



国家中等职业教育改革发展示范性院校教材

51单片机原理及应用 ——项目式教程

51 DANPIANJI YUANLI JI YINGYONG
XIANGMUSHI JIAOCHENG

主编 杨明智



郑州大学出版社

国家中等职业教育改革发展示范性院校教材

51 单片机原理及应用

——项目式教程

编著 杨明智



郑州大学出版社

· 郑州 ·

图书在版编目(CIP)数据

51 单片机原理及应用——项目式教程/杨明智主编. —郑州:
郑州大学出版社, 2014. 8

国家中等职业教育改革发展示范性院校教材

ISBN 978 - 7 - 5645 - 1882 - 0

I. ①5… II. ①杨… III. ①单片微型计算机 - 中等 - 专业
学校 - 教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 120720 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人: 王 锋

全国新华书店经销

郑州市金汇彩印有限公司印制

开本: 787 mm × 1 092 mm 1/16

印张: 16

字数: 382 千字

版次: 2014 年 8 月第 1 版

邮政编码: 450052

发行电话: 0371 - 66966070

印次: 2014 年 8 月第 1 次印刷

书号: ISBN 978 - 7 - 5645 - 1882 - 0 定价: 36.00 元

本书如有印装质量问题, 由本社负责调换



编 审 委 员 会

主任委员 周 超 陈云雁 杨明智

副主任委员 梁 才 赵洪明 李文志 段 峰

成 员 (以姓氏笔画为序)

乔方方 张 超 徐新宇



作者名单

主 编 杨明智

副主编 朱 叶 吴瑞倩 徐新宇

编 委 (以姓氏笔画为序)

朱 叶 乔方方 杨明智

吴瑞倩 何宗桓 张 超

徐新宇



内 容 简 介

本书以项目模块方式进行编写,引入相关的理论知识,通过技能训练引出相关概念,辅以硬件设计和软件设计,体现做中学、学中做的教学思路,具有针对性、实用性、系统性和扩展性,贴近职业岗位要求。全书采用 C 语言编程,用 Proteus 进行仿真实验,以单片机应用为主线,把相关 C 语言知识融合在准备知识之中,以够用为度,让学生在技能训练中逐步掌握编程方法和技巧。

本书是一门应用性很强的课程,以当前市场较普及、用量较大的 51 系列中的 89 系列单片机为对象,以 C51 语言为基础,采用项目式教学法,用丰富的项目实例,由浅入深地介绍了 51 单片机的基础知识及各种应用技术。全书共分 10 个项目,各项目之间既有相关性又有独立性,读者可根据自己的需要取舍相关的内容。

本书适合中等职业学校机电类相关专业作为教材使用,也可作为 51 单片机爱好者的学习和参考用书。



前言

本书根据教育部中等职业学校教材编写的指导思想与原则编写,编写过程中着力体现中等职业学校最新的教学、教材改革思想,优化教学内容,面向中等职业教育,突出培养技术应用型人才的教學目的。书中既有适度的理论知识介绍,又附加相应的举例与插图,内容力求做到深入浅出,通俗易懂,具有较强的实用性。

学生动手能力的培养和提高一直是职业教育工作者探索的课题,如何让学生在学好基础知识的同时,迅速掌握设计应用技术,实验与课程设计制作环节起着非常重要的作用。笔者多年来一直从事单片机的教学和设计工作,特别是在教学方面积累了很多实际经验。

本书的编写具体还体现以下特点:

(1) 以培养学生应用能力为主线,理论与实际相结合。基本理论不追求深刻广泛,而关注其实用性,结合实际的应用举例,使学生融会贯通。

(2) 编写形式直观生动,具有可读性。书中的制作,给出具体的硬件电路图、元件清单、软件设计流程图、源程序及具体实现等细节内容,具有可操作性。

(3) 每章后面附有适量的思考与练习题,以考察学生对所学知识的掌握程度。

本书由郑州市国防科技学校杨明智主编。河南牧业经济学院计算机系朱叶,武汉新芯集成电路制造有限公司何宗桓,郑州市国防科技学校张超、徐新宇、吴瑞倩、乔方方为本书的编写做了大量的工作,在此谨致以诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中难免存在一些错误和不足之处,恳请读者批评指正。

