

应用型计算机与信息类专业实践规划教材

电子设计竞赛 基础与实践

DIANZI SHEJI JINGSAI JICHU YU SHIJIAN

主 编◎杨兴明

副主编◎高先和 谭 敏 黄景荣



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

电子设计竞赛基础与实践

主 编 杨兴明

副主编 高先和 谭 敏 黄景荣

合肥工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子设计竞赛基础与实践/杨兴明主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2012.7
ISBN 978-7-5650-0810-8

I. ①电… II. ①杨… III. ①电子电路—电路设计—计算机辅助设计—高等学校—
自学参考资料 IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 152107 号

电子设计竞赛基础与实践

杨兴明 主编

责任编辑 吴毅明

出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2012年7月第1版
地 址	合肥市屯溪路193号	印 次	2013年2月第1次印刷
邮 编	230009	开 本	787毫米×1092毫米 1/16
电 话	总 编 室:0551-62903038	印 张	26.5
	市场营销部:0551-62903163	字 数	628千字
网 址	www.hfutpress.com.cn	印 刷	合肥现代印务有限公司
E-mail	hfutpress@163.com	发 行	全国新华书店

ISBN 978-7-5650-0810-8

定价:39.80元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社市场营销部联系调换。

前言

本书为大学生电子设计竞赛培训的基础性教材。针对大学生电子设计竞赛的特点,为满足高等院校电子信息工程、通信工程、自动化、电气控制类专业学生参加各类大学生电子设计竞赛的需要,从常用元器件的使用、基本仪器的使用、装配工具及焊接工艺、基本模拟电路模块、单片机控制模块、高频电子线路模块等几个大的模块进行详述,同时在本书的最后还有与上述模块相对应的赛题实例,在实例中都包含了系统方案、电路设计、主要芯片、程序设计等内容。

本书内容丰富实用,叙述简洁清晰,工程实践性强,注重培养学生综合分析、开发创新和竞赛设计制作的能力。可作为高等院校电子信息工程、通信工程、自动化、电气控制类专业学生参加全国大学生电子设计竞赛的培训教材,也可作为参加各类电子制作、课程设计、毕业设计的教学参考书,还可作为工程技术人员进行电子电路、电子产品设计与制作的参考书。

本书分6章和3个附录,第1章介绍了常用电子元器件的通用质量参数,以及常用电阻器、电位器、电容器、电感元件、半导体分立元件、变压器、继电器、开关、敏感元件、传感器、散热片、晶振、保险元件的技术参数、分类和选用注意事项。电子电路工作人员的必备工具之一就是仪器仪表,了解常用仪器仪表的工作原理、掌握其使用方法尤为重要,在第2章中对万用表、示波器、信号发生器等原理和使用方法做了详细的介绍,以及在特定测量中的使用方法和功能扩展。第3章介绍了装配工具电烙铁的使用方法及焊接工艺。在第4章中介绍了模拟电子线路基础知识,首先介绍晶体二极管、三极管、场效应管等的主要参数及其测试方法,并例举了基本电路应用,然后介绍集成运算放大器的内部结构和主要性能参数的测试方法,以及使用集成运算放大器时的注意事项和应用实例。最后介绍直流稳压、稳流模块设计。第5章介绍单片机系统应用设计制作,首先以MCS-51单片机为例,介绍单片机的基本组成及工作原理,再以典型芯片AT89S52单片机为例介绍外部引脚功能,时钟电路和复位电路,以及MCS-51单片机执行指令系统。最后例举了数码管显示、液晶LCD显示、键盘、D/A转换和A/D转换的应用示例。第6章介绍了高频电子线路设计基础,主要介绍振幅调制与解调技术,频率调制与鉴频方法,二进制数字调制与解调,以及AFC和APC的技术分析,最后介绍了典型

