

Danpianji yuanli ji yingyong jishu



# 单片机原理 及应用技术

刘建华 张静之 等编著

上海科学技术出版社

# 单片机原理及应用技术

刘建华 张静之 等编著

上海科学技术出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

单片机原理及应用技术/刘建华,张静之编著. —上海:上海科学技术出版社,2010.6

ISBN 978-7-5478-0234-2

I. ①单... II. ①刘... ②张... III. ①单片微型计算机 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 070409 号

上海世纪出版股份有限公司  
上海科学技术出版社 出版、发行

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 7

字数:150 千字

2010 年 6 月第 1 版 2010 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-0234-2/TP·9-\*

定价:20.00 元

---

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,  
请向工厂联系调换

# 内 容 提 要

本书以美国 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机为介绍对象,全面详细介绍了单片机的结构原理与应用技术。其中第一章介绍单片机的概念、组成特点及应用范围,重点介绍 MCS-51 系列单片机及其引脚功能;第二章介绍单片机指令基本格式与指令系统及指令应用方法;第三章介绍单片机汇编语言程序设计中常用的伪指令,以及汇编语言程序设计的编程思路与编程方法;第四章介绍中断概念、中断源、单片机中断系统及其应用;第五章介绍单片机内部的定时/计数器结构、方式控制字及定时/计数器的应用方法;第六章介绍串行通信基础知识、MCS-51 系列单片机串行接口的控制方法及串行口的工作方式;第七章介绍单片机的 I/O 扩展、键盘接口技术、LED 数码管显示接口技术;附录介绍了 Keil  $\mu$ Vsion2 软件的集成开发环境。

本书可作为计算机、通信、电子、自动化等行业相关人员的参考书,也可作为单片机技术培训教材,同时适合初学者及单片机爱好者自学。

# 前 言

本书以美国 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机为介绍对象,全面介绍单片机的结构原理与应用技术。其中第一章介绍单片机的概念、组成特点及应用范围,重点介绍 MCS-51 系列单片机及其引脚功能;第二章介绍单片机指令基本格式与指令系统及指令应用方法;第三章介绍单片机汇编语言程序设计中常用的伪指令,以及汇编语言程序设计的编程思路与编程方法;第四章介绍了中断概念、中断源、单片机中断系统及其应用;第五章介绍单片机内部的定时/计数器结构、方式控制字及定时/计数器的应用方法;第六章介绍串行通信基础知识、MCS-51 系列单片机串行接口的控制方法及串行口的工作方式;第七章介绍单片机的 I/O 扩展、键盘接口技术、LED 数码管显示接口技术;附录介绍了 Keil  $\mu$ Vision2 软件的集成开发环境。

本书第一章~第三章由上海工程技术大学高职学院刘建华编写;第四章~第六章由张静之编写;第七章由满国栋编写;附录由郝立果编写。在本书编写过程中,得到了张孝三老师的多方面指导,在此表示衷心的感谢。本书编写过程中参考了其他一些书刊,并引用了一些资料,在此一并表示感谢。由于作者水平有限,书中难免有不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2010 年 3 月

# 目 录

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>第一章 认识单片机</b>                                                                                                 | 1  |
| <b>第一节 单片机的组成及应用</b>                                                                                             | 1  |
| 一、单片机概念                                                                                                          | 1  |
| 二、单片机的组成与特点                                                                                                      | 1  |
| 三、单片机的应用                                                                                                         | 1  |
| <b>第二节 MCS-51 系列单片机及其引脚功能</b>                                                                                    | 2  |
| 一、主电源引脚 $V_{CC}$ 和 $V_{SS}$                                                                                      | 3  |
| 二、时钟振荡电路引脚 XTAL1 和 XTAL2                                                                                         | 3  |
| 三、控制信号引脚 $RST/\overline{V_{PD}}$ 、 $ALE/\overline{PORG}$ 、 $\overline{PSEN}$ 和 $\overline{EA}/\overline{V_{PP}}$ | 4  |
| 四、I/O 端口功能                                                                                                       | 4  |
| <b>第二章 单片机指令系统及应用</b>                                                                                            | 8  |
| <b>第一节 概述</b>                                                                                                    | 8  |
| 一、指令的概念                                                                                                          | 8  |
| 二、寻址方式                                                                                                           | 10 |
| <b>第二节 数据传送指令及应用</b>                                                                                             | 12 |
| 一、内部 RAM 数据传送                                                                                                    | 13 |
| 二、外部 RAM 数据传送                                                                                                    | 14 |
| 三、堆栈操作指令                                                                                                         | 15 |
| 四、数据交换指令                                                                                                         | 16 |
| <b>第三节 算术运算指令及应用</b>                                                                                             | 17 |
| 一、加法指令                                                                                                           | 17 |
| 二、减法指令                                                                                                           | 20 |
| 三、乘法指令与除法指令                                                                                                      | 20 |
| <b>第四节 逻辑运算指令及应用</b>                                                                                             | 21 |
| 一、累加器的逻辑操作                                                                                                       | 21 |
| 二、逻辑与、逻辑或、逻辑异或指令                                                                                                 | 22 |
| <b>第五节 转移指令及应用</b>                                                                                               | 24 |
| 一、无条件转移指令                                                                                                        | 24 |
| 二、调用指令                                                                                                           | 25 |
| 三、条件转移指令                                                                                                         | 26 |
| <b>第六节 位操作类指令及其应用</b>                                                                                            | 27 |
| 一、位传送指令                                                                                                          | 29 |