编者

于郑州市国防科技学校

2014年4月



目 录

项目 1 简易信号灯

- 1.1 单片机最小系统
- 1.2 制作简易信号灯

项目 2 流水灯

- 2.1 8 个 LED 发光二极管的闪烁控制
- 2.2 制作简单流水灯
- 2.3 制作可控流水灯

项目 3 交通信号灯

- 3.1 中断知识
- 3.2 制作交通信号灯控制电路及程序

项目 4 电子时钟

- 4.1 制作简易秒表
- 4.2 制作电子时钟

项目 5 单片机之间的通信系统

- 5.1 制作单片机之间的双机通信系统
- 5.2 制作单片机之间利用 RS - 232 通信的系统

项目 6 LED 点阵广告牌

- 6.1 制作静态 LED 点阵显示屏
- 6.2 制作 LED 点阵广告牌

项目 7 简易计算器

- 7.1 制作 LCD 液晶显示控制器
- 7.2 制作键盘键值显示控制器

7.3 制作一个四则运算的简易计算器

项目 8 简易数字电压表

8.1 A/D 转换器

8.2 数字电压表

项目 9 简易波形发生器

9.1 D/A 转换器

9.2 函数信号发生器

项目 10 智能小车的设计与制作

10.1 硬件电路设计

10.2 用 Protel 进行 PCB 设计、制版、焊接及系统组装

10.3 软件系统设计

参考文献



项目 1 简易信号灯

1.1 单片机最小系统

1.1.1 单片机的概念、类型及其应用领域

单片机,专业名称微控制器件(micro controller unit),就是把中央处理器 CPU、存储器(memory)、定时器、I/O(input/output)接口电路等一些计算机的主要功能部件集成在一块集成电路芯片上的微型计算机。它是由 INTEL 公司发明的,最早的系列是 MCS-48,后来有了 MCS-51,现在还有 MCS-96 系列,我们常说的 51 系列单片机就是 MCS-51。它是一种 8 位的单片机,而 MCS-96 系列则是一种 16 位的单片机。后来 INTEL 公司把它的核心技术转让给了世界上很多的小公司,所以世界上就有许多公司生产 51 系列兼容单片机,比如飞利浦的 87LPC 系列,伟邦的 W78L 系列,达拉斯的 DS87 系列,现代的 GSM97 系列等。目前在我国比较流行的就是美国 ATMEL 公司的 89C51,它是一种带 Flash ROM 的单片机,本教程是以该型号的单片机来做实验的。89C51 目前正在被 89S51 代替,本教程的实验系统采用的是 89S52,它兼容 89C52。

AVR 系列单片机也是 ATMEL 公司生产的一种 8 位单片机,它采用的是一种叫 RISC(精简指令集单片机)的结构,所以它的技术和 51 系列有所不同,开发设备也和 51 系列是不通用的,它的一条指令的运行速度可以达到纳秒级(即每秒 1×10^9 次),是 8 位单片机中的高端产品。由于它的出色性能,目前应用范围越来越广,大有取代 51 系列的趋势;PIC 系列单片机,是美国微芯公司(MICROCHIP)生产的另一种 8 位单片机,它采用的也是 RISC 的指令集,它的指令系统和开发工具与 51 系列更是不同,但由于它的低价格和出色性能,国内使用的人越来越多,也有很多的公司在推广它。它的影响力远没有 51 系列的大,作为初学者,51 系列当然是首选。还有其他的公司也在生产各种各样的单片机,比如: MOTOROLA 的 MC68H 系列(老牌的单片机),TI 的 MSP430C 系列(极低功耗的单片机),还有日本东芝的 TOSHIBA,日立的 HITACH,德国的西门子 SIEMENS 等,它们都有各自的结构体系,并不与 51 系列兼容。

