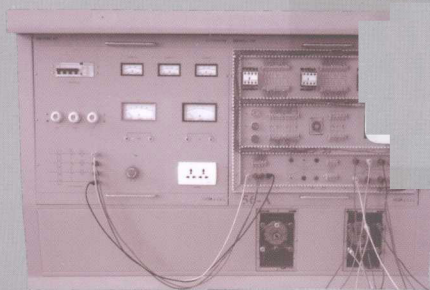


21世纪国家级工程训练中心创新实践规划教材

电子电工实践教程

● 苏红娟等 编著



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

电子电工实践教程

苏红娟 等 编著

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书对电子电工实践内容及其相应的理论知识做了详尽的介绍,注重基本理论及技能的培训。涉及知识面宽,既适合本科电子电工专业实践教学的需要,也可满足理工科其他专业的实践教学使用。

图书在版编目(CIP)数据

电子电工实践教程/ 苏红娟等编著. —上海:上海
交通大学出版社,2010

ISBN 978-7-313-06706-7

I. 电... II. 苏... III. 电子技术—高等学
校—教材 IV. ①TN ②TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 147242 号

电子电工实践教程

苏红娟 等 编著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 951 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

上海颀辉印刷厂 印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:12.25 字数:301 千字

2010 年 9 月第 1 版 2010 年 9 月第 1 次印刷

印数:1~3 030

ISBN 978-7-313-06706-7/TN 定价:20.00 元

版权所有 侵权必究

前 言

《电子电工实践教程》是根据高等工科院校电子技术实践教学的基本要求,以构建多学科、综合性创新人才培养体系为依据,以培养具有创新意识和动手能力,会动脑、会设计、会实践,有系统概念和较全面现代化知识的综合型高素质人才为目标而编写的一本通用性实践教材。

本教程是上海交通大学工程训练中心电子电工实践指导教师在《电子技术实践教程》基础上,结合目前教学状况和教学改革要求,经修订扩充后整理编写的一本电子电工实践课教材。不仅全面地介绍了电工电子技术中需重点掌握的知识要领,而且将理论知识与实践内容有机地结合在一起,既考虑到与理论课的衔接,又体现了实践课的独立体系和特色。学生通过对本教材的学习,能够在教师的指导下独立完成设定的实践项目,从而达到预期的培养目标。

本教材由苏红娟、傅桂荣、徐季旻、王留芳、李劲松、董德礼共同编写。其中第1、4章由苏红娟编写,第2、3章由傅桂荣编写,第5章由董德礼编写,第6章由王留芳编写,第7章由徐季旻编写,第8章由李劲松、苏红娟编写,全书由苏红娟统稿。

上海交通大学电子信息学院陈洪亮教授、张峰教授对全书进行了认真的审阅和修改,并提出了宝贵的意见,在此深表感谢。

由于编者的水平和经验有限,错误和不妥之处难免,恳请读者批评指正。

编 者

2010年5月

目 录

第1章 安全用电	1
1.1 用电常识	1
1.2 触电事故	1
1.3 触电伤害	3
1.4 触电急救	3
1.5 安全保护措施	4
1.6 安全防护制度	6
第2章 常用电子元器件识别与检测	8
2.1 电阻器	8
2.1.1 电阻器型号命名方法	8
2.1.2 电阻器的分类	9
2.1.3 电阻器的主要参数及标注方法	12
2.1.4 电阻器和电位器的检测	14
2.1.5 电阻器和电位器的选用	14
2.2 电容器	15
2.2.1 电容器型号及命名方法	16
2.2.2 电容器的分类	16
2.2.3 电容器的主要参数及标注方法	19
2.2.4 电容器的检测	20
2.2.5 电容器的选用	21
2.3 电感器	21
2.3.1 电感器的型号命名	22
2.3.2 电感器的分类	22
2.3.3 电感器的主要参数及标注方法	24
2.3.4 电感器的检测	24
2.3.5 电感器的选用	24
2.4 变压器	25
2.4.1 变压器的型号命名	25
2.4.2 变压器的分类	25
2.4.3 变压器的检测	27
2.5 扬声器(喇叭)	27
2.5.1 扬声器型号命名	27