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 二、位状态控制指令 .....             | 29 |
| 三、位逻辑操作指令 .....             | 29 |
| 四、布尔条件转移指令 .....            | 29 |
| 第三章 汇编语言程序设计 .....          | 31 |
| 第一节 源程序的设计与汇编 .....         | 31 |
| 一、汇编语言程序设计步骤 .....          | 31 |
| 二、汇编语言格式与伪指令 .....          | 32 |
| 第二节 单片机汇编语言程序设计 .....       | 34 |
| 一、顺序程序设计 .....              | 34 |
| 二、分支程序设计 .....              | 36 |
| 三、循环结构程序 .....              | 37 |
| 四、子程序结构 .....               | 42 |
| 第四章 单片机的中断应用 .....          | 44 |
| 第一节 概述 .....                | 44 |
| 一、中断概念 .....                | 44 |
| 二、中断源 .....                 | 44 |
| 三、中断优先级与中断嵌套 .....          | 45 |
| 第二节 中断系统 .....              | 45 |
| 一、中断源及中断系统构成 .....          | 45 |
| 二、中断标志与中断控制 .....           | 46 |
| 第三节 中断响应与中断服务程序 .....       | 50 |
| 一、中断响应 .....                | 50 |
| 二、中断服务程序 .....              | 50 |
| 第五章 单片机的定时与计数 .....         | 55 |
| 第一节 定时器/计数器的结构 .....        | 55 |
| 第二节 定时器/计数器的控制 .....        | 56 |
| 一、定时器/计数器方式控制寄存器 TMOD ..... | 56 |
| 二、定时器/计数器控制寄存器 TCON .....   | 56 |
| 三、定时器/计数器的 4 种工作方式 .....    | 57 |
| 第三节 定时器的应用 .....            | 61 |
| 一、初始化 .....                 | 61 |
| 二、初值的计算 .....               | 61 |
| 第六章 单片机的串行通信 .....          | 66 |
| 第一节 串行通信基础 .....            | 66 |
| 一、串行通信分类 .....              | 66 |
| 二、数据传送速率 .....              | 67 |
| 三、串行通信的制式 .....             | 68 |
| 第二节 MCS-51 单片机串行接口的控制 ..... | 68 |
| 一、MCS-51 串行口的内部结构 .....     | 68 |

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 二、串行口数据缓冲器 SBUF .....           | 69 |
| 三、串行口控制寄存器 SCON .....           | 69 |
| 四、电源及波特率选择寄存器 PCON .....        | 70 |
| 第三节 MCS-51 串行口的工作方式 .....       | 71 |
| 一、串行口工作方式 .....                 | 71 |
| 二、串行口的应用 .....                  | 75 |
| 第七章 单片机的 I/O 扩展及接口技术 .....      | 78 |
| 第一节 单片机 I/O 扩展 .....            | 78 |
| 一、用三态口扩展 8 位并行输入口 .....         | 78 |
| 二、用锁存器扩展 8 位并行 I/O 口 .....      | 79 |
| 三、双向口线的扩展 .....                 | 80 |
| 四、可编程并行接口专用接口芯片 8255A 的扩展 ..... | 81 |
| 第二节 单片机的键盘接口 .....              | 83 |
| 一、简易键盘接口的实现 .....               | 84 |
| 二、矩阵键盘接口的实现 .....               | 86 |
| 第三节 单片机 LED 数码管显示接口技术 .....     | 88 |
| 一、静态显示接口 .....                  | 89 |
| 二、动态显示接口 .....                  | 90 |
| 附录 单片机程序开发软件 .....              | 92 |

