

高职高专机电类专业规划教材

单片机

DANPIANJI
YINGYONG JISHU

应用技术

韩红 主编

DANPIANJI



化学工业出版社

高职高专机电类专业规划教材

单片机应用技术

韩 红 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

内容提要

本书主要由 8 大项目组成：了解单片机、熟悉单片机开发系统及环境、用汇编指令编程、及时处理中断、了解 C51 系列单片机的定时/计数器、了解单片机的键盘与显示接口技术、认识通信技术、小型综合项目开发，主要讲述了 C51 单片机基本结构、Proteus 软件使用、Keil C51 软件使用、数据传送类指令及编程、算术运算类指令及编程、逻辑运算类指令及编程、控制转移类指令及编程、位操作类指令及编程、中断处理过程和通信基础知识。

本书编写力求以激发读者兴趣为主，不求难，但求实用，让学生在“做中学，学中做”，在轻松自然的学习情境中完成单片机应用开发设计的知识储备和技能培养。

本书可作为高职高专院校机电类、电子类专业单片机技术课程的教材，亦可作为职工大学、函授大学、中职学校的教材，还可作为单片机工程及设计、开发人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机应用技术 / 韩红主编. —北京: 化学工业出版社, 2011.8

高职高专机电类专业规划教材

ISBN 978-7-122-11843-1

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 139716 号

责任编辑：刘 哲 廉 静

文字编辑：孙 科

责任校对：宋 夏

装帧设计：刘丽华

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）

印 装：大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 9 字数 223 千字

2011 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686）

售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：20.00 元

版权所有 违者必究

前 言

20 世纪跨越了三个“电”的时代，即电气时代、电子时代和现时的电脑时代。单片机（亦称微控制器）作为电脑的一个分支，其使用领域已十分广泛，几乎很难找到哪个领域没有单片机的踪迹，如智能仪表、实时工控、通信设备、导航系统、家用电器、医用设备、办公设备、智能玩具、家庭服务等都离不开单片机。各种产品一旦用上了单片机，就能起到使产品升级换代的功效，常在产品名称前冠以形容词——“智能型”，如智能型洗衣机等。因此，学习单片机技术越来越成为社会发展的需求。

目前我国职业教育进入大发展的阶段，“深化以就业为导向的高职教育改革，完善产学合作运行机制，强化职业道德教育，突出职业能力培养，凝练办学特色，不断提高高技能人才培养质量，提升服务区域经济发展的整体水平”。在这种全新模式下，职业教育要突出内涵建设，加大改革力度，紧紧抓住创新点。本书的编写就是在这种大环境下，准确理解职业教育改革精神，并结合多年职业教育、工学结合和校企合作经验，总结出单片机技术的知识点和技能点，重新交叉排列出 23 个工作任务，再穿插到 8 大项目中。

项目一“了解单片机”，主要使学员从感性上认知单片机的应用领域、基本组成单元及各单元的功用，把学生领入到单片机的世界。

项目二“熟悉单片机开发系统及环境”，主要是通过一个单灯闪烁的简单任务让学员熟悉单片机生存的土壤，即仿真软件的使用。

项目三“用汇编指令编程”，主要使学员熟练掌握汇编指令，通过这个载体能真正达到人机对话。

项目四“及时处理中断”，在项目三学生能运用自如地编程后，还要让他们知道单片机强大的实时任务处理功能，熟练地处理突发事件。

项目五“了解 C51 系列单片机的定时/计数器”，主要针对定时/计数器的功能实现来讲述，通过简单交通灯和延时彩灯任务，巩固这部分技能。

项目六“了解单片机的键盘与显示接口技术”，了解单片机与外界的通道，并重点讲解键盘和显示器这两个通用性很强的接口技术。

项目七“认识通信技术”，使学生掌握以上人机对话的各项技能后，学习单片机之间的通信功能。

项目八“小型综合项目开发”，以三个综合项目为载体，使学员具备单片机设计开发调试的初级水平。

本书由韩红主编，王翠芝任副主编，项目一、项目三、项目五、项目八及附录由韩红编写，项目二、项目四由王翠芝、付经旭编写，项目六由魏林编写，项目七由孙英伟编写。全书由韩红统稿。

由于编者水平有限，书中不妥之处恳请广大读者批评指正。

编者
2011 年 5 月

目 录

| | |
|-------------------------------|----|
| 项目一 了解单片机 | 1 |
| 任务 1.1 了解单片机的应用领域 | 1 |
| 1.1.1 单片机的应用 | 1 |
| 1.1.2 单片机的特点 | 2 |
| 1.1.3 单片机发展概况 | 2 |
| 任务 1.2 掌握 C51 单片机基本结构 | 3 |
| 1.2.1 常用术语 | 3 |
| 1.2.2 MCS-51 单片机内部结构 | 3 |
| 1.2.3 MCS-51 单片机外部引脚 | 6 |
| 项目二 熟悉单片机开发系统及环境 | 8 |
| 任务 2.1 学会使用 Proteus 软件 | 8 |
| 2.1.1 通过 Proteus 软件设计第一张电路原理图 | 8 |
| 2.1.2 熟练操作 Proteus 软件 | 12 |
| 任务 2.2 学会使用 Keil C51 软件 | 13 |
| 2.2.1 创建项目 | 14 |
| 2.2.2 Keil 与 Proteus 连接调试 | 16 |
| 任务 2.3 单灯闪烁 | 17 |
| 2.3.1 MCS-51 单片机的组成电路 | 17 |
| 2.3.2 编写程序控制单灯闪烁 | 20 |
| 项目三 用汇编指令编程 | 21 |
| 任务 3.1 学习数据传送类指令及编程 | 21 |
| 3.1.1 数据传送程序设计与仿真(一) | 21 |
| 3.1.2 数据传送程序设计与仿真(二) | 26 |
| 3.1.3 数据传送程序设计与仿真(三) | 27 |
| 任务 3.2 学习算术运算类指令及编程 | 32 |
| 3.2.1 加、减、乘、除指令及验证 | 33 |
| 3.2.2 加 1、减 1 及十进制调整指令 | 37 |
| 任务 3.3 学习逻辑运算类指令及编程 | 40 |
| 3.3.1 逻辑运算操作类指令 | 40 |
| 3.3.2 流水灯控制 | 43 |
| 任务 3.4 学习控制转移类指令及编程 | 47 |
| 3.4.1 控制转移类指令 | 47 |
| 3.4.2 花样灯控制 | 49 |
| 任务 3.5 学习位操作类指令及编程 | 51 |
| 3.5.1 位操作类指令 | 52 |

