

51 DANPIANJI YINGYONG JISHU

51单片机 应用技术

主 编 马玉丽 李 军
副主编 冯文仙 翟乃强
主 审 高兴斌

大连海事大学出版社
DALIAN MARITIME UNIVERSITY PRESS

非 外 借

51 单片机应用技术

主 编 马玉丽 李 军
副主编 冯文仙 翟乃强
主 审 高兴斌

大连海事大学出版社

© 马玉丽 李 军 2017

图书在版编目(CIP)数据

51 单片机应用技术 / 马玉丽, 李军主编. —大连:
大连海事大学出版社, 2017. 2
ISBN 978-7-5632-3452-3

I. ①5… II. ①马… ②李… III. ①单片微型计算机
—C 语言—程序设计—高等职业教育—教材 IV.
①TP368.1②TP312.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 026837 号

大连海事大学出版社出版

地址:大连市凌海路1号 邮编:116026 电话:0411-84728394 传真:0411-84727996

<http://www.dmupress.com> E-mail: cbs@dmupress.com

大连华伟印刷有限公司印装

大连海事大学出版社发行

2017 年 2 月第 1 版

2017 年 2 月第 1 次印刷

幅面尺寸:185 mm × 260 mm

印张:13

字数:313 千

印数:1 ~ 1500 册

出版人:徐华东

责任编辑:董玉洁

责任校对:张 华

封面设计:解瑶瑶

版式设计:解瑶瑶

ISBN 978-7-5632-3452-3 定价:32.00 元

内容简介

本书以 80C51 单片机为主体,介绍了 51 单片机的基本知识、硬件结构和指令系统,以及典型接口器件等。本书摒弃了以学科体系为主线的编排方式,而采用以读者认知规律为主线的编排方式,使学习者有更好的学习体验。本书包含大量适合初学者入门的典型实例,所有实例都通过仿真验证,并附有二维码,扫描后可观看仿真结果视频,方便学生在学习中使用,以达到更好的学习效果。

本书在编写上旨在引导初学者轻松入门,适合职业学校的学生及业余电子爱好者学习使用,也可作为本科及高职高专院校相关专业的单片机技术的课程教材和教学参考书。另外,本书在编写的过程中参考了《中华人民共和国海船船员适任考试大纲》中有关电子电气员在单片机方面的所有要求,适合航海类院校单片机教学使用。

编者的话

单片机就是把一个计算机系统集成到一个芯片上,简单来说,一块芯片就是一台计算机。单片机具备体积小、价格低、性能强、可靠性高、灵活性强等特点,单片机通过软件控制的方法,可以实现很多功能,因此应用范围广泛,比如在工业控制、智能仪器仪表、智能家用电器等领域。

单片机虽然好用,但是很多人经过一番探索和学习后却感到学好单片机并非易事,甚至连入门都非常困难。单纯讲单片机内部结构、指令太枯燥,且不易于理解。本书打破传统的知识结构方式,采用模块化、工学结合的新模式进行编写。全书分为十个项目,每个项目下安排多个任务。本书以任务为核心,配置了为完成该任务而必须掌握的指令及硬件结构知识、软件操作知识等,学生学完这些知识以后完成该任务。这种方式将学生普遍感到比较难懂的知识进行分解,使得学习者从一开始就能体会到成功的喜悦,有利于建立信心和保障学习的顺利进行。

单片机是一门实践性很强的学科,必须通过较多的实践操作才能学好这门课程。所以本书中每个任务都有详细的操作过程,包括硬件电路、程序设计、程序编译和仿真。通过多个任务的练习,学生可以对单片机开发和使用有很清晰的了解。本书采用的是 μ Vision3 开发环境,使用 Proteus 软件进行仿真,编程语言采用的是汇编语言。