单片机可以广泛应用在我们日常生活的各个领域,家用电器是单片机应用最多的领域之一。由于家用电器体积小、品种多、功能差异大,因而要求其控制器体积小,以便能

够嵌入家用电器中,同时还要求控制器有灵活的控制功能。单片机以微小的体积和编程的灵活性成为家用电器实现智能化的心脏和大脑。生活中单片机无处不在:手机中既有32位的单片机,也有16位、8位的单片机;电话中常见8位单片机;电视遥控器中有4位或者8位的单片机;DVD中多数是32位单片机;MP3中多数是8~16位单片机。其他诸如空调、洗衣机、微波炉、冰箱、热水器、电子秤、电子表、计算器、收音机、鼠标、键盘、电动自行车、汽车钥匙、可视门禁、公交车报站器、公交车刷卡器、红绿灯控制器,等等。欧美日等发达国家,一个家庭中所拥有的单片机数量平均达到100~120颗。

1.1.2 单片机的内部结构、引脚及功能

(1) 单片机的内部结构如图1.1所示。

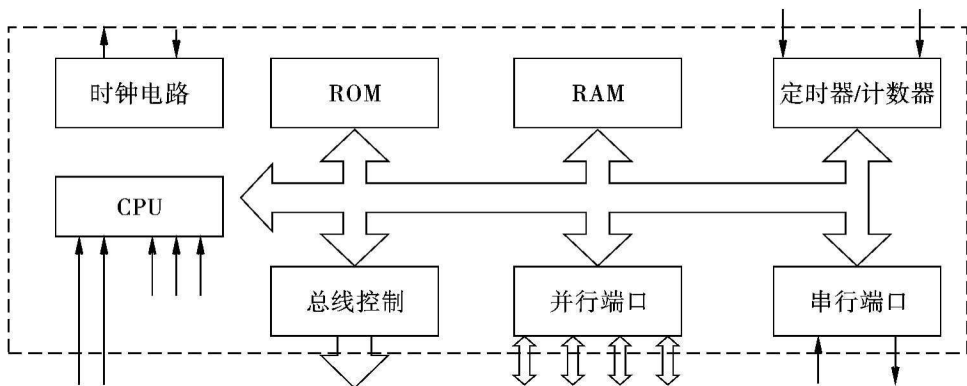


图 1.1 MCS-51 单片机结构框图

1) 中央处理器(CPU): MCS-51的CPU能处理8位二进制数或代码。CPU是单片机的主要核心部件,在CPU里面包含了运算器、控制器以及若干寄存器等部件。

2) 内部数据存储器(RAM): MCS-51单片机芯片共有256个RAM单元,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,用于存放可读写的的数据。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。内部数据存储器地址范围为00H~FFH(256B),是一个多功能数据存储器,有数据存储、通用工作寄存器、堆栈、位地址等空间。

3) 内部程序存储器(ROM): MCS-51内部有4KB/8KB字节的ROM(51系列为4kB,52系列为8kB),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。地址范围为0000H~FFFFH(64kB)。

4) 定时器/计数器:51系列共有2个16位的定时器/计数器(52系列共有3个16位的定时器/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。定时时靠内部分频时钟频率计数实现,计数器时,对P3.4(T0)或P3.5(T1)端口的低电平脉冲计数。

5) 并行I/O口: MCS-51共有4个8位的I/O口(P0,P1,P2,P3)以实现数据的输入输出。

6) 串行口: MCS-51有一个可编程的全双工的串行口,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,也可作为移位器使用。RXD(P3.0) 脚为接收端口,TXD(P3.1) 脚为发送端口。

7) 中断控制系统: MCS - 51 单片机的中断功能较强,以满足不同控制应用的需要。51 系列有 5 个中断源(52 系列有 6 个中断源),即外中断 2 个,定时中断 2 个,串行中断 1 个,全部中断分为高级和低级共二个优先级别,优先级别的设置我们将在后面进行详细的讲解。

8) 定时与控制部件: MCS - 51 单片机内部有一个高增益的反相放大器,输入端为 XTAL1,输出端为 XTAL2。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。

