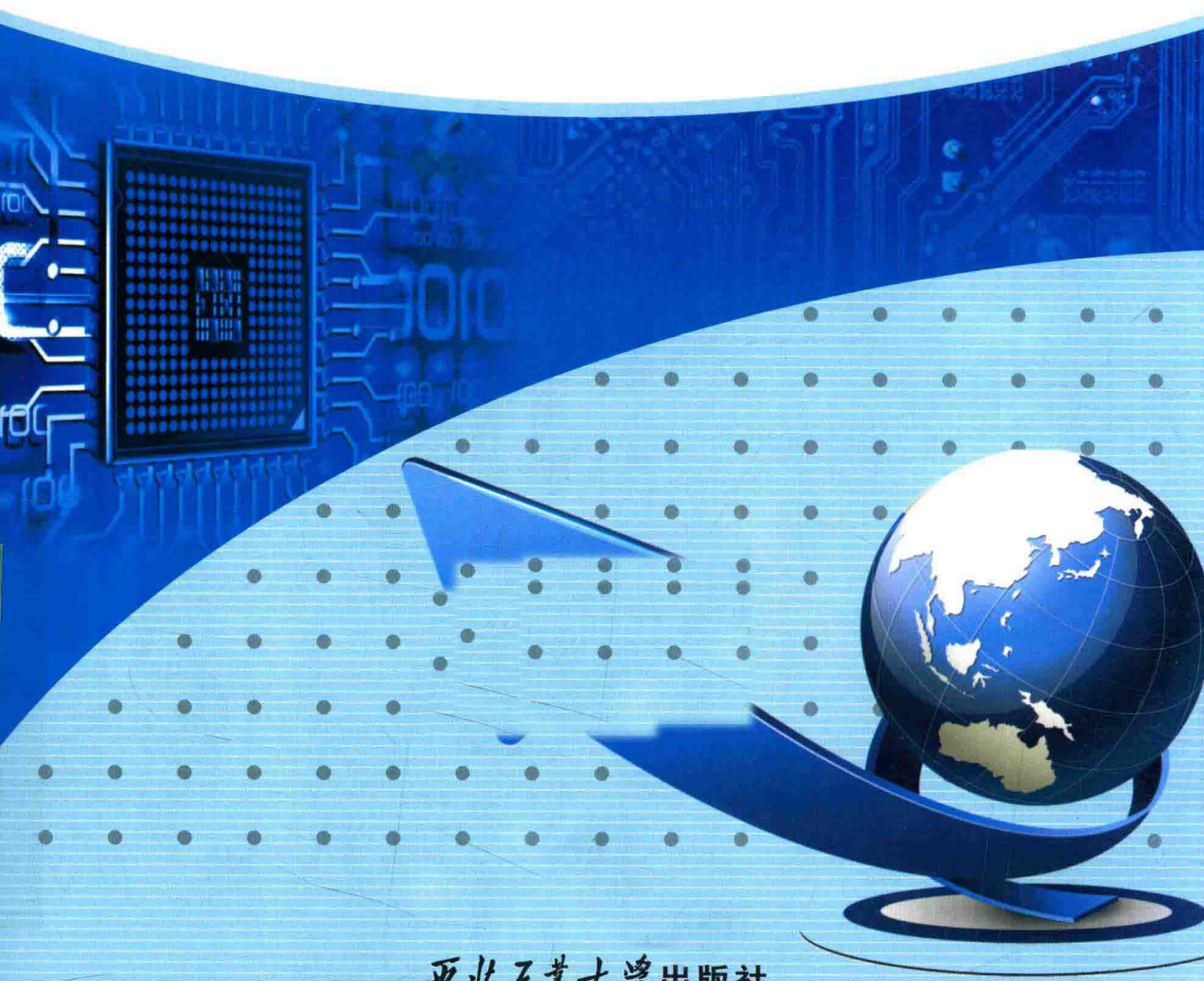


高等学校“十三五”规划教材

单片机应用设计

杨卫军◎主编



西北工业大学出版社

DANPIANJI YINGYONG

单片机应用设计

主 编 杨卫军

编 者 杨卫军 樊 莉 方 秦

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是针对加强学生单片机实践能力和创新能力培养的教学目的而编写的。全书分为4篇。第1篇围绕单片机最小系统进行设计练习,学生可以对单片机内部功能和接口单元等进行全面的了解,并通过实验掌握编程方法、硬件接口基本应用。第2篇围绕单片机的扩展电路进行综合应用,学生进一步学习单片机外围扩展模块的连接方法和程序时序控制编程方法。第3篇通过对典型单片机系统设计进行介绍,学生能够掌握单片机应用系统的设计方法。第4篇对单片机综合设计的工具进行了介绍,便于学生掌握单片机软件开发系统和单片机电路开发过程。

