片机能大大提高这些产品的智能性、易用性及节能性等主要性能指标，给我们的生活带来舒适和方便的同时，在工农业生产上也极大地提高了生产效率和产品质量。



案例 1 数字秤

利用作用于物体上的重力来测量该物体质量（重量）并装有电子装置的秤称为数字秤，其原理框图如图 1-1 所示。当物体放在秤盘上时，压力施给传感器，该传感器发生形变，从而使阻抗发生变化，同时使激励电压发生变化，输出一个变化的模拟信号，该信号经放大电路放大输出到模/数转换器转换成便于处理的数字信号输出到 CPU 运算控制，CPU 根据键盘命令以及程序将这种结果输出到显示器，直至显示这种结果。

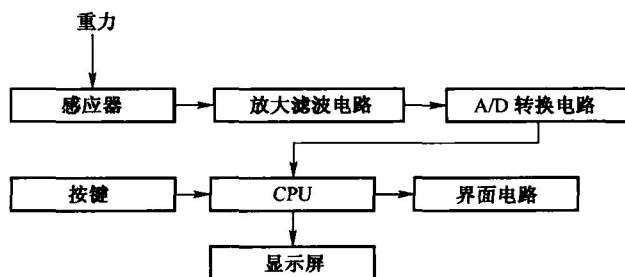


图 1-1 数字秤原理框图

案例 2 智能控制开关

在自动测控系统中，特别是长时间无人值守的测控系统中，经常需要进行长达几小时的定时操作。采用单片机设计，通过设置中断、定时/计数器、查询等，可以很好地解决以上问题。

智能控制开关的原理框图如图 1-2 所示，它由以下几个部件组成：单片机 89C51、电源电路、掉电存储电路、开关控制、键盘输入和显示、电源电路。

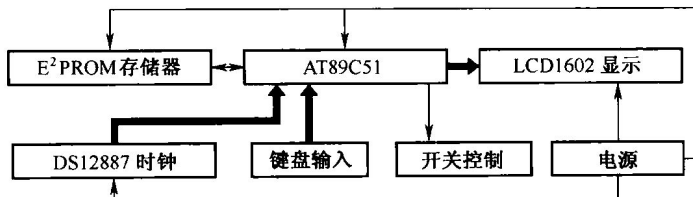


图 1-2 智能开关控制系统原理框图

时间显示采用 LCD1602，以降低对单片机端口数的要求，同时也降低系统的功耗。时间控制电路、键盘输入以及掉电存储都通过 89C51 的 I/O 口控制。

电源部分由整流、滤波和集成稳压器组成，以保证系统稳定工作。



马上行动

举例说明单片机在国民经济各个领域中的应用。



原理分析

1.1.1 电子计算机的问世及其经典结构

1946 年 2 月 15 日，第一台电子数字计算机（ENIAC，如图 1-3 所示）问世，标志着计算机时代的到来，开创了计算机科学技术的新纪元，对人类的生产和生活方式产生了巨大的影响。

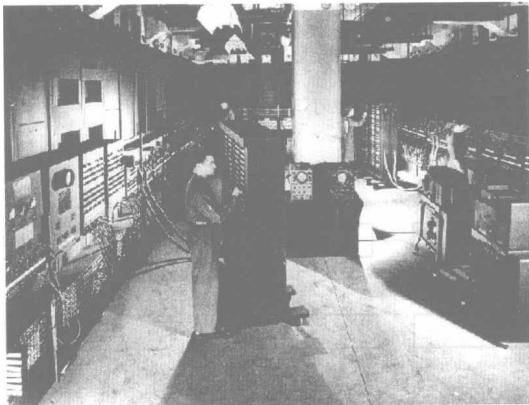


图 1-3 第一台电子数字计算机（ENIAC）

匈牙利籍数学家冯·诺依曼提出的“程序存储”和“二进制运算”思想构建了计算机经典结构。

电子计算机经历了以下4个时代：

- 电子管计算机
- 晶体管计算机
- 中、小规模集成电路计算机
- 大规模、超大规模集成电路计算机

目前，计算机的结构仍然没有突破冯·诺依曼提出的计算机经典结构框架。

1.1.2 微型计算机的组成及其应用形态

计算机是由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备组成的，如图1-4所示。

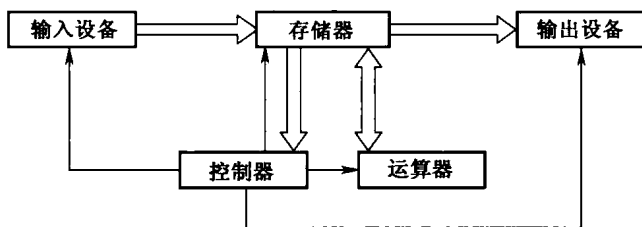


图 1-4 计算机组成框图

微型计算机的应用形态可以分为以下3种：

(1) 多板机（系统机）：工业PC机也属于多板机。

(2) 单板机：在一块PCB电路板上把CPU、一定容量的ROM、RAM以及I/O接口电路等大规模集成电路片子组装在一起而成的微机，并配有简单外设，如键盘和显示器。

