

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

单片机原理及应用

摇（机械制造与控制专业）摇

主摇摇编摇摇刘力群

副摇摇编摇摇郑红峰

参摇摇编摇摇符摇摇刚摇摇罗建彬摇摇孙志平

责任主审摇摇罗圣国

审摇摇稿摇摇刘兆英摇摇刘摇摇江



机械工业出版社

本书共十章，以 8051 单片机为例，介绍单片机基础知识，单片机结构、指令系统和程序设计方法、输入输出、中断与定时器、计数器、串行接口、存储器扩展、并行接口扩展、A/D 和 D/A 转换、常用外部设备接口以及应用实例。每章末有习题，附录中配有实验。

本书介绍单片机基本内容，注重应用，通俗易懂，循序渐进，适合中职非电类专业使用，也可用于高职学校，还可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理及应用：机械制造与控制专业 刘力群主编 北京：机械工业出版社，2009.12
中等职业学校国家规划教材
ISBN 978-7-111-29210-1

Ⅰ. ①单… Ⅱ. ①刘… Ⅲ. ①单片机—微型计算机—专业学校—教材 Ⅳ. ①TP312.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 242100 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 24 号) 邮政编码 100037
责任编辑：赵爱宁 版式设计：霍永明 责任校对：张媛媛
封面设计：姚毅毅 责任印制：路瑶琳
北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2009 年 12 月第 1 版·第 1 次印刷
开本：185mm×260mm 1/16 印张：10.5 千字
印数：1—5000 册
定价：25.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68995199 网址：www.cmpbook.com

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2004〕15 号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 10 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2004 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 10 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2004 年 10 月

前 摇 摇 言

本书是根据教育部“面向 21 世纪中等职业教育课程改革和教材建设规划”，以及依据其精神制定的“单片机原理及应用”教学大纲编写的国家规划教材。

全书共分十章，主要介绍单片微型计算机基础知识、8051 单片机结构、指令系统、程序设计方法、输入输出、中断与定时器计数器、系统扩展方法以及常用接口芯片等，并列举了应用实例。每章末有习题，并在附录中编写了与教材内容相结合的实验。

本书以 8051 系列单片机为例，对微机原理及应用进行了介绍。本书内容侧重于应用，原理部分只做一般性介绍，重点放在程序设计方法、接口技术等方面，对片内硬件和接口芯片，采用结合应用举例的方法介绍其外部性能和使用方法。

本书在编写过程中注重体现计算机处理问题的方法、技巧、如标志概念、堆栈概念、寻址方式、数据排序和模块化结构等，使读者在学习微机原理的同时学会用计算机的思维方式处理问题。

按教学大纲要求，本书中带有“*”部分为选修内容。

本书第一章、第二章、第十章的第一节由刘力群编写，第三章、第六章由符刚编写，第四章、第五章、第十章的第二、三、四节由郑红峰编写，第七章、第八章由罗建彬编写，第九章和实验由孙志平编写。本书由刘力群任主编，郑红峰任副主编。

全书由责任主审罗圣国，审稿刘兆英、刘江审阅；主审陶砂审阅了全书。参加审稿的还有曹振军、徐衡和马进中，他们对本书提出了很多宝贵意见和建议。在编写前期的准备工作中，曹振军、符刚做了大量工作。在此，编者对为本书做出贡献的老师表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点和错误，敬请读者批评指正。