2.5.2 扬声器的分类	27
2.5.3 扬声器主要性能参数	28
2.6 晶体管与集成电路	29
2.6.1 晶体二极管	29
2.6.2 晶体三极管	31
2.6.3 集成电路	34
第3章 常用电子仪器仪表的使用	38
3.1 万用表	38
3.1.1 MF368型万用表	38
3.1.2 指针式万用表使用方法	39
3.1.3 UT51—55型数字万用表的功能	40
3.1.4 使用方法	41
3.2 交流毫伏表	42
3.2.1 面板操作键的功能	42
3.2.2 使用方法	43
3.2.3 使用注意事项	43
3.3 直流稳压电源	44
3.3.1 面板的控制功能	44
3.3.2 使用方法	44
3.4 信号发生器	45
3.4.1 面板操作键的功能	45
3.4.2 使用方法	46
3.5 DDS函数信号发生器	47
3.6 示波器	51
3.6.1 YB4324型双踪示波器面板操作键的功能	51
3.6.2 示波器的常用测试方法	54
第4章 电子产品的制作与调试	57
4.1 焊接基础知识	57
4.1.1 焊接的分类	57
4.1.2 焊接的方法	58
4.1.3 焊接工具	58
4.2 焊接工艺要求	59
4.2.1 直插元器件的焊接	59
4.2.2 表面贴装元器件焊接	62
4.3 调试及检修	63
4.3.1 调试的一般方法	63
4.3.2 故障种类	64

4.3.3 故障的诊断方法	64
4.3.4 故障的排除方法	66
第5章 收音机的安装与调试——实践专题之一	68
5.1 无线电广播	68
5.2 超外差式收音机的构成	69
5.3 超外差式收音机的工作原理	69
5.4 9018型六管超外差收音机性能	72
5.5 元器件及材料清单	73
5.6 故障原因分析与处理方法	79
第6章 单片机的安装与调试——实践专题之二	82
6.1 SPCE061A的简介	82
6.1.1 SPCE061A的功能特点	82
6.1.2 SPCE061A的内部结构与引脚功能	83
6.2 精简“61”开发板简介	85
6.2.1 主要性能指标	86
6.2.2 系统各模块的工作原理	86
6.2.3 元器件及材料清单	88
6.2.4 精简“61”开发板的制作工艺	89
6.2.5 “61”板电气性能测试	91
6.2.6 “61”板的综合测试	93
6.3 精简“61”开发板的应用实践基础	96
6.3.1 语音压缩编码基础	97
6.3.2 常用的应用程序接口 API	99
6.3.3 C语言实现语音播放的应用实例	104
6.4 “61”板扩展应用与创新实践基础	108
6.4.1 unSP™支持的C语言基础	108
6.4.2 C函数和汇编函数的程序调用协议	109
6.4.3 unSP™的C语言嵌入式汇编	112
6.4.4 I/O端口的C语言设计基础	114
6.4.5 中断系统的C语言设计基础	118
6.4.6 学生部分实习作品	122
6.5 常见故障分析与解决方法	122
第7章 电动机控制电路安装与调试——实践专题之三	126
7.1 三相异步电动机的控制技术	126
7.2 三相异步电动机基本控制电路	131
7.2.1 电动机直接起动控制电路	131

7.2.2 电动机正反转控制电路	132
7.2.3 接线与调试步骤	133
7.3 三相异步电动机时间控制电路	135
7.3.1 电动机顺序起动控制电路	135
7.3.2 电动机 Y- Δ 起动控制电路	136
7.3.3 接线与调试步骤	137
7.4 故障分析与处理	138
第8章 印制电路设计与制作——实践专题之四	140
8.1 印制电路板的基本知识	140
8.1.1 印制电路板的作用和分类	140
8.1.2 印制电路板设计基础	142
8.1.3 印制电路板的抗干扰措施	146
8.1.4 印制电路板制作工艺	147
8.2 Protel DXP 2004 电路设计	149
8.2.1 概述	149
8.2.2 Protel 原理图设计系统	151
8.2.3 Protel PCB 设计系统	167
8.3 印刷电路板设计实例	178
8.3.1 单面板设计实例	178
8.3.2 双面板设计实例	183
参考文献	188

第1章 安全用电

本章要点

1. 安全用电基本知识:触电事故类型、触电伤害的电压、电流条件、触电后的急救措施。
2. 安全用电保护措施:设备接地、漏电保护器原理和作用。
3. 安全用电防护制度:实验室应该遵守的安全制度。

