

中等职业教育国家规划教材配套教学用书

单片机原理、应用 与实践

主编 徐新艳



高等教育出版社

0078186

中等职业教育国家规划教材配套教学用书

单片机原理、应用与实践

主编 徐新艳

高等教育出版社

内容提要

本书是中等职业教育国家规划教材配套教学用书。

本书以 80C51 系列单片机为主线,采用“基础篇”、“使用篇”的结构体系,以通俗的语言、简明的叙述引领读者逐步掌握单片机的结构、工作原理、使用方法及程序设计方法。其中,“基础篇”介绍了单片机的结构及单片机应用系统的开发过程;“使用篇”通过大量实例,介绍了单片机的使用方法、汇编语言程序设计方法。

本书是各类中等职业学校电子技术、控制、机电等专业的教学用书,也可供工程技术人员参考或作为各种培训班的教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理、应用与实践 / 徐新艳主编. —北京:高等教育出版社,2005.7

ISBN 7-04-017033-7

I. 单... II. 徐... III. 单片微型计算机—专业学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 055833 号

策划编辑	李宇峰	责任编辑	李刚	封面设计	于涛	责任绘图	朱静
版式设计	胡志萍	责任校对	王雨	责任印制	朱学忠		

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	北京蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京鑫海金澳胶印有限公司		http://www.landaco.com.cn
开 本	787×1092 1/16	版 次	2005 年 7 月第 1 版
印 张	8.75	印 次	2005 年 7 月第 1 次印刷
字 数	210 000	定 价	11.20 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 17033-00

前 言

随着嵌入式系统的普及使用,单片机知识已成为当代电子信息及控制领域的科技人员需要掌握的重要技术知识。目前,有关单片机的书籍有三大类:一类是译自单片机制造商提供的外文使用手册,这类书籍对单片机原理的叙述全面、系统,应用实例偏少。第二类是单片机原理与接口技术,这类书籍虽然对单片机的应用做了介绍,但重点仍放在对单片机原理的讨论上,并且原理与接口技术的介绍分阶段进行,影响了理论知识与应用知识的融会贯通。还有一类实用性较强的书籍,注重对单片机应用技术的介绍,并提供了一些很有价值的应用范例,但这类书籍起点高,适合于那些已经有了一定单片机基础知识的读者。因此,无论是相关专业的在校学生,还是那些未掌握单片机知识的科技工作者,他们都希望有一本浅显的、合适的教材,能够引领他们学用结合,轻松地掌握单片机的系统知识及应用技术。

本教材是编者吸收了本课程的教学经验并适应教学改革的要求对教材进行创新编写的成果。本教材共分两篇。第一篇是基础篇,介绍了学习单片机技术所必须具有的基础知识。第二篇是使用篇,在这一篇中始终本着一个“用”字,结合实例,以任务式的学习方式,对单片机的原理、应用及编程技术进行了讨论。使读者在学习单片机应用方法的同时掌握单片机的原理,在掌握单片机原理的同时熟悉单片机的指令系统,最后达到融应用、原理、编程共为一体的学习过程,这也是本教材与其他单片机书籍的区别。

本教材具有两个特点:一是考虑到学校之间的差异,本教材对单片机开发环境的介绍具有普遍性,选用本教材的读者可以根据实际条件选择开发工具。二是本教材没有单独列实训项目,教师可以把每小节后的练习作为实训项目。练习包括三种类型:一是模仿性练习,即根据学习内容进行模仿,就可完成作业。二是提高性练习,这类练习既检查对于所学知识的掌握情况,同时还有知识的扩展。三是创造性练习,提出任务,让每位学生都可以充分发挥自己的创造性思维,高质量地完成作业。

本教材第5章由乔英霞编写,第6章的部分内容由钟卫红编写,其余各章由徐新艳编写。徐新艳任主编并对全书做了统稿工作。

本教材由梁军老师审阅,在此表示衷心感谢。

本教材是编者多年教学体会及开发项目所积累实践经验的结晶。限于编者水平,书中难免存在不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

xuxinyan@btamail.net.cn

2005年3月

目 录

◎ 基 础 篇

第 1 章 绪论	2	第 3 章 单片机应用系统的开发	14
1.1 单片机的概念	2	3.1 硬件设计	14
1.2 单片机的发展历史	2	3.2 程序设计	15
1.3 单片机的应用	3	3.3 程序的仿真调试	16
第 2 章 80C51 单片机基本结构	5	3.4 程序固化	17
2.1 80C51 单片机的基本结构	5	3.5 开发工具	17
2.2 80C51 单片机存储器结构	7		