编 摇 者

二〇〇〇年 苑月

目摇摇录

前言	
第一章 摇单片微型计算机基础知识	员
摇第一节 摇概述	员
摇第二节 摇数制和码制	圆
摇第三节 摇单片机的基本组成及工作原理	员
摇习题题摇	员
第二章 摇酝悦酝单片结构	员
摇第一节 摇酝悦酝单片机的基本结构	员
摇第二节 摇酝悦酝单片存储器配置	圆
摇第三节 摇酝悦酝单片引脚功能	圆
摇习题题摇	猿
第三章 摇酝悦酝单片指令系统和 摇摇摇摇程序	猿
摇第一节 摇指令格式和寻址方式	猿
摇第二节 摇酝悦酝单片指令系统	猿
摇第三节 摇汇编语言程序设计基础	源
摇第四节 摇汇编语言程序设计实例	缘
摇习题题摇	源
第四章 摇输入输出、中断与定时转 摇摇摇摇计数器	远
摇第一节 摇输入与输出	远
摇第二节 摇酝悦酝单片中断系统	远
摇第三节 摇酝悦酝单片定时计数器	苑
摇习题题摇	愿
*第五章 摇酝悦酝单片串行接口	愿
摇第一节 摇串行通信的一般知识	愿
摇第二节 摇酝悦酝单片串行接口	愿
摇第三节 摇酝悦酝单片串行接口的基本 摇摇摇摇应用	愿
摇习题题摇	怨
第六章 摇存储器扩展	怨
摇第一节 摇酝悦酝单片最小应用系统的 摇摇摇摇构成	怨
摇第二节 摇程序存储器扩展	怨
摇第三节 摇数据存储器扩展	员
摇习题题摇	员
第七章 摇酝悦酝单片输入输出 摇摇摇摇并行接口扩展	员
摇第一节 摇酝悦酝单片并行输入输出 摇摇摇摇接口	员
摇第二节 摇酝悦酝可编程并行输入输出接 摇摇摇摇口芯片	员
* 第三节 摇酝悦酝可编程并行接口芯片	员
摇习题题摇	员
第八章 摇常用外部设备接口	员
摇第一节 摇键盘及其接口	员
摇第二节 摇扫描仪显示器接口电路	员
摇习题题摇	员
第九章 摇数模和模数转换接口	员
摇第一节 摇数模(阅粤)转换	员
摇第二节 摇模数(粤粤)转换	员
摇习题题摇	员
第十章 摇酝悦酝单片机的应用	员
摇第一节 摇酝悦酝单片应用系统设计 摇摇摇摇方法简介	员
摇第二节 摇顺序控制应用实例	员
摇第三节 摇数据采集应用实例	员
摇第四节 摇步进电动机控制应用实例	员
附录 摇	员
摇附录 粤 实验指导	员
摇摇实验一 摇指令系统实验	员
摇摇实验二 摇简单程序设计实验	员
摇摇实验三 摇存储器扩展实验	员
摇摇实验四 摇并行输入输出接口实验	员
摇 * 实验五 摇交通信号灯控制实验	员
摇摇实验六 摇粤粤阅粤转换实验	员
摇摇实验七 摇步进电动机控制实验	员
摇 * 实验八 摇串行接口应用实验	员
摇附录 月 酝悦酝指令系统分类表	员
摇附录 悦 粤粤粤(美国标准信息交换码) 表	员
参考文献	员

第一章 单片微型计算机基础知识

本章主要介绍单片微型计算机的发展、应用和特点，数制、码制、单片微型计算机的组成及其基本工作原理。通过对本章的学习，要学会进行二进制数、十六进制数和十进制数之间的相互转换，明确补码在单片微型计算机中的使用，了解单片微型计算机的基本结构和工作过程。

第一节 概述

一、单片微型计算机的发展概况

自从1946年世界上第一台电子计算机问世以来，计算机由于自身的优势得到了高速发展。大规模及超大规模集成电路的出现使计算机的体积迅速缩小，促使微型计算机应运而生。微型计算机由微处理器（运算器和控制器）、存储器和输入输出接口三部分组成，这三部分之间通过总线相互连接（图1-1）。微型计算机从1946年出现到现在，已经经历了从源位机到微处理器的四代发展。

单片微型计算机简称单片机，是将一台计算机的主要器件集成在一个芯片上。它是微型计算机的一个发展分支，以其体积小、功能强的突出特点而迅速普及，目前正向着高集成度、大容量、多功能、高速度和低能耗方向发展。

二、单片机的特点

微型计算机具有运算速度快、精度高、方便灵活、适应范围广和可靠性高等特点。作为其分支的单片机，由于特殊的硬件结构和指令系统，还具有以下突出特点：

① 体积小，价格低，应用广。由于计算机的主要器件集中在一个芯片上，而且适合大规模生产，因此在体积、重量、价格上具有优势，便于在中小设备、廉价设备上使用，从而使计算机深入到过去无法进入的领域，拓宽了微型计算机的应用范围。

② 通用性、灵活性强。在改变单片机的控制对象时，可以基本上不动硬件，只需改变程序。另外，可以很方便地对其进行扩展。

③ 可靠性高、抗干扰能力强。单片机的高集成度，避免了功能器件之间的连线焊接、插接，缩短了系统内部的信息传送距离，从而提高了可靠性和减少了外部干扰的影响，能够适用于工作环境较恶劣的场合。