电是现代社会不可缺少的动力来源,工业生产和文明生活都离不开电,电对人类的进步和发展起着非常重要的作用。然而电的使用具有两面性,它给我们带来极大益处的同时,若使用不当,又会造成巨大的危害。如果未掌握必要的安全用电基本知识,操作中缺乏足够的警惕,就可能发生人身、设备事故。

安全用电主要包括人身安全和设备安全,当发生安全用电事故时,不仅会损坏设备,还可能引起人身伤亡、火灾或爆炸等安全事故。因此,普及安全用电的基本知识既是劳动保护教育 and 安全技术中的重要组成部分,也是实践教学内容中必不可少的环节。安全用电是指在确保人身设备安全的前提下,正确使用各种用电设备时应该采取的 necessary 措施及用电的注意事项。

1.1 用电常识

交流电和直流电是人们在生活和生产中应用最广泛的两种电源。交流电的电压或电流强度与方向是随时间呈周期性变化;而直流电的电流或电压的方向和强度是不随时间变化而变化(强度有变化但方向不变的称为脉动直流)的。我国电力系统提供的交流电频率为 50Hz(工频)。直流电可以由蓄电池或干电池提供,也可以由直流稳压电源提供。我国电网提供的交流电压只有固定的 220V 和 380V 两种,如需要特殊交流电压值,可通过变压器将电源电压转换成与电器额定电压相适应的电压值。

常用电器设备额定电压通常在电器上都有标明。电器设备在使用之前,首先要看清楚电器的额定电压是否与供电电压相符。如果接错电源,会造成电器设备无法正常工作,甚至会烧毁电器。

1.2 触电事故

触电泛指人体触及带电体。触电事故分为电击和电伤两类。触电的形式可分为单相触电、两相触电、跨步触电三种形式。

1. 单相触电

单相触电是指人体某一部分触及一相电源或接触到漏电的电气设备,电流通过人体流入

大地造成触电。触电事故中大部分属于单相触电,而单相触电又分为电源中性点接地的单相触电和电源中性点不接地的单相触电两种。

(1) 电源中性点接地的单相触电,如图 1-1 所示。人站在地面上触及一根相线。电流将从人体经大地回到电源中性点。这时人体处于 220V 相电压下,若脚与地面绝缘不好,会导致回路电阻较小而电流较大,就很危险。因此,绝对禁止赤脚站在地面上接触电气设备。

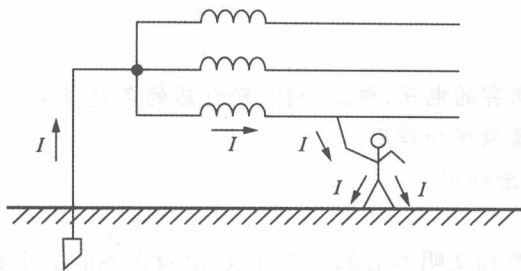


图 1-1 中性点接地的单相触电

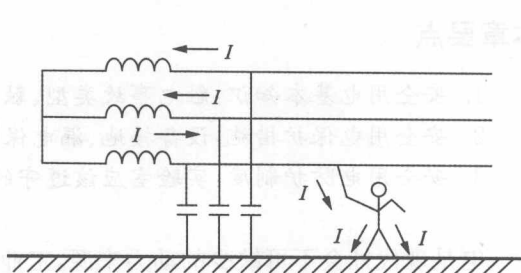


图 1-2 中性点未接地的单相触电

(2) 电源中性点不接地的单相触电,如图 1-2 所示。由于输电线与大地之间有电容存在,交流电可经这种分布电容 C 构成的通路而流入人体。

单相触电大多数是由于电气设备损坏或绝缘不良,使带电部分裸露而引起的。在触电事故中单相触电比例最高。通常,中性点接地电网的触电比不接地电网的危险性大。

2. 两相触电

两相触电是指人体两个部位同时触及两根相线而发生的触电事故,如图 1-3 所示。这种形式的触电,加在人体的电压为 380V 线电压,电流将从电源的一相经人体流入另一相导线。两相触电的后果比单相要严重得多。