◎ 使 用 篇

第 4 章 80C51 的封装及基本电路	20	5.6 80C51 的串行通信	75
4.1 80C51 单片机的封装	20	第 6 章 综述	85
4.2 80C51 单片机的基本电路	21	6.1 80C51 的内部结构及外部引脚	85
第 5 章 单片机应用实例	23	6.2 80C51 的特殊功能寄存器 SFR	87
5.1 单片机控制发光二极管显示	23	6.3 80C51 指令系统的指令长度与寻址 方式	90
5.2 单片机控制七段数码管显示	33	6.4 80C51 系列单片机指令集	94
5.3 单片机控制液晶显示器显示	36	6.5 程序设计举例	113
5.4 键盘输入	49		
5.5 单片机控制步进电机	67		

附录	126
附录 A ASCII(American Standard Coded For Information Interchange)(美国标准信息交换码)表	126
附录 B 80C51 系列单片机指令表	127
参考文献	133



基础篇

第 1 章 绪 论

计算机是应科学计算而诞生的。在相当长时期内,计算机技术都是以提高计算机的计算量为目标而发展的。随着单片机的出现,使计算机进入到智能化控制领域,从此,计算机便向通用计算机(具有数值计算、信息处理、多媒体和网络应用等功能)和嵌入式计算机(又称专用计算机,是将计算机嵌入到对象体系中完成对象的智能化控制要求,具有对象交互、输入/输出管理等功能)两个方向发展。

1.1 单片机的概念

计算机无论规模大小、性能高低,其硬件系统(简称硬件,是计算机中看得见,摸得着的实体)都是由控制器、运算器、存储器、输入设备和输出设备等部件组成的。其中,运算器和控制器合在一起称为中央处理单元(CPU);各种输入/输出设备统称为外围设备或外部设备,简称外设。在通用计算机中,上述部件通常都是独立的硬件结构,通过一定连接而构成一台完整的计算机。单片机则是将 CPU、存储器、输入/输出(I/O)接口电路等这些计算机的主要功能部件及其连接制造在一块半导体芯片上。由于单片机主要用于控制系统,所以又被称为微控制器(MCU)。

1.2 单片机的发展历史

如果以 8 位单片机的推出作为起点,单片机的发展历史大致可分为四个阶段:

第一阶段(1976 年—1978 年):单片机的探索阶段。以 Intel 公司的 MCS-48 系列为代表。此系列单片机的推出是在工业控制领域的探索。参与这一探索的公司还有 MOTOROLA、Zilog 等,都取得了满意的效果。

第二阶段(1978 年—1982 年):单片机的完善阶段。Intel 公司在 MCS-48 探索成功的基础上推出了 MCS-51 系列。MCS-51 系列单片机的推出使单片机的性能得到很大提高,应用领域也大为扩展。

第三阶段(1982 年—1990 年):8 位单片机的巩固发展及 16 位单片机的推出阶段,也是单片机向微控制器发展的阶段。Intel 公司推出的 16 位 MCS-96 系列单片机,将一些用于测量控制系统的模数转换器(A/D 转换器)、程序运行监视器(WDT)、脉宽调制器(PWM)等纳入片中,体现了单片机的微控制器特征。随后许多测量控制系统中使用的电路技术、接口技术、多通道模数转换部件、可靠性技术等被应用到 8 位单片机中,增强了外围电路功能,强化了智能控制的特征。

第四阶段(1990 年以后):单片机的全面发展阶段。随着单片机在各个领域的广泛应用,不仅出现了高速、强运算能力的 8 位/16 位/32 位通用型单片机,也有小型廉价的专用型单片机,以适应不同领域的各种需求,单片机技术进入了全面发展的阶段。

虽然单片机的品种很多,但其中最具代表性的应属 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机。



MCS-51 系列单片机以其典型的通用总线型体系结构、特殊功能寄存器的集中管理模式、位操作系统和面向控制功能的丰富的指令系统,为单片机的发展奠定了良好的基础。MCS-51 系列的典型芯片是 80C51。Intel 公司将 80C51 内核使用权以专利互换或出售形式授权给许多集成电路制造厂商,如 PHILIPS、Infineon(原 SIEMENS)、Atmel 等,这些公司研制的单片机在保持与 80C51 兼容的基础上改善了 80C51 的许多特性。本书中把与 80C51 兼容的单片机统称为 80C51 系列。鉴于 80C51 系列单片机在硬件方面的广泛性、代表性和先进性,因此选用它作为本书的介绍对象。对于其他类型的单片机,在学习和掌握了 80C51 系列单片机后再去学习将不再是困难之事。

