



“十四五”电子信息类创新型规划精品教材
全国电子信息类教材编写委员会专家审定

MCS51 单片机项目化教程

张平川 王建玲 李湘文 主编

天津出版传媒集团



天津科学技术出版社

内 容 提 要

本书采用项目化技能训练模式组织教材内容，共安排 16 个项目，基础技能项目 9 个，提高项目 7 个。把单片机教学大纲相关知识点融合在基础项目中，同时保证了知识体系的完整性和技能获取的双重需要。本书的主要知识点有单片机基本知识、定时及中断、串口通信技术、AD 及 DA 接口技术、LED 及 LCD 接口技术，可以通过 16 个项目的训练全部掌握这些单片机项目开发技术技能。

本书可以作为应用型本科高校或高职高专及中职等职业院校电子技术、自动化、仪器仪表、电子信息、汽车电子等相关专业的教材，或作为广大单片机的爱好者及单片机培训教材；也可作为从事单片机应用开发的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

MCS51 单片机项目化教程 / 张平川, 王建玲, 李湘文
主编. —天津: 天津科学技术出版社, 2022. 4
ISBN 978-7-5576-9897-3

I. ①M… II. ①张… ②王… ③李… III. ①单片微
型计算机—高等职业教育—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2022) 第 033488 号

MCS51 单片机项目化教程

MCS51 DANPIANJI XIANGMUHUA JIAOCHENG

责任编辑: 刘 磊

责任印制: 赵宇伦

出 版: 天津出版传媒集团
天津科学技术出版社

地 址: 天津市西康路 35 号

邮 编: 300051

电 话: (022) 23332390

网 址: www.tjkjbs.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 昌昊伟业 (天津) 文化传媒有限公司

开本 889×1194 1/16 印张 13.5 字数 389 000

2022 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

定价: 49.00 元

前 言

计算机与传感器技术、网络通信技术被称为 IT 技术的三大支柱。单片机是一种微型化的计算机，属于嵌入式系统的家族成员，已经广泛应用到军事、工业、农业、商业等人类社会生活的各个方面，成为实现信息化、智能化应用领域的关键技术。单片机技术已经成为应用型本科高校和高职高专院校电子类、自动化类、电子信息类、汽车电子、自动检测、仪器仪表等专业学生的必备技能。单片机在学生技能方面起着承上启下的作用，对提高学生技能层次有着独特的作用，对提高学生就业质量及档次具有显著效果。

目前单片机相关的教材体制有两大类：一类是传统的基于教学教材内容的体系，该体系有利于教学内容的完整性和教学大纲的实施，但不利于学生技能的获取；第二类就是目前流行的项目化任务驱动型的教材体系，该体系有利于学生技能的获取，但不利于教材的知识体系的完整性。因此，本教材具有以下特点。

- 在教材体系上进行了创新，主要是兼顾上述两类教材的优点。保证了知识体系完整和项目化技能训练的需要。

- 为保证学生扩展技能需要，以附录形式给出了丰富的模块应用案例及 PROTEUS 英文关键字以便于查询，同时介绍了其他一些开发工具使用技能。丰富的模块有利于不同学校根据不同办学条件进行选择。

- 注重实用性，加强实践能力培养，遵循内容“必须、够用”的原则。

- 注重知识技能的融合，突破传统单门课程的知识技能体系，将单片机与传感器进行适度融合，提高学生学习兴趣，为构建复杂智能化系统打基础。

本教材精选了难度适宜比较典型的项目，以 MCS-51 单片机为切入点，通过项目训练，可以全面掌握单片机的基础知识、中断定时与串口等基本技术、常用 AD/DA/LED/LCD 等接口技术、Medwin/Proteus 及 C51/A51 等编程开发工具。

本课程是教育部 - 百科荣创教学仪器设备有限公司产学研协同育人教学内容与课程体系改革项目的支持（项目编号：201602011006）。

本书内容共由 16 个项目及 9 个附录组成。其中，项目 1~9 主要用于单片机基本技能的训练学习，项目 10~16 用于技能提高。

由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第一部分 基础项目

项目一 闪烁灯·····	001
项目二 跑马灯·····	013
项目三 洗衣机控制系统·····	037
项目四 数字电压表·····	057
项目五 波形发生器·····	068
项目六 双机通信系统·····	076
项目七 LCD 数据显示系统·····	094
项目八 电子钟·····	103
项目九 温度测控系统·····	118

第二部分 提高项目

项目十 湿度测量项目·····	144
项目十一 金属探测项目·····	157
项目十二 PM2.5 测量项目·····	164
项目十三 超声波倒车雷达·····	174
项目十四 速度测量·····	187
项目十五 姿态检测·····	192
项目十六 智能灯光控制系统·····	201
附 录·····	208