# 第一章 认识单片机

## 第一节 单片机的组成及应用

### 一、单片机概念

随着大规模集成电路技术和计算机技术的飞速发展,把计算机的运算器和控制器(即 CPU)、存储器和多种接口集成在一块芯片上称为微处理器(Microprocessor),也叫微控制器,习惯上叫单片机。

单片机自从 1975 年诞生以来,经历了 30 多年的发展。目前,单片机的品种已达 60 多个系列,300 多种型号。就字长而言,单片机主要有 4 位、8 位、16 位和 32 位等几种。

### 二、单片机的组成与特点

随着计算机微型化的需要,把微型计算机的中央处理器(CPU)、存储器、输入/输出(I/O)接口等基本功能部件集成在一块半导体芯片上,即成为单片机。单片机除了具备一般微型计算机功能外,为了增强实时控制能力,绝大部分单片机的芯片上还集成有定时器/计数器,某些单片机还带有 A/D 转换器等功能部件,使单片机能满足多功能控制的要求。

单片机的特点之一是具有非常有效的控制功能。单片机不但是有效的数据处理机,而且是一个功能很强的过程控制机,只要加上少量的输入/输出设备或驱动电路,就可构成一个实用系统,满足各种应用领域的需要,把硬件功能软件化。

所以,单片机具有集成度高、体积小、功耗低、系列齐全、功能扩展容易、使用灵活方便、抗干扰能力强、性能可靠、价格低廉等特点。

### 三、单片机的应用

由于单片机具有上述特点,特别是具有强大的、面向控制的能力,使它在工业控制、智能仪表、外设控制、家用电器、机器人、军事装置等方面得到广泛的应用。

单片机的主要应用领域有以下几方面:

#### 1. 智能化产品

单片机与传统的机械产品相结合,使传统的机械产品结构简单化、控制智能化,构成新一代的机电一体化产品。目前,广泛应用于:工业自动控制领域,如数控机床、可编程序控制、电机控制、工业机器人、离散与连续过程自动控制等;家用电器领域,如微波炉、电视机、录像机、音响设备、游戏机等;办公设备领域,如传真机、复印机等;电讯技术领域,如调制解调器、声像处理、数字滤波、智能线路运行控制;在电传、打印机设计中,由于采用了单片机,

取代了近千个机械部件;用单片机控制空调机,使制冷量无级调节的优点得到了充分的发挥,并增加了多种报警与控制功能;用单片机实现了通信系统中的临时监控、自适应控制、频率合成、信道搜索等,构成了自动拨号无线电话网、自动呼叫应答设备及程控调度电话分机等。

## 2. 智能化仪表

原有的测量、控制仪表引入单片机后,能促进仪表向数字化、智能化、多功能化、综合化、柔性化方向发展,并使监测、处理、控制等功能一体化,使仪表重量大大减轻,性价比提高。长期以来,测量仪器中的误差修正、线性化处理等难题迎刃而解。

## 3. 智能化测控系统

测控系统的特点是工作环境恶劣、各种干扰繁杂,且要求进行实时控制,要求检测与控制系统工作稳定、可靠、抗干扰能力强,单片机较适合应用于该领域,可以构成各种工业检测控制系统,如温室人工气候控制、电镀生产线自动控制等。

在导航控制方面,如导弹控制、鱼雷制导、智能武器装置、航天导航系统等领域发挥了极大的作用。

## 4. 智能化接口

采用单片机专门对接口设备进行控制和管理,使主机和单片机能并行工作,可提高系统的运算速度,且单片机还可以对接口处进行预处理,如数字滤波、线性化处理、误差修正等,减少主机和接口界面的通信密度,提高接口控制管理的水平。如在通信接口中,采用单片机可以对数据进行编码解码、分配管理、接收/发送控制等。

# 第二节 MCS-51 系列单片机及其引脚功能

MCS-51 系列是 Intel 公司推出的高档 8 位单片机,该系列包括基本型 8051/8751/8031、强化型 8052/8032、改进型 8044/8344/8744、超级型 83C252/87C252/80C252 等。