| | | |
|--------|---------------------------|-----|
| 3.5.2 | 按键控制 8 灯显示 | 53 |
| 项目四 | 及时处理中断 | 56 |
| 任务 4.1 | 了解中断处理过程 | 56 |
| 4.1.1 | 中断系统及中断设置 | 56 |
| 4.1.2 | 中断处理过程 | 59 |
| 任务 4.2 | 按键控制流水灯 | 61 |
| 4.2.1 | 一个按键控制流水灯——外部中断的应用 | 61 |
| 4.2.2 | 按键控制流水灯——外部中断的扩展及应用 | 64 |
| 项目五 | 了解 C51 系列单片机的定时/计数器 | 71 |
| 任务 5.1 | 延时灯控制 | 71 |
| 5.1.1 | 定时/计数器结构及其控制 | 71 |
| 5.1.2 | 定时/计数器的 4 种工作方式 | 72 |
| 5.1.3 | 两灯交替闪烁延时灯控制 | 74 |
| 任务 5.2 | 设计 59s 计时器 | 75 |
| 任务 5.3 | 交通灯模拟控制 | 78 |
| 5.3.1 | 简易交通灯顺序控制设计 | 78 |
| 5.3.2 | 模拟带数显交通灯控制设计 | 81 |
| 项目六 | 了解单片机的键盘与显示接口技术 | 86 |
| 任务 6.1 | 键盘接口技术应用 | 86 |
| 6.1.1 | 简单键盘接口电路设计与仿真 | 86 |
| 6.1.2 | 矩阵式键盘接口电路设计与仿真 | 91 |
| 任务 6.2 | 显示接口技术应用 | 95 |
| 6.2.1 | LED 显示器设计与仿真 | 95 |
| 6.2.2 | LCD 显示器设计与仿真 | 97 |
| 项目七 | 认识通信技术 | 102 |
| 任务 7.1 | 认知串行通信 | 102 |
| 7.1.1 | 串行通信分类 | 102 |
| 7.1.2 | 串行接口组成 | 103 |
| 7.1.3 | 串行口工作方式 | 104 |
| 任务 7.2 | 认知双机通信 | 105 |
| 任务 7.3 | 认知多机通信 | 108 |
| 项目八 | 小型综合项目开发 | 114 |
| 任务 8.1 | 电子钟设计与仿真 | 114 |
| 任务 8.2 | 电子琴设计与仿真 | 122 |
| 任务 8.3 | 步进电动机控制 | 126 |
| 附录 A | 典型单片机产品引脚图 | 130 |
| 附录 B | 单片机指令速查表 | 133 |
| 参考文献 | | 137 |

项目一 了解单片机

单片微型计算机简称单片机 (Single Chip Microcomputer), 又称微控制器 (Microcomputer Unit)。它是将计算机的基本部件微型化, 使之集成在一块芯片上, 片内含有 CPU、ROM、RAM、并行 I/O、串行 I/O、定时器/计数器、中断控制、系统时钟及总线等。

任务 1.1 了解单片机的应用领域

目前, 单片机的应用范围不断扩大, 在日常生活、生产中处处离不开它, 它已成为科技领域的有力工具。

1.1.1 单片机的应用

(1) 工业过程控制

由于单片机的 I/O 接口线多, 位操作指令丰富, 逻辑操作功能强, 所以特别适合工业过程控制。它既可以做主机控制, 又可以作为分布式控制系统的前端机。例如工厂流水线的智能化管理、电梯智能化控制、锅炉控制、机器人控制、数控机床、交通灯、雷达、导弹、鱼雷、航天导航系统以及汽车点火、排气、变速等。

(2) 智能仪器仪表

单片机具有体积小、功耗低、控制功能强、扩展灵活、微型化、使用方便并具有一定的数据处理能力等优点, 广泛应用于仪器仪表中。结合不同类型的传感器, 可实现诸如电压、功率、频率、湿度、温度、流量、速度、厚度、角度、长度、硬度、压力等物理量的测量。例如数字温度湿度控制仪、智能流量计、酒精测试仪、激光测距仪、数字万用表、智能电度表、电子秤及精密的测量设备 (功率计、示波器、各种分析仪) 等。

(3) 家用电器

由于单片机价格低廉、体积小、逻辑判断、控制功能强, 且内部有定时计数器, 因此现在的家用电器基本上都采用了单片机控制, 从电饭煲、洗衣机、电冰箱、VCD、DVD、空调机、彩电、微波炉, 到高级智能玩具、机器人清扫机等, 五花八门, 无所不在。

(4) 计算机网络和通信领域

现代的单片机普遍具备通信接口, 可以很方便地与计算机进行数据通信, 为在计算机网络和通信设备间的应用提供了极好的物质条件, 现在的通信设备基本上都实现了单片机智能控制, 从手机、电话机、小型程控交换机、楼宇自动通信呼叫系统、列车无线通信, 到日常工作中随处可见的移动电话、集群移动通信、无线电对讲机等。