④ 实时控制能力强。实时控制又称过程控制，是指及时的检测设备、采集数据信息，并按最佳方案对设备进行自动调节和控制。单片机具有很强的逻辑操作、位处理和判断转移功能，运行速度快，特别适合于工业系统实时控制。

⑤ 应用开发周期短。单片机结构简单，硬件组合、软件编程都很方便，又容易进行模拟试验，因此付诸实际应用快。

三、单片机的应用

单片机体积小、功能强等特点，决定了它必然在工业控制、智能化仪器、通信系统、信

息处理和家用电器等领域得到广泛应用。

(员) 工业控制摇如过程控制自动化、数控机械设备、工业机器人等。用单片机进行过程实时控制,可提高自动化水平,减轻劳动强度,提高控制准确性,从而降低成本,提高产品质量。

(圆) 智能化仪器摇如色谱仪、齿轮精度检验仪类的各种工业检验、测量仪器、医疗器械等。单片机可用于仪器的数据处理、存储、测试、校准和自动诊断故障等,提高了仪器的精度和可靠性,并扩大了仪器功能。

(猿) 家用电器摇如自动控温冰箱、全自动洗衣机、智能电饭锅、电话机、空调器、智能玩具等。单片机用于家用电器,使这些产品使用更简捷、方便,提高了生活质量。

(源) 导航系统摇如飞机导航、导弹制导控制、航天飞机的地面控制等。单片机可以进行飞行的数据计算、分析、传送及控制,使飞行更精确。

单片机的应用范围很广,计算机的终端(打印机,键盘等)脱机工作、通信设备的计算机通信网等等,几乎所有需要控制、检测、数据处理的设施上都可以有单片机的应用。

第二节 摇数制和码制

单片机是用数字电路进行数据处理的,数字电路作数据处理是用二进制数的进位计数制,而人们习惯于十进制数。因此,学习计算机,首先要掌握计算机用到的计数制和计数制之间的转换,以及数字与字符的编码方法和数的符号表示方法等。

一、数制及其转换

习惯用的十进制数,是 园个不同的数字 园,员,圆, ..., 怨依据“逢十进一”的规则进行计数和运算的。

十进制数中,各位数字表示的值与数字本身和数字所在的位置有关,如数 缘远,十位上的 缘表示 缘个 员,即 缘园(缘伊员^圆);个位上的 远表示 远个 员,即 远(远伊员^零)。可以看出,每位数被赋以一定的位值,称为该位的“权”。十进制中的个,十,百,千,万...各位的“权”依次为 员, 员园, 员园园, 员园园园, 员园园园园..., 即 员园^零, 员园^一, 员园^二, 员园^三, 员园^四...。每个数位上的数字所表示的值为:数字与它所在位的“权”的乘积。因此,任何一个十进制数,如 源缘远,可以按权展开成多项式为

$$源缘远 = 源伊员园^3 + 缘伊员园^2 + 远伊员园^1 + 远伊员园^0$$

写成通式为

$$\begin{aligned} & 越 灶伊员园^灶 + 灶伊员园^{灶-1} + \dots + 灶伊员园^1 + 灶伊员园^0 \\ & 越 \sum_{灶=0}^{灶} (灶伊员园^灶) \end{aligned}$$

式中,灶是第 灶位的数字;员园为基数(基数是相邻两数位的权之比);灶 皂为正整数。

计算机中要用到二进制数和十六进制数,除在运算中采用“逢二进一”和“逢十六进一”的规则外,其他与十进制数基本相同。

(一) 二进制数及其转换

1. 二进制数的特点及运算

(1) 二进制数的表示 二进制数有两个不同的数字 0 和 1, 基数是 2, 依据“逢二进一”的规则。例如, 二进制数

101101

为区别于其他进制的数, 加后缀 B 写成 101101B 或 (101101)₂。二进制数同样可以按权展开成多项式, 例如

$$(101101)_2 = 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\ = 32 + 0 + 8 + 4 + 0 + 1 = 45_{10}$$

十进制数的后缀为 D (通常省略) 或写成 (45)₁₀。

(2) 二进制数的主要特点 计算机中的数据均采用二进制数, 主要因为二进制数有以下特点:

1) 二进制数中只有 0 和 1 两个数字, 很容易用电子元器件来实现, 如电压的高电平和低电平、继电器的通和断、指示灯的亮和灭等等, 这些电器元件的两个稳定状态可以表示二进制数字的 0 和 1。用这种简单、明显的稳定状态表示的数字, 抗干扰能力强, 可靠性高。

2) 二进制数的运算简单, 加法和乘法法则仅有以下 4 条

$$\begin{array}{r} 0+0=0 \\ 0+1=1 \\ 1+0=1 \\ 1+1=10 \end{array} \quad \begin{array}{r} 0 \times 0=0 \\ 0 \times 1=0 \\ 1 \times 0=0 \\ 1 \times 1=1 \end{array}$$

明显比十进制数简单得多, 从而减化了计算机中运算部件的结构。

3) 二进制数的两个数字 0 和 1 与逻辑运算变量值一致, 因此, 可以直接用二进制数进行逻辑运算。

(3) 二进制数的运算 下面举例说明二进制数的运算规则。

1) 加法:

$$\begin{array}{r} 101101 \\ + 101101 \\ \hline 1011010 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{r} 10110101 \\ + 10110101 \\ \hline 101101010 \\ \hline \end{array}$$

2) 减法:

$$\begin{array}{r} 101101 \\ - 101101 \\ \hline 000000 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{r} 10110101 \\ - 10110101 \\ \hline 00000000 \\ \hline \end{array}$$

3) 乘法:

$$\begin{array}{r} 101101 \\ \times 101101 \\ \hline 101101 \\ 000000 \\ 101101 \\ 101101 \\ \hline 10110101 \\ \hline \end{array}$$

源

源 除法：

$$\begin{array}{r}
 \text{摇摇摇} \overline{) \begin{array}{r} \text{员} \text{员} \text{员} \\ \text{员} \text{员} \text{员} \text{员} \\ \hline \text{员} \text{员} \text{员} \text{摇} \\ \text{员} \text{员} \text{员} \\ \hline \text{员} \text{员} \text{员} \\ \text{员} \text{员} \text{员} \\ \hline \text{员} \text{员} \text{员} \\ \text{员} \text{员} \text{员} \\ \hline \text{员} \text{员} \text{员} \end{array}} \\
 \text{摇摇摇摇摇摇} \overline{) \text{员}}
 \end{array}$$

由以上可见，加法是按逢二进一的规则进位，减法按借一当二的规则借位。

二 二进制数和十进制数之间的转换

(员) 二进制数转换成十进制数

方法：乘权求和法。即对二进制数按权展开求和得到十进制数。

例：将 (员员员员员) 转换为十进制数

$$(员员员员员)_{\text{二}} = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 16 + 8 + 4 + 2 + 1 = 31$$

(圆) 十进制整数转换成二进制整数

方法：除 2 取余逆排法。即将十进制整数不断用 2 除，直到商为 1 止，所得余数从后往前读，得到等值的二进制数。

例：将 (31) 转换为二进制数

即 $(31)_{\text{十}} = (11111)_{\text{二}}$

(猿) 十进制小数转换成二进制小数

方法：乘 2 取整顺排法。即将二进制小数不断乘 2，每次将整数取出从前向后排，直到积为 1 或达到要求精度为止。

例：将 (0.5625) 转换成二进制小数

0.5625	0.5625	0.5625
伊 2	伊 2	伊 2
1.125	1.125	1.125
↓ 取整	↓ 取整	↓ 取整
1	1	1
0.125	0.125	0.125
伊 2	伊 2	伊 2
0.25	0.25	0.25
伊 2	伊 2	伊 2
0.5	0.5	0.5
伊 2	伊 2	伊 2
1	1	1