(2) MCS - 51 是标准的 40 引脚双列直插式集成电路芯片,引脚分布参照图 1.2。

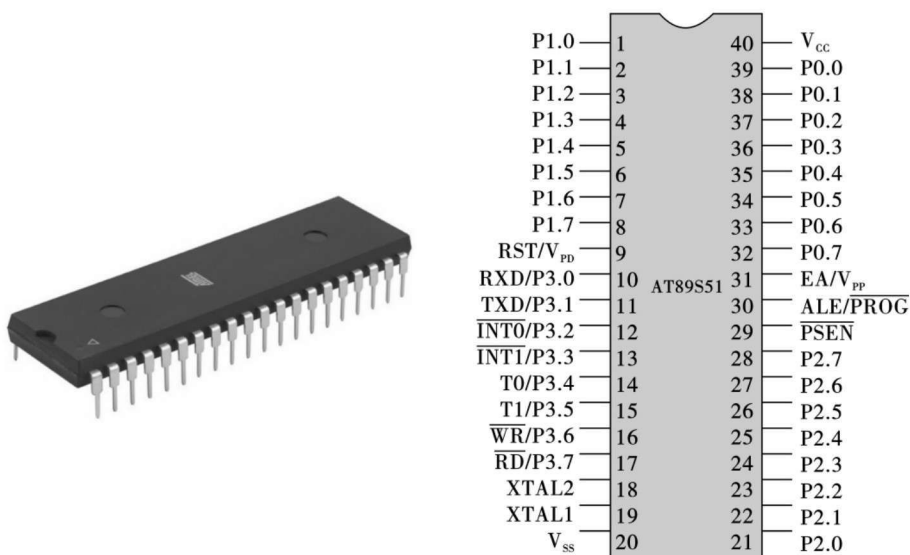


图 1.2 MCS - 51 引脚及实物图

P0.0 ~ P0.7: P0 口 8 位双向口线(在引脚的 39 ~ 32 号端子)。

P1.0 ~ P1.7: P1 口 8 位双向口线(在引脚的 1 ~ 8 号端子)。

P2.0 ~ P2.7: P2 口 8 位双向口线(在引脚的 21 ~ 28 号端子)。

P3.0 ~ P3.7: P2 口 8 位双向口线(在引脚的 10 ~ 17 号端子)。

1) P0 口以下有三个功能:

①外部扩展存储器时,当作数据总线(D0 ~ D7 为数据总线接口)。

②外部扩展存储器时,当作地址总线(A0 ~ A7 为地址总线接口)。

③不扩展时,可作一般的 I/O 使用,但内部无上拉电阻,作为输入或输出时应在外部接上拉电阻。

2) P1 口只作 I/O 口使用: 其内部有上拉电阻。

3) P2 口有两个功能:

①扩展外部存储器时,当作地址总线使用(A8 ~ A15 为地址总线接口)。



②作一般 I/O 口使用,其内部有上拉电阻。

4) P3 口有两个功能:除了作为 I/O 使用外(其内部有上拉电阻),还有一些特殊功能,由特殊寄存器来设置,具体功能参考后面的引脚说明。

有内部 EPROM 的单片机芯片(例如 8751),为写入程序需提供专门的编程脉冲和编程电源,这些信号也是由信号引脚的形式提供的。

5) 编程脉冲:30 脚(ALE/PROG)。

6) 编程电压(25 V):31 脚(EA/V_{pp})。

接触过工业设备的可能会看到有些印刷线路板上会有一个电池,这个电池是干什么用的呢?这就是单片机的备用电源,当外接电源下降到下限值时,备用电源就会经第二功能的方式由第 9 脚(即 RST/V_{pd})引入,以保护内部 RAM 中的信息不会丢失。

在介绍 I/O 口时提到了一个“上拉电阻”,那么上拉电阻又是一个什么东西呢?它起什么作用呢?当作为输入时,上拉电阻将其电位拉高,若输入为低电平则可提供电流源。所以 P0 口作为输入时,处在高阻抗状态,只有外接一个上拉电阻才能有效。