本书具有一定的深度和广度,可以作为高等学校本科阶段工科相关专业的单片机实践创新类课程教材。

图书在版编目(CIP)数据

单片机应用设计/杨卫军主编. —西安:西北工业大学出版社, 2016.8
ISBN 978-7-5612-4942-0

I. ①单… II. ①杨… III. ①单片微型计算机—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 168944 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:宝石兰印务有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:14

字 数:335 千字

版 次:2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷

定 价:38.00 元

前 言

单片机具有入门简单、应用广泛的特点,单片机系统设计能极大地锻炼学生的实际动手能力和创新思维,是进一步学习和设计嵌入式系统的基础。本书采用MOOC和实验项目的编写方法,每章既是一个知识点又围绕该知识点完成一个实验,这样理论与实践结合,学生会快速掌握单片机的设计方法。

全书共有4篇,共21章,基本上涵盖单片机设计的全部知识,其中第1篇围绕单片机最小系统进行设计练习,学生可以对单片机内部功能和接口单元等进行全面的了解,并通过实验掌握编程方法、硬件连接及基本应用。第2篇围绕单片机的扩展电路进行综合应用,包括EEPROM、AD、DA、数码管、液晶屏等外围扩展,学生进一步学习单片机外围扩展模块的连接方法和程序时序控制编程方法。第3篇通过对无线通信系统、GPS应用系统、地磁场测量系统、智能家居系统设计进行介绍,学生能够掌握单片机应用系统设计方法。第4篇对单片机综合设计的工具进行介绍,学生可以掌握单片机软件开发系统和单片机电路开发过程。本书的内容具有基础性、实用性和提高性的特点,并层层递进,为学生掌握单片机应用系统设计、提高分析问题和解决问题的能力提供很好的途径。

本书由杨卫军主编,樊莉、方秦参与了部分章节的编写和设计工作。本书在编写过程中,基础实验中心罗积军主任和中心的同事给予了大力支持,并提供了很多帮助。本书除了参考文献所列的书籍外,还参考了互联网上的相关资料,在此一并谢过。

由于水平有限,书中错误和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2016年3月

目 录

第 1 篇 单片机基础应用设计

第 1 章 焊接单片机系统.....	1
1.1 单片机芯片	1
1.2 主要元件	3
1.3 焊接电路	7
第 2 章 点亮 LED 灯.....	16
2.1 单片机 I/O 端口	16
2.2 LED 灯	21
2.3 点亮一个 LED 灯	22
2.4 制作流水灯.....	28
第 3 章 单片机中断	31
3.1 中断.....	31
3.2 按键.....	36
3.3 硬件设计.....	37
3.4 程序设计.....	38
第 4 章 定时器应用设计	41
4.1 定时器/计数器	41
4.2 定时器/计数器寄存器	42
4.3 硬件设计.....	45
4.4 程序设计.....	45
第 5 章 实现双机串口通信	51
5.1 串口通信的概念.....	51
5.2 单片机间串口通信.....	52
5.3 单片机与计算机间串口通信.....	57
5.4 程序设计.....	58
单片机基础应用设计总结	60

第2篇 单片机扩展应用设计

第6章	EEPROM 扩展存储器	63
6.1	EEPROM 芯片	63
6.2	I ² C 总线	66
6.3	单片机精确定时	68
6.4	硬件连接	69
6.5	程序设计	70
第7章	A/D 转换器实现温度采集	74
7.1	A/D 转换	74
7.2	AD0804 芯片	75
7.3	热敏电阻	76
7.4	硬件设计	78
7.5	程序设计	80
第8章	D/A 转换器设计波形发生器	82
8.1	D/A 转换	82
8.2	硬件设计	83
8.3	程序设计	84
第9章	数码管显示时间	88
9.1	数码管	88
9.2	时钟芯片 DS1302	91
9.3	硬件设计	95
9.4	程序设计	97
第10章	液晶屏显示温度	103
10.1	1602 液晶屏	103
10.2	1602 显示内存	105
10.3	1602 操作时序	105
10.4	硬件设计	108
10.5	程序设计	108
第11章	控制继电器	115
11.1	继电器	115

11.2 硬件设计	119
11.3 程序设计	120
第 12 章 控制步进电机	122
12.1 步进电机	122
12.2 硬件设计	125
12.3 程序设计	127
第 13 章 控制直流电机	131
13.1 直流电机	131
13.2 PWM	131
13.3 驱动芯片 L298	132
13.4 硬件设计	134
13.5 程序设计	135
单片机扩展应用设计总结	136
 第 3 篇 单片机综合应用设计	
第 14 章 单片机系统设计方法	139
14.1 总体设计	139
14.2 硬件设计	140
14.3 软件设计	140
14.4 可靠性设计	141
第 15 章 无线数据传输系统	142
15.1 无线通信模块	142
15.2 SPI 通信	144
15.3 电源设计	147
15.4 总体设计	148
15.5 硬件设计	149
15.6 软件设计	149
第 16 章 GPS 应用系统	154
16.1 GPS	154
16.2 总体设计	155
16.3 硬件设计	155
16.4 软件设计	156