(5) 医用设备、办公设备及其他

医用设备, 例如医用呼吸机、各种分析仪、监护仪、超声诊断设备及病床呼叫系统等。

办公设备, 例如复印机、传真机、打印机、绘图仪及数码产品等。

此外, 单片机在工商、金融、科研、教育、国防航空航天等领域都有着十分广泛的用途。

1.1.2 单片机的特点

① 体积小,重量轻;价格低,功能强;电源单一,功耗低;可靠性高,抗干扰能力强。这是单片机得到迅速普及和发展的主要原因。同时由于它的功耗低,使后期投入成本也大大降低。

② 使用方便灵活、通用性强。由于单片机本身就构成一个最小系统,只要根据不同的控制对象作相应的改变即可,因而它具有很强的通用性。

③ 存储容量大。例如采用8位单片机和16位地址总线可寻址外部64KB RAM和64KB ROM,以及内部128B RAM和2~4KB ROM,因此,单片机不但能进行控制,还可以进行数据处理,功能强大,用户使用方便。

④ 指令丰富。单片机的指令系统中有大量的单字节指令,以提高指令运行速度和操作效率;丰富的位操作指令,满足对开关量控制的要求;丰富的指令,使单片机能在逻辑控制、开关量控制、顺序控制中得以广泛应用。

⑤ 抗干扰能力强。由于单片机各功能部件都集成在一个芯片上,特别是存储器也集成在芯片内部,因而布线短,不易受外界干扰,从而提高了系统的运行可靠性。

1.1.3 单片机发展概况

从单片机诞生至今,已发展成上百种系列的近千个品种。它的发展经历了以下几个阶段。

(1) 诞生

1974年12月美国仙童(Fairchild)公司第一个推出了8位单片机F8。它只包含8位CPU、64B RAM和两个并行输入输出,必须外加一片3815(1KB ROM,1个定时计数器和2个并行I/O)才能构成一个完整的微型计算机。虽然这不能说是真正意义上的单片机,但从此拉开了研制单片机的序幕。

(2) 研究

1976年Intel公司推出了真正的8位单片微型计算机MCS-48,它以体积小、功能全、价格低赢得了广泛的认同,为单片机的发展奠定了基础,成为单片机发展史上重要的里程碑。

在MCS-48的带领下,各大半导体公司相继研制和发展了自己的单片机,如Zilog公司、Motorola公司等。“单片机(SCM)”一词由此得来。

(3) 提高

20世纪80年代初,世界各大公司均竞相研制出品种多、功能强的单片机,约有几十个系列,300多个品种,此时的单片机RAM和ROM的容量也越来越大,寻址空间甚至可达64KB,并有串行输入输出,还可以进行多级中断处理。

(4) 16位和8位单片机并行

1982年以后,16位单片机问世,代表产品是Intel公司的MCS-96系列,16位单片机比起8位机,数据宽度增加了一倍,实时处理能力更强,主频更高,集成度达到了12万只晶体管,RAM增加到了232B,ROM则达到了8KB,并且有8个中断源,同时配置了多路的A/D转换通道,高速的I/O处理单元,适用于更复杂的控制系统。

(5) 微控制器时代

20世纪90年代以后,单片机获得了飞速的发展,如美国Microchip公司发布了一种完全不兼容MCS-51的新一代PIC系列单片机,MOTOROLA公司发布了MC68HC系列单片机,1990年美国Intel公司推出了80960超级32位单片机引起了计算机界的轰动,产品相继投放市场,成为单片机发展史上又一个重要的里程碑。

任务 1.2 掌握 C51 单片机基本结构

1.2.1 常用术语

(1) 位

位是计算机中所能表示的最基本和最小的数据单位。由于在计算机中使用的都是二进制数，所以位就指一个二进制位。

(2) 字节

相邻的 8 位二进制码称为一个字节，通常数据都以字节为单位存放，如 10010101 为一个字节。字节简称为“B”。

(3) 字长

MCS-51 单片机是 8 位机，说明每次内部数据处理字长是 8 位，它是字节的整数倍，有 8 位、16 位、32 位、64 位机等。

1.2.2 MCS-51 单片机内部结构

MCS-51 系列单片机是 Intel 公司推出的通用型单片机。这一系列单片机的基本组成、基本性能和指令系统都是相同的。MCS-51 系列单片机的基本型产品有 8031、8051、8751、8951 等，这几个产品的区别只是片内程序存储器的构造不同而已。

MCS-51 单片机内部结构包括 1 个 8 位微处理器、1 个时钟电路、4KB 程序存储器、256B 数据存储器、2 个 16 位定时/计数器、64KB 扩展总线控制电路、4 个 8 位并行 I/O 接口 P0~P3、1 个全双工串行 I/O 接口、5 个中断源等。以上各部分电路通过内部总线相连接，如图 1-1 所示。

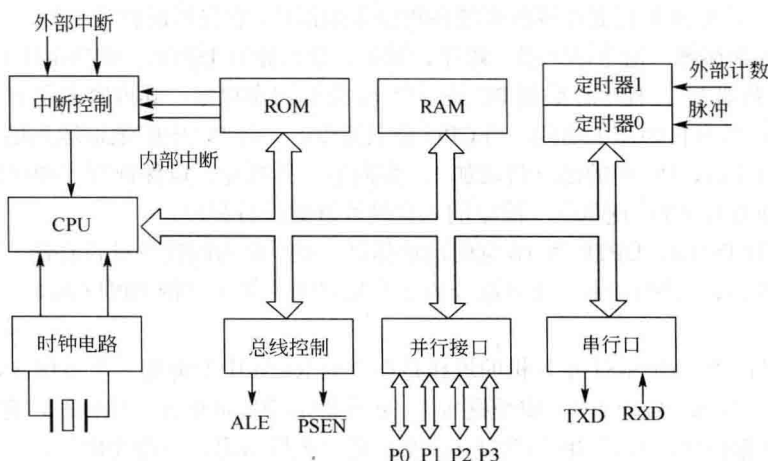


图 1-1 单片机结构框图

(1) CPU

微处理器 CPU 是单片机的核心部件，一般由运算器和控制器组成。

① 运算器。运算器电路以算术逻辑单元 ALU 为核心，由累加器 ACC、寄存器 B、程序状态寄存器 PSW 及布尔处理机等诸多部件组成。它的主要任务是完成算术运算、逻辑运算、位运算和数据传送等操作，运算结果的状态由 PSW 保存。