第一部分◎基础项目

项目一 闪烁灯

一、项目目标

通过闪烁灯认识掌握单片机的基本硬件知识、最小系统。主要由单片机引脚功能、内部存储器分配、特殊功能寄存器 SFR 功能。

二、项目设计

(一) 硬件电路设计

硬件电路原理图如图 1-1 所示。

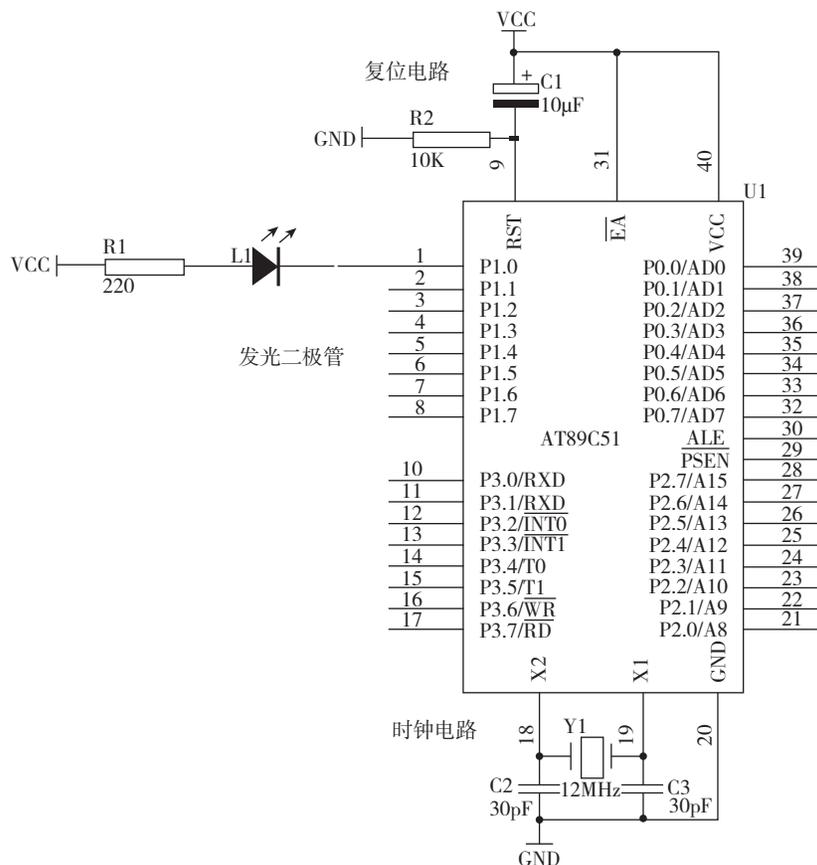


图 1-1 闪烁灯电路原理图

图 1-1 中, 当 P1.0 端口输出高电平, 即 $P1.0 = 1$ 时, 根据发光二极管的单向导电性可知, 这时发光二极管 L1 熄灭; 当 P1.0 端口输出低电平, 即 $P1.0 = 0$ 时, 发光二极管 L1 亮; 我们可以使用 SETB P1.0 指令使 P1.0 端口输出高电平, 使用 CLR P1.0 指令使 P1.0 端口输出低电平。

(二) 程序设计

1. 程序流程图

跑马灯程序流程图如图 1-2 所示。

2. 源程序

汇编源程序

```

ORG 0000H
START:
    CLR P1.0
    LCALL DELAY
    SETB P1.0
    LCALL DELAY
    LJMP START
DELAY: MOV R5, #20; 0.2 秒延时子程序
    D1: MOV R6, #20
    D2: MOV R7, #248
    DJNZ R7, $
    DJNZ R6, D2
    DJNZ R5, D1
    RET
END

```

C 语言源程序

```

#include <AT89X51.H>
sbit L1=P1^0;
void delay02s(void) // 延时 0.2 秒子程序
{
    unsigned char i, j, k;
    for(i=20; i>0; i--)
        for(j=20; j>0; j--)
            for(k=248; k>0; k--);
}
void main(void)
{
    while(1)
        {L1=0; delay02s(); L1=1; delay02s();}
}

```

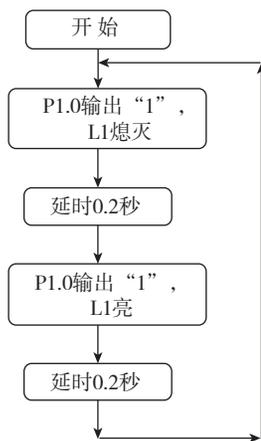


图 1-2 跑马灯程序流程图

三、基本知识

(一) 单片机基础

1. 什么是单片机

单片微型计算机是指集成在一个芯片上的微型计算机, 也就是把组成微型计算机的各种功能部件, 包括 CPU (Central Processing Unit)、随机存取存储器 RAM (Random Access Memory)、只读存储器 ROM (Read-only Memory)、基本输入/输出 (Input/Output) 接口电路、定时器/计数器等部件都制作在一块集成芯片上, 构成一个完整的微型计算机, 从而实现微型计算机的基本功能。应用居于主流的 MCS-51 系列单片机内部结构及外部基本组成示意图如图 1-3 所示。

(1) 中央处理器 (CPU)

中央处理器是单片机的核心, 完成运算和控制功能。MCS-51 的 CPU 能处理 8 位二进制数或代码。

(2) 存储器

- 内部数据存储器 (内部 RAM) 8051 芯片中共有 256 个 RAM 单元, 但其中后 128 单元被专用寄存器占用, 能作为寄存器供用户使用的只是前 128 单元, 用于存放可读写的数。因此通常所说的内部数