第 17 章 地磁场测量系统	161
17.1 地磁场测量	161
17.2 运算放大器	162
17.3 总体设计	169
17.4 硬件设计	169
第 18 章 智能家居系统	171
单片机综合应用设计总结	175
第 4 篇 单片机系统设计指导	
第 19 章 单片机开发软件环境	177
19.1 μ Vision4 集成开发环境	177
19.2 程序下载软件环境	191
第 20 章 C51 语言程序设计	195
20.1 程序的语句	195
20.2 程序的数据	198
20.3 程序的运算符	199
20.4 程序的整型常量和进制	199
20.5 程序的函数	199
20.6 实例程序	200
第 21 章 Protel 99 SE 软件	201
21.1 Protel 99 SE 的功能模块	201
21.2 基本步骤	202
21.3 原理图的生成	202
21.4 PCB 图的生成	210
21.5 元件的封装形式	212
21.6 电路设计经验	213
参考文献	215

第 1 篇 单片机基础应用设计

第 1 章 焊接单片机系统

通过焊接完成一个最小的单片机系统,学习单片机系统的基本组成、最小系统单片机的外围电路,学会电路图的使用,掌握电路焊接方法。

本章实验任务:焊接一个单片机最小系统。

1.1 单片机芯片

STC89C52RC 是一种常用的单片机芯片,具有系统可编程(ISP)和应用可编程(IAP)技术,该器件是 STC 公司推出的 8 位微控制器。通过 STC89C52RC 的数据手册即 datasheet.pdf,了解芯片相关情况,该文档可以从生产厂商网站上下载。STC89C52RC 具有以下特征。

- 工作电压 5.5~3.3V,工作时钟 0~40MHz;
- 512byte 内部 RAM;
- 8KB Flash ;
- 4KB EEPROM;
- 2 个 16 位定时器/计数器,其中定时器 0 还可以当成 2 个 8 位定时器使用;
- 1 个通用异步串行口,还可用定时器软件实现多个 UART;
- 标准每周期 12 个时钟。

单片机实物如图 1.1 所示。

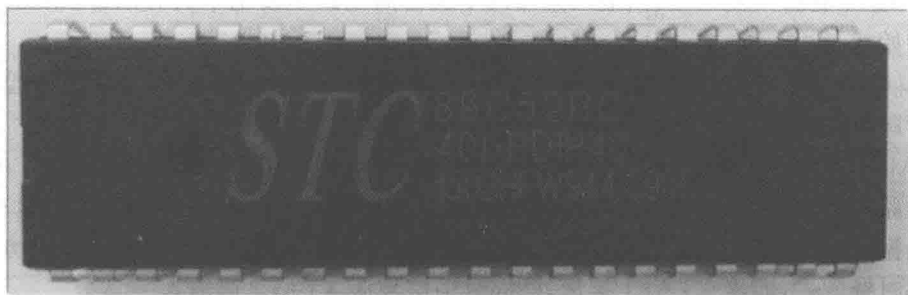


图 1.1 单片机实物图

STC:表示单片机的生产厂商;

89C52RC:单片机的型号和配置;

40I:工业级,外接晶振最大为 40MHz;

—PDIP40:单片机的外观形式;

最下面一行为厂家编号。

单片机作为一种电子元器件,其金属管脚就像触角一样,是控制外设或与外设交换信息的桥梁,发光二极管、开关、数码管、液晶屏、电动机、继电器等都将在单片机的管脚下工作。实际上编制程序的目的就是控制这块芯片的各个引脚在不同时间输出不同的电平(高电平或低电平),进而控制与单片机各个引脚相连接的外围电路的电气状态。应该熟知单片机管脚的编号,以及外部引脚的定义。观察单片机的表面时,会找到一个凹进去的小圆坑,或是用颜色标识的一个小标记(圆点或三角或其他小图形),这个小圆坑或是小标记所对应的引脚就是这个芯片的第 1 引脚,然后逆时针方向数下去,即 1 到最后一个引脚。管脚编号如图 1.2 所示。