即 $(0.5625)_{\text{十}} = (0.1001)_{\text{二}}$

(二) 十六进制数及其转换

十六进制数的表示

十六进制数有 16 个不同的数字和字母符号 0~9, A, B, C, D, E, F, 分别表示十进制数的 0~15, 基数为 16, 依据“逢十六进一”的规则。例如

$$16 = 10 + 6 = \text{A}6_{\text{十六}}$$

十六进制数的后缀为 H, 如上例为 16H 或写成 (16)_{\text{十六}}。十六进制数也可以按权展开成多项式，如上例

$$(16)_{\text{十六}} = 1 \times 16^1 + 6 \times 16^0 = 16 + 6 = 22$$

匱叶六进制数的转换

(员) 十六进制数转换成二进制数

方法：一拉四法。即将每 员位十六进制数用相应的 源位二进制数替代。

例：将 (猿缘缘缘) 转换成二进制数

猿猿 猿缘 猿云 鄣猿缘 猿云
 摇摇 摇摇 摇摇 摇摇 摇摇
 园园园 园园园 园园园 鄣园园园 园园园

即 (猿缘缘缘) 越 (园园园园园园园园园园园园园园)

(圆) 二进制数转换成十六进制数

方法：四合一法。以小数点为界，分别向左右每 源位一组由相应的 员位十六进制数替代。

例：将 (园园园园园园园园园园园园园园) 转换成十六进制数

(园) 园园 园园园 园园园 园园园 鄣 园园园 园 (园)
 摇摇 摇摇 摇摇 摇摇 摇摇 摇摇 摇摇
 摇摇 摇摇 猿云 猿月 猿猿 鄣 猿悦 猿源

即 (园园园园园园园园园园园园园园) 越 (园月鄣悦)

转换时注意最后一组不足 源位时，应用“园”补齐 源位，否则易出错。

(猿) 十六进制数与十进制数之间的转换
 十六进制数与十进制数之间的转换可以采用二进制数与十进制数之间转换类似的方法，即十六进制数转换成十进制数采用“乘权求和法”；十进制数转换成十六进制数，整数部分采用“除 员取余逆排法”；小数部分用“乘 员取整顺排法”，小数部分通常有误差，一般转换到所要求的精度即可。

由于 员进制的基数为 员，比较大，做乘法计算时繁琐，所以一般十六进制数与十进制数之间的转换是通过二进制数间接进行的，因为二进制数与十六进制数之间的转换十分方便，即先将十进制数转换成二进制数，再把二进制数转换成十六进制数；反之亦然。

由于二进制数数值较大时，位数较长，不便于书写和记忆，而且容易出错，十六进制数位数少，读写方便，因此一般用十六进制数作为二进制数的缩写。十进制数、二进制数和十六进制数之间的对照关系见表 员。

二、带符号数的表示法

前面介绍的二进制数没有提及符号，称为无符号数。带有符号的数在数学运算中，表示一个数的正负，可以在数的前面冠以正负号。但是，计算机不能，因为计算机中所有信息都是用二进制数表示的，符号也不能例外。因此，在计算机中，通常用一个数的最高位作为符号位，用 园表示正，员表示负。例如，在 愿位计算机中，一个 愿位二进制数，它的最高位 愿为符号位，后面的 苑位 愿- 愿为数值位，其格式如下：

表 员 十进制数、二进制数和十六进制数之间的对照关系

两个数的符号，相同可直接相加；符号不同则不能相加，而要用绝对值大的数减去绝对值小的数，其差值为两数和，而符号取自绝对值大的。由此可见，原码计算很不方便，计算机在运算中一般不采用原码，从而引出了反码和补码。