据存储器就是指前 128 单元，简称内部 RAM。

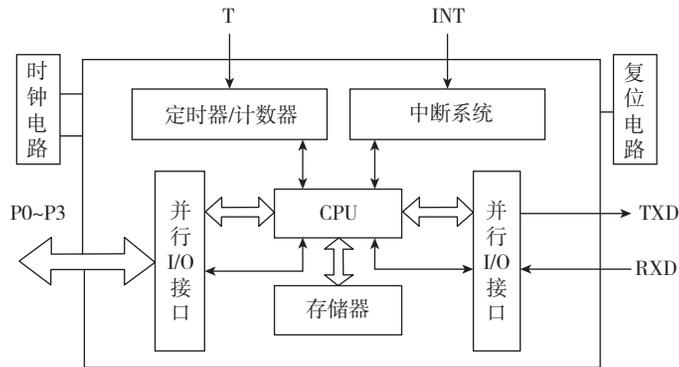


图 1-3 MCS-51 单片机内部结构及外部基本组成示意图

● 内部程序存储器（内部 ROM）

8051 共有 4 KB 掩膜 ROM，用于存放程序、原始数据或表格，因此，称之为程序存储器，简称内部 ROM。

（3）定时 / 计数器

8051 共有两个 16 位的定时 / 计数器，以实现定时或计数功能，并以其定时或计数结果对计算机进行控制。

（4）并行 I/O 口

MCS-51 共有 4 个 8 位的 I/O 口（P0、P1、P2、P3），以实现数据的并行输入 / 输出。在项目中使用了 P1 口，通过 P1.0 口连接 1 个发光二极管。

（5）串行口

MCS-51 单片机有一个全双工的串行口，以实现单片机和其他设备之间的串行数据传送。该串行口功能较强，既可作为全双工异步通信收发器使用，也可作为同步移位器使用。

（6）中断控制系统

MCS-51 单片机的中断功能较强，以满足控制应用的需要。8051 共有 5 个中断源，即外中断两个，定时 / 计数中断两个，串行中断一个。全部中断分为高级和低级共两个优先级别。

（7）时钟电路

MCS-51 芯片的内部有时钟电路，但石英晶体和微调电容需外接。时钟电路为单片机产生时钟脉冲序列。系统允许的晶振频率一般为 6 MHz 和 12 MHz。

2. MCS-51 单片机的信号引脚

MCS-51 单片机的典型芯片是 8031、8051、8751。8051 内部有 4 KB ROM，8751 内部有 4KB EPROM，8031 内部无 ROM；除此之外，三者的内部结构及引脚完全相同。因此，以 8051 为例，说明本系列单片机的信号引脚。MCS-51 引脚图如图 1-4 所示。

（1）信号引脚说明

P0.0~P0.7：P0 口 8 位双向口线。

P1.0~P1.7：P1 口 8 位双向口线。

P2.0~P2.7：P2 口 8 位双向口线。

P3.0~P3.7：P3 口 8 位双向口线。

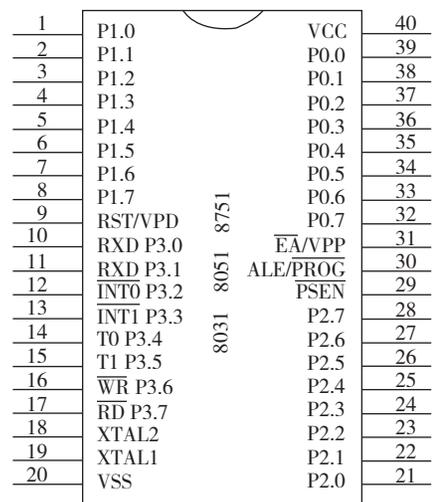


图 1-4 MCS-51 引脚图

ALE：地址锁存控制信号。在系统扩展时，ALE 用于控制把 P0 口输出的低 8 位地址锁存起来，以实现低位地址和数据的隔离。此外，由于 ALE 是以晶振 1/6 的固定频率输出的正脉冲，因此，可作为外部时钟或外部定时脉冲使用。

$\overline{\text{PSEN}}$ ：外部程序存储器读选通信号。在读外部 ROM 时，低电平有效，以实现外部 ROM 单元的读操作。

$\overline{\text{EA}}$ ：访问程序存储控制信号。当信号为低电平时，对 ROM 的读操作限定在外部程序存储器；当信号为高电平时，对 ROM 的读操作是从内部程序存储器开始，并可延至外部程序存储器。

RST：复位信号。当输入的复位信号延续两个机器周期以上的高电平时即为有效，用以完成单片机的复位初始化操作。

XTAL1 和 XTAL2：外接晶体引线端。当使用芯片内部时钟时，此二引线端用于外接石英晶体和微调电容；当使用外部时钟时，用于接外部时钟脉冲信号。

VSS：地线。

VCC：+5 V 电源，误差不要超过 $\pm 5\%$ 。

以上是 MCS-51 单片机芯片 40 条引脚的定义及简单功能说明，读者可以对照实训电路找到相应引脚，在电路中查看每个引脚的连接使用。

(2) 信号引脚的第二功能

由于工艺及标准化等原因，芯片的引脚数目是有限制的。如果把前述的信号定义为引脚第一功能的话，则根据需要再定义的信号就是它的第二功能。下面介绍一些信号引脚的第二功能。P3 口各引脚与第二功能见表 1-1。

表 1-1 P3 口各引脚与第二功能表

引脚	第二功能	信号名称
P3.0	RXD	串行数据接收
P3.1	TXD	串行数据发送
P3.2		外部中断 0 申请
P3.3		外部中断 1 申请
P3.4	T0	定时 / 计数器 0 的外部办理入
P3.5	T1	定时 / 计数器 1 的外部办理入
P3.6		外部 RAM 写选通
P3.7		外部 RAM 读选通