本书在编写过程中,参阅了其他单片机教材,并从互联网上搜索了一些有价值的资料,由于其中很多资料经过多次转载,已经很难查到原始出处,在此谨向资料提供者表示感谢。

本书由马玉丽、李军担任主编,冯文仙、翟乃强担任副主编,高兴斌担任主审。参加本书编写的还有付君、祝小杰、施振华等。由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不足之处,恳请专家和读者不吝赐教。

编者
2016 年 12 月

目 录

项目一 单片机基础.....	1
任务一 数制和码制.....	1
任务二 MCS-51 单片机基本知识	4
任务三 单片机最小系统.....	9
任务四 Keil 集成开发环境使用说明	12
任务五 Proteus 仿真软件使用.....	22
实训任务单	26
项目二 彩灯控制	27
任务一 点亮一个 LED	27
任务二 发光二极管闪烁	39
任务三 8 个 LED 同时闪烁.....	54
任务四 流水灯 1	64
任务五 流水灯 2	71
任务六 双灯循环点亮	78
实训任务单	85
项目三 按键控制彩灯	86
任务一 按键控制霓虹灯	86
任务二 信号灯控制	90
实训任务单.....	100
项目四 单片机控制数码管显示.....	101
任务一 数码管静态显示.....	101
任务二 数码管动态显示.....	105
任务三 手动计数器.....	109
实训任务单.....	112
项目五 中断控制显示.....	113
任务一 中断控制 LED	113
任务二 中断控制数码管显示.....	119
实训任务单.....	122

项目六 定时器/计数器	123
任务一 定时器/计数器简介	123
任务二 六十秒定时器	131
任务三 定时器控制彩灯	135
任务四 音频的产生	138
实训任务单	141
项目七 串行口应用	142
任务一 串行口	142
任务二 单片机与单片机之间的串口通信	152
实训任务单	155
项目八 模数转换接口的应用	156
任务一 数/模(D/A)转换	156
任务二 模/数(A/D)转换	161
实训任务单	165
项目九 系统扩展	166
任务一 只读存储器 ROM 的扩展	166
任务二 随机存储器 RAM 的扩展	170
任务三 外部 I/O 的扩展	173
实训任务单	181
项目十 综合实例	182
任务一 花样彩灯	182
任务二 数字温度计	189
实训任务单	199
参考文献	200

项目一 单片机基础

【教学目标】

- (1) 掌握数制的表示方式和不同数制之间的转换。
- (2) 掌握单片机基本结构、芯片封装及引脚、单片机的应用。
- (3) 掌握单片机的最小系统。
- (4) 掌握 Keil 编译软件的使用。
- (5) 掌握 Proteus 软件仿真方法的使用。

任务一 数制和码制

十进制数是人们习惯使用的进制。计算机只能“识别”二进制数。为了书写和识读方便,计算机程序需要用十六进制数表示。十进制数、二进制数、十六进制数之间的关系、相互转换和运算方法是学习计算机必备的基础知识。

一、数制

1. 十进制数

- (1) 基数是 10。由 10 个数码(数符)构成:0、1、2、3、4、5、6、7、8、9。
- (2) 进位规则是“逢十进一”。十进制数用尾缀 D(Decimal)作为标识符。

【例 1】 $1234.56D = 1 \times 10^3 + 2 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 4 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1} + 6 \times 10^{-2}$
 $= 1000 + 200 + 30 + 4 + 0.5 + 0.06$

上述 10^3 、 10^2 、 10^1 、 10^0 、 10^{-1} 、 10^{-2} 称为十进制数各数位的“权”。

2. 二进制

- (1) 基数是 2。只有两个数码 0 和 1。
- (2) 进位规则是“逢二进一”。二进制数用尾缀 B(binary)作为标识符。

【例 2】 $111.11B = 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = 7.75$

其中, 2^2 、 2^1 、 2^0 、 2^{-1} 、 2^{-2} 称为二进制数各数位的“权”。

3. 十六进制数

- (1) 基数是 16。共有 16 个数符构成: 0、1、…、9、A、B、C、D、E、F。其中, A、B、C、D、E、F

代表的数值分别为 10、11、12、13、14、15。

(2)进位规则是“逢十六进一”。十六进制数用尾缀 H(Hexadecimal)表示。

【例 3】 $A3.4H = 10 \times 16^1 + 3 \times 16^0 + 4 \times 16^{-1} = 160 + 3 + 0.25 = 163.25$