无线收发电路。

本书在积累了多年文档及竞赛成果的基础上编写。其中第1章和第5章的5.3、5.4、5.5节,第6章的6.1、6.2节由杨兴明编写,第2章和第5章的5.1、5.2节,第6章的6.3节由高先和编写,第3章由黄景荣编写,第4章由谭敏编写,全书最后由杨兴明负责统稿。合肥工业大学历届大学生电子设计竞赛队员为本书的出版做出了巨大贡献,合肥工业大学副教务长张辉教授对本书中存在的问题提出了宝贵的意见和建议;合肥工业大学宣城校区管委会副主任、安徽省计算机高等教育研究会的副理事长胡学钢教授、张先宜副秘书长对本书的出版给予了很大的帮助,特别要提出感谢的是以下同学:曹赢、陆震、高银平、许东昌、朱健、汤星、段举、朱贤、谢成鑫、周天风、凌丽等。合肥学院电子信息与电气工程系的张盈盈及合肥学院电子爱好者协会历届大学生电子设计竞赛队员为本书也做出了巨大贡献,本文在编写过程中还参考了全国大学生电子设计竞赛历届一等奖作品的大量资料,尤其是黄智伟老师的大量资料,在此一起表示感谢。

在本书的编写过程中,参考了大量的国内外著作和资料,在此向这些作者表示衷心的感谢。由于受编者的水平和时间限制,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2012年8月

目 录

第 1 章 常用电子元器件

1.1 电子元器件的质量参数	(1)
1.2 常用电子元器件	(3)
1.2.1 电阻器	(3)
1.2.2 电位器	(8)
1.2.3 电容器	(11)
1.2.4 电感元件	(17)
1.2.5 半导体分立元件	(20)
1.2.6 变压器	(32)
1.2.7 继电器	(33)
1.2.8 开关	(35)
1.2.9 敏感元件	(36)
1.2.10 传感器	(37)
1.2.11 散热片	(38)
1.2.12 晶振	(39)
1.2.13 保险元件	(41)

第 2 章 基本仪器及其使用方法

2.1 万用表	(43)
2.1.1 万用表简介	(43)
2.1.2 万用表的基本使用	(43)
2.1.3 指针表和数字表的选用	(44)
2.2 示波器	(44)
2.2.1 前面板	(45)
2.2.2 输入信号的连接	(52)
2.2.3 调整 and 检查	(52)
2.2.4 功能检查	(53)

2.2.5	基本操作	(54)
2.3	信号发生器	(59)
2.3.1	主要特征	(59)
2.3.2	面板说明	(60)
2.3.3	使用说明	(64)
2.3.4	注意事项	(79)
2.4	泰克 TDS2012	(79)
2.4.1	开始测试之前	(79)
2.4.2	捕获偶发毛刺和异常	(80)
2.4.3	捕获偶发毛刺和异常(续)	(81)
2.4.4	调试数字电路定时问题	(81)
2.4.5	检验定时关系	(82)
2.4.6	检查信号完整性	(82)
2.4.7	检查信号完整性(续)	(83)
2.4.8	调试数字系统死锁	(83)
2.4.9	检查视频信号	(84)
2.4.10	测试视频信号的每一行	(85)
2.4.11	查找非预期电路噪声	(85)
2.4.12	查找非预期电路噪声(续)	(86)
2.4.13	供电电源谐波分析	(87)
2.4.14	供电电源谐波分析(续)	(87)
2.4.15	使用 OpenChoice® 软件存档测试结果	(88)
2.4.16	波形参数测量数据记录	(89)
2.4.17	使用 NI SignalExpress™ 泰克版软件进行波形分析	(89)
2.5	Agilent 33220A	(90)
2.5.1	Agilent 33220A 特性	(90)
2.5.2	Agilent 33220A 的基本操作	(91)
2.6	Keithley 2000 多功能数字电表	(96)
2.6.1	Keithley 2000 的系统特性	(96)
2.6.2	基本操作	(98)

第3章 装配工具及方法

3.1	装配工具	(104)
3.1.1	电烙铁	(104)
3.1.2	焊接材料	(105)