(3) 单片机：集成了CPU、存储器、I/O接口电路的单芯片微型计算机。

1.1.3 单片机的发展过程

单片机的发展过程有以下3个主要阶段：

(1) 单芯片微机形成阶段。

1976年，Intel公司推出了MCS-48系列单片机。8位CPU、1KB ROM、64字节RAM、27根I/O线和一个8位定时/计数器。

特点是，存储器容量小、寻址范围小（不大于4KB）、无串行接口、指令系统功能不强。

(2) 性能完善提高阶段。

1980年，Intel公司推出了MCS-51系列单片机：8位CPU、4KB ROM、128字节RAM、4个8位并口、一个全双工串行口、两个16位定时/计数器，寻址范围64KB，并有控制功能较强的布尔处理器

特点是，结构体系完善，性能已大大提高，面向控制的特点进一步突出。现在，MCS-51已成为公认的单片机经典机种。

(3) 微控制器化阶段。

1982年，Intel推出MCS-96系列单片机。芯片内集成了16位CPU、8KB ROM、232字

节 RAM、5 个 8 位并口、一个全双工串行口、两个 16 位定时/计数器，寻址范围 64KB。片上还有 8 路 10 位 ADC、一路 PWM 输出及高速 I/O 部件等。

特点是，片内面向测控系统电路增强，使之可以方便灵活地用于复杂的自动测控系统及设备。“微控制器”的称谓更能反映单片机的本质。

1.1.4 单片机的特点及应用领域

1. 单片机的特点

(1) 控制性能和可靠性高。可对 I/O 端口直接操作，位操作能力更是其他计算机无法比拟的。由于 CPU、存储器及 I/O 接口集成在同一芯片内，数据在传送时受干扰的影响较小，且不易受环境条件的影响。

(2) 体积小、价格低、易于产品化。应用系统的印制板减小、接插件减少、安装简单方便。

(3) 控制功能强。

(4) 低电压、低功耗。

2. 单片机的应用领域

- 智能仪器仪表：在各类仪器仪表中引入单片机，使仪器仪表智能化，提高测试的自动化程度和精度，简化仪器仪表的硬件结构，提高其性能价格比。
- 机电一体化产品：机电一体化产品是指集机械、微电子技术、计算机技术于一体，具有智能化特征的电子产品。
- 实时工业控制：用单片机实时进行数据处理和控制，使系统保持最佳工作状态，提高系统的工作效率和产品的质量。
- 在人类生活中的应用：目前国内外各种家用电器已普遍采用单片机代替传统的控制电路。
- 在其他方面的应用：单片机除以上各方面的应用外，它还广泛应用于办公自动化、商业营销、汽车及通信、计算机外部设备、模糊控制等各领域。



现场研讨

1. 第一台计算机的问世有何意义？
2. PC 机和单片机都是微型机，两者有什么区别？
3. 16 位单片机性能优于 8 位单片机，但为什么现阶段不如 8 位单片机应用广泛？



动手演练

1. 微型计算机由哪几部分构成？
2. 微处理器与微型计算机有何区别？
3. 什么叫单片机？其主要特点有哪些？
4. 微型计算机有哪些应用形式？各适用于什么场合？

5. 当前单片机的主要产品有哪些？各有哪些特点？

1.2 数制与编码



学习目标

- (1) 理解数制的进位规则。
- (2) 理解不同进位计数制之间的转换方法。
- (3) 掌握二进制数的编码方法。



案例分析

案例 3 日常生活中，除了采用十进制外，计算时间采用六十进制，一小时为 60 分，一分钟为 60 秒，其特点为“逢六十进一”。

案例 4 计算日期采用十二进制和七进制，一年为 12 个月，一星期为 7 天。



马上行动

举例说明日常生活中除了采用十进制外，还采用了哪些进制？



原理分析

1.2.1 数制

数制，就是计数的规则，亦称计数制。

1. 十进制数

10 个数码：0~9，逢十进一。十进制用于计算机输入输出、人机交互。

2. 二进制数

两个数码：0、1，逢二进一。二进制为机器中的数据形式。

3. 十六进制数

16 个数码：0~9，A~F，逢十六进一。十六进制用于表示二进制数。

通常在一个数的后面加上一个英文字母来表明它的数制形式，二进制数后跟 B，十进制数后跟 D，十六进制数后跟 H。十进制数的标志经常省略。如 101、101D、101B、101H。