MCS-51 采用 HMOS 工艺,片内集成有 8 位 CPU,驻留 4K 字节 ROM(8031 片内无 ROM)和 128 字节 RAM 以及 21 个特殊功能寄存器,片内还包括两个 16 位定时器/计数器、1 个全双工串行 I/O 口(UART)、32 条 I/O 线、5 个中断源和两级中断,寻址能力达 128K 字节(其中程序存储器 ROM 和数据存储器 RAM 各 64K 字节)。指令系统中设置了乘、除运算指令,数据查找指令和位处理指令等。主时钟频率为 12MHz 时,大部分指令周期只需 1 $\mu$ s,乘除指令仅需 4 $\mu$ s。

强化型 8052 与基本型 8051 不同的是片内 ROM 增加到 8K 字节,RAM 增加到 256 字节,16 位的定时器/计数器增加到 3 个,串行接口(UART)的通信速率快 6 倍。

改进型 8X44 系列是在基本型上用一种新的串行接口 SIU 取代 UART。SIU 是一个 HDLC/SDLC 通信控制器,属于 SIO 的通信标准,通信软件已固化在器件内。由于 SIU 采用两根 I/O 线的串行通信方式,因而适宜远距离通信和网络接口。

采用 CMOS 工艺的 8XC51 系列,其基本结构和功能与基本型相同。87C51 和 8XC252 还具有两级程序保密系统,可禁止外部对片内 ROM 的程序进行读取,为用户提供了一种保护软件不被窃取的有效手段,且功耗极低。

超级型 8XC252 系列是超 8 位单片机。它们的结构、引脚和指令与 MCS-51 系列完全

相同,还具有 MCS-96 系列高速输入/输出 (HIS/O), 脉冲宽度调制 PWM 和 1 个可做加减计数的定时器及 1 个可做编程计数器库阵列, 适用于串行口的场错误检测和自动地址识别。

51 系列单片机由 Intel 公司转让技术给 Philips 公司后, 生产了很多其他型号, 产品性能也有所提高。

ATMEL 公司生产了 AT89C51、AT89C52 和 AT89C1051、AT89C2051 等单片机, 这些单片机片内采用可加密闪速存储器, 性能优良, 性价比极高, 在我国被大量使用。