3.2 焊接工艺及方法	(105)
3.2.1 焊接工艺	(105)
3.2.2 典型焊接工艺及方法	(110)
3.2.3 拆焊	(112)
3.2.4 焊点的质量检查	(113)
第4章 模拟电子线路基础模块	
4.1 晶体管的参数测试与基本应用	(114)
4.1.1 晶体管的主要参数及其测试	(114)
4.1.2 二极管的基本应用	(115)
4.1.3 三极管的基本应用举例	(120)
4.1.4 场效应管的基本应用举例	(122)
4.2 集成运算放大器及其基本应用	(124)
4.2.1 集成运算放大器的内部结构	(124)
4.2.2 主要性能参数的测试方法	(125)
4.2.3 使用集成运算放大器时的注意事项	(128)
4.2.4 集成运算放大器的基本应用	(131)
4.3 交直流稳压、稳流模块设计	(141)
4.3.1 集成直流稳压电源的设计	(141)
4.3.2 恒流源	(152)
4.3.3 基准电压源	(155)
第5章 单片机最小系统设计制作训练	
5.1 MCS—51 单片机的基本组成及工作原理	(158)
5.1.1 MCS—51 系列单片机的内部组成	(158)
5.1.2 8051 内部数据存储器(内部 RAM)	(160)
5.1.3 8051 内部程序存储器(内部 ROM)	(165)
5.1.4 MCS—51 系列单片机典型芯片的外部引脚功能	(166)
5.1.5 并行输入/输出	(169)
5.1.6 CPU 的时钟电路和时序定时单位	(169)
5.1.7 单片机执行指令的过程	(171)
5.2 数码管显示原理和驱动电路	(172)
5.2.1 数码管结构种类	(172)
5.2.2 显示原理	(172)
5.3 键盘及其接口技术	(176)

5.3.1	键盘接口电路	(176)
5.3.2	键盘的抖动干扰	(176)
5.4	单片机控制液晶显示 LCD	(181)
5.4.1	LCD 的基本结构及工作原理	(181)
5.4.2	操作 SMC1602A 的 11 条指令	(182)
5.4.3	液晶显示 LCD 的一个简单实验	(184)
5.5	DA 转换和 AD 转换	(187)
5.5.1	D/A 转换器	(187)
5.5.2	A/D 转换器	(194)

第 6 章 高频电子线路设计基础

6.1	调制与解调技术	(205)
6.1.1	振幅调制与解调技术	(205)
6.1.2	频率调制与鉴频方法	(208)
6.1.3	二进制数字调制与解调电路	(221)
6.2	无线电技术中的反馈控制电路	(228)
6.2.1	AGC、AFC 和 APC 的应用	(228)
6.2.2	直接频率合成法与锁相环路法	(230)
6.2.3	直接功率合成器	(235)
6.3	无线电接收与发射设备	(236)
6.3.1	概述	(236)
6.3.2	无线电接收机	(237)
6.3.3	调频发射机	(244)

附录一

作品一	实用低频功率放大器	(248)
作品二	测量放大器	(255)
作品三	宽带直流放大器	(264)
作品四	简易数控直流源	(272)
作品五	任意波形发生器	(287)
作品六	无线温度遥测遥控系统设计	(298)
作品七	无线识别装置	(316)
作品八	液体点滴速度监控装置	(325)
作品九	电动车跷跷板	(336)
作品十	数字幅频均衡放大器	(346)

作品十一 抗同频干扰的收发系统设计	(354)
作品十二 单工无线呼叫系统设计	(356)
作品十三 无线考试作弊监测干扰仪	(380)

附录二 常用芯片汇集

1. 数字电路类芯片	(386)
2. 集成运放芯片	(393)
3. 稳压类芯片	(397)
4. 其他常用芯片	(399)

附录三 集成电路

1. 模拟集成电路	(402)
2. TTL 数字集成电路	(402)
3. CMOS 集成电路	(405)
4. 常用逻辑符号对照表	(409)