7) ALE 地址锁存控制信号:在系统扩展时,ALE 用于控制把 P0 口的输出低 8 位地址送锁存器锁存起来,以实现低位地址和数据的隔离。ALE 有可能是高电平也有可能是低电平,当 ALE 是高电平时,允许地址锁存信号,当访问外部存储器时,ALE 信号负跳变(即由正变负)将 P0 口上低 8 位地址信号送入锁存器。当 ALE 是低电平时,P0 口上的内容和锁存器输出一致。在没有访问外部存储器期间,ALE 以 1/6 振荡周期频率输出(即 6 分频),当访问外部存储器以 1/12 振荡周期输出(12 分频)。从这里我们可以看到,当系统没有进行扩展时 ALE 会以 1/6 振荡周期的固定频率输出,因此可以作为外部时钟,或者外部定时脉冲使用。

8) PROG 为编程脉冲的输入端:51 单片机内部有一个 4 kB 或 8 kB 的程序存储器(ROM),ROM 的作用就是用来存放用户需要执行的程序的,那么怎样把编写好的程序存入这个 ROM 中的呢?实际上是通过编程脉冲输入才能写进去的,这个脉冲的输入端口就是 PROG。

9) PSEN 外部程序存储器读选通信号:在读外部 ROM 时 PSEN 低电平有效,以实现外部 ROM 单元的读操作。

①内部 ROM 读取时,PSEN 不动作。

②外部 ROM 读取时,在每个机器周期会动作两次。

③外部 RAM 读取时,两个 PSEN 脉冲被跳过不会输出。

④外接 ROM 时,与 ROM 的 OE 脚相接。

10) EA/V_{pp} 访问程序存储器控制信号:

①接高电平时,CPU 读取内部程序存储器(ROM)。扩展外部 ROM:当读取内部程序存储器超过 0FFFH(8051),1FFFH(8052)时自动读取外部 ROM。

②接低电平时,CPU 读取外部程序存储器(ROM)。8031 单片机内部是没有 ROM 的,那么在应用 8031 单片机时,这个脚是一直接低电平的。

③8751 烧写内部 EPROM 时,利用此脚输入 21 V 的烧写电压。

11) RST 复位信号:当输入的信号连续两个机器周期以上高电平时即为有效,用以完

成单片机的复位初始化操作,当复位后程序计数器 $PC = 0000H$,即复位后将从程序存储器的 $0000H$ 单元读取第一条指令码。

12) XTAL1 和 XTAL2 外接晶振引脚:当使用芯片内部时钟时,此二引脚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。

13) V_{CC} : 电源 +5 V 输入。

14) V_{SS} : GND 接地。

1.1.3 单片机最小系统: 电源、时钟、复位等电路

ATMEL 公司生产的单片机 AT89S51 内部集成有中央处理器、程序存储器、数据存储器及输入/输出接口电路等,只需很少的外围元件将时钟和复位电路连接完成,即可构成单片机最小应用系统,如图 1.3 所示。