8051 单片机的外形采用 40 条引脚双列直插封装 (DIP) 或 LCC/QFP 封装, 其引脚和逻辑符号如图 1-1 所示。

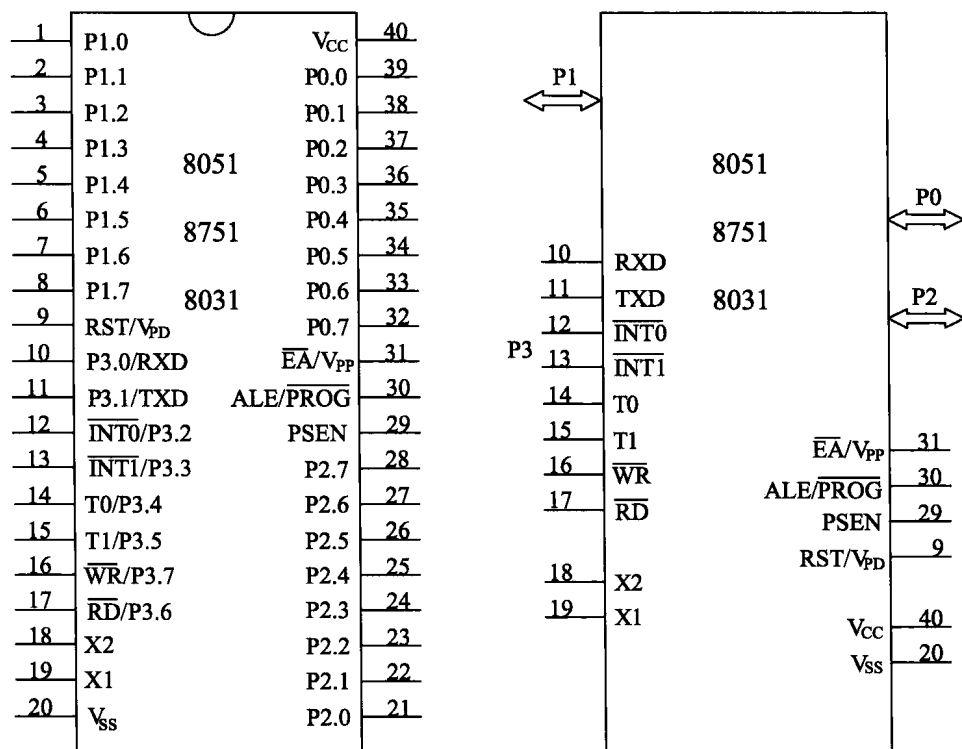


图 1-1 8051 单片机的引脚功能和逻辑符号

MCS-51 因为受到集成电路芯片引脚数目的限制, 所以许多引脚具有双功能。本节只讲解第一功能, 其第二功能将在具体应用时讲解。各引脚功能简要说明如下。

## 一、主电源引脚 V<sub>CC</sub> 和 V<sub>SS</sub>

### 1. V<sub>CC</sub> 电源输入端

V<sub>CC</sub> 电源输入端工作电源和编程校验 (8051/8751) 为 +5V。

### 2. V<sub>SS</sub> (GND) 接共用地端

V<sub>SS</sub> (GND) 接共用地端, 每个电路芯片都少不了直流电源。

## 二、时钟振荡电路引脚 XTAL1 和 XTAL2

XTAL1 和 XTAL2 分别用做晶体振荡电路的反相器输入和输出端。在使用内部振荡电

路时,这两个端子用来外接石英晶体,振荡频率为晶体振荡频率,振荡信号送至内部时钟电路产生时钟脉冲信号,给单片机提供工作节拍,可看作单片机的主频。

### 三、控制信号引脚 $\overline{\text{RST}}/\text{V}_{\text{PD}}$ 、 $\text{ALE}/\overline{\text{PORG}}$ 、 $\overline{\text{PSEN}}$ 和 $\overline{\text{EA}}/\text{V}_{\text{PP}}$

由于单片机很多引脚使用方法相同,常把其引脚分为控制总线、地址总线、数据总线,总线是指一类在使用方法上功能相同的引脚。 $\text{ALE}/\overline{\text{RST}}/\overline{\text{EA}}/\overline{\text{PSEN}}$ 可看成4条控制总线。

#### 1. $\overline{\text{RST}}/\text{V}_{\text{PD}}$ —— $\overline{\text{RST}}$ 为复位信号输入端

当 $\overline{\text{RST}}$ (RESET)端保持两个机器周期(24个时钟周期)以上的高电平时,使单片机完成复位操作。 $\text{V}_{\text{PD}}$ 为内部RAM的备用电源输入端。当主电源 $\text{V}_{\text{CC}}$ 一旦发生断电或电压降到一定值时,可通过 $\text{V}_{\text{PD}}$ 为单片机内部RAM提供电源,以保护片内RAM信息不丢失。

#### 2. $\text{ALE}/\overline{\text{PROG}}$ —— $\text{ALE}$ 为地址锁存允许信号

在访问外部存储器时, $\text{ALE}$ 用来锁存 $\text{P0}$ 送出的低8位地址信号, $\overline{\text{PROG}}$ 是对8751内部EPROM编程时的编程脉冲输入端。

#### 3. $\overline{\text{PSEN}}$ ——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LSTTL门输入端。

#### 4. $\overline{\text{EA}}/\text{V}_{\text{PP}}$ ——访问外部程序存储器控制信号

对于8051和8751,其片内有4KB的程序存储器,当 $\overline{\text{EA}}$ 为高电平时,CPU访问程序存储器有两种情况:一是访问的地址空间在0~4K范围内,CPU访问片内程序存储器;二是访问的地址超出4K时,CPU将自动执行外部程序存储器的程序。而对于8031, $\overline{\text{EA}}$ 必须接地,只能访问外部ROM。 $\text{V}_{\text{PP}}$ 为8751EPROM的21V编程电源输入端。

## 四、I/O 端口功能

### 1. $\text{P0}$ 口

$\text{P0}$ 口有8条端口线,命名为 $\text{P0.0} \sim \text{P0.7}$ ,其中 $\text{P0.0}$ 为低位, $\text{P0.7}$ 为高位。每条线的结构组成如图1-2所示,它由一个输出锁存器、两个三态缓冲器、输出驱动电路和输出控制电路组成。