a. 累加器 A。累加器 A 又称为 ACC，是一个具有特殊用途的 8 位专用寄存器，相当于数

据中转站，它是 CPU 中使用最频繁的寄存器。

b. 寄存器 B。寄存器 B 又称为乘法寄存器。在乘除操作中，乘法指令的两个操作数分别取自 A 和 B，其结果存放在 B（高 8 位）和 A（低 8 位）寄存器中。除法指令中，被除数取自 A，除数取自 B，商数存放于 A，余数存放于 B。

c. 程序状态字 PSW。程序状态字 PSW 是一个 8 位的寄存器，它保存指令执行结果的特征信息，为下一条指令或以后指令的执行提供状态条件。其各位定义如下：

| PSW.7 | PSW.6 | PSW.5 | PSW.4 | PSW.3 | PSW.2 | PSW.1 | PSW.0 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| C | AC | F0 | RS1 | RS0 | OV | — | P |

C：进位标志。在执行某些算术和逻辑指令时，当运算结果的最高位有进位或借位时，C 将被硬件置位，否则就被清零。

AC：半进位标志。两个 8 位二进制数的加减运算，在进行加减时，如果低 4 位向前有进位或借位时，AC 就会被置 1。

F0：用户定义标志。可由用户记录程序状态，用作标记，即用软件使其置位或复位。

RS1、RS0：工作寄存器组选择控制位。

OV：溢出标志位。OV 置 1，表示加减运算的结果超出了 A 所能表示的带符号数的范围。

P：奇偶校验位。它用来表示 A 中二进制数位“1”的个数的奇偶，奇数 P=1；偶数 P=0。

【例 1-1】 57H+BAH 运算后，PSW 的 D7、D6、D2、D0 位有何变化？

57H+BAH=01010111B+10111010B，低 4 位和最高位均有进位，运算后无溢出，所以 D7=D6=1，D2=D0=0。

② 控制器。控制器是控制计算机系统各种操作的部件，它包括时钟发生器、定时控制逻辑、复位电路、指令寄存器、指令译码器、程序计数器、数据指针 DPTR、堆栈指针 SP 等。

a. 程序计数器 PC。程序计数器 PC 是一个 16 位专用寄存器，其内容表示下一条要执行的指令的地址。PC 具有自动加 1 功能，当 CPU 要取指令时，将 PC 中的地址送到地址总线上。从存储器中取出指令后，PC 中的地址自动加 1，指向下一条指令，以保证程序顺序执行。当系统复位后，PC=0000H，CPU 便从这一固定的入口地址开始执行程序。

b. 数据指针 DPTR。DPTR 为 16 位的地址指针，可以作为间接寻址寄存器，对 64KB 的外部数据存储器和 I/O 口进行寻址。还可以分为 2 个独立的 8 位寄存器 DPH（高 8 位）和 DPL（低 8 位）使用。

c. 堆栈指针 SP。MCS-51 单片机的堆栈是在片内 RAM 中开辟的一个专用区，用来存放栈顶的地址。进栈时，SP 自动加 1，将数据压入 SP 所指定的地址单元；出栈时，将 SP 所指示的地址单元中的数据弹出，然后 SP 自动减 1，即满足“先进后出，后进先出”原则，因此 SP 总是指向栈顶。

（2）存储器

① ROM。程序存储器用于存放编好的程序和表格常数。程序存储器是以程序计数器 PC 作地址指针，MCS-51 单片机的程序计数器为 16 位，因此可寻址的地址空间为 64KB。片内 4KB 程序存储器空间的地址为 0000H~0FFFH，片外 4KB+60KB 程序存储器空间的地址为 0000H~0FFFFH，低 4KB 的程序存储器可以在单片机内部也可以在外部，由输入到引脚 \overline{EA} 的电平所确定。 $\overline{EA}=1$ 时，执行片内程序存储器的程序，当 PC 的内容超过片内程序存储器地址的最大值（0FFFH）时，将自动转去执行片外程序存储器的程序； $\overline{EA}=0$ 时，CPU 从片外程序存储器中取

指令执行程序。对于片内无程序存储器的 8031、8032 单片机， \overline{EA} 引脚应接低电平。

程序地址空间原则上可以由用户任意安排，但有 6 个单元地址在 MCS-51 系列单片机中是固定的，用户不能更改。这些入口地址如下。

0000H: 单片机复位后的程序入口地址。

0003H: 外部中断 0 的中断服务程序入口地址。

0013H: 外部中断 1 的中断服务程序入口地址。

000BH: 定时器 0 的中断服务程序入口地址。

001BH: 定时器 1 的中断服务程序入口地址。

0023H: 串行口的中断服务程序入口地址。

② RAM。数据存储器用于存放运算过程中的结果，用做缓冲和数据暂存，以及设置特征位标志等。数据存储器又分为片内和片外两部分，它们是两个独立的地址空间，应分别单独编址。内部 RAM 采用 8 位地址，编址为 00H~0FFH，容量为 256B，外部 RAM 采用 16 位地址，编址为 0000H~0FFFFH，容量为 64KB。

a. 片内 RAM (低 128 位)。片内 RAM 共 256B，又分为低 128 位 (00H~7FH) 的 RAM 区和高 128 位 (80H~0FFH) 的特殊功能寄存器 SFR 区。低 128 位的片内 RAM 的配置见表 1-1。