为使读者对 80C51 系列单片机的基本情况有一个概括了解,表 1-1 列出了 80C51 系列单片机典型芯片的型号及技术指标。

表 1-1 80C51 系列单片机

子系列	典型芯片	片内 ROM 容量及类型	片内 RAM 容量	并行 I/O 端口 个数×位数	串行 I/O 端口	定时器/计数器 个数×位数	中断源
51 子系列	80C31	无	128B	4×8	1	2×16	5
	80C51	4KB 掩模 ROM	128B	4×8	1	2×16	5
	87C51	4KB EPROM	128B	4×8	1	2×16	5
	89C51	4KB EEPROM	128B	4×8	1	2×16	5
52 子系列	80C32	无	256B	4×8	1	3×16	6
	80C52	8KB 掩模 ROM	256B	4×8	1	3×16	6
	87C52	8KB EPROM	256B	4×8	1	3×16	6
	89C52	8KB EEPROM	256B	4×8	1	3×16	6
2051	89C2051	2KB EEPROM	128B	2×8	1	2×16	5

1.3 单片机的应用

单片机作为最典型的嵌入式系统,它的成功应用推动了嵌入式系统的发展。与巨大体积和高成本的通用计算机相比,单片机由单芯片构成,具有体积微小和成本极低的特点,使其可广泛地嵌入到如玩具、机器人、仪器仪表、汽车电子系统、工业控制单元、办公自动化设备、金融电子系统、舰船、家用电器、个人信息终端及通信产品中,成为现代电子系统中最重要的智能化部分。

这里仅举单片机的几个应用领域做一介绍。

(1) 单片机在智能仪表中的应用

单片机广泛地应用于各种仪器仪表中,使仪器仪表智能化,提高它们的测量速度和测量精度,加强控制功能,简化仪器仪表的硬件结构,便于使用和维护。

(2) 单片机在机电一体化中的应用

机电一体化是机械工业发展的方向。机电一体化产品是指集机械技术、微电子技术、自动化



技术和计算机技术于一体,具有智能化特征的机电产品,例如,汽车电子系统,微机控制的铣床、车床、钻床等。单片机的出现促进了机电一体化的发展,它作为机电产品中的控制器,能充分发挥其体积小、可靠性高、功能强、安装方便等特点,大大强化了机器的功能,提高了机器的自动化、智能化程度。

(3) 单片机在实时控制中的应用

单片机也被广泛地应用于各种实时控制系统中,例如工业上对各种窑炉、锅炉的温度、酸度、化学成分的控制,将测量技术、自动控制技术和单片机技术相结合,充分发挥其数据处理和实时控制功能,使系统工作于最佳状态,提高了系统的生产效率和产品的质量。在航空航天、通信、遥控、遥测等各种实时控制系统中,都可以看到用单片机作为控制器使用。

(4) 单片机在分布式多机系统中的应用

分布式多机系统是指系统中有若干台功能各异的计算机,各自完成特定的任务,它们又通过通信相互联系、协调工作。分布式多机系统具有功能强、可靠性高的特点,在比较复杂的系统中,都采用分布式多机系统。单片机在这种多机系统中,往往作为一个终端机,安装在系统的某些节点上,对现场信息进行实时的测量和控制。高档单片机多机通信功能很强,它们在分布式多机系统中发挥很大作用。

(5) 单片机在家用电器中的应用

家用电器涉及千家万户,生产规模大。家用电器,例如洗衣机、音响设备、高级玩具等,配上单片机后使其功能更加强大,深受用户的欢迎。今后随着家用电器功能的日趋复杂化,单片机在家用电器中的应用前景将更加广阔。

(6) 单片机在网络中的应用

目前,把单片机嵌入式系统和 Internet 连接已是一种趋势。不久的将来就会看到,复杂的或简单的嵌入式设备,例如,单片机控制的机床、单片机控制的门锁等,都能够和 Internet 连接,人们通过网络就可以对它们进行过程控制。

思考

1. 计算机的硬件系统由哪些部件组成?
2. 简述单片机的概念。
3. CPU 由哪些部件组成?
4. 外设指什么设备? 结合实际,举一些外设的例子。
5. 到目前为止单片机的发展经历了哪些阶段?
6. 为什么本书选择 80C51 系列单片机作为介绍对象?
7. 简述单片机可以应用的领域,自己熟悉的家用电器中有哪些使用了单片机?