备用电源引入。MCS-51 单片机的备用电源也是以第二功能的方式由 9 脚（RST/VPD）引入的。当电源发生故障，电压降低到下限值时，备用电源经此端向内部 RAM 提供电压，以保护内部 RAM 中的信息不丢失。

3. MCS-51 内部数据存储器

MCS-51 单片机的芯片内部有 RAM 和 ROM 两类存储器，即所谓的内部 RAM 和内部 ROM，首先分析内部 RAM。

(1) 内部数据存储器低 128 单元

8051 的内部 RAM 共有 256 个单元，通常把这 256 个单元按其功能划分为两部分：低 128 单元（单元地址 00H~7FH）和高 128 单元（单元地址 80H~FFH）。图 1-5 所示为低 128 单元的配置图。

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

图 1-5 片内 RAM 的配置

低 128 单元是单片机的真正 RAM 存储器，按其用途划分为寄存器区、位寻址区和用户 RAM 区三个区域。

● 寄存器区。8051 共有 4 组寄存器，每组 8 个寄存单元（各为 8），各组都以 R0~R7 作寄存单元编号。寄存器常用于存放操作数中间结果等。由于它们的功能及使用不作预先规定，因此称之为通用寄存器，有时也叫工作寄存器。4 组通用寄存器占据内部 RAM 的 00H~1FH 单元地址。在任一时刻，CPU 只能使用其中的一组寄存器，并且把正在使用的那组寄存器称之为当前寄存器组。到底是哪一组，由程序状态字寄存器 PSW 中 RS1、RS0 位的状态组合来决定。

● 位寻址区。具有位寻址能力是 MCS-51 的一个重要特点。内部 RAM 的 20H~2FH 单元，既可作为一般 RAM 单元使用，进行字节操作，也可以对单元中每一位进行位操作，因此把该区称之为位寻址区。位寻址区共有 16 个 RAM 单元，计 128 位，地址为 00H~7FH。MCS-51 具有布尔处理机功能，这个位寻址区可以构成布尔处理机的存储空间。表 1-2 为位寻址区的位地址。

表 1-2 片内 RAM 位寻址区的位地址

单元地址	MSB	位地址						LSB
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
28H	47	46	45	44	43	42	41	40
27H	3F	3E	3D	3C	3B	3A	39	38
26H	37	36	35	34	33	32	31	30
25H	2F	2E	2D	2C	2B	2A	29	28
24H	27	26	25	24	23	22	21	20
23H	1F	1E	1D	1C	1B	1A	19	18
22H	17	16	15	14	13	12	11	10
21H	0F	0E	0D	0C	0B	0A	09	08
20H	07	06	05	04	03	02	01	00

● 用户 RAM 区。在内部 RAM 低 128 单元中，通用寄存器占去 32 个单元，位寻址区占去 16 个单元，剩下 80 个单元，这就是供用户使用的一般 RAM 区，其单元地址为 30H~7FH。对用户 RAM 区的使

用没有任何规定或限制，但在一般应用中常把堆栈开辟在此区中。

(2) 内部数据存储器高 128 单元

内部 RAM 的高 128 单元是供给专用寄存器使用的，其单元地址为 80H~FFH。因这些寄存器的功能已作专门规定，故称之为专用寄存器（Special Function Register），也可称为特殊功能寄存器。

MCS-51 共有 21 个专用寄存器，见表 1-5。

- 程序计数器（PC—Program Counter）。PC 是一个 16 位的计数器，它的作用是控制程序的执行顺序。其内容为将要执行指令的地址，寻址范围达 64 KB。PC 有自动加 1 功能，从而实现程序的顺序执行。PC 没有地址，是不可寻址的，因此用户无法对它进行读写，但可以通过转移、调用、返回等指令改变其内容，以实现程序的转移。因地址不在 SFR（专用寄存器）之内，一般不计作专用寄存器。

- 累加器（ACC—Accumulator）。累加器为 8 位寄存器，是最常用的专用寄存器，功能较多，地位重要。它既可用于存放操作数，也可用来存放运算的中间结果。MCS-51 单片机中大部分单操作数指令的操作数就取自累加器，许多双操作数指令中的一个操作数也取自累加器。

- B 寄存器。B 寄存器是一个 8 位寄存器，主要用于乘除运算。乘法运算时，B 存乘数。乘法操作后，乘积的高 8 位存于 B 中，除法运算时，B 存除数。除法操作后，余数存于 B 中。此外，B 寄存器也可作为一般数据寄存器使用。

- 程序状态字（PSW—Program Status Word）。程序状态字是一个 8 位寄存器，用于存放程序运行中的各种状态信息。PSW 的各位定义如表 1-3。

表 1-3 PSW 各位址定义

PSW 位址	D7H	D6H	D5H	D4H	D3H	D2H	D1H	D0H
地址 D0H	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	F1	P

CY（PSW.7）——进位标志位。CY 是 PSW 中最常用的标志位。其功能有二：一是存放算术运算的进位标志，在进行加或减运算时，如果操作结果的最高位有进位或借位时，CY 由硬件置“1”，否则清“0”；二是在位操作中，作累加位使用。位传送、位与位或等位操作，操作位之一固定是进位标志位。

AC（PSW.6）——辅助进位标志位。在进行加减运算中，当低 4 位向高 4 位进位或借位时，AC 由硬件置“1”，否则 AC 位被清“0”。在 BCD 码调整中也要用到 AC 位状态。