表 1-1 片内 RAM 配置表 (低 128 位)

| 单元名称 | 单元地址 | 单元名称 | 单元地址 |
|-------------------|---------|-------------------|---------|
| 工作寄存器 0 区 (R0~R7) | 00H~07H | 工作寄存器 3 区 (R0~R7) | 18H~1FH |
| 工作寄存器 1 区 (R0~R7) | 08H~0FH | 位寻址区 (00H~7FH) | 20H~2FH |
| 工作寄存器 2 区 (R0~R7) | 10H~17H | 数据缓冲区 | 30H~7FH |

工作寄存器区 寄存器区共有 4 组寄存器，每组 8 个寄存单元 (R0~R7)。CPU 选择 4 组中哪一组的 R0、R1、…、R7，由 PSW 中的 RS1、RS0 状态字来决定，见表 1-2。

表 1-2 工作寄存器区选择表

| RS1 (PSW.4) | RS0 (PSW.3) | 可选择的 R0~R7 所在区 | 单元地址 |
|-------------|-------------|----------------|---------|
| 0 | 0 | 工作寄存器 0 区 | 00H~07H |
| 0 | 1 | 工作寄存器 1 区 | 08H~0FH |
| 1 | 0 | 工作寄存器 2 区 | 10H~17H |
| 1 | 1 | 工作寄存器 3 区 | 18H~1FH |

位寻址区 共有 16 个单元，它们均具有双重功能，既可以作为一般的 RAM 单元按字节存取，也可以对每个 RAM 单元的任意一位按位操作，共计 128 位 (00H~7FH)，具体见表 1-3。

表 1-3 位寻址区地址表

| 序号 | 单元地址 | 位地址 | 序号 | 单元地址 | 位地址 |
|----|------|---------|----|------|---------|
| 1 | 20H | 00H~07H | 9 | 28H | 40H~47H |
| 2 | 21H | 08H~0FH | 10 | 29H | 48H~4FH |
| 3 | 22H | 10H~17H | 11 | 2AH | 50H~57H |
| 4 | 23H | 18H~1FH | 12 | 2BH | 58H~5FH |
| 5 | 24H | 20H~27H | 13 | 2CH | 60H~67H |
| 6 | 25H | 28H~2FH | 14 | 2DH | 68H~6FH |
| 7 | 26H | 30H~37H | 15 | 2EH | 70H~77H |
| 8 | 27H | 38H~3FH | 16 | 2FH | 78H~7FH |

数据缓冲区 即用户 RAM，共 80 个单元。

b. 片内 RAM（高 128 位）——SFR。51 系列单片机内部的 I/O 口锁存器以及定时器、串行口、中断等各种控制寄存器和状态寄存器都称为特殊功能寄存器，共有 21 个 SFR，它们离散地分布在 80H~0FFH 的 SFR 地址空间中，见表 1-4。

表 1-4 特殊功能寄存器表

| 序号 | 符号 | 名称 | 地址 |
|----|-------|------------------|-----|
| 1 | *ACC | 累加器 | E0H |
| 2 | *B | B 寄存器 | F0H |
| 3 | *PSW | 程序状态字 | D0H |
| 4 | SP | 堆栈指针 | 81H |
| 5 | DPH | 数据指针 DPTR 的高 8 位 | 83H |
| 6 | DPL | 数据指针 DPTR 的低 8 位 | 82H |
| 7 | *P0 | P0 锁存寄存器 | 80H |
| 8 | *P1 | P1 锁存寄存器 | 90H |
| 9 | *P2 | P2 锁存寄存器 | A0H |
| 10 | *P3 | P3 锁存寄存器 | B0H |
| 11 | *IP | 中断优先级控制寄存器 | B8H |
| 12 | *IE | 中断允许控制寄存器 | A8H |
| 13 | TMOD | 定时/计数器方式寄存器 | 89H |
| 14 | *TCON | 定时/计数器控制寄存器 | 88H |
| 15 | TH0 | 定时/计数器 0（高字节） | 8CH |
| 16 | TL0 | 定时/计数器 0（低字节） | 8AH |
| 17 | TH1 | 定时/计数器 1（高字节） | 8DH |
| 18 | TL1 | 定时/计数器 1（低字节） | 8BH |
| 19 | *SCON | 串行口控制寄存器 | 98H |
| 20 | SBUF | 串行数据缓冲寄存器 | 99H |
| 21 | PCON | 电源控制寄存器 | 87H |

注：凡是“*”号的 SFR 既可按位寻址，亦可直接按字节寻址。

c. 片外 RAM。由于片外 RAM 和片内 RAM 的低地址空间（0000H~00FFH）是重叠的，所以需要采用不同的寻址方式加以区分：访问片外 RAM 时，使用指令 MOVX 实现；访问片内 RAM 时，使用指令 MOV 实现。

1.2.3 MCS-51 单片机外部引脚

MCS-51 单片机芯片引脚有：40 脚的双列直插封装 DIP 方式，44 脚方形封装方式；48 脚 DIP，52 脚方形封装；68 脚方形封装。8051 单片机常采用 40 脚的双列直插封装（DIP）或 LCC/QEP 封装。引脚和逻辑符号如图 1-2 所示。8051 的 40 个引脚可分为电源引脚 2 根、时钟引脚 2 根、控制引脚 4 根和 I/O 引脚 32 根。