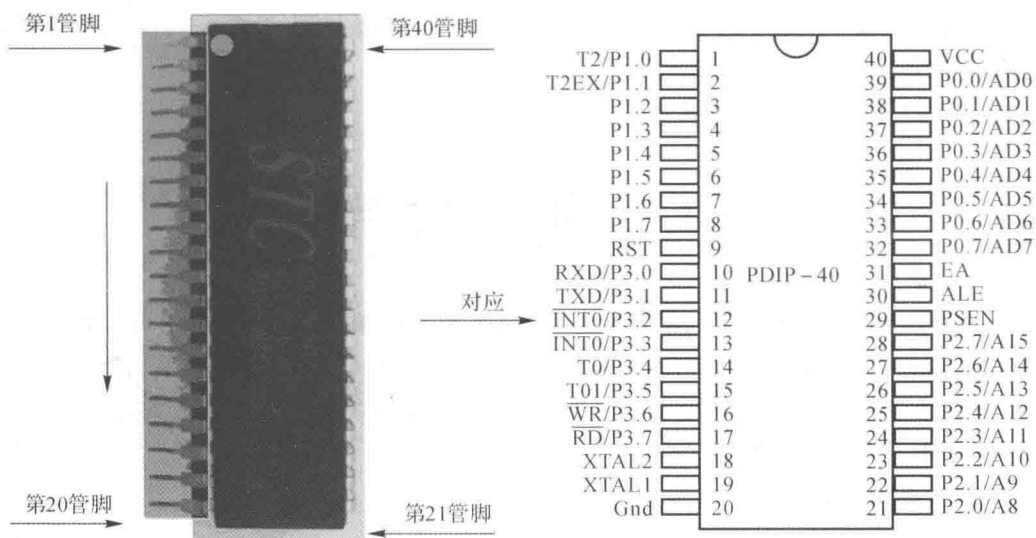


图 1.2 STC89C52RC 外部引脚图

在单片机使用中必须根据管脚功能进行正确连接,因此必须掌握各管脚的具体含义:

P1 口(1~8 管脚),一般 I/O 口(Input/Output,输入输出口),由 P1.0,P1.1,P1.2,P1.3,P1.4,P1.5,P1.6,P1.7 共 8 位组成。

RST 端(9 管脚),复位端,当输入连续两个机器周期以上高电平时有效,用来完成单片机的复位初始化。

P3 口(10~17 管脚),由 P3.0,P3.1,P3.2,P3.3,P3.4,P3.5,P3.6,P3.7 共 8 位组成,均为复用管脚,可以做一般 I/O 使用,也可以使用第二功能。

XTAL2 端和 XTAL1 端(18~19 管脚),XTAL1 为片内振荡电路的输入端,XTAL2 为片内振荡电路的输出端。51 单片机的时钟有两种方式,一种是片内时钟振荡方式,须在这两个脚外接晶振和振荡电容,振荡电容的值一般取 10~30pF,本书单片机系统采用这种方式;另一种是外部时钟方式,即将 XTAL1 接地,外部时钟信号从 XTAL2 脚输入。

GND 端(20 管脚),单片机电源地。

P2 口(21~28 管脚),由 P2.0,P2.1,P2.2,P2.3,P2.4,P2.5,P2.6,P2.7 共 8 位组成。

$\overline{\text{PSEN}}$ 端(29 管脚),外部程序存储器使能端,无外部存储器则悬空。

ALE/ $\overline{\text{PROG}}$ 端(30 管脚),地址锁存器使能端,无外部存储器则悬空。

$\overline{\text{EA/VPP}}$ 端(31 端),外部程序存储器访问控制端,当无外部存储器接高电平。

P0 口(32~39 管脚),由 P1.0,P1.1,P1.2,P1.3,P1.4,P1.5,P1.6,P1.7 共 8 位组成,一般 I/O。

1.2 主要元件

单片机系统中常用的元件有电阻、电容、晶振、二极管、三极管等电子元件。

1. 电阻器

电阻器在使用时准确获知电阻阻值十分必要,一种是采用万用表方法,将两表笔(不分正负)分别与电阻的两端引脚相接即可测出实际的电阻值,为了提高测量精度,应根据被测电阻标称值的大小来选择量程。

另一种通常采用的方式是通过元件表面标识的色环,这种方法被称为色环法。电阻(色环电阻)器可分为三环、四环、五环 3 种标法。

三色环电阻器的色环表示标称电阻值(允许误差均为 $\pm 20\%$)。例如,色环为棕黑红,表示 $10\times 10^2=1.0\text{k}\Omega\pm 20\%$ 的电阻器。

四色环电阻器的色环表示标称值(二位有效数字)及精度,其含义如图 1.3 所示。例如,色环为棕绿橙金表示 $15\times 10^3=15\text{k}\Omega\pm 5\%$ 的电阻器。