F0（PSW.5）——用户标志位。这是一个供用户定义的标志位，需要利用软件方法置位或复位，用以控制程序的转向。

RS1 和 RS0（PSW.4，PSW.3）——寄存器组选择位。它们被用于选择 CPU 当前使用的通用寄存器组。当单片机上电或复位后，RS1 RS0=00。通用寄存器共有 4 组，其对应关系如表 1-4。

表 1-4 4 组通用寄存器对应关系

RS1 RS0	寄存器组	片内 RAM 地址
0 0	第 0 组	00H~07H
0 1	第 1 组	08H~0FH
1 0	第 2 组	10H~17H
1 1	第 3 组	18H~1FH

表 1-5 MCS-51 专用寄存器一览表

符号	单元地址	名称	位地址	
			符号	地址
*ACC	E0H	累加器	ACC.7~ACC.0	E7H~E0H
*B	F0H	乘法寄存器	B.7~B.0	F7H~F0H
*PSW	D0H	程序状态字	PSW.7~PSW.0	D7H~D0H
SP	81H	堆栈指针		
DPL	82H	数据存储器指针(低8位)		
DPH	83H	数据存储器指针(高8位)		
*E	A8H	中断允许控制器	E.7~E.0	AFH~A8H
*P	B8H	中断优先控制器	P.7~IP.0	BFH~B8H
*P ₀	80H	通道 0	P _{0.7} ~P _{0.0}	87H~80H
*P ₁	90H	通道 1	P _{1.7} ~P _{1.0}	97H~90H
*P ₂	A0H	通道 2	P _{2.7} ~P _{2.0}	A7H~A0H
*P ₃	B0H	通道 3	P _{3.7} ~P _{3.0}	B7H~B0H
PCON	87H	电源控制及波特率选择		
*SCON	98H	串行口控制	SCON.7~SCON.0	9FH~98H
SBUF	99H	串行数据缓冲器		
*TCON	88H	定时控制	TCON.7~TCON.0	8FH~88H
TMOD	89H	定时器方式选择		
TL ₀	8AH	定时器 0 低 8 位		
TL ¹	8BH	定时器 1 低 8 位		
TH ₀	8CH	定时器 0 高 8 位		
TH ₁	8DH	定时器 1 高 8 位		

OV (PSW.2) ——溢出标志位。在带符号数加减运算中, OV=1 表示加减运算超出了累加器 A 所能表示的符号数有效范围 (-128~+127), 即产生了溢出, 因此运算结果是错误的, 否则, OV=0 表示运算正确, 即无溢出产生。在乘法运算中, OV=1 表示乘积超过 255, 即乘积分别在 B 与 A 中, 否则, OV=0, 表示乘积只在 A 中。在除法运算中, OV=1 表示除数为 0, 除法不能进行, 否则, OV=0, 除数不为 0, 除法可正常进行。

P (PSW.0) ——奇偶标志位。表明累加器 A 中内容的奇偶性。如果 A 中有奇数个“1”, 则 P 置“1”, 否则置“0”。凡是改变累加器 A 中内容的指令均会影响 P 标志位。此标志位对串行通信中的数据传输有重要的意义。在串行通信中常采用奇偶校验的办法来校验数据传输的可靠性。

● 数据指针 (DPTR)。数据指针为 16 位寄存器。编程时, DPTR 既可以按 16 位寄存器使用, 也可以按两个 8 位寄存器分开使用, 即: DPH-DPTR 高位字节 DPL-DPTR 低位字节。DPTR 通常在访问外部数据存储器时作地址指针使用。由于外部数据存储器的寻址范围为 64 KB, 故把 DPTR 设计为 16 位。

● 堆栈指针 (SP—Stack Pointer)。堆栈是一个特殊的存储区, 用来暂存数据和地址, 它是按“先进后出”的原则存取数据的。堆栈共有两种操作: 进栈和出栈。由于 MCS-51 单片机的堆栈设在内部 RAM 中, 因此 SP 是一个 8 位寄存器。系统复位后, SP 的内容为 07H, 从而复位后堆栈实际上是从 08H 单元开始的。但 08H~1FH 单元分别属于工作寄存器 1~3 区, 如程序要用到这些区, 最好把 SP 值改为 1FH

或更大的值。一般在内部 RAM 的 30H~7FH 单元中开辟堆栈。SP 的内容一经确定，堆栈的位置也就跟着确定下来，由于 SP 可初始化为不同值，因此堆栈位置是浮动的。

此处，仅仅介绍了 6 个专用寄存器，其余的专用寄存器（如 TCON、TMOD、IE、IP、SCON、PCON、SBUF 等）将在后面介绍。

对专用寄存器的字节寻址问题作如下几点说明。

● 21 个可字节寻址的专用寄存器是不连续地分散在内部 RAM 高 128 单元之中，尽管还余有许多空闲地址，但用户并不能使用。

- 程序计数器 PC 不占据 RAM 单元，它在物理上是独立的，因此是不可寻址的寄存器。
- 对专用寄存器只能使用直接寻址方式，书写时既可使用寄存器符号，也可使用寄存器。