其中, 16^1 、 16^0 、 16^{-1} 、 16^{-2} 称为十六进制数各数位的“权”。

十进制数、二进制数和十六进制数对应关系如表 1.1.1 所示。

表 1.1.1 十进制、二进制、十六进制对应关系

十进制数	十六进制数	二进制数	十进制数	十六进制数	二进制数
0	00H	0000B	11	0BH	1011B
1	01H	0001B	12	0CH	1100B
2	02H	0010B	13	0DH	1101B
3	03H	0011B	14	0EH	1110B
4	04H	0100B	15	0FH	1111B
5	05H	0101B	16	10H	0001 0000B
6	06H	0110B	17	11H	0001 0001B
7	07H	0111B	18	12H	0001 0010B
8	08H	1000B	19	13H	0001 0011B
9	09H	1001B	20	14H	0001 0100B
10	0AH	1010B	21	15H	0001 0101B

4. 十进制数转换成二进制数

(1)整数部分的转换:十进制整数转换成二进制整数的方法,除以 2 取余法。

(2)小数部分:十进制小数转换成二进制小数的方法,乘以 2 取整法。

【例 4】302.8125D

整数部分:

302/2=151 余 0
151/2=75 余 1
75/2=37 余 1
37/2=18 余 1
18/2=9 余 0
9/2=4 余 1
4/2=2 余 0
2/2=1 余 0
1/2=0 余 1



故整数部分转化为二进制为(302)D=(100101110)B(从下往上取)。

小数部分:

$0.1825 \times 2 = 1.625$	取整 1	↓
$0.625 \times 2 = 1.25$	取整 1	
$0.25 \times 2 = 0.5$	取整 0	
$0.5 \times 2 = 1.0$	取整 1	

故小数部分转化为二进制为 $(0.1825)D = (1101)B$ (从上往下取)。

5. 二进制数与十六进制数相互转换

(1) 二进制数转换成十六进制数。

①整数部分:自右向左,4位一组,不足4位,向左填零,各部分用相应的十六进制数替代;

②小数部分:自左向右,4位一组,不足4位,向右填零,各部分用相应的十六进制数替代。

【例5】 $(01011110.10110010)B = (5E.B2)H$

(2)十六进制数转换成二进制数,每位十六进制数分别用相应4位二进制数替代。

【例6】 $(8FA.C6)H = (100011111010.11000110)B$

二、码制

1. BCD

8421BCD码称为二—十进制数或简称BCD码(Binary Coded Decimal Code),用标识符[……]BCD表示。

特点:保留了十进制的权,每一位十进制数字则用二进制码表示。

二—十进制数是十进制数,逢十进一,只是数符0~9用4位二进制码0000~1001表示而已;每4位以内按二进制进位;4位与4位之间按十进制进位。

【例7】将二进制数01000011B转换成BCD码。

$$01000011B = 67 = [0110\ 0111]BCD$$

需要指出的是:绝不能把[01100111]BCD误认为二进制码01100111B,二进制码01100111B的值为103,而[01100111]BCD的值为67,显然两者是不一样的。

2. ASCII码

用二进制编码表示各种字母和符号即为ASCII码(American Standard Code for Information Interchange,美国信息交换标准代码)。

三、思考题

1. $(100)D = \underline{\hspace{2cm}} B$
2. $(37)D = \underline{\hspace{2cm}} B$
3. $(11001010)B = \underline{\hspace{2cm}} D$
4. $(11011101)B = \underline{\hspace{2cm}} H$
5. $(10101101)BCD = \underline{\hspace{2cm}} D$
6. $(3D)H = \underline{\hspace{2cm}} D = \underline{\hspace{2cm}} B$