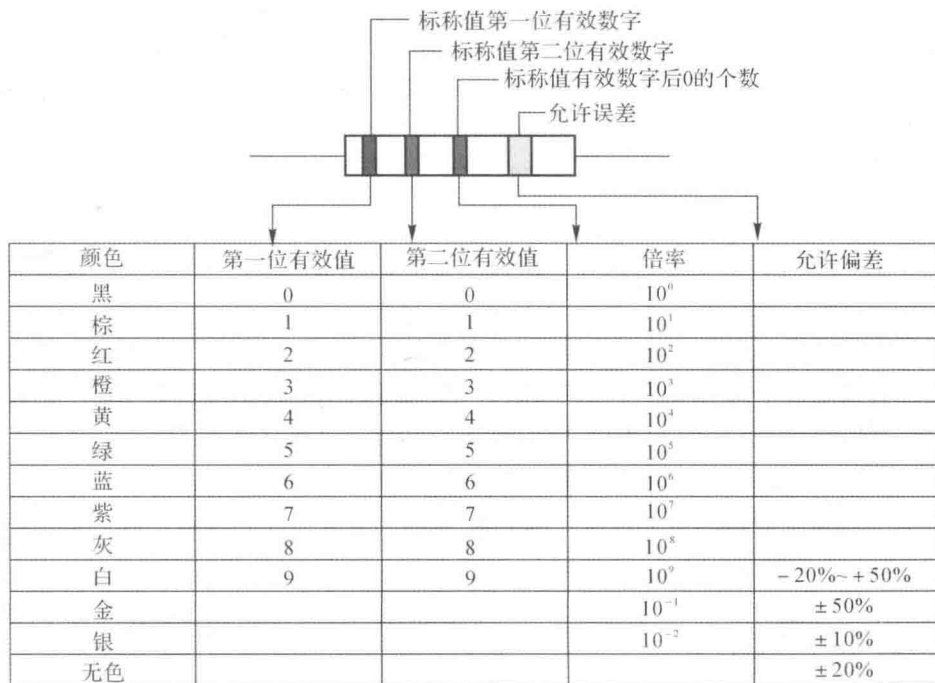


图 1.3 两位有效数字阻值的色环表示法

五色环电阻器的色环表示标称值(三位有效数字)及精度,其含义如图 1.4 所示。例如,色环为红紫绿黄棕表示 $275 \times 10^4 = 2.75 \text{M} \Omega \pm 1\%$ 的电阻器。