4. MCS-51 内部程序存储器

MCS-51 的程序存储器用于存放编好的程序和表格常数。8051 片内有 4 KB 的 ROM，8751 片内有 4 KB 的 EPROM，8031 片内无程序存储器。MCS-51 的片外最多能扩展 64 KB 程序存储器，片内外的 ROM 是统一编址的。如 EA 端保持高电平，8051 的程序计数器 PC 先在 0000H~0FFFH 地址范围内（即前 4 KB 地址）执行片内 ROM 中的程序，当 PC 在 1000H~FFFFH 地址范围时，自动执行片外程序存储器中的程序；当 EA 端保持低电平时，只能寻址外部程序存储器，片外存储器可以从 0000H 开始编址。

MCS-51 的程序存储器中有些单元具有特殊功能，使用时应予以注意。其中一组特殊单元是 0000H~0002H。系统复位后，(PC)=0000H，单片机从 0000H 单元开始取指令执行程序。如果程序不从 0000H 单元开始，应在这三个单元中存放一条无条件转移指令，以便直接转去执行指定的程序。还有一组特殊单元是 0003H~002AH，共 40 个单元。这 40 个单元被均匀地分为 5 段，作为 5 个中断源的中断地址区。其中：

- 0003H~000AH 外部中断 0 中断地址区
- 000BH~0012H 定时 / 计数器 0 中断地址区
- 0013H~001AH 外部中断 1 中断地址区
- 001BH~0022H 定时 / 计数器 1 中断地址区
- 0023H~002AH 串行中断地址区

5. 并行输入 / 输出口电路结构

(1) P0 内部结构

P0 内部结构如图 1-6 所示。

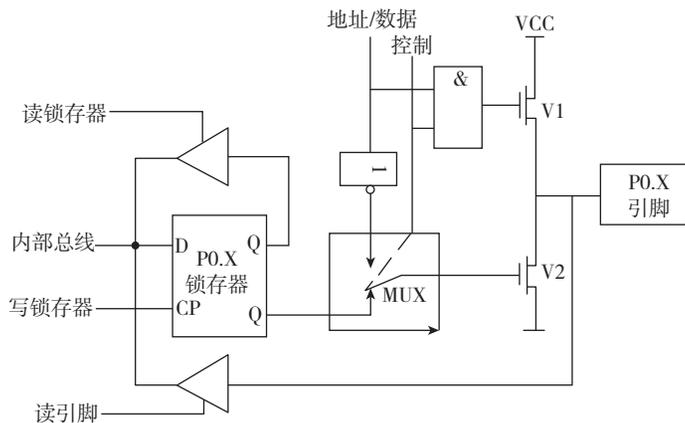


图 1-6 P0 内部结构

由图 1-6 可见，电路中包含有一个数据输出锁存器、两个三态数据输入缓冲器、一个数据输出的驱动电路和一个输出控制电路。当对 P0 口进行写操作时，由锁存器和驱动电路构成数据输出通路。由于通路中已有输出锁存器，因此数据输出时可以与外设直接连接，而不需再加数据锁存电路。P0 口既可以作为通用的 I/O 口进行数据的输入/输出，也可以作为单片机系统的地址/数据线使用，为此在 P0 口的电路中有一个多路转接电路 MUX。

(2) P1 口

P1 口的内部结构电路如图 1-7 所示。

P1 口通常是作为通用 I/O 口使用的，所以在电路结构上与 P0 口有一些不同之处：没有多路转接电路 MUX；电路的内部有上拉电阻，与场效应管共同组成输出驱动电路。为此，P1 口作为输出口使用时，已经能向外提供推拉电流负载，无须再外接上拉电阻。当 P1 口作为输入口使用时，同样也需先向其锁存器写“1”，使输出驱动电路的 FET 截止。

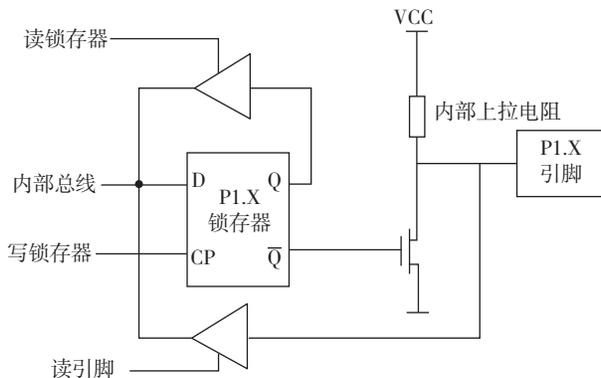


图 1-7 P1 口内部结构

(3) P2 口

P2 口的内部结构如图 1-8 所示。

P2 口电路比 P1 口电路多了一个多路转接电路 MUX，这又正好与 P0 口一样。P2 口可以作为通用 I/O 口使用，这时多路转接电路开关倒向锁存器 Q 端。通常情况下，P2 口是作为高位地址线使用，此时多路转接电路开关应倒向相反方向。