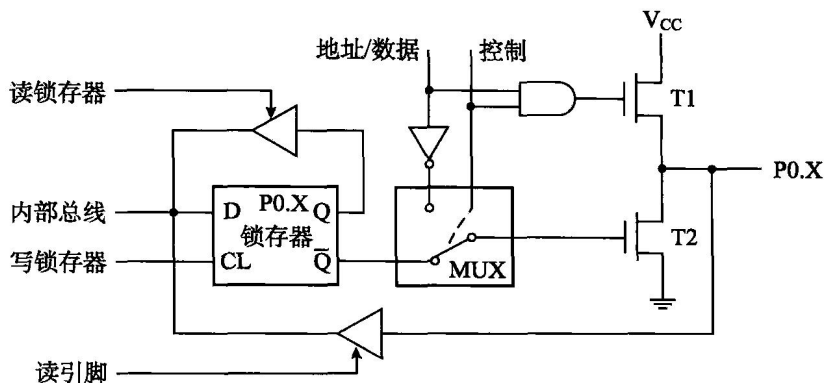


图 1-2  $\text{P0}$ 口结构图

P0 口是一个三态双向 I/O 口,它有两种不同的功能,用于不同的工作环境。P0 口第一功能是一个 8 位漏极开路型的双向 I/O 口,这时 P0 口可看成是用户数据总线;其第二功能是在访问外部存储器时,先提供低 8 位地址后提供 8 位双向数据总线,这时先作地址总线再作数据总线(引脚的分时复用是计算机芯片节省引脚的基本方法)。同样的引脚在不同的时间或不同的地方作不同的用途,初学者应注意这个用法。

## 2. P1 口

P1 口有 8 条端口线,命名为 P1.0 ~ P1.7,每条线的结构组成如图 1-3 所示。

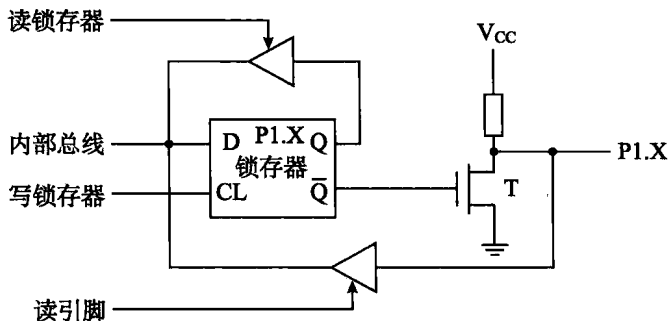


图 1-3 P1 口结构图

P1 口是一个准双向口,只作普通的 I/O 使用,其功能与 P0 口的第一功能相同。作输出口使用时,由于其内部有上拉电阻,所以无须外接上拉电阻;作输入口使用时,必须先向锁存器写入“1”,使场效应管 T 截止,然后才能读取数据。

## 3. P2 口

P2 口有 8 条端口线,命名为 P2.0 ~ P2.7,每条线的结构组成如图 1-4 所示。

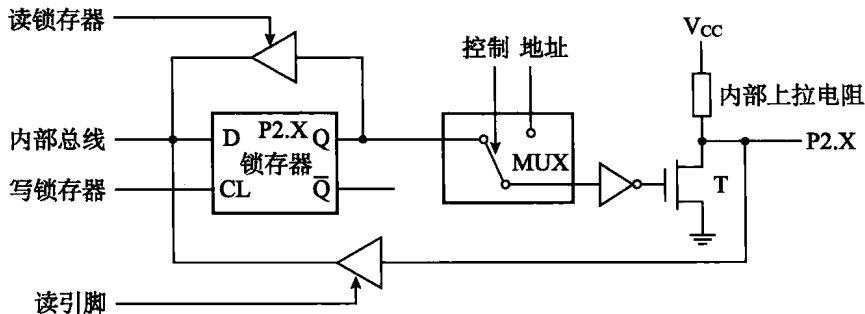


图 1-4 P2 口结构图

P2 口也是一个准双向口,其使用功能如下:一是当系统不扩展外部存储器时,作普通 I/O 使用,功能和原理与 P0 口第一功能相同,只是作为输出口时无须外接上拉电阻;二是当系统外扩存储器时,P2 口作系统扩展的地址总线口使用,输出高 8 位的地址 A7 ~ A15,与 P0 口第二功能输出的低 8 位地址相配合,共同访问外部程序或数据存储(64KB),但它只确定地址,并不能像 P0 口那样还可以传送存储器的读写数据。

## 4. P3 口

P3 口有 8 条端口线,命名为 P3.0 ~ P3.7,每条线的结构组成如图 1-5 所示。

P3 口是一个多用途准双向口。第一功能是作普通 I/O 使用,功能和原理与 P1 口相同;