任务二 MCS-51 单片机基本知识

一、MCS-51 单片机的基本结构

单片机是将 CPU (Central Processing Unit)、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、输入/输出设备做到一块集成电路芯片上,所以被称为单片机 (Single Chip Computer),国外也称为微控制器 (MCU——Micro Control Unit),如图 1.2.1 所示。

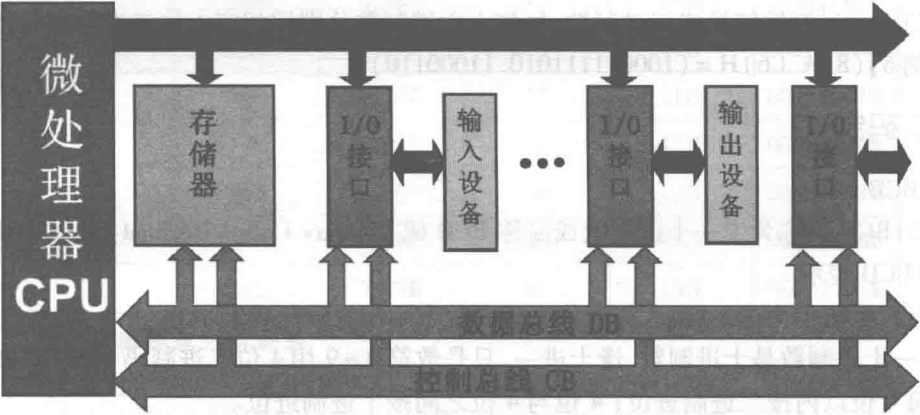


图 1.2.1 单片机基本结构

由图 1.2.1 可以看出,MCS-51 单片机主要由以下几部分组成:

1. CPU 系统

- 8 位 CPU;
- 时钟电路;
- 总线控制器。

2. 存储器系统

- 程序存储器 (ROM/EPROM/FLASH ROM) 4 KB,可外部扩展为 64 KB;
- 数据存储器 (RAM) 128 B;
- 21 个特殊功能寄存器 SFR (Special Function Register)。

3. 输入/输出 (I/O)

- 4 个并行 I/O 口 (P0、P1、P2、P3);
- 2 个 16 位定时/计数器 (T0、T1);
- 1 个全双工异步串行口;
- 中断系统 (5 个中断源、2 个优先级)。

上述部分在单片机内部通过地址总线 AB、数据总线 DB 和控制总线 CB 连接起来。

二、MCS-51 单片机封装形式和外部引脚

MCS-51 单片机共有三种封装形式:40 脚双列直插 DIP 封装、44 脚扁平封装(贴片焊接)QFP 封装和 44 脚方形 PLCC 封装。

40 脚双列直插 DIP:DIP(Dual In-line Package)是指采用双列直插形式封装的集成电路芯片,绝大多数中小规模集成电路(IC)均采用这种封装形式。采用 DIP 封装的 MCS-51 芯片有两排引脚,需要插入到具有 DIP 结构的芯片插座上。

44 脚扁平封装(贴片焊接)QFP:QFP(Quad Flat Package)封装的芯片引脚之间距离很小,管脚很细,一般大规模或超大型集成电路都采用这种封装形式,其引脚数一般在 100 个以上。用这种形式封装的芯片必须采用 SMD(表面安装设备技术)将芯片与主板焊接起来。采用 SMD 安装的芯片不必在主板上打孔,一般在主板表面上有设计好的相应管脚的焊点。将芯片各引脚对准相应的焊点,即可实现与主板的焊接。用这种方法焊上去的芯片,如果不用专用工具是很难拆卸下来的。

44 脚方形 PLCC:PLCC(Plastic Leaded Chip Carrier)塑料有引线芯片载体封装也是单片机的常用封装形式,采用这种封装的部件,可直接应用在电路板上,而不必钻孔。在研发、实验或教学中,还可利用插座,以方便使用。