（1）电源引脚

V_{CC} （40 脚）：接+5V 电源（直流电源正端），为单片机提供工作电源。

V_{SS} （20 脚，GND）：接共用地端（直流电源负端）。

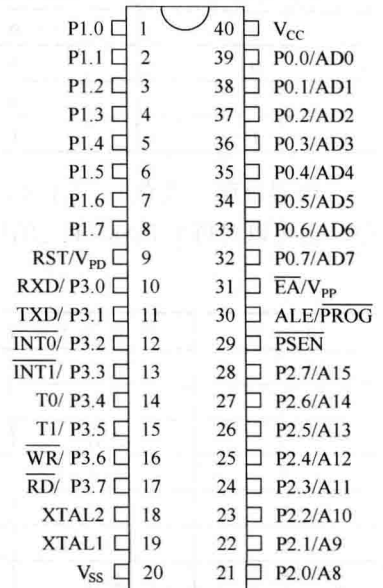


图 1-2 8051 单片机引脚图

(2) 时钟引脚

XTAL1 (19 脚): 接外部晶振和微调电容的一端。采用外部时钟电路时, 对 HMOS 型工艺的单片机, 此引脚应接地; 对 CHMOS 型而言, 此引脚应接外部时钟的输入端。

XTAL2 (18 脚): 接外部晶振和微调电容的另一端。采用外部时钟电路时, 对 HMOS 型工艺的单片机, 此引脚应接外部时钟的输入端; 对 CHMOS 型而言, 此引脚悬空。

(3) 控制引脚

控制引脚可看成是控制总线。总线指一类在使用方法上功能相同的引脚, 一般有控制总线、地址总线、数据总线三种。

RST/V_{PD} (9 脚): RST 为复位信号输入端。单片机正常工作时, 当 RST 端保持 2 个机器周期以上的高电平时, 单片机复位。一旦发生掉电或电压降到一定值时, 可通过 V_{PD} 为单片机供电。

ALE/ $\overline{\text{PROG}}$ (30 脚): ALE 为地址锁存允许信号。在访问外部存储器时, ALE 用来锁存 P0 口送出的低 8 位地址信号; 在不访问外部存储器时, ALE 也以时钟频率的 1/6 的固定速率输出, 因而它又可作为外部定时脉冲源或其他需要。

注意 每当访问外部数据存储器时, 将跳过一个 ALE 脉冲。该端可以驱动 8 个 TTL 负载。对于 EPROM 型单片机, 在编程期间, 此引脚用于输入编程脉冲 $\overline{\text{PROG}}$ 。

$\overline{\text{PSEN}}$ (29 脚): 外部程序存储器的读选通信号。当访问外部 ROM 时, $\overline{\text{PSEN}}$ 产生负脉冲作为外部 ROM 的选通信号; 在访问外部 RAM 或片内 ROM 时, 不会产生有效的 $\overline{\text{PSEN}}$ 信号。 $\overline{\text{PSEN}}$ 可驱动 8 个 TTL 负载。

$\overline{\text{EA}}/\text{V}_{\text{PP}}$ (31 脚): $\overline{\text{EA}}$ 为外部程序存储器地址允许输入端。V_{PP} 是对 8751 片内 EPROM 编程写入时, 作为 21V 编程电压的输入端。

(4) I/O 引脚 (P0.0~P0.7、P1.0~P1.7、P2.0~P2.7、P3.0~P3.7)

其中包括 8 位数据总线 P0 口和 16 位地址总线 P0/P2 口。具体内容见任务 2.3。

AT89C51 实物图如图 1-3 所示。

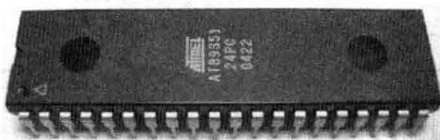


图 1-3 AT89C51 实物图

项目二 熟悉单片机开发系统及环境

单片机系统开发环境由硬件和软件两部分组成。硬件环境由 PC 机、单片机仿真器、用户目标系统、编程器和电缆线组成。硬件为躯体，若没有软件的指引是不能完成控制目的的。软件系统由单片机集成开发环境软件和编程器软件构成。

同时单片机应用系统的设计也包括硬件电路设计和软件系统设计两部分。

任务 2.1 学会使用 Proteus 软件

Proteus 软件是英国 Lab Center Electronics 公司开发的一款电路设计与仿真软件。它主要由 ISIS (Intelligen Schematic Input System) 和 ARES (Advanced Routing and Editing Software) 两个软件模块组成。ARES 模块主要用来完成 PCB 的设计，而 ISIS 模块用来完成电路原理图的设计与仿真。该软件最大的特点是真正意义上的单片机仿真软件，目前可模拟的单片机类型有 51 系列、AVR 系列、PIC 系列、Z80 系列、HC11 系列以及各种外围芯片等。