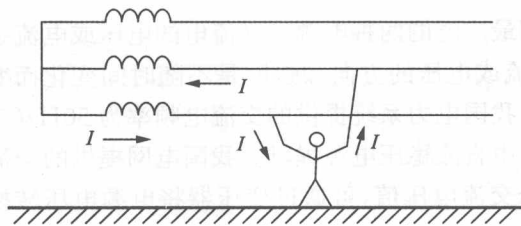


图 1-3 两相触电

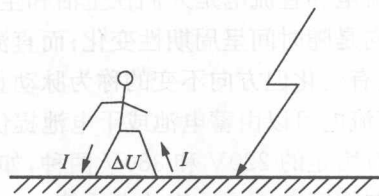


图 1-4 跨步电压触电

3. 跨步电压

在高压电网接地点或防雷接地及高压火线断落或绝缘损坏处,电流便流入了接地体附近的地下,强大的电流在接地点周围的土壤中会产生电压降。如果有人走近接地点附近时,两脚因站在不同的电位上而承受跨步电压,即两脚之间此时会产生电位差,如图 1-4 所示。

跨步电压能使电流通过人体而造成伤害。因此,当设备外壳带电或通电导线断落地面时,应立即将故障地点隔离,不能随便触及,也不能在故障地点附近走动。已进入跨步电压危险区者应采取单脚或双脚并拢方式迅速跳出危险区域。

1.3 触电伤害

触电对人体伤害程度与以下几方面因素有关:

1. 电流大小

通过人体的电流越大,对人体的伤害就越大。实验证明,电流为 10mA 时,触电者有痛苦感觉,可自行摆脱。电流达到 30mA 时,触电者肌肉会产生强烈痉挛,时间超过 1s 即有生命危险。电流超过 250mA 时,心脏室性纤颤,丧失知觉,时间超过 0.2s 以上心脏停止跳动,体内电灼伤。

2. 电流种类

电流种类的不同对人体造成的损伤也不同。交流电会造成电击和电伤的同时发生,而直流电一般只引起电伤。频率在 40~100Hz 的交流电对人体最危险,日常使用的 50Hz 交流电就在该危险频率范围内,因此特别要注意用电安全。

3. 人体电阻

人体电阻与皮肤干燥程度有很大的关系,当皮肤干燥时电阻可达 100k Ω 以上,而皮肤潮湿时,电阻可降到 1k Ω 以下,因此,潮湿皮肤触及带电体时伤害程度更严重。

4. 电压高低

人体接触的电压越高,通过人体的电流越大,对人体的伤害越大。一般将 36V 以下的电压作为安全电压。在潮湿的环境中,因为人体电阻的降低,即便接触 36V 的电压也会有生命危险。因此,选用 24V 或 12V 电压更安全。

5. 电流路径

电流无论从什么路径通过人体都会造成触电者伤亡。其中电流通过人体左手流到前胸的路径最危险,而电流从脚到脚的路径危险性相对小些,但触电者可能因痉挛而摔倒,导致电流通过全身或二次事故。

6. 触电时间长短

触电电流与触电持续时间的乘积称为电击能量。触电者通电时间越长,电击能量越多,越容易引起心室颤动。由于心室颤动细微,心脏不能起压送血,引起全身血液循环中止而死亡。根据研究结果表明,电击能量超过 50mA $\cdot$ s 时,人就有生命危险。

1.4 触电急救

发生触电事故时,千万不要惊慌失措,必须用最快的速度使触电者脱离电源。触电时间越长,对人体损害越严重。据有关资料介绍,触电后 1min 就开始抢救者,一般有 90% 获得良好效果;触电后 6min 开始抢救者,仅 10% 获得良好效果;而触点后 12min 才开始抢救者,其救活的可能性极小。由此可见,几秒钟的迟缓都可能造成不可挽救的后果。触电者未脱离电源前本身就是带电体,抢救者绝对不能用手直接去拉触电者,否则会使抢救者也同样触电。抢救触电者时,通常采用以下几种急救方法和措施:

(1) 一旦发生触电事故应该迅速切断现场附近的电源开关,如果电源开关离事故现场较远或一时找不到开关,可用身边的绝缘钳剪断电线,并注意用单手操作,防止自身触电。剪断的电源要用绝缘胶布包好,以免再次引起触电事故。