本节以市场上最常见的 40 脚 DIP 封装的 80C51 为描述对象,其外形和引脚排列如图 1.2.2 所示。

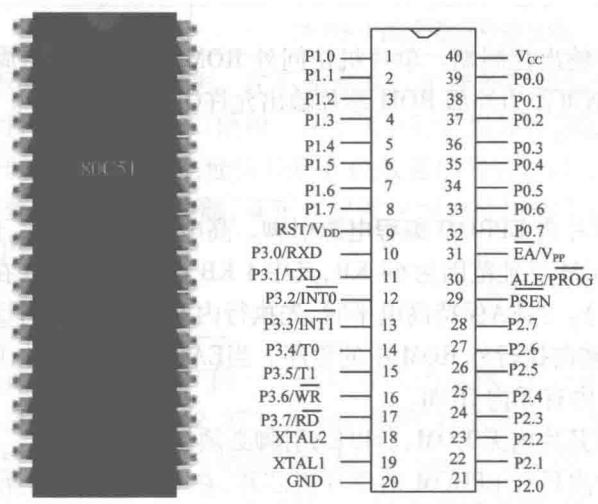


图 1.2.2 MCS-51 单片机外形结构/外部引脚及逻辑符号

MCS-51 单片机的 40 个引脚按功能可分为 3 个部分:电源及时钟引脚、控制引脚、输入/输出引脚。

1. 电源及时钟引脚

• 电源引脚

单片机使用的是 5 V 电源,其中 40 引脚(右上脚)接 V_{CC},20 引脚(左下脚)接地(GND)。

• 时钟引脚

单片机是一种时序电路,必须提供脉冲信号才能正常工作。时钟引脚 XTAL1(19)、XTAL2(18)外接晶体与片内的反相放大器构成了一个振荡器,它为单片机提供了时钟控制信号。外振荡信号输入时,XTAL1 接地,XTAL2 接外振荡脉冲源信号。

2. 控制引脚

控制引脚线共有 4 根,此类引脚提供控制类信号,其中 3 根是复用线。所谓复用线是指具有两种功能,除作为控制使用外,正常使用时是另一种功能。

• RST

RST(RESET)是复位信号输入端,第 9 引脚,高电平有效。单片机运行时,在此引脚加上持续时间为两个机器周期以上(24 个时钟振荡周期)的高电平时,就可以对单片机完成复位操作。单片机正常工作时,此引脚应为低电平。

• ALE/PROG

地址锁存允许/片内 EPROM 编程脉冲引脚,第 31 引脚。高电平时 ALE(Address Latch Enable)有效,低电平时 PROG 有效。

ALE 为地址锁存允许信号输出端。80C51 在扩展外存储器时,P0 口用于分时传送低 8 位地址和数据信号。当 ALE 信号有效时,P0 口传送的是低 8 位地址信号;ALE 信号无效时,P0 口传送的是 8 位数据信号。

PROG:在对片内有 EPROM 的单片机(如 8751)编程时,此引脚作为编程脉冲输入端。

• PSEN

程序存储器允许输出控制端。单片机访问外 ROM 时,每个机器周期内 PSEN 引脚两次输出有效电平。PSEN 可作为外部 ROM 芯片输出允许 OE 的选通信号。在读内 ROM 或读外 RAM 时,PSEN 无效。

• EA/V_{PP}

内外 ROM 选择/片内 EPROM 编程电源引脚。高电平时 V_{PP} 有效,低电平时 EA 有效。

80C51 单片机 ROM 寻址范围为 64 KB,其中 4 KB 在片内,60 KB 在片外(80C31 芯片无内 ROM,全部在片外)。当 EA 保持高电平时,先执行内 ROM 中的程序,但当 PC 值超过 4 KB(0FFFH)时,将自动转向执行外 ROM 中的程序。当 EA 保持低电平时,则 80C51 单片机只访问外 ROM,不管芯片内有无内 ROM。