第2章 80C51 单片机基本结构

80C51 系列单片机是由 Intel 等各大公司推出的 8 位主流单片机系列,也是我国目前应用最广泛的单片机系列。因此,本章结合该系列典型芯片 80C51,介绍单片机的基本结构及工作过程。

2.1 80C51 单片机的基本结构

80C51 单片机的基本结构示意图如图 2-1 所示。图中,双线表示总线。总线是传输信息的公共通道。在任一瞬时,总线上只能有一个信息在传送;箭头表示信息的流动方向。

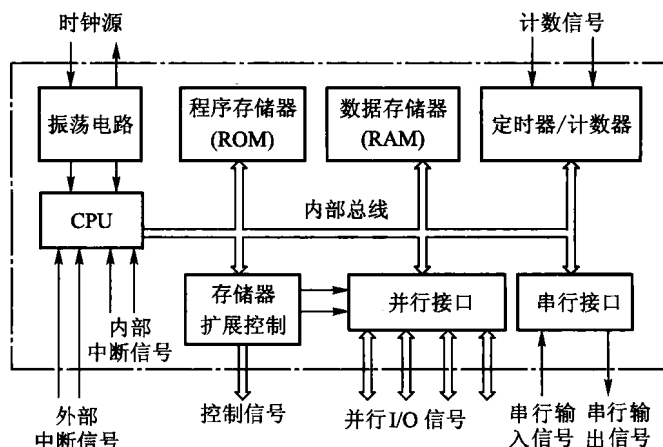


图 2-1 单片机基本结构示意图

1. 单片机的工作过程

下面结合图 2-1 分析单片机的工作过程。

单片机自动完成赋予它的任务的过程,也就是单片机执行程序的过程,即一条条执行指令的过程。所谓指令就是把要求单片机执行的各种操作命令的形式写下来。但是单片机怎样才能辨别和执行这些操作呢?这是在设计单片机时由设计人员赋予它的指令系统所决定的。一条指令对应着一种基本操作;单片机所能执行的全部指令,就是该单片机的指令系统。不同种类的单片机,其指令系统亦不同。

为使单片机能自动完成某一特定任务,必须把要解决的问题编成一系列指令(这些指令必须是选定单片机能识别和执行的指令),这一系列指令的集合就称为程序。程序需要预先存放在具有存储功能的部件——存储器中。存储器由许多存储单元(最小的存储单位)组成,就像一座大楼有许多房间组成,指令就存放在这些单元里。那么如何将里面的指令取出并执行呢?就像大楼的每个房间被分配了惟一的一个房间号一样,每个存储单元也必须被分配惟一的地址号,该地



址号称为存储单元的地址,这样只要知道了存储单元的地址,就可以找到这个存储单元,其中存储的指令就可以被取出,然后再被执行。

程序通常是顺序执行的,所以程序中的指令也是一条条顺序存放的。单片机在执行程序时要能把这些指令一条条取出并加以执行,必须有一个部件能追踪指令所在的地址,这一部件就是程序计数器 PC(包含在 CPU 中,图中未画出)。在开始执行程序时,给 PC 赋以程序中第一条指令所在的地址,然后每取出一条指令,PC 中的内容就会自动增加,增加量由本条指令长度决定,可能是 1、2 或 3,以指向下一条指令的起始地址,保证指令顺序执行。

由上可见,程序计数器 PC 就是用来存放下一条指令地址的,CPU 通过它的内容就可取得指令的存放地址,进而取得要执行的指令。CPU 将从存储器(图中的程序存储器)取来的指令先送入指令寄存器(包含在 CPU 中)寄存,然后再由指令译码器(包含在 CPU 中)对指令寄存器中的指令进行分析翻译,最终形成 CPU 的控制信息,以指挥相关硬件电路完成该指令所要求的功能,例如数据传送、数据运算,输入或输出信息等。