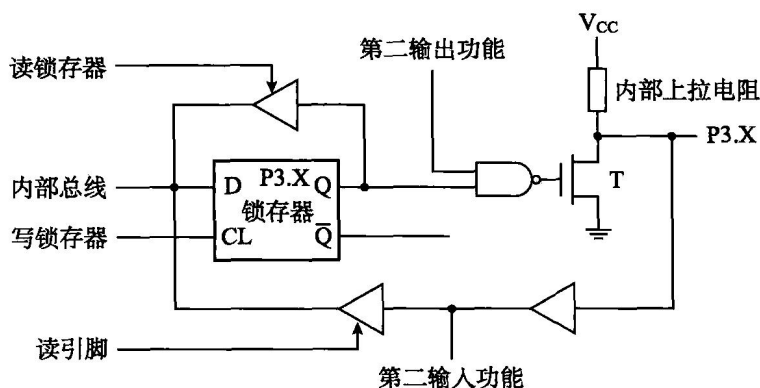


图 1-5 P3 口结构图

第二功能是作控制和特殊功能口使用,这时 8 条端口线所定义的功能各不相同,如表 1-1 所示。

表 1-1 P3 口各位的第二功能

| P3 口引脚 | 第二功能                                   |
|--------|----------------------------------------|
| P3.0   | RXD(串行输入口)                             |
| P3.1   | TXD(串行输出口)                             |
| P3.2   | $\overline{\text{INT0}}$ (外部中断 0 输入端)  |
| P3.3   | $\overline{\text{INT1}}$ (外部中断 1 输入端)  |
| P3.4   | T0(定时器 0 外部输入)                         |
| P3.5   | T1(定时器 1 外部输入)                         |
| P3.6   | $\overline{\text{WR}}$ (外部数据存储器写脉冲输出端) |
| P3.7   | $\overline{\text{RD}}$ (外部数据存储器读脉冲输出脚) |

P0 ~ P3 口可作为普通 I/O 使用。当作为输入口使用时,必须先向该口的锁存器中写入“1”,然后从读引脚缓冲器中读入引脚状态,这样的读入结果才正确。

【例 1-1】用 P1.0、P1.1 作输入接两个拨断开关,P1.2、P1.3 作输出接两个发光二极管。程序读取为开关状态,并在发光二极管上显示出来。

用导线连接 P1.0、P1.1 到两个拨断开关,P1.2、P1.3 到两个发光二极管。控制流程图如图 1-6 所示,P1 口是准双向口,它作为输出口时与一般的双向口使用方法相同。由准双向口结构可知,当 P1 口为输入口时,必须先对它置“1”(若不对它置“1”,读入的数据将不正确)。根据控制流程图编写的源程序如图 1-7 所示。

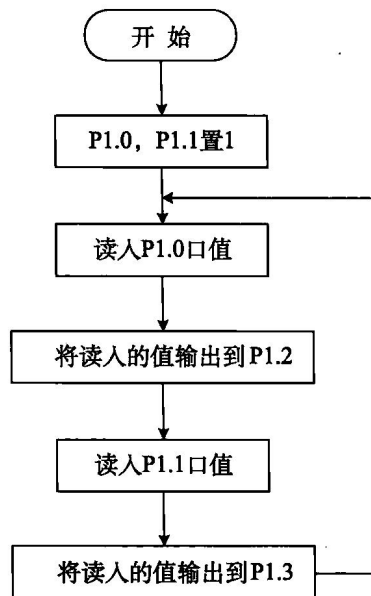


图 1-6 控制流程图

```

KEYLEFT    EQU P1.0           :定义
KEYRIGHT   EQU P1.1
LEDLEFT    EQU P1.2
LEDRIGHT   EQU P1.3
SETB       KEYLEFT           :欲读先置“1”
SETB       KEYRIGHT
LOOP:      MOV     C, KEYLEFT
           MOV     LEDLEFT, C
           MOV     C, KEYRIGHT
           MOV     LEDRIGHT, C
           LJMP    LOOP
           END
  
```

图 1-7 源程序清单

## 第二章 单片机指令系统及应用

### 第一节 概述

#### 一、指令的概念

##### 1. 机器码指令与汇编语言指令

指令是指指挥计算机工作的命令,是计算机软件的基本单元。常见指令有如下两种表达形式。

(1) 机器码指令:用二进制代码(或十六进制数)表示的指令称为机器码指令或目标代码指令。

(2) 汇编语言指令:为了方便记忆,便于程序的编写和阅读,用助记符来表示每一条指令的功能。用助记符表示的指令不能被计算机硬件直接识别和执行,必须通过汇编把它变成机器码指令才能被机器执行。