对 8031 芯片,因其片内无 ROM,所以 EA 引脚必须接地。

V_{PP} 功能:对于片内具有 EPROM 的单片机芯片,在 EPROM 编程期间,此引脚用于施加编程电源 V_{PP}。

3. 输入/输出引脚 P0、P1、P2、P3(共 32 根)

(1) P0 口:8 位双向 I/O 口,此口作为地址总线(低 8 位)及数据总线分时复用口使用。

在并行扩展外存储器时(包括并行扩展 I/O 口),P0 口用于分时传送低 8 位地址(地址总线)和 8 位数据信号(数据总线)。

在不使用并行扩展外存储器(包括并行扩展 I/O 口)时,P0 口可用作双向 I/O 口。

P0 口能驱动 8 个 LSTTL 门。

(2) P1 口:8 位准双向 I/O 口。

(3) P2 口:8 位准双向 I/O 口。

在使用并行扩展外存储器(包括并行扩展 I/O 口)时,P2 口用于传送高 8 位地址(属地址总线)。

在不使用并行扩展外存储器(包括并行扩展 I/O 口)时,P2 口可用作双向 I/O 口。

P2 口能驱动 4 个 LSTTL 门。

(4)P3 口:8 位准双向 I/O 口。

P3 口可作为一般 I/O 口使用,同时 P3 口每一引脚还具有第二功能,用于特殊信号输入/输出和控制信号(属控制总线)。P3 口驱动能力为 4 个 LSTTL 门。

P3 口第二功能如表 1.2.1 所示:

表 1.2.1 P3 口第二功能

引脚	第二功能	说明
P3.0	RXD	串行口输入端
P3.1	TXD	串行口输出端
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$	外部中断 0 请求输入端
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$	外部中断 1 请求输入端
P3.4	T0	定时/计数器 0 外部信号输入端
P3.5	T1	定时/计数器 1 外部信号输入端
P3.6	$\overline{\text{WR}}$	外 RAM 写选通信号输出端
P3.7	$\overline{\text{RD}}$	外 RAM 读选通信号输出端

4 个 I/O 口具有不同的用途和用法。在不使用并行扩展外存储器(包括并行扩展 I/O 口)时,4 个 I/O 口都可作为双向 I/O 口使用。在使用并行扩展外存储器(包括并行扩展 I/O 口)时,P0 口专用于分时传送低 8 位地址信号和 8 位数据信号,P2 口专用于传送高 8 位地址信号。P3 口根据需要常用于第二功能,真正可提供给用户使用的 I/O 口是 P1 口和一部分未用作第二功能的 P3 口端线。

三、单片机的应用

MCS-51 是指由美国 Intel 公司生产的一系列单片机的总称,这一系列单片机包含了多个种类,如 8031、8051、8751、8032、8052、8752 等,其中 8051 是最早、最典型的产品,该系列其他单片机都是在 8051 的基础上进行功能的增加、减少而改变来的,所以人们习惯于用 8051 来称呼 MCS-51 系列单片机。Intel 公司把 51 内核的设计方案卖给了几家大的电子设计生产商,如 Philip、Atmel 等大公司。于是市面上出现了各式各样的但均以 51 为内核的单片机。

由于单片机的种类繁多,开发时要依据实际需要来选择单片机。表 1.2.2 所示为常用 51 系列单片机的内部资源表。

表 1.2.2 51 系列单片机内部资源表

公司	型号	片内 RAM	片内 ROM	I/O	中断源	定时器/计数器
Intel	8031	128	/	32	5	2
	8051	128	4K	32	5	2
	8751	128	4K EPROM	32	5	2
	8752	256	8K EPROM	32	6	3
Atmel	89C1051	128	1K FLASH	15	3	1
	89C2051	128	2K FLASH	15	5	2
	89C51	128	4K	32	5	2
	89C52	256	8K FLASH	32	8	3