综合上述分析,单片机执行一条指令时的工作过程如图 2-2 所示。

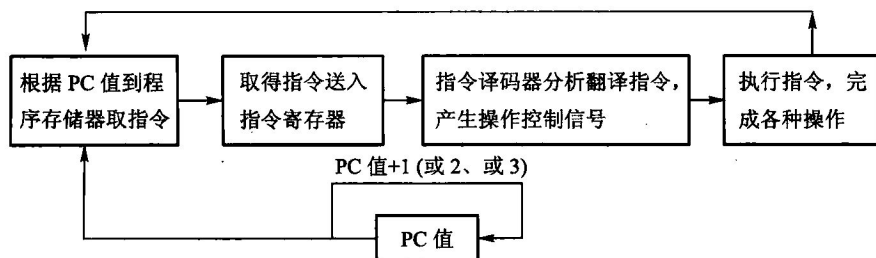


图 2-2 单片机工作过程示意图

2. 单片机基本结构中各部件的作用

(1) 中央处理单元

CPU 是单片机的核心,完成运算和控制功能。CPU 由运算器和控制器组成。运算器包括算术逻辑单元、位处理器、累加器、寄存器以及暂存器等,其功能是实现数据的算术运算、逻辑运算、位处理和数据传送操作。控制器包括定时控制逻辑、指令寄存器、指令译码器以及信息传送控制部件等,以实现控制功能。

(2) 存储器

存储器包括程序存储器和数据存储器。它们相互独立、严格分工。程序存储器为只读存储器(ROM),只存放程序指令、常数及数据表格;数据存储器为随机存储器(RAM),只存放数据。

当 80C51 内部存储器容量不能满足需要时,就要在外部进行扩展。存储器扩展控制就是用来对内、外部存储器进行管理、控制的电路。

(3) 定时与中断系统

80C51 内部有 2 个 16 位定时器/计数器,用于实现定时或计数功能;同时,以其定时或计数的结果来实现控制功能。

80C51 还具有中断功能,以满足控制应用的需要。关于中断的定义及作用在后面介绍。

(4) I/O 接口

I/O 接口(简称 I/O 口)包括并行接口和串行接口。



并行接口是指 4 个 8 位的并行 I/O 接口:P0、P1、P2、P3,简称并口,它们既可以作为并行数据的输入接口使用,也可以作为并行数据的输出接口使用。

80C51 还有一对串口,负责单片机与单片机以及单片机与外部设备之间的串行数据的传送。

(5) 振荡电路

振荡电路为单片机产生时钟脉冲序列,用于协调和控制单片机的工作。

思考

1. 想一想,什么是指令? 什么是指令系统? 什么是程序?
2. 单片机基本结构由哪几部分组成? 每个部分各具有什么功能?
3. 叙述单片机的基本工作过程。

2.2 80C51 单片机存储器结构

在单片机中,指令或数据都是以二进制代码表示和存储的。有时为了方便,也常使用十六进制数。为此,下面先讨论单片机中数据的表示方法。

2.2.1 单片机中数据的表示

单片机中数据信息分为两种类型:一种是用于各种数值运算的数据,称为数值数据,另一种是用于逻辑运算、逻辑控制等的非数值数据。

1. 数值数据

数值数据的表示又分为数制表示法和码制表示法两种。

(1) 数制

数制是进位计数制的简称。人们日常多用十进制数,而单片机中常用二进制数和十六进制数。

① 十进制数

十进制数有 0,1,⋯,9 共十个数码,进位规则是“逢十进一”。通常将计数数码的个数称为基数。因此,十进制数基数是“10”。任意一个 k 位整数的十进制数 N ,都可写成

$$\begin{aligned} N_{10} &= d_{k-1}d_{k-2}\cdots d_1d_0 \\ &= d_{k-1}\times 10^{k-1} + d_{k-2}\times 10^{k-2} + \cdots + d_1\times 10^1 + d_0\times 10^0 \end{aligned}$$

式中, $d_i(i=0,1,\cdots,k-1)$ 是 0~9 中任意一个数码; 10^i 是第 i 位的权,表示 d_i 所代表的数值大小。

例如,将 6768 按权展开为 $6\times 10^3 + 7\times 10^2 + 6\times 10^1 + 8\times 10^0$,其中有两个数码是 6,但前一个 6 的权是 10^3 ,表示 6 000;后一个 6 的权是 10^1 ,表示 60。

② 二进制数

二进制数只有 0、1 两个数码,进位规则是“逢二进一”,基数为“2”。任意一个二进制数 N 可表示为

$$\begin{aligned} N_2 &= d_{k-1}d_{k-2}\cdots d_1d_0 \\ &= d_{k-1}\times 2^{k-1} + d_{k-2}\times 2^{k-2} + \cdots + d_1\times 2^1 + d_0\times 2^0 \end{aligned}$$