参考文献	(411)
------------	-------

第1章

常用电子元器件

电子元器件无处不在,不论是日常的消费电子产品还是工业用电子设备,都是由基本的电子元器件构成的。电子元器件属于电子信息产业的中间产品,介于电子整机行业和原材料行业之间,其发展的快慢、所达到的技术水平和生产规模,不仅直接影响着整个电子信息产业的发展,而且对发展信息技术、改造传统产业、提高现代化装备水平、促进科技进步等都具有重要意义,是一个国家科技实力的反映。

1.1 电子元器件的质量参数

电子元器件除有特性参数及规格参数外,往往还专门规定有质量参数,用它来描述元件特性参数和规格参数随环境因素变化的规律。电子元器件的质量参数包括温度系数、噪声电动势、高频特性、机械强度、可焊性及可靠性等。

1. 温度系数

电子元器件的特性及规格参数会随环境温度的变化而变化,温度每变化 1°C ,其数值变化的百分数叫做温度系数,单位为 $1/^{\circ}\text{C}$ 。温度系数描述了元器件的数值稳定性,温度系数越小,它的数值越稳定,反之则数值稳定性越差。温度系数还有正负之分,正温度系数表示,当环境温度升高时元器件的数值增加;负温度系数表示,当环境温度升高时元器件的数值减少。其值主要取决于元器件的制作材料,此外其结构及制作工艺也会对温度系数产生影响。温度系数会影响由每个电子元器件构成的一个整机的稳定性,因而要根据整机工作的环境特性来选择具备相适宜温度系数的元器件。

2. 噪声电动势和噪声系数

在电子设备中,放大器的输出端除了输出有用信号外,同时还输出有害的干扰信号。这种干扰信号有的是从电子设备外部产生的,如雷电、工业设备的打火放电都会通过电磁波辐射,由电子设备接受、放大后形成干扰信号;有的则是由电子设备内部产生的,如电视机屏幕上产生的雪花点等。一般情况下,有用信号比内部噪声信号大得多,此时内部干扰对电路的危害很小,可以忽略不计。但当有用信号非常微弱时,噪声信号可能将有用信号“淹没”,造成电子设备无法正常工作,这时对于噪声产生的危害就应该予以重视了。

内部噪声主要是由各种电子元器件产生的。电子元器件内部的自由电子在一定温度范围内总是处于无规则的热运动状态,从而在内部形成了大小、方向都随时间不断变化的“无规则”电流,并在导体的等效电阻两端产生随机变化的、能在很宽的频率范围内都起作用的噪声电动势。由于这种噪声是由自由电子热运动产生的,通常把它叫做热噪声。

除了热噪声之外,各种电子元器件由于制造材料、产品结构及生产工艺的不同,还会

产生其他类型的噪声。

通常由信噪比来描述电阻、电容、电感等无源元件的噪声程度,其定义为元器件内部产生的噪声功率与其两端的外加信号功率之比。即

$$\text{信噪比} = S/N$$

式中, S 为元件两端所加信号电压; N 为元件内部产生的噪声电动势。

对于晶体管或集成电路等有源元件的噪声,则用噪声系数来衡量,即

$$\text{噪声系数}(F) = (S_i/N_i)/(S_o/N_o)$$

式中, S_i/N_i 为输入端信噪比; S_o/N_o 为输出端信噪比。

3. 高频特性

在不同的工作频率下,电子元件会出现不同的频率响应,这种现象主要是由制造元器件时所使用的材料及元器件结构所造成的。通常条件下,在分析电路时往往把电子元器件作为理想元器件来考虑,但当它处于高频状态时,原来不突出的特性就会表现出来,这些特性就称为元器件的高频特性。在设计和制作高频电路时,必须考虑元器件的高频特性,就电容和电感而言应选择分布电感和分布电容较小的元器件。除此之外,元器件的排列布局结构也应慎重,否则会产生不同的频率响应。

4. 机械强度

电子元器件的机械强度是重要的质量参数之一。电子元器件被装入电子设备后,便会同设备一起经受使用环境的考验。若设备内电子元器件的机械强度不够高,就会在设备使用过程中受到振动或冲击的作用而发生断裂,造成电子设备无法正常工作。因此,在设计整机电子产品时,应根据设备的使用环境条件去选择元器件。