一般四色环和五色环电阻器表示允许误差的色环的特点是该环离其他环的距离较远。较标准的表示应是表示允许误差的色环的宽度是其他色环的(1.5~2)倍。

有些色环电阻器由于厂家生产不规范,无法用上面的特征判断,这时只能借助万用表判断。

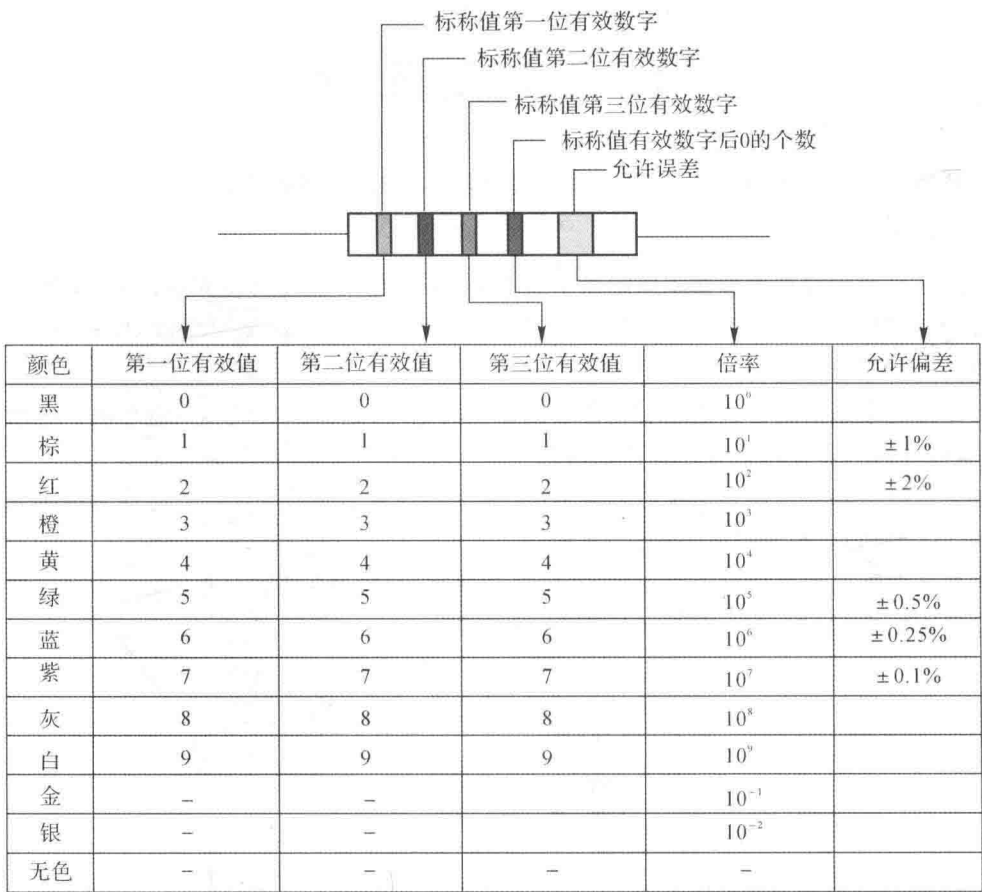


图 1.4 三位有效数字阻值的色环表示法

电阻在应用中除了注意它的阻值,还要考虑电阻的功率。如果一个电阻上加的电压较高使电阻超过其额定功率则电阻很可能被烧毁,一般选定其额定功率比它在电路中消耗的功率高 1~2 倍。额定功率分为 19 个等级,常用的有 1/20W,1/8W,1/4W,1W,2W,3W,5W,7W,10W,在电路图中非线绕电阻器额定功率的符号表示如图 1.5 所示。

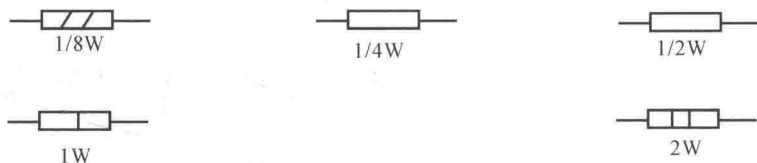


图 1.5 额定功率的符号

在电子系统设计中通常应用电阻进行分压、限流、上拉。

分压应用,电阻串联或连接一定阻值的电阻,分出一定电压值的电压以供应用,如图 1.6 所示。

限流应用,通过串联一定阻值的电阻,使一个电路的电阻值增大,减小电流防止烧坏元件,具体串联电阻的阻值可以根据电流进行计算,如图 1.7 所示。

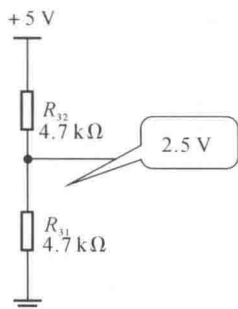


图 1.6 电阻分压

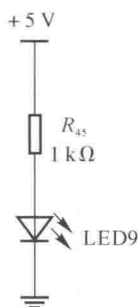


图 1.7 电阻限流

上拉应用,P0 口内部无上拉电阻,在 P0 口输出时为使输出电压为 5V 外接上拉电阻,如图 1.8 所示。

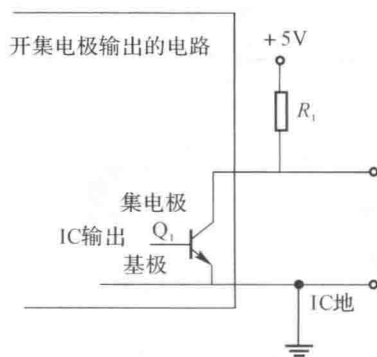


图 1.8 上拉电阻

2. 电容器

电容器就是“储存电荷的容器”。尽管电容器品种繁多,但它们的基本结构和原理是相同的,都是由两个金属极,中间夹有绝缘介质构成。电容的特性主要是隔直流通交流,因此多用于级间耦合、滤波、去耦、旁路及信号调谐。

电容的选取,第一个参数是耐压值的考虑。电容工作在电路中,需要考虑其耐压值的问题。如果在其两端的电压超过了这个值,电容肯定是要烧毁的,甚至发生爆炸,殃及其他元器件。电容的耐压值一般都会标记在其外壳上,在容量参数旁边往往都能找到其耐压值,如耐压值为 50V,说明施加在该电容两端的电压不能超过 50V,电容表示见图 1.9。单片机用的是 5V 系统,电容的耐压值要高于 5V,一般推荐 1.5~2 倍即可,有些场合稍微高于 5V 也可以。电解电容常用的额定电压有 10V,16V,25V,35V,50V,75V,100V,125V,300V 等。第二个参数是电容容值,这个就需要根据经验来选取了,选取的时候,要看这个电容起作用的这块系统