式中, $d_i (i=0, 1, \dots, k-1)$ 是 0 和 1 两数码中任意一个; 2^i 是第 i 位的权。

③ 十六进制数

十六进制数有 0, 1, ..., 9, A, B, C, D, E, F 共十六个数码, 进位规则是“逢十六进一”, 基数为“16”。任意一个十六进制数 N 可表示为

$$N_{16} = d_{k-1} \times 16^{k-1} + d_{k-2} \times 16^{k-2} + \dots + d_1 \times 16^1 + d_0 \times 16^0$$

为区别不同进制的数, 在数的表示中采用了不同后缀: 十进制数用 D 作后缀或省略; 二进制数用 B; H 表示十六进制数, 当十六进制数以 A~F 开始时, 一般在前面加一个 0。表 2-1 所示为十进制数、二进制数、十六进制数的对应关系。

表 2-1 与十进制数对应的二进制数、十六进制数

十进制数	二进制数	十六进制数	十进制数	二进制数	十六进制数
0	0B	0H	9	1001B	9H
1	1B	1H	10	1010B	0AH
2	10B	2H	11	1011B	0BH
3	11B	3H	12	1100B	0CH
4	100B	4H	13	1101B	0DH
5	101B	5H	14	1110B	0EH
6	110B	6H	15	1111B	0FH
7	111B	7H	16	10000B	10H
8	1000B	8H	17	10001B	11H

④ 数制的转换

本书后续内容介绍的实例使用的都是整数, 因此, 以下只介绍各种数制间整数的转换方法。关于小数部分的转换方法, 可以参考其他相关书籍。

- 非十进制数转换为十进制数的方法是: 将非十进制数按权展开求和。

【例 2-1】 将 1010B、0F4CH 转换为十进制数。

解: $1010B = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 10$

$$0F4CH = F \times 16^2 + 4 \times 16^1 + C \times 16^0 = 15 \times 16^2 + 4 \times 16^1 + 12 \times 16^0 = 3916$$

- 十进制数转换为非十进制数采用“除基取余”法, 即用十进制数逐次除以目的数基数并依次记下余数, 直到商为 0 止, 首次所得余数为目的数最低位, 末次所得为最高位。

【例 2-2】 将 13 转换成二进制数。

解: 目的数是二进制数, 基数是“2”, 所以

2	13	余数	
2	6	 1	最低位
2	3	 0	
2	1	 1	
	0	 1	最高位

所以, $13 = 1101B$ 。



【例 2-3】 将 493 转换成十六进制数。

解：目的数基数是“16”，因此

$$\begin{array}{r} 16 \overline{) 493} \\ 16 \overline{) 30} \quad \cdots \cdots 13(D) \\ 16 \overline{) 1} \quad \cdots \cdots 14(E) \\ 0 \quad \cdots \cdots 1 \end{array}$$

所以，493 = 1EDH。

● 二进制数转换成十六进制数采用“4 位并 1 位”法，即将二进制数按每 4 位一组分组，不足 4 位的补 0，然后写出每组等值的十六进制数。

【例 2-4】 将 1101111010B 转换成十六进制数。

解：

$$\begin{array}{ccc} 1101111010B = & 0011 & 0111 & 1010 \\ & 0011 & 0111 & 1010 \\ & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ & 3 & 7 & A \end{array}$$

所以，1101111010B = 37AH。

● 十六进制数转换为二进制数采用“1 位分 4 位”法，将每位十六进制数用 4 位二进制数代替。

【例 2-5】 将 678H 转换为二进制数。

解：

$$\begin{array}{ccc} & 6 & 7 & 8 \\ & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ & 0110 & 0111 & 1000 \end{array}$$

所以，678H = 11001111000B。

(2) BCD 码

单片机处理的数据是二进制数，而人们习惯使用十进制数。为实现人机交互，产生了用 4 位二进制数码表示 1 位十进制数的编码，称为 BCD 码。4 位二进制数可以表示十六个数，用来表示十进制数时，有六个数未用，因而就有多种 BCD 码，其中较常用的是 8421BCD 码。8421BCD 码是一种有权码，它选用了 4 位二进制数的前十个数 0000 ~ 1001，而未用 1010 ~ 1111 这六个数，每个代码的权分别是 8, 4, 2, 1。表 2-2 所示为 8421BCD 码与十进制数、十六进制数及二进制数的对应关系。