5. 可焊性

电子元器件的“虚焊”是造成电子设备故障的常见原因之一,造成虚焊的原因有两个方面:一个方面是元器件的可焊性差;另一个方面就是焊接元器件的工艺水平低下。为了减少电子设备的故障率,减少元器件的虚焊是一个非常必要的措施,除了提高焊接工艺水平外,还应选择可焊性好的元器件。

6. 可靠性

可靠性是电子元器件的一项重要质量指标。电子设备的可靠性主要依赖于电子元器件的可靠性,只有选用高可靠性的元器件,才能设计出高可靠性的电子设备。

电子元器件的高可靠性体现在一些性能指标上,如寿命、功率、高频特性、抗机械压力特性、抗静电特性、抗辐射性、低功耗、耐高低温性能、耐压性及适应环境的能力等。

概括地说,电子元器件的可靠性就是元器件在规定的条件下,在规定的时间内完成规定性能作用的能力。这种能力的大小就是可靠性。

7. 电子元器件的选择原则

- (1) 尽量选用高可靠性的电子元器件;
- (2) 选择正式厂家生产的优质产品;
- (3) 采用系列元器件、标准元器件;
- (4) 选用集成电路时,应选用陶瓷封装器件;
- (5) 应尽量选用大、中规模集成电路代替由分立元件组成的电路,以降低失效率。

- (6)选用微功耗器件,以减小元器件的温升,提高系统工作的稳定性;
- (7)应尽量不使用可调元器件,因为其可靠性低于固定元器件。

1.2 常用电子元器件

随着电子技术的发展和普及应用,各种新型的电子元器件层出不穷,在电子产品中发挥着越来越重要的作用。下面将从常用的使用思路出发,从众多的电子元器件中挑选出学生在实践环节中常用到的一些元器件。本书中元器件的介绍以电阻、电容、电感、晶体管为主,详细介绍它们的原理、识别方法以及检测方法,另外辅以其他一些常用元件的介绍,开阔大家的视野,帮助大家更加专业地完成实践活动。

1.2.1 电阻器

电阻器是电子电路元器件中应用最广泛的一种,在电子设备中约占元件总数的 30% 以上,其质量的好坏对电路工作的稳定性有极大影响。电阻器主要用途是稳定和调节电路中的电流和电压,其次还可作为分流器、分压器和消耗电能的负载等。

电阻器属于无源器件,种类繁多。按结构形式可分为:固定数值电阻和可变电阻器(又称电位器)。按材料可分为:合金型、薄膜型和合成型。按功率规格可分为:1/16W、1/8W、1/4W、1W、2W、5W 等。由于制作材料和工艺不同可分为:膜式电阻、实芯式电阻、金属线缆电阻(RX)和特殊电阻四种类型。按误差范围可分为:普通型($\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$)和精密型($\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 0.5\%$ 等)。按用途不同可分为:普通电位器、精密电位器、功率电位器、微调电位器和专用电位器等。

1. 电阻器的主要技术指标

(1)额定功率

额定功率指电阻长时间工作,而不显著影响其性能条件下所允许消耗的最大功率。一般常用的有 1/16W、1/8W、1/4W、1W、2W、5W 等多种规格。当超过额定功率时,电阻器的阻值将发生变化,甚至发热烧毁。为保证安全,在设计电路时一般选其额定功率比它在电路中消耗的功率高 1~2 倍。

(2)标称阻值

标称阻值是指在电阻的生产过程中,按一定的规格生产电阻系列,这个电阻系列随着误差的不同有所区别,现在最常见的有 E₂₄ 系列,其精度为 $\pm 5\%$,标称值见表 1-1。表中的数值再乘以 10ⁿ,就可以得到各种阻值的电阻。在实际电路设计应用时,设计值不等于标称值时,可以选择数值相近的电阻。

表 1-1 电阻标称值系列

标称系列	精度	电阻器、电位器、电容器标称数值							
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0
E ₂₄	$\pm 5\%$	2.2	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.3
		4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1