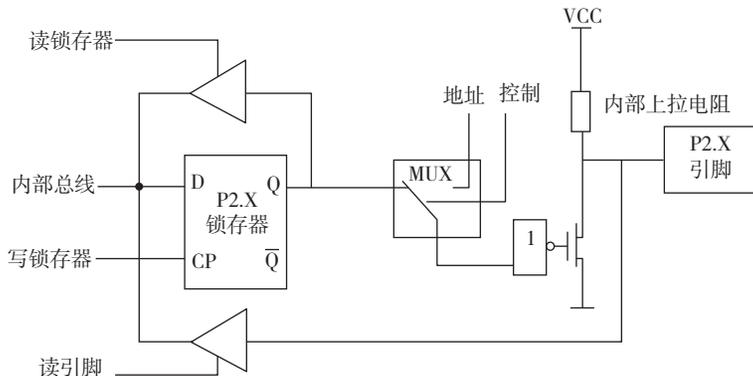


图 1-8 P2 口的内部结构

(4) P3 口

P3 口的内部结构如图 1-9 所示。

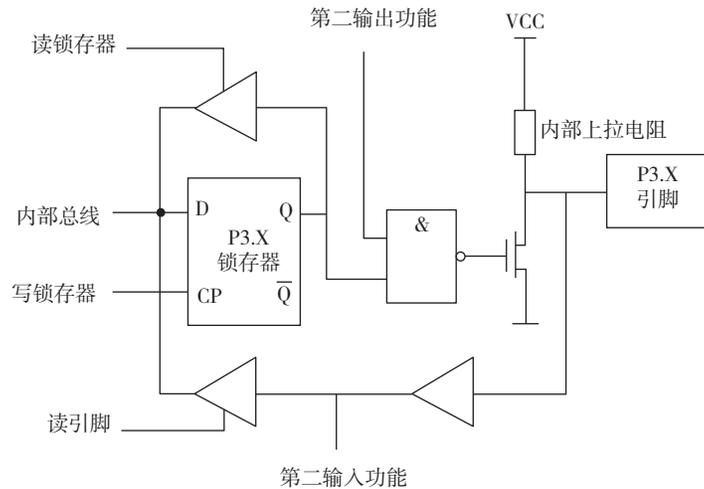


图 1-9 P3 口的内部结构

P3 口增加了第二功能控制。由于第二功能信号有输入和输出两类，因此分两种情况说明。对于第二功能为输出的信号引脚作为 I/O 使用时，“第二功能信号”保持高电平，与非门开通，使得锁存器到输出端数据输出通路的畅通。当输出第二功能信号时，该位的锁存器应置“1”，与非门对第二功能信号的输出是畅通的，从而实现第二功能信号的输出。无论是作为输入口使用还是第二功能信号输入，输出电路中的锁存器输出和第二功能输出信号线都应保持高电平。

（二）最小系统及其扩展系统

最小系统一般是指 51 系列单片机 CPU 配合时钟电路和复位电路组成的电路，如图 1-10 所示。最小系统中的复位电路如图 1-11 所示。当系统资源如 ROM/RAM 不足时，可以进行如图 1-12 所示的扩展。