反码

反码也是带符号二进制数的一种表示方法。

正数的反码同原码，符号位为 0，其余位为原数值。

负数的反码，符号位为 1，其余各位为原数值按位取反，即 1 换成 0，0 换成 1。例如

十进制数 +101 的原码为 $[+101]_{\text{原}} = 0101$

十进制数 -101 的原码为 $[-101]_{\text{原}} = 1101$

式中， $[+101]_{\text{原}}$ 表示 +101 的原码。

数“0”的反码也可以写成两种形式

$[+0]_{\text{原}} = 0000$

$[-0]_{\text{原}} = 1000$

补码

补码是计算机中带符号数的常用表示方法。

正数的补码同原码，符号位为 0，其余位为原数值。

负数的补码，符号位为 1，其余各位为原数值按位取反后，再加 1，即反码加 1。例如

十进制数 +101 的原码为 $[+101]_{\text{原}} = 0101$

十进制数 -101 的原码为 $[-101]_{\text{原}} = 1101$

式中， $[+101]_{\text{补}}$ 表示 +101 的补码。

数“0”的补码表示是唯一的，即

$[+0]_{\text{补}} = 0000$ ， $[-0]_{\text{补}} = 0000$

带符号的 8 位二进制数对应的原码、反码、补码的表示及相应的十进制数对照见表 1-1。

表 1-1 8 位二进制数的几种表示方法对照表

十进制数	二进制数	原码	反码	补码
+101	0101	0101	0101	0101
+100	0100	0100	0100	0100
+10	0010	0010	0010	0010
...
+1	0001	0001	0001	0001
+0	0000	0000	0000	0000
原 0	原 0000	原 0000	原 0000	原 0000
原 1	原 0001	原 0001	原 0001	原 0001
原 10	原 0010	原 0010	原 0010	原 0010
...
原 101	原 1010	原 1010	原 1010	原 1010
原 100	原 1000	原 1000	原 1000	原 1000
原 10	原 1010	原 1010	原 1010	原 1010
原 1	原 1001	原 1001	原 1001	原 1001
原 0	原 1000	无法表示	无法表示	原 1000

可见，结果本应为 垣愿，却成了 原愿。正是因为以上两数和大于 垣愿，使数值“溢出”到符号位，结果出错。再如

$$\begin{array}{r}
 \text{原愿} \\
 \text{垣愿} \\
 \hline
 \text{原愿}
 \end{array}$$

同样是因为两数的绝对值和超出了 愿愿而“溢出”出错。

然而，前面介绍的自然丢失不会出错，判断两者的方法为：

溢出：

- ① 摇符号位向前有进位，数值最高位向符号位无进位；
- ② 摇符号位向前无进位，数值最高位向符号位有进位。

自然丢失：

符号位向前有进位，数值最高位向符号位也有进位。

缘 计算机不会区别带符号数和无符号数，只是按规定的法则进行计算。例如：两 愿位二进制数相加为

$$\begin{array}{r}
 \text{愿愿} \\
 \text{愿愿} \\
 \hline
 \text{愿愿}
 \end{array}$$

作为无符号数：愿愿垣愿愿越愿愿，而作为带符号数则是（原愿）垣（垣愿）越原愿。

此例说明，采用补码计算后，不管作为无符号数还是带符号数，运算结果都是正确的。因此，计算机用补码运算时，带符号数和无符号数是兼容的，只是操作者要知道自己做的是带符号数计算还是无符号数计算。

四、月愿码和字符的 愿愿码

（一）月愿码

愿愿月愿（愿愿）码

计算机中使用二进制数代码操作，而人们习惯于十进制数，这样就使得我们要掌握并经常进行二进制数与十进制数之间的转换；数大时，既麻烦又费时。因此，需要一种比较适合十进制数的二进制编码方法，月愿码就是此种性质的编码。用 愿位二进制代码表示 愿位十进制数，称为十进制数的二进制代码表示法，简称 月愿码。

用 愿位二进制数可以写出 愿种组合，从 愿愿至 愿愿。而要表示十进制数，用其中的 愿种组合即可，最常用的是按顺序取前 愿种组合。这种组合排列方便、对照直观、转换简单，称为 愿愿码，也简称 月愿码。月愿码与十进制数、二进制的对应关系见表 愿愿。

表 愿愿 月愿码与十进制数、二进制的对应关系

园

十进制数	二进制数	愿园月园码	十进制数	二进制数	愿园月园码
园	园园园园	园园园园	愿	园园园园	园园园园
员	园园园员	园园园员	怨	园园园员	园园园员
圆	园园园圆	园园园圆	员园	园园园圆	园园园员园园园园
猿	园园园猿	园园园猿	员员	园园园猿	园园园员园园园员
源	园园园源	园园园源	员圆	园园园源	园园园员园园园圆
缘	园园园缘	园园园缘	员猿	园园园缘	园园园员园园园猿
远	园园园远	园园园远	员源	园园园远	园园园员园园园源
苑	园园园苑	园园园苑	员缘	园园园苑	园园园员园园园缘