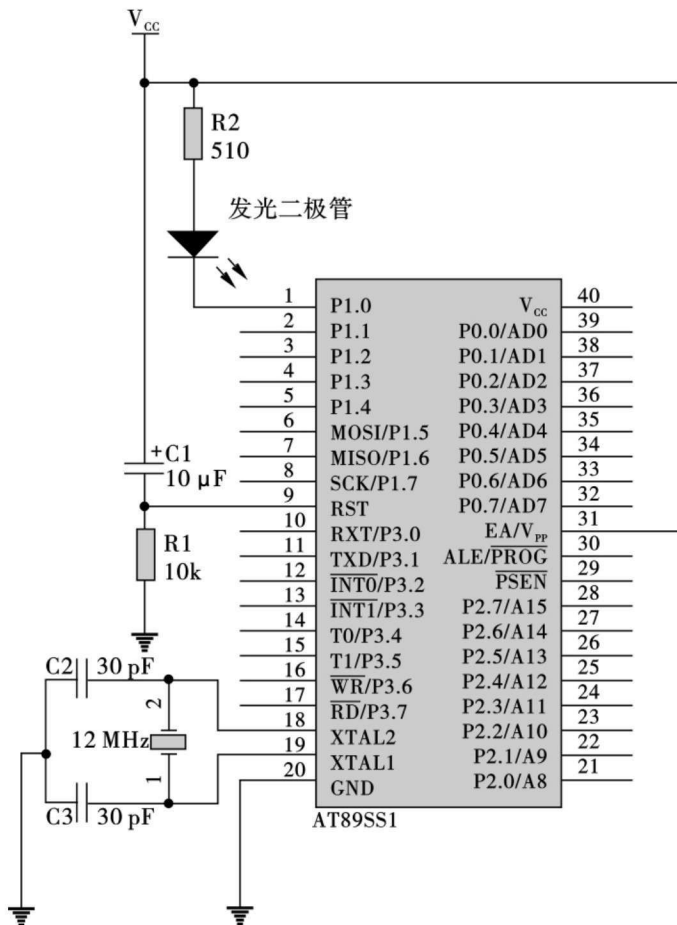


图 1.3 单片机最小系统

(1) 电源: 电源为整个单片机系统提供能源。单片机的 40 脚(V_{CC})接电源 +5 V 端, 20 脚(V_{SS})接电源地端。

(2) 内部时钟电路: 在 51 单片机的内部有一个高增益的反相放大器, 其输入端为引脚 XTAL1(19), 输出端为 XTAL2(18), 我们只要在外部接上两个电容和一个晶振, 就能构成一个稳定的自激振荡器, 如图 1.4(a) 所示。晶振的大小与单片机的振荡频率有关, 常使用 6 MHz 或 12 MHz, 在通信系统中则常用 11.0592 MHz。电容的大小影响着振荡器振荡的稳定性和起振的快速性, 通常选择 10 ~ 30 p 的瓷片电容或校正电容; 在设计电路时, 晶振和电容应尽可能地靠近芯片, 以减少 PCB 板的分布电容, 保证振荡器振荡工作的稳定性, 提高系统的抗干扰能力。

(3) 外部时钟电路: 除了内部时钟方式外, 单片机还可以采用外部引入时钟的振荡方式, 什么时候需要采用外部时钟方式呢? 当系统由多片单片机组成时, 为了保证各单片机之间时钟信号的同步, 就应当引入唯一的公用的外部脉冲信号作为各单片机的振荡脉冲, 此时应将 XTAL2 悬空不用或接地, 外部脉冲信号由 XTAL1 引入, 如图 1.4(b) 所示, 外部信号的高低电平持续时间应大于 20 ms。