(2) 如果触电者身上有电线时,要用干燥的木棒、竹竿或其他绝缘物体将电线拨开,使触电者迅速脱离电源。

(3) 触电者脱离电源后要立即进行急救,如果触电者所受的伤害不太严重,神智尚清醒,但出现心悸、出冷汗、恶心、呕吐、四肢发麻等现象,则应让其在通风暖和的地方静卧休息,注意观察,同时请医生前来诊治或送往医院救治。

(4) 如果触电者已失去知觉,但呼吸和心跳正常,则应让其平卧,解开衣服以利于呼吸畅通,同时立即拨打 120 急救电话或校医院电话,以最快的速度送往医院抢救。

(5) 如果触电者心跳、呼吸都已停止,也要立即拨打急救电话请医生前来抢救。在医生没有到达之前,要立即进行人工胸外心脏挤压与口对口人工呼吸。配合的方法是:做一次口对口人工呼吸后,再做四次胸外心脏挤压,并要坚持不停顿地进行,直到触电者恢复正常后再送医院由医生处理。

1.5 安全保护措施

为了防止触电事故的发生,除了工作人员必须严格遵守操作规程,正确安装和使用电气设备之外,还应该采取保护接地、保护接零等安全措施。

1. 保护接地

在正常情况下,电气设备的金属外壳是不带电的。如果将电气设备的金属外壳和埋入地下并与其周围土壤良好接触的金属接地体连接在一起,称为保护接地,如图 1-5 所示。设备一旦接地后将会起到保护作用。

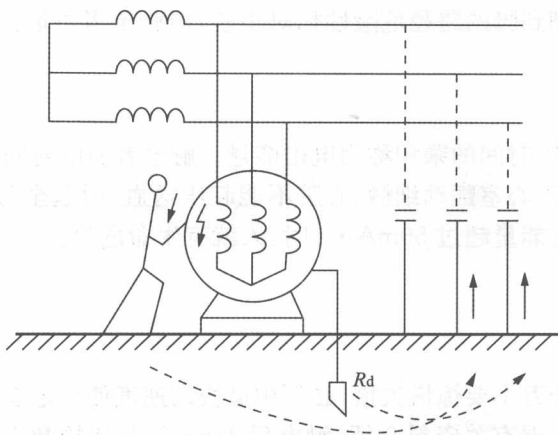


图 1-5 保护接地

由于电气设备绝缘损坏或因漏电等原因会造成电气设备的金属外壳带有 220V 相电压,如果金属外壳没有保护接地,一旦人接触到外壳,就会发生触电事故。采取保护接地后,因接地电阻 $R_d < 4\Omega$,故金属外壳的电位接近地电位,即使人碰到外壳,通过人体的电流也几乎为

零,因为漏电电流绝大部分经过接地导体流入大地,从而避免了触电事故。保护接地仅适用于中性点不接地的三相供电系统,而三相电源中性点接地的情况下,不宜采用保护接地。

2. 保护接零

保护接零是指把电气设备在正常情况下不带电的金属外壳与电网的零线(或称中线)连接起来,如图 1-6 所示。当电气设备某一相发生漏电或碰壳时,由于金属外壳与零线相联,形成单相短路,该相保护装置(例如熔丝熔断)就动作,切断了电源,这时外壳不带电,保护了人身安全和电网的正常运行。保护接零的导线中不允许安装熔断器。

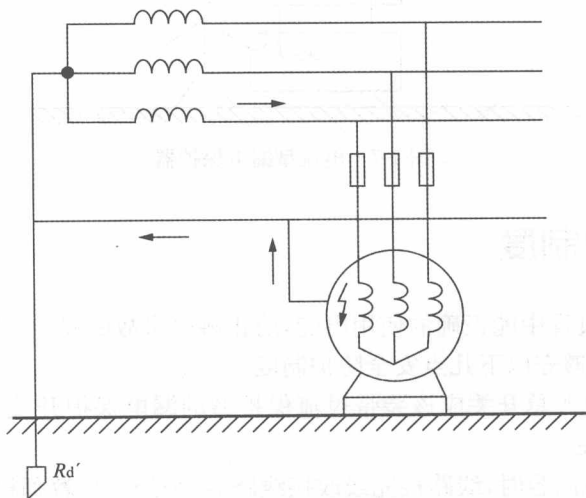


图 1-6 保护接零

3. 漏电保护器

漏电保护器也称漏电保护开关(简称漏电开关)。它的特点是在检测与判断到触电或漏电故障时,能自动切断故障电路,从而对电气设备及人生安全起到保护作用。漏电保护器有电压型和电流型两种,其工作原理基本相同。目前实验室和民用住宅使用较多的是一种带过流保护的漏电保护器,它除了具备漏电保护功能外,还兼有过载短路保护功能。