摇摇十进制数与月码之间的转换

根据表 员的对应关系进行转换。

(员) 例如将十进制数 愿转换成月码：

愿 愿 愿 愿
 愿 愿 愿 愿
 愿 愿 愿 愿

即

愿越 (愿)月码

(圆) 将月码 (愿)转换成十进制数：

愿 愿 愿 愿
 愿 愿 愿 愿
 愿 愿 愿 愿

即

(愿)越愿

注意：月码与真正的二进制数是不同的，它形式上为二进制数，实为十进制数。月码是作为计算机用的二进制数与十进制数之间的一种过渡性编码使用的，以方便人机联系。

二进制调整

计算机在进行月码运算时，是按照二进制数进位的，并不是“逢十进一”，因此运算结果可能会出错。

例如：

员) 求月码的远垣

解：远越 (愿)月码 摇摇苑越 (愿)月码

$$\begin{array}{r} \text{愿} \\ \text{垣) 愿} \\ \hline \text{愿} \end{array}$$

月码中没有愿，因此结果出错。

圆) 求月码苑垣

解：苑越 (愿)月码 摇摇怨越 (愿)月码

$$\begin{array}{r} \text{愿} \\ \text{垣) 愿} \\ \hline \text{愿} \end{array}$$

(愿)月码为愿，而不是愿，因此结果出错。

以上计算结果出错的原因，都是没有按“逢十进一”的规则运算。因此，用月码运算，要想得到正确的结果，必须进行二进制调整，调整规则如下：

月码源位(二进制数)一组，若相加结果大于怨，则对该源位进行“加远调整”。

如上两例中：

员) 月码的远垣：加后得愿，大于怨，要“加远调整”，则

$$\begin{array}{r} \text{愿} \\ \text{垣) 愿} \\ \hline \text{愿} \end{array}$$

得正确结果 (愿)月码 越愿

圆) 月朔码 苑址: 加后得 员肆肆, 等于 员肆, 也要“加远调整”, 则

$$\begin{array}{r} \text{员肆肆} \\ \text{垣) 员肆} \\ \hline \text{员肆肆} \end{array}$$

得正确结果 (员肆肆) 月朔 越远

配兑 单片机对 月朔码加法运算有专门的十进制调整指令 (阅粤遥粤), 可以自动进行加远调整。

(二) 粤税II 码

计算机中除数字用二进制数表示外, 字母和字符等都要用二进制数表示, 即要用二进制数对字母和字符进行编码。现在最普遍使用的是 粤税II 码, 粤税II 码是美国信息交换标准代码的英文缩写。它用 苑位二进制数对字符等进行编码, 见附录 悦

第三节 摇单片机的基本组成及工作原理

一、单片机的基本组成

单片机由微处理器、存储器、输入输出接口以及连接这三部分的总线组成。其基本结构框图如图 员肆肆所示。

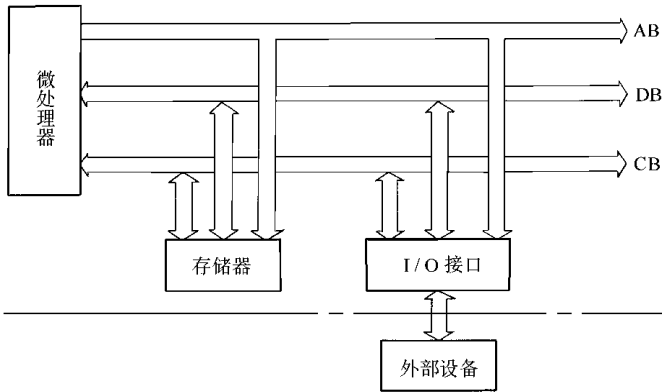


图 员肆肆 摇单片机的基本结构框图

(一) 微处理器 悦裁

微处理器 悦裁由运算器和控制器构成。运算器用来进行各种算术运算和逻辑运算。控制器是整个计算机的指挥中心, 用来控制、协调计算机中各功能器件之间的工作。悦裁又称为中央处理单元, 基本结构框图如图 员肆伍所示。

员肆伍 运算器

运算器包括算术逻辑单元 粤藏 累加器 粤税以及寄存器组等。算术逻辑单元 粤藏是进行各种算术 (加法、减法等) 运算和逻辑 (“与”、“或”等) 运算的部件。寄存器是临时存放数据的地方, 每一个寄存器可以存放一个或两个 苑位二进制数。运算器在运算中需要进行提取待运算数据, 送出中间结果和最终结果等操作。如果这些数据都要取自和送到外面的存储器, 就要影响运算速度。因此, 在运算器内部设置寄存器组, 存放运算数据和中间结果, 以使运算速度加快。累加器 粤税是一个特殊功能寄存器。