二进制是计算机运算的基础，十进制是人们描述数量的计数语言，十六进制是简化和缩短人机对数字描述差别的一种过渡性的中间数制。因此，三者之间的相互转换是单片机系统软硬件设计中经常遇到的问题，三者的对应关系如表 1-1 所示。

表 1-1 十进制、二进制和十六进制的对应关系

十进制 D	二进制 B	十六进制 H	十进制 D	二进制 B	十六进制 H
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

1.2.2 不同进位计数制之间的转换

1. 数制之间的转换

(1) 二进制转换成十进制。

任何二进制数均可用按权展开求和的方法转化成十进制数。

【例 1-1】将二进制数 11010B 转换成十进制数。

解：11010B = $1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 26D$

【例 1-2】将二进制数 101, 111B 转换成十进制数。

解：101.111B = $1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = 5.875D$

(2) 十进制转换成二进制。

在将一个十进制数转换成二进制数时，需要将整数部分和小数部分分别进行转换。

十进制整数转换成二进制整数采用“除 2 取余法”，具体做法为：将十进制数除以 2，得到一个商和余数；再将商除以 2，又得到一个商和余数；继续这个过程，直到商等于 0 为止。每次所得的余数（必定是 0 或 1）就是对应二进制数的各位数字。值得注意的是，第一次得到的余数为二进制数的最低位，最后一次得到的余数为二进制数的最高位。

【例 1-3】将十进制数 58 转换成二进制数。

解：

		余数	
2	58	0 (K0)	低位
2	29	1 (K1)	
2	14	0 (K2)	
2	7	1 (K3)	
2	3	1 (K4)	
2	1	1 (K5)	高位
	0		

所以 58D = 111010B。

十进制小数转换成二进制小数采用“乘 2 取整法”，具体做法为：用 2 乘以十进制纯小数，在得到的积中取出整数部分；再用 2 乘余下的纯小数部分，在得到的积中再取出整数部分；继

续这个过程,直到余下的纯小数为 0 或满足所要求的精度为止。最后将每次取出的整数部分(必定是 1 或 0)按先后从左到右排列即得到对应的二进制小数。

【例 1-4】将十进制小数 0.6875 转换成二进制小数。

解:

	取整	
$0.6875 \times 2 = 1.3750$	1	(K1)
$0.3750 \times 2 = 0.7500$	0	(K2)
$0.7500 \times 2 = 1.5000$	1	(K3)
$0.5000 \times 2 = 1.0000$	1	(K4)

所以 $0.6875D = 0.1011B$ 。

需要指出,一个二进制小数能够准确地转换成十进制小数,但一个十进制小数不一定能完全准确地转换成二进制小数。

(3) 二进制转换成十六进制。

由于十六进制的基数为 16,而 $16=2^4$,因此 4 位二进制数就相当于一位十六进制数。二进制数转化为十六进制数的方法为:由小数点开始,分别向左、向右每 4 位二进制数划为一段,不足 4 位者填 0 补足,每段二进制数用一位十六进制数替代。

【例 1-5】将二进制数 1011011.101101B 转换为十六进制数的形式。

解:先将 1011011.101101B 分段:0101 1011.1011 0100B

然后将各组 4 位二进制数化成十六进制数,所以 $1011011.101101B = 5B.B4H$ 。

(4) 十六进制转换成二进制。

由于一位十六进制数相当于 4 位二进制数,因此要将一个十六进制数转换成二进制数,只需将每一位十六进制数用 4 位二进制数对应表示即可。

【例 1-6】将十六进制数 7E.6AH 转换为二进制数。

解:分别将 7、E、6、A 化成相应的二进制数:0111、1110、0110、1010,再按位数的高低依次排列,即可得到相应的二进制数: $7E6AH = 1111110.0110101B$ 。

(5) 十六进制转换成十进制。

可按权展开相加法将十六进制数转换为十进制数。

【例 1-7】将十六进制数 7A.5CH 转换为十进制数。

解: $7A.5CH = 7 \times 16^1 + 10 \times 16^0 + 5 \times 16^{-1} + 12 \times 16^{-2} = 122.35938D$