的功率消耗情况,如果系统耗电较大,波动可能比较大,那么容值就要选大一些,反之,可以小一些。

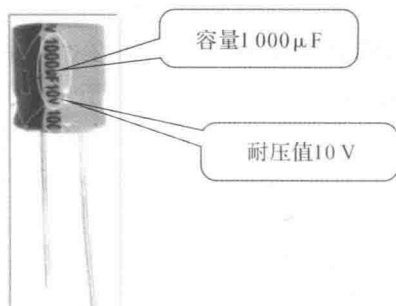


图 1.9 电容容量和耐压值表示方法

电容采取直观的数字标记法来指明容量,方法为:电容表面印刷有容量的数值和单位,如 $1\,000\mu\text{F}$ 等。另外,耐压值也常印在表面。也有用单位缩写的方法来标记,如 $3\text{n}3$ 代表 3.3nF 、 33n 代表 33nF 、 $4\text{p}7$ 代表 4.7pF 等。还有用纯数字的方法来标记,如 103 ,其中“ 10 ”代表容量的前两位数,最后一位“ 3 ”代表倍数(0 的个数),单位一律是 pF 。所以 103 代表 $10\,000\text{pF}$,即 $10\text{nF}=0.01\mu\text{F}$ 。类似的 222 代表 $2\,200\text{pF}$ 、 474 代表 $470\,000\text{pF}(470\text{nF})$ 等。

电容分为涤纶电容、云母电容、瓷介电容、电解电容、可变电容等几种。其中涤纶、云母、瓷介电容为无极性电容。无极性电容的两个管脚没有极性之分,可以调换使用。电容分类如图 1.10 所示。

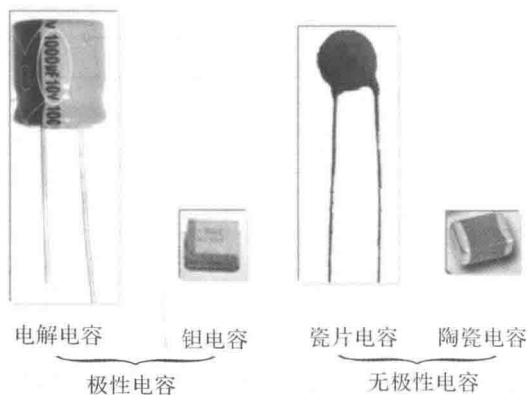


图 1.10 电容分类

电解电容是一种极性电容,其电路符号和外观如图 1.10 所示,它在无极性电容电路符号的基础上多出了一个“ $+$ ”号。标有“ $+$ ”号的一端为正极,另一端为负极。

无论是铝电解电容还是钽电解电容都是有极性的电容,两个管脚有正、负极之分,在使用时切不可接反,否则很容易烧毁器件。图 1.10 所示的铝电解为一个容量为 $1\,000\mu\text{F}$ 、额定电压 10V 的器件。在已知电路工作电压 V_{CC} 的情况下,要选择额定电压高于 V_{CC} 的电解电容器件。

单片机系统中电容应用在电源电路或晶振电路系统进行滤波。滤波是电容的作用中很重

要的一部分,几乎所有的电源电路中都会用到。从理论上(即假设电容为纯电容)说,电容越大,阻抗越小,通过的频率也越高。但实际上超过 $1\mu\text{F}$ 的电容大多为电解电容,有很大的电感成分,所以频率高后反而阻抗会增大。有时会看到有一个电容量较大电解电容并联了一个小电容,这时大电容通低频,小电容通高频。电容越大低频越容易通过,电容越大高频越容易通过。具体用在滤波中,大电容($1\,000\mu\text{F}$)滤低频,小电容(20pF)滤高频。

滤波电容可比作“水塘”。由于电容的两端电压不会突变,由此可知,信号频率越高则衰减越大,可以很形象地说电容像个“水塘”,不会因几滴水的加入或蒸发而引起水量的变化。它把电压的变动转化为电流的变化,频率越高,峰值电流就越大,从而缓冲了电压。滤波就是应用了电容的充电、放电的过程。

3. 晶振

晶振(crystal,全称为“石英晶体振荡器”)是利用石英晶体的压电效应制成的一种谐振器件。每一个晶振都有自己唯一且稳定的固有振荡频率,这个频率会印在晶振器件的外壳上。由于石英晶体的固有振荡频率不会随温度变化而改变,因此,晶振的振荡频率非常稳定,并且利用晶振设计的振荡器电路广泛应用于计算机、家电等各类电子系统中。图 1.11 所示为一种金属外壳封装的无源晶振外观,其两个管脚对应着电路符号中两端的引脚,没有极性之分。

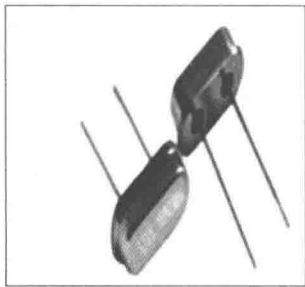


图 1.11 晶振

单片机常用的晶振有 $11.059\,2\text{MHz}$ 的晶振(每秒钟振荡 $11\,059\,200$ 次)和 12MHz 晶振,STC89C52RC 单片机的 18 脚和 19 脚是晶振的引脚,在晶振电路中加两个 22pF 的电容,电容的作用是帮助晶振起振,并维持振荡信号的稳定。一般来说晶振可以在 $1.2\sim 12\text{MHz}$ 之间任选,甚至可以达到 24MHz 或者更高,但是频率越高功耗也就越大。晶振为单片机系统提供基准时钟信号,单片机内部所有的工作都是以这个时钟信号为步调基准来进行工作的。