表 2-2 十进制数、十六进制数、二进制数与 8421BCD 码的对应

十进制数	十六进制数	二进制数	8421BCD 码	十进制数	十六进制数	二进制数	8421BCD 码
0	0	0	0000	10	A	1010	00010000
1	1	1	0001	11	B	1011	00010001
2	2	10	0010	12	C	1100	00010010
3	3	11	0011	15	F	1111	00010101
4	4	100	0100	16	10	10000	00010110
5	5	101	0101	100	64	1100100	000100000000



2. 非数值数据

(1) 逻辑数据

逻辑数据只能参加逻辑运算。基本逻辑运算包括“与”、“或”、“非”三种运算。参加运算的数据是按位进行的,位与位之间没有进位和借位的关系。在单片机中,逻辑数据也是用二进制数 0、1 表示的,但这里的 0、1 不代表数量大小,而表示两种状态,例如电平高、低;事件真、假;事件成立、不成立等。

(2) 字符数据

字符数据主要用于单片机与外部设备交换信息。单片机除对数值数据进行各种运算外,还需要处理大量的字母和符号信息,这些信息统称为字符数据,例如,向液晶显示器、打印机输出字符,从键盘输入字符等。由于单片机只能直接识别二进制数,所以字符数据必须用二进制数编码,单片机才能对它们进行处理。目前在单片机系统中通用的编码是美国标准信息交换码(ASCII 码)。标准 ASCII 码由 7 位二进制数构成,可表示 128 个字符编码,如附录 A 所示。这 128 个字符分为两类:一类是图形字符,共 96 个;另一类是控制字符,共 32 个。96 个图形字符包括十进制数符 10 个、大小写英文字母 52 个和其他字符 34 个,这类字符有特定的形状,可以在显示器上显示或打印在打印纸上,其编码可以存储、传送和处理。32 个控制符包括回车符、换行符、退格符、控制符和信息分隔符等,这类字符没有特定的形状,编码虽然可以存储、传送和起某种控制作用,但字符本身不能在显示器上显示,也不能在打印机上打印。

在 8 位单片机中,信息通常是按字节(8 位二进制数是 1 个字节,字节简记为 B,即 $1\text{B}=8\text{b}$,b 表示位)存储和传送的,ASCII 码共有 7 位,按一个字节进行传送时,空闲的最高位可设置为 0。

思考

1. 为什么单片机要采用二进制数?学习十六进制数的目的是什么?
2. 8 位机是指单片机的 CPU 一次能处理 8 位二进制数和代码。16 位机和 32 位机是指什么?

练习

1. 将下列数转换成十进制数与十六进制数

- (1) 101001B
- (2) 101110101100B
- (3) 110000111B
- (4) 1001001000B

2. 将下列数转换成二进制数与十六进制数

- (1) 64
- (2) 128
- (3) 256
- (4) 1024
- (5) 91
- (6) 16663

3. 将下列数转换成二进制数与十进制数

- (1) 0CFH
- (2) 0FFFFH
- (3) 1EDBH
- (4) 0AH

4. 完成下列十进制数与 8421BCD 码的转换

- (1) $18_{10} = (\quad)_{8421\text{BCD}}$
- (2) $256_{10} = (\quad)_{8421\text{BCD}}$
- (3) $0001001110010101_{8421\text{BCD}} = (\quad)_{10}$
- (4) $101111000001011_{8421\text{BCD}} = (\quad)_{10}$

5. 对下列各组数进行与运算、或运算。

- (1) $A=0, B=0$
- (2) $A=0, B=1$



- (3) A=1,B=0 (4) A=1,B=1
6. 已知:A=1,对 A 取反运算,结果是什么?
7. 写出以下 ASCII 码所对应的字符。
- (1) 41H (2) 2AH (3) 1100001B (4) 0000000B

2.2.2 80C51 存储器结构

80C51 的存储器分为程序存储器和数据存储器,即程序和数据是分别存放的。

1. 程序存储器

程序存储器用于存放编好的程序以及执行程序时所用到的常数。80C51 片内有容量为 4 KB ($1\text{K}=2^{10}=1\,024$) 的 ROM 作为程序存储器使用,它被分成 $4\times 1\,024=4\,096$ 个存储单元,每个单元存储容量为 1 B,地址编号从 0000H~0FFFFH,如图 2-3 所示,其中某些单元被保留用于特殊用途。0000H~0002H 这三个单元被保留作为程序的起始单元。因为在系统复位(作用是使单片机各部件在开始工作时有一个确定的初始状态)时,程序计数器 PC 的值为 0000H,系统必须从 0000H 单元开始执行程序,所以应从 0000H 单元开始存放程序。另外,0003H~002AH 单元被保留用于中断服务。