2.1.1 通过 Proteus 软件设计第一张电路原理图

通过 Proteus 软件设计如图 2-1 所示的电路原理图。

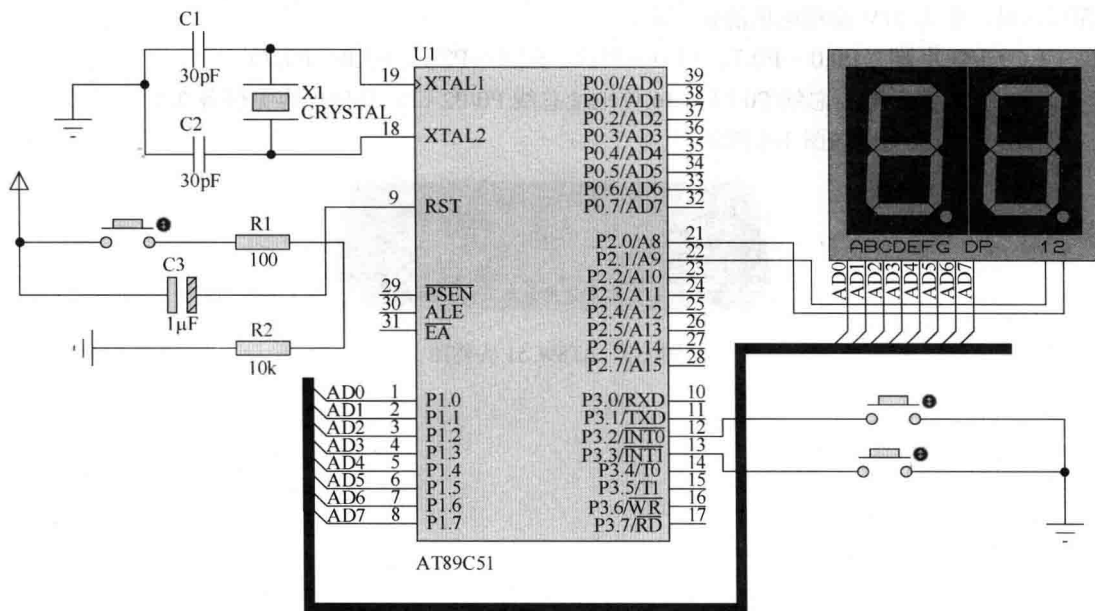


图 2-1 新建设计图

(1) 安装 Proteus 软件

软件的试用版本可到 Proteus 的官方网站下载，安装时对计算机的配置要求如下：

- ① CPU 的频率为 200MHz 及以上；

② 操作系统为 Windows 98/2000/XP 或更高版本;

③ 硬盘空间不小于 64MB;

④ 内存 RAM 不小于 64MB。

(2) 画电气原理图

① 启动软件。单击“开始”→“程序”→“Proteus 7 Professional”→“ISIS 7 Professional”，弹出启动画面如图 2-2 所示。

② 新建设计文件。进入软件后，如图 2-3 所示，单击菜单命令“File”→“New Design”，弹出“Create New Design”设计模板，默认“DEFAULT”，单击“OK”即可。

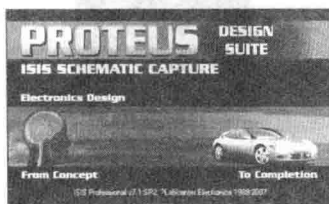


图 2-2 启动界面

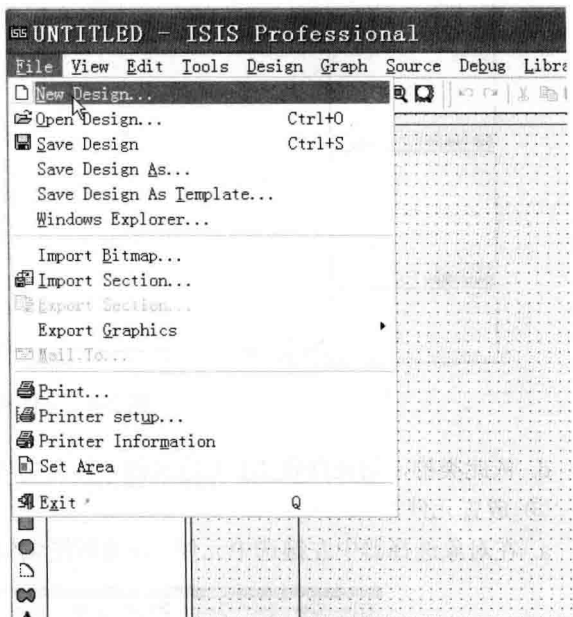


图 2-3 新建设计文件

③ 设定图纸大小。执行菜单命令“System”→“Set Sheet Size”，弹出“Sheet Size...”对话框，选择“A4”，单击“OK”，设置图纸大小。

(3) 添加元器件


① 列出元器件表。本任务中所涉及的元器件见表 2-1。

表 2-1 元件表


| | |
|--------------------------------|---------------|
| 单片机 AT89C51 | 晶振 CRYSTAL |
| 瓷片电容 CAP | 电解电容 CAP-ELEC |
| 电阻 RES | 按钮 BUTTON |
| 2 位共阳 7 段 LED 显示器 7SEG-MPX2-CA | |