(3)精度

精度也称作误差,是指电阻的实际阻值与标称值的相对误差。常用电阻精度有 $\pm 20\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 0.5\%$ 、 0.2% 等十多种。实际应用时要根据不同的要求来选择不同精度的电阻。

(4)最高工作电压

最高工作电压是由电阻器、电位器最大电流密度、电阻体击穿及其结构等因素所规定的工作电压限度。对阻值较大的电阻器,当工作电压过高时,虽功率不超过规定值,但内部会发生电弧火花放电,导致电阻变质损坏。

2. 电阻的种类

在电子设备的实际应用中,我们按照电阻制作的材料的不同进行分类。常见的种类与性能见表 1-2,外观如图 1-1 所示。

表 1-2 电阻分类

种类	优点	缺点	外观
碳膜电阻	较好的稳定性和适应性,并且价格便宜	-	漆皮为绿、蓝灰、米黄色
金属膜电阻	各方面性能比属膜电阻更好,常用于精密设备	价格高	漆皮为深红色
线绕电阻	阻值精确,承受功率大	但不适合高频工作	漆皮为黑色

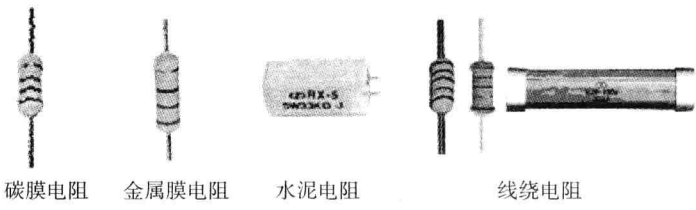


图 1-1 常见电阻分类

也可按照电阻的阻值特性分类。不能调节的,我们称之为固定电阻。而可以调节的,我们称之为可调电阻。而常见的例如收音机音量调节的,主要用于电压分配,我们称之为电位器(见图 1-2),后面将作单独详细介绍。

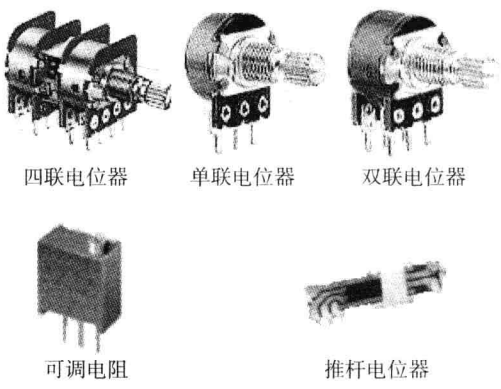


图 1-2 常见电位器

除此之外,我们也还会用到一些特殊的电阻元件。这些电阻元件的特点是它的阻值会根据一些外界因素的变化而变化。例如:受光照影响的我们称为光敏电阻、受外界压力影响的是压敏电阻,还有热敏、气敏、电敏等等。相关电阻的图片如图1-3所示。



图 1-3 敏感电阻

另外,还有一种一般接在数码管、单片机外的,内部是由大小相等的电阻并联而成的元件称为排阻(见图1-4)。它们的一个引脚都连到一起,作为公共引脚,其余引脚正常引出。所以如果一个排阻是由 n 个电阻构成的,那么它就有 $n+1$ 只引脚,一般来说,最左边的那个是公共引脚。它在排阻上一般用一个色点标出来。排阻一般应用在数字电路上,比如:作为某个并行口的上拉或者下拉电阻用。使用排阻比用若干只固定电阻更方便。