(4) 复位电路: 使单片机内各个寄存器的值变为初始状态的操作称为复位。复位后单片机会从程序的第一条指令运行, 避免出现混乱。

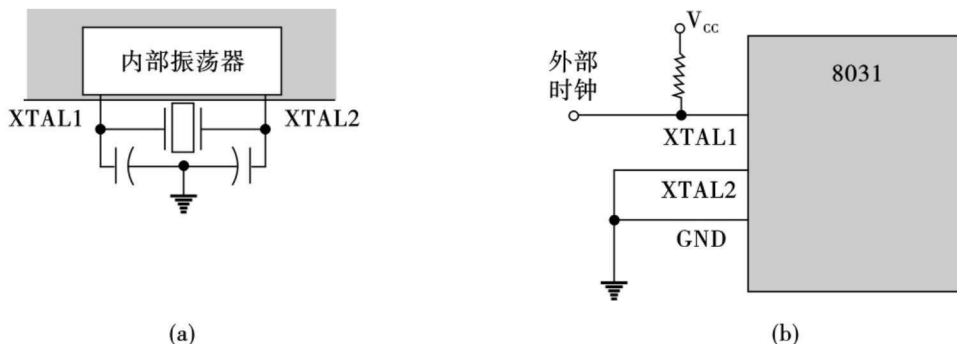


图 1.4 时钟引脚的接线方式

上电自动复位是通过外部复位电路的电容充电来实现的, 见图 1.5(a)。当电源刚接通时电容 C 通过下拉电阻开始充电, 由于电容两边的电压不能突变, 所以 RST 端维持高电平, 只要这个充电时间不超过 1 ms, 就可以实现对单片机的自动上电复位, 即接通电源就完成了系统的初始化, 在实际的工程应用中, 如果没有特殊要求, 一般都采用这种复位方式; 按键复位的电路如图 1.5(b) 所示, 它其实就是在上电复位的基础上加了 R 和 RE-SET, 这种电路一般用在需要经常复位的系统中; 外部脉冲复位的电路如图 1.5(c) 所示, 外部复位通常用于要求比较高的系统, 比如希望系统死锁后能自动复位。外部复位是由专门的集成电路来实现的, 也就是俗称的“看门狗”电路, 这种电路有很多, 它们不但能完成对单片机的自动复位功能, 而且还有管理电源、用作外部存储器等功能, 比如 X25045, MAX813L 等就是比较常用的此类芯片。

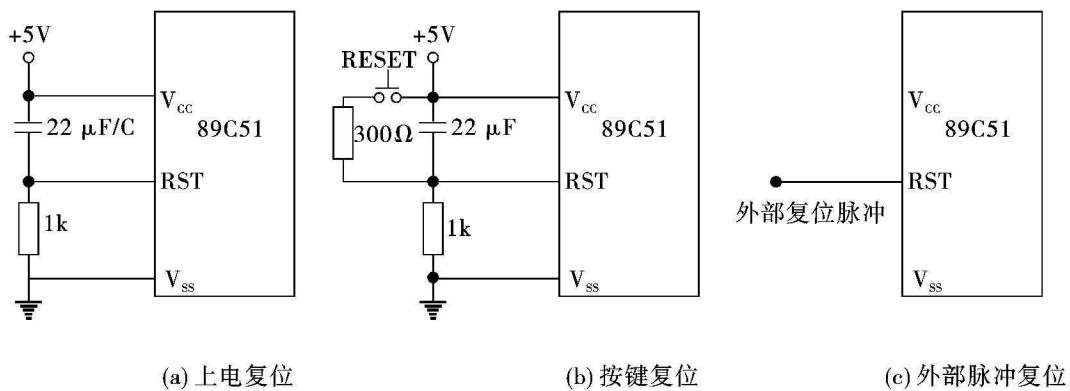


图 1.5 复位电路

1.1.4 单片机的存储器结构

51 单片机在物理结构上有四个存储空间: 片内程序存储器; 片外程序存储器; 片内数据存储器; 片外数据存储器。

但在逻辑上, 51 单片机有三个存储空间: 片内外统一编址的 64 kB 的程序存储器地址空间; 256 B 的片内数据存储器的地址空间; 64 kB 片外数据存储器的地址空间。

图 1.6 是 51 单片机存储器的空间结构图:

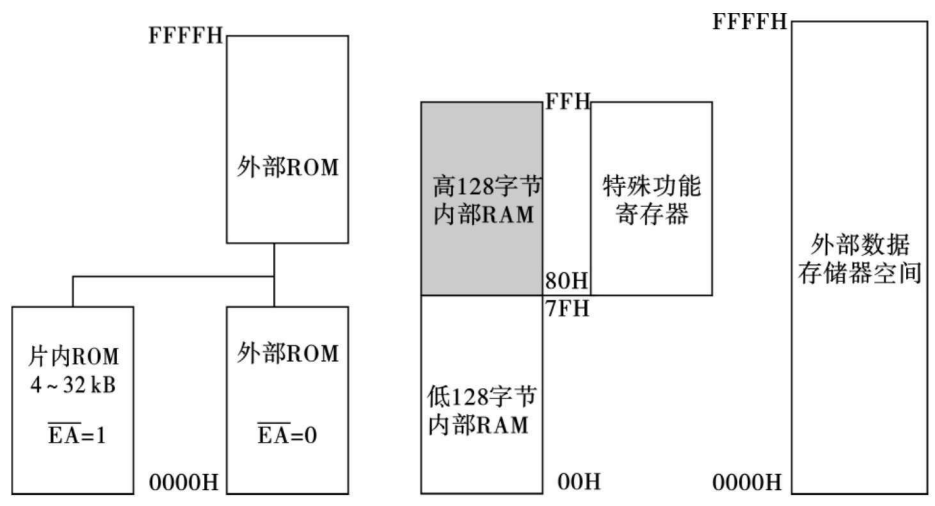


图 1.6 51 单片机存储器的空间结构

(1) 程序存储器(ROM): 一个微处理器能够聪明地执行某种任务, 除了强大的硬件外, 还需要有正常运行的软件, 其实微处理器并不聪明, 它们只是按照人们预先编写的程序而执行。设计人员编写的程序就存放在微处理器的程序存储器中, 俗称只读程序存储器。程序相当于给微处理器处理问题的一系列命令。其实程序和数据一样, 都是由机器码组成的代码串, 只是程序代码存放于程序存储器中。



51 单片机具有 64 kB 程序存储器寻址空间,它是用于存放用户程序、数据和表格等信息的。对于内部无 ROM 的 8031 单片机,它的程序存储器必须外接,空间地址为 64 kB,此时单片机的 EA 端必须接地,强制 CPU 从外部程序存储器读取程序。对于内部有 ROM 的 8051 等单片机,正常运行时,EA 则需接高电平,使 CPU 先从内部的程序存储器中读取程序,当 PC 值超过内部 ROM 的容量时,才会转向外部的程序存储器读取程序。

当 EA = 1 时,程序从片内 ROM 开始执行,当 PC 值超过片内 ROM 容量时会自动转向外部 ROM 空间。

当 EA = 0 时,程序从外部存储器开始执行,例如前面提到的片内无 ROM 的 8031 单片机,在实际应用中就要把 8031 的 EA 引脚接为低电平。

8051 片内有 4kB 的程序存储单元,其地址为 0000H ~ 0FFFH,单片机启动复位后,程序计数器的内容为 0000H,所以系统将从 0000H 单元开始执行程序。但在程序存储器中有些特殊的单元,这在使用中应加以注意:其中一组是 0000H ~ 0002H 单元,系统复位后,PC 为 0000H,单片机从 0000H 单元开始执行程序,如果程序不是从 0000H 单元开始,则应在这三个单元中存放一条无条件转移指令,让 CPU 直接去执行用户指定的程序;另一组单元是 0003H ~ 002AH,这 40 个单元各有用途,它们被均匀地分为五段,它们的定义如下:

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。

可见以上的 40 个单元是专门用于存放中断处理程序的地址单元,中断响应后,按中断的类型,自动转到各自的中断区去执行程序。从上面可以看出,每个中断服务程序只有 8 个字节单元,用 8 个字节来存放一个中断服务程序显然是不可能的。因此以上地址单元不能用于存放程序的其他内容,只能存放中断服务程序。但是通常情况下,我们是在中断响应的地址区安放一条无条件转移指令,指向程序存储器的其他真正存放中断服务程序的空间去执行,这样中断响应后,CPU 读到这条转移指令,便转向其他地方去继续执行中断服务程序。

(2) 数据存储器(RAM):数据存储器也称为随机存取数据存储器。数据存储器分为内部数据存储和外部数据存储。51 单片机内部 RAM 有 128 或 256 个字节的用户数据存储(不同的型号有分别),片外最多可扩展 64 kB 的 RAM,构成两个地址空间,它们是用于存放执行的中间结果和过程数据的。51 单片机的数据存储器均可读写,部分单元还可以位寻址。

51 单片机的内部数据存储器在物理上和逻辑上都分为两个地址空间,即数据存储器空间(低 128 单元)和特殊功能寄存器空间(高 128 单元)。这两个空间是相连的,从用户角度而言,低 128 单元才是真正的数据存储器。

低 128 单元:片内数据存储器为 8 位地址,所以最大可寻址的范围为 256 个单元地址,对片外数据存储器采用间接寻址方式,R0,R1 和 DPTR 都可以作为间接寻址寄存器,