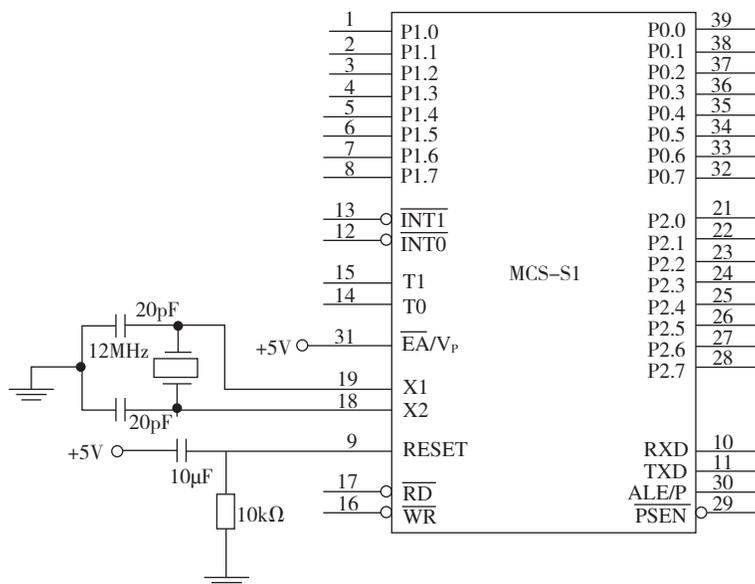


图 1-10 51 系列单片机最小系统

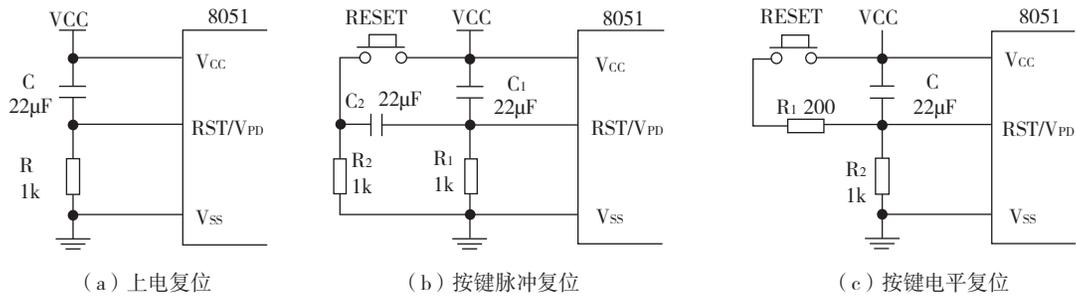


图 1-11 各种复位电路

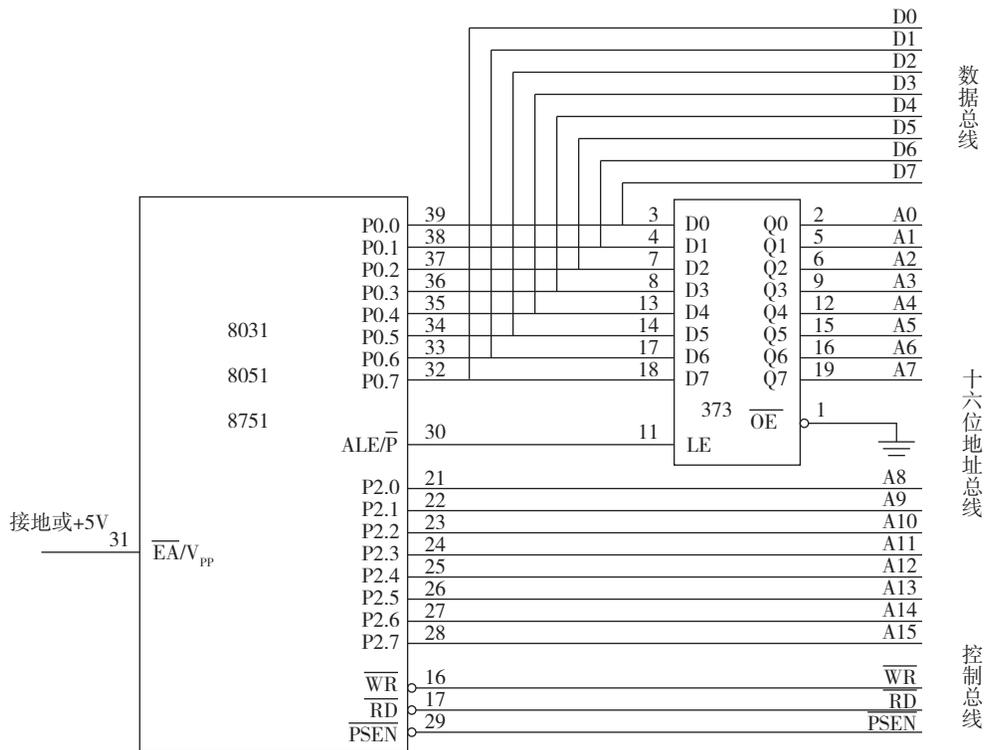


图 1-12 最小系统的扩展示意图

可以将 ROM/RAM 等芯片按照 AB、CB、DB 三总线连接为需要的电路。

四、项目小结

通过项目闪烁灯介绍了单片机的基础知识，主要有单片机引脚功能、内部结构、最小系统及扩展结构。重点是掌握熟悉最小系统及 P0-P3 口、SFR 功能。最小系统能够运行起来的必要条件：电源、晶振、复位电路。对单片机任意 IO 口的编程操作输出控制电平高低、输入检测电平高低。

思考与练习

1. 画出 MCS51 系列单片机的最小系统结构图。
2. 画出 MCS51 系列单片机的扩展系统结构图。
3. 简单叙述 P0-P3 口应用要点。

4. 什么是堆栈？它的数据操作原则是什么？
5. 叙述 PSW 各位的含义。
6. 51 单片机有哪些特殊功能寄存器？
7. 简要说明 51 系列单片机复位电路的主要形式。
8. 简要说明 EA 信号的作用。
9. 简要说明 P3 口的第二功能有哪些？
10. 简要说明 P0-P3 口什么时候需要外接上拉电阻，什么时候不需要？
11. 通过下面给出的雨滴检测资料实现雨滴检测。

雨滴检测面板实物图如图 1-13，由交叉的两路导线组成。当有雨滴落在面板上时，两路导线导通，即 RS 为通路，LM393 同相输入端电压为 0，反向输入端电压由 RW1 决定，在 0~5V 之间，此时，同相输入电压小于反相输入电压，LM393 输出 DO 电压值为 0，LED 灯 D2 导通被点亮。当 RS 断开时同相输入为 5V，反向输入小于 5V，DO 电压值为 1，D2 不亮。

雨滴检测电路如图 1-14 所示。



图 1-13 雨滴检测面板

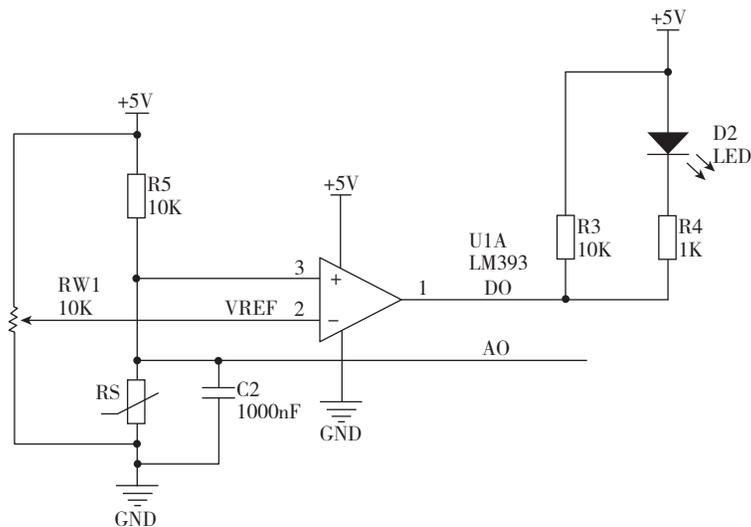


图 1-14 雨滴检测电路原理图

提醒：可以将纸巾弄水沾湿，放在检测面板上，则 LED 灯 D2 亮起，若不亮，请调整电位器 RW1 或是加大纸巾湿度。