② 添加元器件。

a. 点击模型选择工具栏的  按钮，选择为元件模式。

b. 点击挑选元件按钮 ，弹出“Pick Devices”对话框。

c. 输入元件表中的元件，如“AT89C51”，在右面的窗口中出现相应的元件，如图 2-4 所示。

找到需要的元件后，鼠标双击，该元件自动加入对象选择器中 。

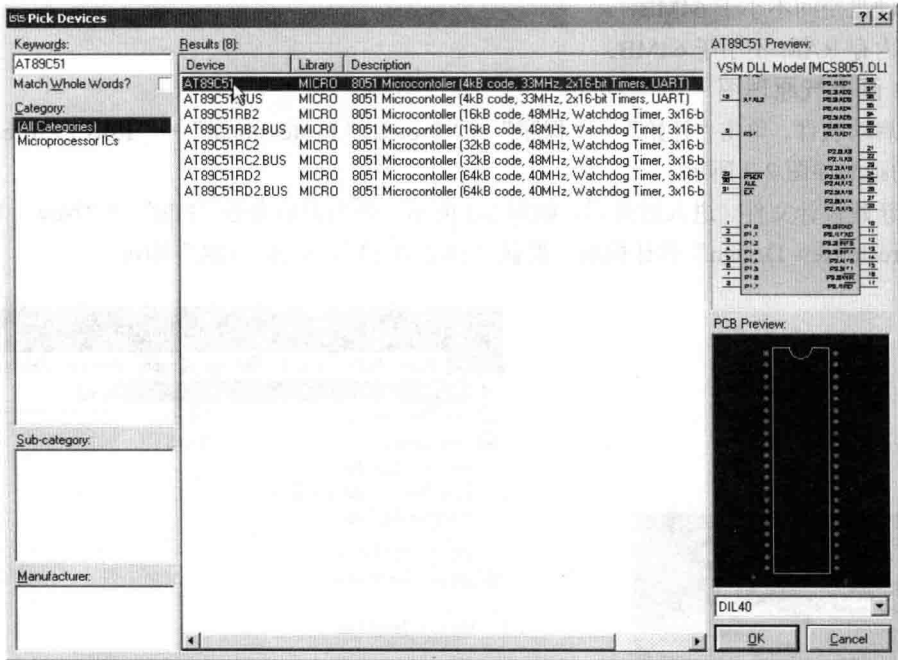


图 2-4 元件选择

d. 依此类推，将元件表 2-1 中的其他元件分别填入到对象选择器中。

③ 放置元件。

a. 在对象选择器中左键选中元件，在原理图编辑窗口双击左键，放置元件，如图 2-5 所示。

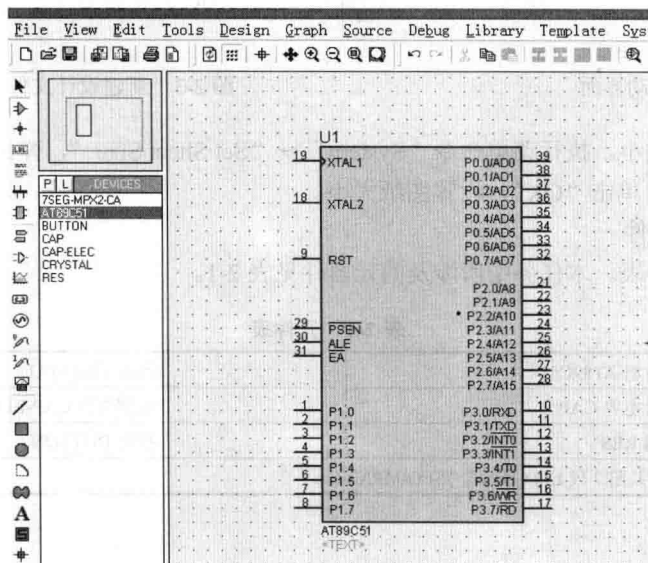


图 2-5 放置元件


b. 依此类推，将元件表 2-1 中的其他元件分别放置到原理图编辑窗口中。

c. 若需要移动元件位置，将鼠标移到该元件上，单击鼠标右键，该元件的颜色已变至红色，表明该元件已被选中，按下鼠标左键，拖动鼠标，将元件移至新位置后，松开鼠标，完成移动操作。

d. 若需要旋转元件，鼠标右键选中对象，颜色变红并弹出对话框，选择旋转图标即可，如图 2-6 所示。

e. 若需要删除元件，鼠标右键双击对象即可。

④ 编辑元件属性。左键双击元件弹出属性编辑对话框，将相关参数填入，如图 2-7 所示。

⑤ 放置电源及接地端。单击  按钮，单击“POWER”，将电源放置在原理图中。同理，单击“GROUND”，将接地端放置在原理图中。

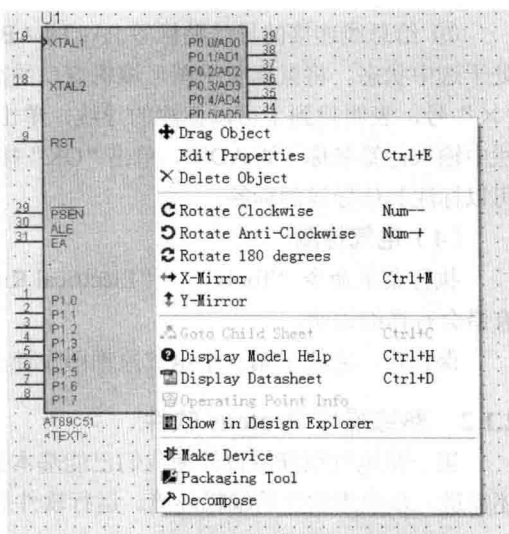


图 2-6 旋转元件

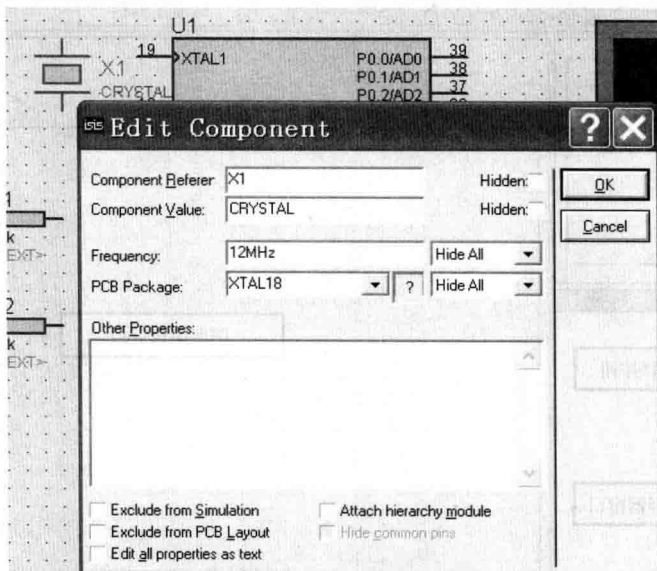





图 2-7 元件属性编辑

⑥ 布线。Proteus 的系统自动默认布线按钮  有效，因此可以直接画线。当鼠标的指针靠近元件端部时，鼠标的指针就会出现一个“□”形符号，表明找到了元件的连接点，单击鼠标左键，移动鼠标，找到另一元件的连接点，单击鼠标左键，完成连线操作。

在此过程的任何时刻，都可以按 Esc 键或者单击鼠标的右键来放弃画线。

⑦ 总线及分支线画法。单击绘图工具栏中的总线按钮 ，使之处于选中状态。将鼠标置于图形编辑窗口，单击鼠标左键，确定总线的起始位置。移动鼠标，找到总线的终了位置，双击鼠标左键，结束画总线操作。

一般用斜线来表示分支线 。将光标接近元件引脚末端，单击左键；拖动鼠标接近总线末端，单击左键；同时按住“Ctrl”键，斜向找到总线，单击左键，完成画分支线操作。