(6) 十进制转换成十六进制。

可将十进制数用前面介绍的方法先转换成二进制数,再将二进制数转换成十六进制数。

【例 1-8】将十进制数 18.625D 转换成十六进制数。

解:先将 18D 化成二进制数: $18D = 10010B$

再将纯小数 0.625D 化成二进制小数: $0.625D = 0.101B$

将整数与小数合并: $18.625D = 10010.101B$

然后把所得的二进制数再转化成十六进制: $10010.101B = 12.AH$ 。

即 $18.625D = 12.AH$ 。

当然也可由十进制数的整数部分直接除以 16 取余,纯小数部分不断乘以 16 取整来转换,但过程比较麻烦,请同学们自己练习。

(7) 其他进制之间的相互转换。

前面介绍了几种最常用的进制之间的相互转换的方法,利用这些方法也可以推出其他进制之间的相互转换方法。

十进制向任意 R 进制转换的方法是:整数部分采用除 R 取余法;小数部分采用乘 R 取整法,然后将获得的 R 进制整数部分和小数部分相加。

R 进制向十进制转换的方法为:按权展开相加。

2. 二进制数的编码

(1) 机器数。

在计算机中,数有正、负之分。通常一个有符号数的最高位为符号位(0 表示正数,1 表示负数),即数的符号在机器中也数码化了。我们把一个数在计算机中的表示形式叫做机器数,而这个数本身就称为这个机器数的真值。

例如,假设两个数 N_1 和 N_2 的真值分别为: $N_1=+1001011B$, $N_2=-1010100B$,则所对应的机器数分别为: $N_1=01001011B$, $N_2=11010100B$ 。

一个有符号数,由于编码的不同,可有几种机器数。反之一个机器数,由于解释方法不同,也可代表几种真值。下面要介绍的原码、反码和补码就是常用的几种机器数的表示形式。

(2) 原码。

如上所述,正数的符号位用“0”表示,负数的符号位用“1”表示,符号位之后表示数值的大小,这种表示方法称为原码。

例如, $x=+1110010B$ 和 $y=-1110010B$ 的原码可分别表示为:

$$[x]_{\text{原}}=01110010B$$

$$[y]_{\text{原}}=11110010B$$

(3) 反码。

正数的反码等于原码;负数的反码其最高位(符号位)为“1”,数值位等于原码数值位按位求反(0 变为 1,1 变为 0)。

【例 1-9】求 $x=+0101000B$ 和 $y=-0101000B$ 的原码和反码。

解: $[x]_{\text{原}}=00101000B$ $[x]_{\text{反}}=00101000B$

$[y]_{\text{原}}=10101000B$ $[y]_{\text{反}}=11010111B$

8 位带符号二进制反码可表示的数值范围为 $10000000B (-127D) \sim 01111111B (+127D)$ 。

(4) 补码。

补码的概念:现在是下午 3 点,手表停在 12 点,可正拨 3 点,也可倒拨 9 点。也就是说 -9 的操作可用 +3 来实现,在 12 点里,3 和 -9 互为补码。

运用补码可使减法变成加法。

正数的补码等于原码;负数的补码其最高位(符号位)为“1”,数值位等于反码数值位的低位加“1”。

【例 1-10】求 $x=+0101000B$ 和 $y=-0101000B$ 的补码。

解: $[x]_{\text{原}}=00101000B$ $[x]_{\text{反}}=00101000B$ $[x]_{\text{补}}=00101000B$

$[y]_{\text{原}}=10101000B$ $[y]_{\text{反}}=11010111B$ $[y]_{\text{补}}=11011000B$

8 位带符号二进制补码可表示的数值范围为 $10000000B (-128D) \sim 01111111B (+127D)$ 。

“0”的补码是唯一的,在 8 位二进制数中:

$$[+0]_{\text{补}} = [-0]_{\text{补}} = 00000000\text{B}$$

另外, 一个数的补码的补码等于原码。



现场研讨

1. 为什么在数字系统、计算机系统中采用二进制?
2. 微型计算机中的数为什么常用补码表示?



课后练习题

1. 将下列各数按权展开为多项式:
 - (1) 110110B
 - (2) 5678.32D
 - (3) $1\text{FB}7\text{H}$
2. 把下列十进制数转化为二进制数、十六进制数:
 - (1) 135.625
 - (2) 548.75
 - (3) 376.125
 - (4) 254.25
3. 写出下列十进制数的原码、反码和补码 (用 8 位二进制数表示):
 - (1) $+x = +65$
 - (2) $+x = +115$
 - (3) $-x = -65$
 - (4) $-x = -115$
4. 把下列二进制数转换为十进制数和十六进制数:
 - (1) $(110101110)_2$
 - (2) $(0.1011)_2$
 - (3) $(1101110.1101101)_2$
5. 将下列十六进制数转换成二进制数和十进制数:
 - (1) $(756)_{16}$
 - (2) $(48.5\text{B})_{16}$
 - (3) $(0.54\text{C})_{16}$
6. 写出下列各十进制数的机器数:
 - (1) $+28$
 - (2) -0
 - (3) -112