##### 2. 汇编语言指令格式

指令格式是指令的书面表达形式,汇编语言指令格式为:

[标号];操作码助记符[目的操作数],[源操作数];[注释]

其每一部分构成汇编指令的一个字段,各字段之间用空格或规定的标点符号隔开,方括号内的字段有时可以省略,汇编指令各字段之间的标点符号应严格按照规定格式书写,如图2-1所示。

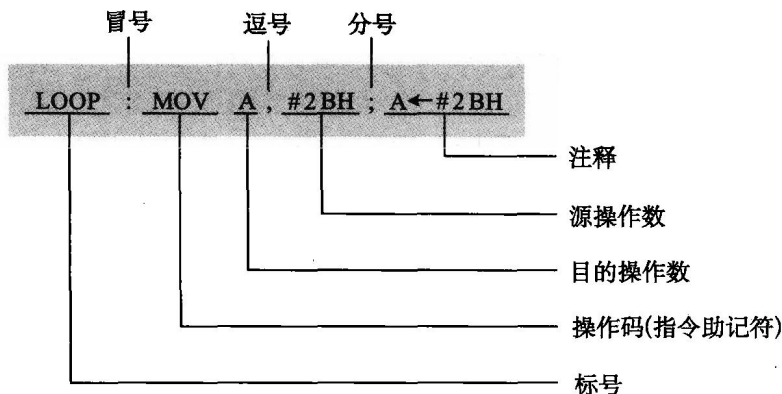


图 2-1 指令格式

各字段的意义如下:

(1) 标号:是指令的符号地址,它通常代表一条指令机器代码存储单元的地址。一条语句之前是否要冠以标号,应根据程序的需要而定。当某条指令可能被调用或作为转移的目的地址时,通常要给该指令赋予标号。一旦给某条指令赋予了标号,该标号可作为其他指令的操作数使用。

(2) 操作码:操作码表示指令进行何种操作,用助记符形式给出。助记符一般为英语单词的缩写,图 2-1 中的 MOV 意为传送。

(3) 操作数:操作数是指令操作的对象,可分为目的操作数和源操作数,目的操作数和源操作数的书写顺序不能颠倒。英文习惯先写目的操作数,操作数可以是数字(地址、数据),也可以是标号或寄存器名等,也有些指令不需要指明操作数。

(4) 注释:注释是对指令功能的说明,便于程序的阅读和维护,它不参与计算机的操作。

### 3. 指令系统

单片机所有指令的集合称为指令系统。指令系统与计算机硬件逻辑电路有密切关系,它是表征计算机性能的一个重要指标,不同微处理器的指令系统不同,同一系列不同型号微处理器的指令系统基本相同。

MCS-51 系列单片机使用 42 种助记符,有 51 种基本操作,通过助记符及指令的源操作数和目的操作数的不同组合构成了 MCS-51 的 111 条指令。

MCS-51 指令系统按字节数分为单字节指令 49 条,双字节指令 46 条,三字节指令 16 条;按指令执行周期划分为一周指令 57 条,二周期指令 52 条,四周期指令 2 条(乘法和除法)。当主频为 12MHz 时,单周期指令的执行时间为  $1\mu\text{s}$ 。

### 4. 指令系统常用符号说明

在 MCS-51 汇编指令系统中,规定了一些指令格式描述中的常用符号,其符号和含义说明如表 2-1 所示。

表 2-1 常用符号及含义

| 符 号    | 含 义                                              |
|--------|--------------------------------------------------|
| Rn     | 选定当前寄存器区的寄存器 R0 ~ R7                             |
| @ Ri   | 通过寄存器 R0 和 R1 间接寻址的片内 RAM 单元,@ 为间接寻址前缀符号,i=0 或 1 |
| direct | 直接地址,一个内部 RAM 单元地址(8 位二进制数)或一个特殊功能寄存器            |
| #data  | 8 位或 16 位常数,亦称立即数,#为立即数前缀符号                      |
| Addr16 | 16 位目的地址,供 LCALL 和 LJMP 指令使用                     |
| Addr11 | 11 位目的地址,供 ACALL 和 AJMP 指令使用                     |
| rel    | 8 位带符号偏移量(以二进制补码表示),常用于相对转移指令                    |
| bit    | 位地址                                              |
| /      | 位操作前缀,表示该位内容求反                                   |
| (x)    | 表示 x 地址单元中的内容                                    |
| ((x))  | 表示以 x 地址单元中的内容为地址的单元内容                           |