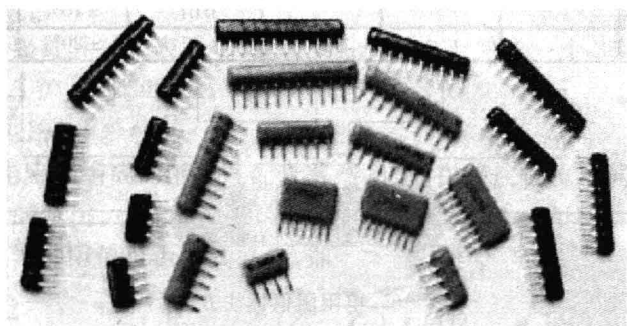


图 1-4 直插排阻

3. 阻值的标注方式

在实际应用中,常常见到电阻阻值的两种标注方式:一种是数字与单位直接标注的方式,即把元器件的主要参数直接印制在元件的表面上;另一种是利用色环来标注,即在圆柱形元件(主要是电阻)体上印制色环、在球形元件(电容、电感)和异形器件(如三极管)体上印制色点,表示它们的主要参数及特点,我们称之为色标法。它也分两种:4 环电阻与 5 环电阻,数值的读取方法、颜色与数值的对应关系如图 1-5 所示。

4. 电阻器在电路中的作用

电阻器在电路中用作分压器、分流器和负载电阻;它与电容器一起可以组成滤波器及延时电路;在电源电路或控制电路中用作取样电阻;在半导体管电路中用偏置电阻确定工作点;用电阻进行电路的阻抗匹配;用电阻进行降压或限流;在电源电路中作为去耦电阻使用等等。总之,电阻器在电路中的作用很多,电路无处不用电阻。下面介绍一些电阻器的基本电路:

(1) 分压电路

分压电路实际上是电阻的串联电路,它有以下几个特点:

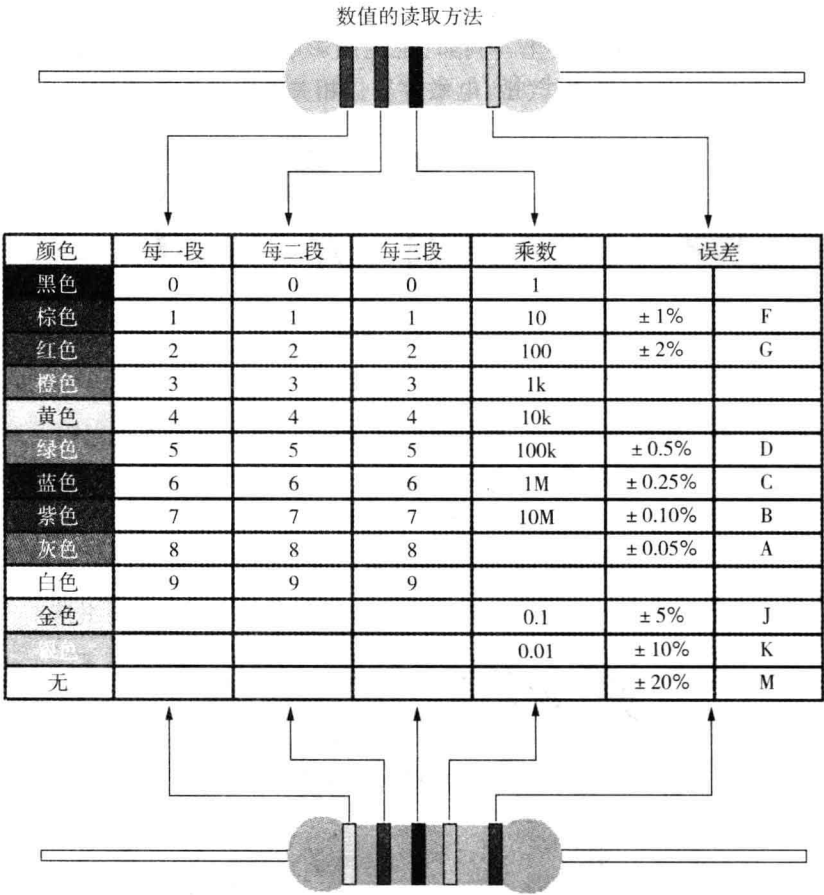


图 1-5 电阻阻值标注方法

- ① 通过各电阻的电流是同一电流,即各电阻中的电流相等 $I=I_1=I_2=I_3$;
- ② 总电压等于各电阻上的电压降之和,即 $V=V_1+V_2+V_3$;
- ③ 总电阻等于各电阻之和,即 $R=R_1+R_2+R_3$ 。