除上述常用的型号外,还有一些增强型,如在单片机内部集成 A/D、数据区和程序区更大等,常见的型号有 Intel 公司的 80C51GA/GB、Aamel 公司的 89LV51/52、Amd 公司的 80C515/535 等。

除了 51 系列外,还有一些其他系列的单片机如美国 Microchip 公司的 PIC 等,这些单片机与 51 系列不兼容,程序指令也不相同。

单片机具备体积小、价格低、性能强、可靠性高、灵活性强等特点,使用单片机通过软件控制的方法,可以实现模拟、数字电路的大部分功能,这标志着微控制技术的一种全新理念。因此应用范围广泛,这里仅列举一些典型的应用领域。

- (1) 计算机外设:键盘、磁盘驱动器、显示器、打印机、调制解调器等。
- (2) 办公自动化设备:传真机、复印机等。
- (3) 工业自动控制:数控机床、电机控制、智能机器人、机电一体化等。
- (4) 智能化仪器仪表:在医疗、化工、测量、电子等领域的各种智能仪器仪表。
- (5) 航空航天及军用设备:雷达、制导、导航等。
- (6) 智能化家用电器:微波炉、热水器、洗衣机、空调等。
- (7) 商业营销设备:IC 卡刷卡机、收款机、条形码阅读器、电子秤等。

随着单片机技术的不断发展和完善,单片机的应用必将更加广泛。

任务三 单片机最小系统

单片机最小系统是指用最少的元件组成的可供单片机工作的系统。对 51 系列单片机来说,最小系统一般应该包括单片机、晶振电路、复位电路、5 V 直流电源。图 1.3.1 所示是 51 单片机的最小系统。

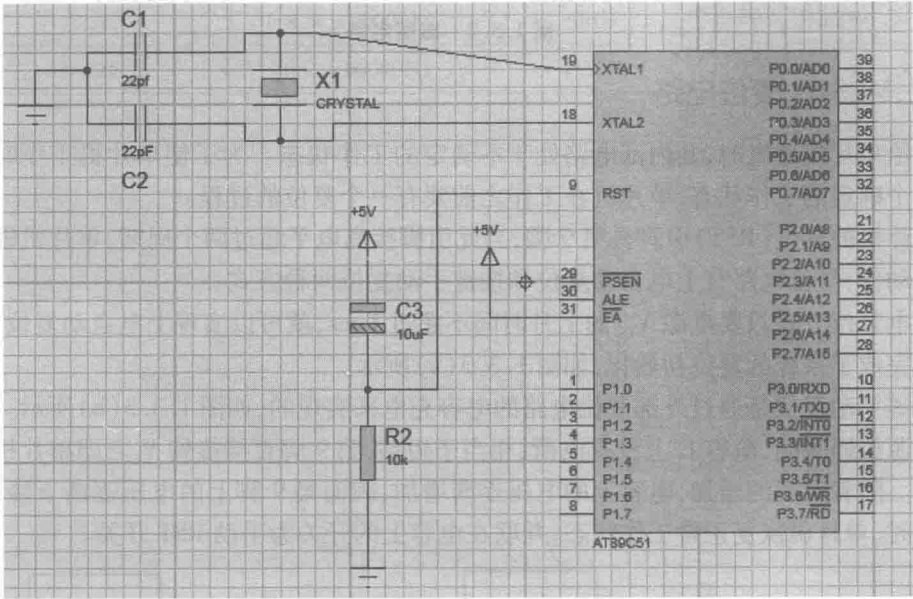


图 1.3.1 51 单片机的最小系统

一、MCS-51 时钟电路

单片机的时钟信号用来提供单片机内各种微操作的时间基准,这个时钟信号可由单片机内时钟电路产生,也可直接使用外部输入的时钟信号。因此,单片机的时钟电路通常有内部振荡和外部振荡两种方式。