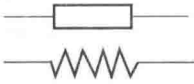
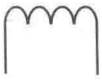
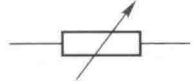
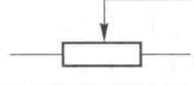
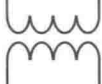
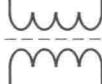
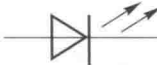
1.3 焊接电路

1.3.1 识读电路图

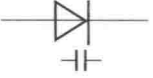
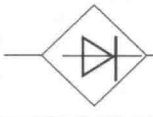
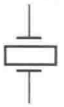
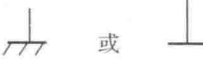
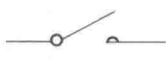
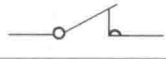
焊接电路是依据电路图进行的,电路图是用电路元件符号表示电路连接的图,常用的电路图有电路原理图、方框图、装配图、印板图,焊接是在印板图上进行的,但器件在印板图上呈现

的是过孔和焊盘,器件的连接关系不容易看清楚,必须结合原理图完成焊接过程,在看原理图时器件在图上为图形符号,表 1.1 中为常用的器件图形符号。常用的电路设计软件有 Protel 99, Protel DXP, allegro, Auto CAD, 其中 Protel 99 简单易学可作为入门软件。第 19 章对该软件进行了叙述。

表 1.1 电路符号

图形符号	名称与说明	图形符号	名称与说明
	电阻器一般符号		电感器、线圈、绕组或扼流图。注:符号中半圆数不得少于 3 个
	可变电阻器或可调电阻器		带磁芯、铁芯的电感器
	滑动触点电位器		带磁芯连续可调的电感器
	极性电容		双绕组变压器注:可增加绕组数目
	可变电容器或可调电容器		绕组间有屏蔽的双绕组变压器注:可增加绕组数目
	双联同调可变电容器。 注:可增加同调联数		在一个绕组上有抽头的变压器
	微调电容器		
	二极管的符号		JFET 结型场效应管 (1)N 沟道 (2)P 沟道
	发光二极管		
	光电二极管		PNP 型晶体三极管
	稳压二极管		NPN 型晶体三极管

续 表

图形符号	名称与说明	图形符号	名称与说明
	变容二极管		全波桥式整流器
	具有两个电极的压电晶体。注:电极数目可增加		接机壳或底板
	熔断器		导线的连接
	指示灯及信号灯		导线的不连接
	扬声器		动合(常开)触点开关
	蜂鸣器		动断(常闭)触点开关
	接大地		手动开关

焊接的单片机硬件电路包括单片机、晶振、LED 灯以及相关的电容电阻, C_1 , C_2 为晶振电路的起振电容, 容值为 22pF。LED1 为发光二极管, 电路如图 1.12 所示, 图中的相同标识符号在电路中是连到一起的如 $+V_{CC}$ 。

(1)电源电路。主流单片机的电源现在是 5V 和 3.3V 这两个标准, 当然现在还有对电压要求更低的单片机系统。89C52RC 需要 5V 的供电系统, 供电电路在 40 脚和 20 脚的位置上, 40 脚接的是 V_{CC} , 代表的是电源正极, 20 脚接的是 GND, 代表的是电源的负极。电源可以采用自制直流稳压电源、电源适配器、USB 口供电等方式进行, 如图 1.13 所示。

(2)复位电路。复位电路, 接到了单片机的 9 脚 RST(Reset)复位引脚上, 按下复位按键, 让程序重新初始化重新运行。单片机复位一般是 3 种情况, 上电复位、手动复位、程序自动复位。

当向 RST 端输入一个短暂的高电平时单片机就会复位, 复位后单片机从头开始执行程序。如果在单片机执行程序的过程中触发复位, 则单片机立即放弃当前操作而被强行从头开始执行程序。上电后, 单片机要进行一个内部的初始化过程, 这个过程就可以理解为上电复位, 上电复位保证单片机每次都从一个固定的相同的状态开始工作。这个过程跟计算机电源开机的过程是一致的。当程序运行, 遭受到意外干扰而导致程序死机, 或者程序跑飞的时候, 就可以按下一个复位按键, 让程序初始化重新运行, 这个过程就叫作手动复位。通过程序使单片机复位叫程序自动复位。