在实践中可利用电阻串联电路来进行分压以改变输出电压,如收音机和扩音机的音量调节电路、半导体工作点的偏置电路及降压电路等。

(2)分流电路

分流电路实际上是电阻器的并联电路,它有以下几点特点:

- ① 各支路的电压等于总电压;
- ② 总电流等于各支路电流之和,即 $I=I_1+I_2+I_3$;
- ③ 总电阻的倒数等于各支路倒数之和,即 $1/R=1/R_1+1/R_2+1/R_3$ 。

在实践中经常利用电阻器的并联电路组成分流电路,以对电路中的电流进行分配。

图 1-6 是用于扩大电流表量程的分流电路。

电流表的满度电流为 $50\mu\text{A}$ 。现需将它改成一个最大量程为 $500\mu\text{A}$ 的电流表,此时只需要在电流表两端并上一只电阻器 R_1 即可。

根据图 1-6(b)并联电路可知

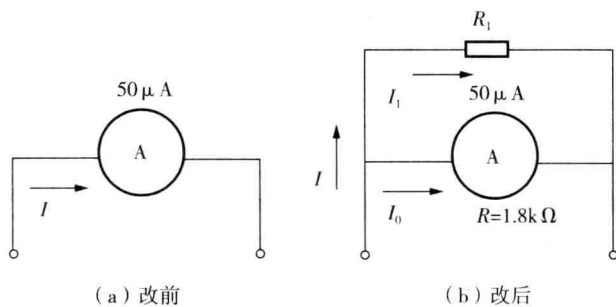


图 1-6 量程扩大

$$I = I_1 + I_0$$

若 $I = 500 \mu\text{A}$, 则

$$I_1 = I - I_0 = 500 - 50 = 450 \mu\text{A}$$

由于 $I_0 \times R_0 = I_1 \times R_1$ (式中 R_0 为电流表内阻), 求得

$$R_1 = (I_0 \times R_0) / I_1 = 200 \Omega$$

上述的分流电路计算结果表明, 只要在 $50 \mu\text{A}$ 表头上并联一个 200Ω 的电阻, 即可使表头的量程由 $50 \mu\text{A}$ 扩大到 $500 \mu\text{A}$ 。

(3) 阻抗匹配电路

图 1-7 为由电阻器组成的阻抗匹配衰减器: 它接在特性阻抗不同的两个网络中间, 可以起到匹配阻抗的作用。

匹配器中电阻器的阻值可由下式确定, 即

$$R_1 = \sqrt{Z_1(Z_1 - Z_2)} \quad (\Omega)$$

$$R_2 = Z_2 \sqrt{\frac{Z_1}{Z_1 - Z_2}} \quad (\Omega)$$

式中, Z_1 和 Z_2 为网络 1 和网络 2 的阻抗, 它们分别为 300Ω 和 75Ω 。将它们代入上面两个公式中, 则求得 $R_1 = 259.8 \Omega$, $R_2 = 86.6 \Omega$ 。

(4) 充放电电路

充放电电路是电阻器应用的基础电路, 在电子电路中会常常见到, 因此了解 RC 充放电特性是非常有用的。RC 充放电电路如图 1-8 所示。图中开关 S 原来合在 B 点, 电容器 C 上没有电荷, 两端电压等于零。当开关拨到 A 点时, 电源 E 通过 R 给电容器 C 充电, 在电路接通的瞬间, 电容器电压 $V_C = 0$, 充电电流最大值等于 E/R 。随着电容器两极上电荷的积累, V_C 逐渐增大, 电阻器 R 上的电压 $V_r = E - V_C$, 充电电流 $I = (E - V_C)/R$ 且随着 V_C 的增大而越来越小, V_C 的上升也越来越慢。当 $V_C = E$ 时, $I = 0$, 充电过程结束。

实验证明, 充电过程可用下面公式描述, 即

$$V_C = E(1 - \frac{e^{-t}}{RC})^e$$