由于 MCS-51 系列单片机内部已具备振荡电路,只要在第 XTAL1 和 XTAL2 两个引脚连接简单的石英振荡晶体即可,如图 1.3.2(a)所示,图中电容 C1 和 C2 的作用是稳定频率和快速起振,电容值为 5 ~ 30 pF,典型值为 30 pF。晶振 CYS 的振荡频率小于 12 MHz,典型值为 6 MHz、12 MHz 或 11.0592 MHz。

图 1.3.2(b)所示是外部振荡方式,是把外部已有的时钟信号引入单片机内部。

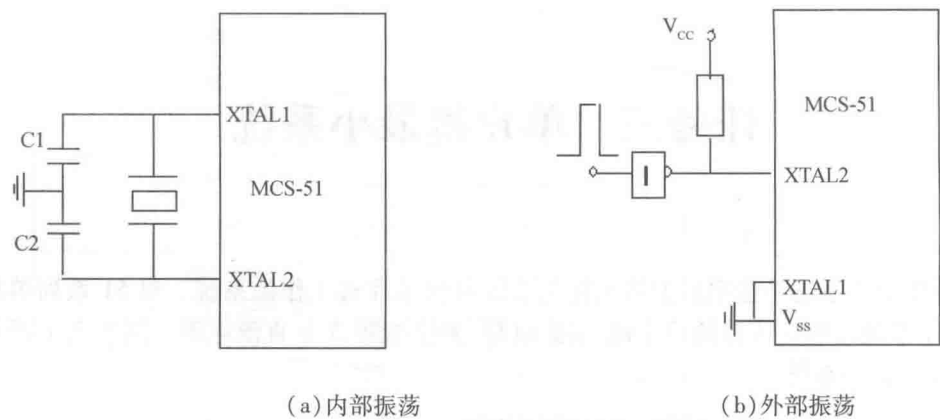


图 1.3.2 振荡电路

二、MCS-51 复位电路

在给单片机通电时,其内部电路处于不确定的工作状态。为了使单片机工作时内部电路有一个确定的工作状态,单片机在工作之前要有一个复位的过程。

单片机的复位(RST)引脚是第9脚,当此引脚接高电平超过两个周期,单片机即可产生复位的动作,复位电路有上电自动复位和按键手动复位两种方式。

上电复位方式只要电源 V_{cc} 的上升时间不超过 1 ms,就可以实现上电自动复位,即接通电源就完成了系统的复位初始化,如图 1.3.3(a)所示。

按键手动复位是通过外部复位电路的电容充电来实现的,如图 1.3.3(b)所示。

电源接通瞬间,电容 C 上没有电荷,相当于短路,第9脚直接接到 V_{cc} ,即单片机执行复位动作。随着时间的增加,电容上的电压逐渐增加,因而第9脚上的电压逐渐下降,当降至低电平时,单片机恢复正常工作状态,并联在电容上的开关为手动 RST 开关。

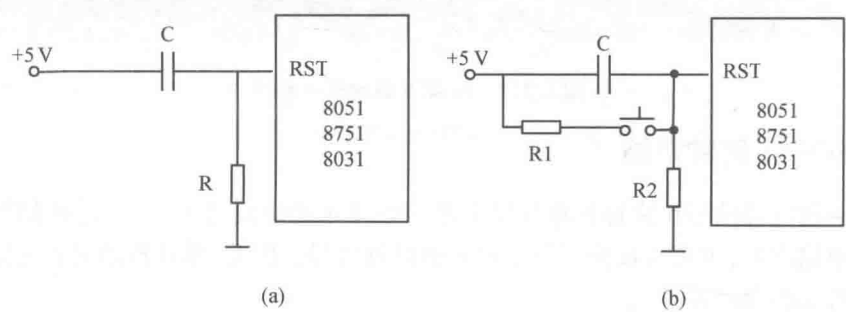


图 1.3.3 单片机复位电路

复位电路的主要功能是使单片机程序存储器从 0000H 单元开始执行程序。此外,复位操作使 P0 ~ P3 这些引脚变为高电平,还会对内部的一些单元产生影响,如表 1.3.1 所示。