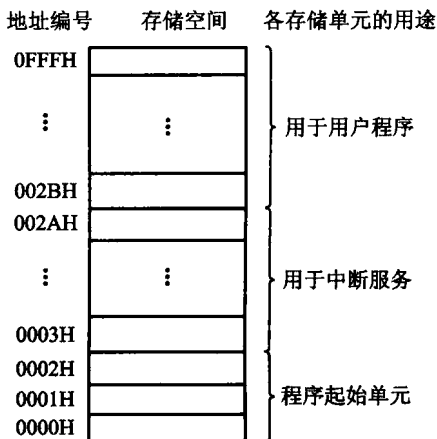


图 2-3 程序存储器空间配置

2. 数据存储器

80C51 内部有容量为 128 B 的 RAM 作为数据存储器(简称数存)使用,它们被分成 3 个区,如图 2-4 所示。

(1) 工作寄存器区

地址为 00H~1FH 的区域称为工作寄存器区。该区域有 32 个单元,被等分成 4 组,每组 8 个单元,如图 2-5 所示,这 4 个组分别称为工作寄存器组 0、工作寄存器组 1、工作寄存器组 2、工作寄存器组 3。每组中的 8 个单元依次被称为寄存器 R0,R1,⋯,R7。



图 2-4 数据存储器的分配

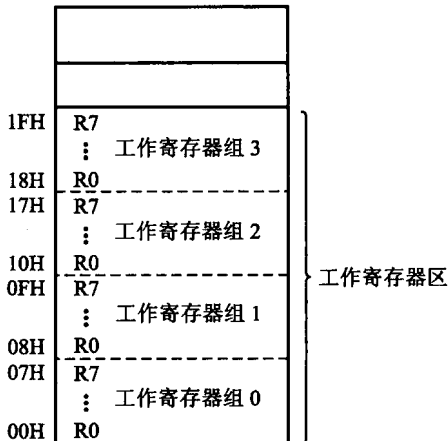


图 2-5 数据存储器的寄存器组



使用工作寄存器区读写(存取)数据,在指定所使用寄存器的地址时有两种方法:

① 指定寄存器的单元地址。由于每个单元的容量为一个字节,所以单元地址又称为字节地址。

② 指定寄存器名。但需注意,由于4个寄存器组中的寄存器重名,所以要先指定寄存器组,进而才能指定寄存器。如果不指定的话,就自动默认为寄存器组0。在CPU中,有一个称为程序状态字的8位寄存器PSW,其中2位RS1、RS0专门用来选定寄存器组,被选定的寄存器组称为当前寄存器组。RS1、RS0与所选定的寄存器组的关系如表2-3所示。既可以通过设定RS1、RS0来选定寄存器组(设定方法后续内容介绍),也可以通过查询RS1、RS0值获知当前寄存器组是哪个。

表 2-3 RS1、RS0 与寄存器组的关系

RS1	RS0	当前寄存器组	R0~R7 地址
0	0	0	00H~07H
0	1	1	08H~0FH
1	0	2	10H~17H
1	1	3	18H~1FH

(2) 位寻址区

地址为20H~2FH的区域称为位寻址区。该区域既可以作为一般RAM单元进行字节寻址也可以进行位寻址。字节寻址是指根据已知单元地址,对相应单元进行整体读或写操作,即对该单元中的所有位进行读或写操作,而位寻址是根据已知某单元中某个位的地址对这一位进行读或写操作。因此,对这一区域,既可以根据单元地址对某一个单元进行访问,也可以根据位地址对某一位进行访问。单元地址与位地址的分配以及它们之间的对应关系如表2-4所示,其中,单元地址为20H~2FH共16个单元;位地址范围为00H~7FH,共有128位。虽然单元地址与位地址有相同的地址号,但在寻址时是不会发生冲突,因为在单片机中,对字节寻址和位寻址采用了不同的操作指令。

表 2-4 位寻址区单元地址与位地址(十六进制)

单元地址	位 地 址							
2FH	7F	7E	7D	7C	7B	7A	79	78
2EH	77	76	75	74	73	72	71	70
2DH	6F	6E	6D	6C	6B	6A	69	68
2CH	67	66	65	64	63	62	61	60
2BH	5F	5E	5D	5C	5B	5A	59	58
2AH	57	56	55	54	53	52	51	50
29H	4F	4E	4D	4C	4B	4A	49	48