漏电保护器有多种结构型式,根据其极数可分成二极、三极、四极等几种。二极保护器用于单相供电电路;三极保护器用于三相三线制供电电路(三相对称负载无中线),四极保护器用于三相四线制供电电路(三相不对称负载)。根据其脱扣方式又可分成电子脱扣及电磁脱扣两种:前者适用于漏电动作电流小的场合;后者适用于漏电动作电流大的场合。

典型的电流型漏电保护开关工作原理如图 1-7 所示。当电器正常工作时,检测线圈内流进与流出的电流大小相等,方向相反,检测输出为零,线圈不感应信号,开关闭合,电路正常工作。当电器发生漏电时,漏电流不通过零线,线圈内检测到的电流之和不为零,当检测到的不平衡电流达到一定数值时,通过放大器输出信号将开关切断。漏电保护器的主要作用是防止人身触电,在某些条件下,也能起到防止电气火灾的作用。

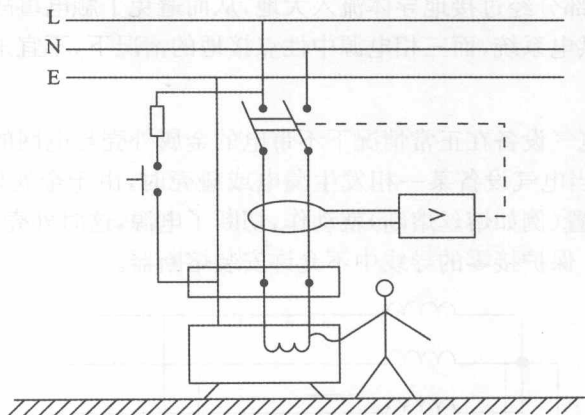


图 1-7 电流型漏电保护器

1.6 安全防护制度

为使学生在实践过程中能正确的使用电能,防止触电事故的发生,要求了解和掌握必要的用电安全知识,同时要遵守以下几点安全防护制度。

(1) 实验室内的电源总开关应该装带过流保护型的漏电保护开关。学生进入实验室后,不要私自合上电源开关。

(2) 在做强电实践内容时,线路接完或改接线路后,须经指导教师检查无误后并通知同组同学,再接通电源。

(3) 通电操作时,不得用手触及导线或其他设备的带电部位,拆除连接导线时应首先断开电源开关。

(4) 电烙铁在使用前须仔细检查烙铁的电源线,发现损坏立即交指导老师处理。

(5) 在焊接元器件过程中暂不使用电烙铁时,应将其置于专用烙铁支架内,并注意不要将烙铁本身的电源线或其他易燃物品卷入支架内,也不能把烙铁平放在木制的桌面上,避免烫坏导线或其他物品。

(6) 观察电烙铁温度时,应用烙铁头去熔化焊锡丝来确定烙铁的焊接温度,切不可用手触摸烙铁头,以免烫伤皮肤。

(7) 烙铁头上多余的焊锡不要乱甩,以免烫伤其他人。

(8) 烙铁使用完毕后,要随时拨下电源。插拔电烙铁或其他电器的电源插头时,要手拿插头的塑料部位,不要用手抓电源线。

本章小结

1. 介绍了交流电和直流电的特征以及安全用电的注意事项。

2. 讲述:

单相触电:人体某一部位触及了一相电源电压,通过电源的对地电容形成电路通路;

二相触电:人体有二部位触及了电源的二根相线,这样,电流流过人体,危险性更大;

跨步触电:地面一步长的距离形成的电压使人体流过的电流大到危害生命;

讲述了触电伤害的电流、电压种类、人体电阻不同情况下变化、触电时间和触电电流不同路径对人的伤害程度。

3. 讲解了几种触电情况的急救方法。
4. 叙述了安全用电防护接地和实验室必须遵守的安全制度。

复习思考题:

1. 人体触电的伤害程度与哪些因素有关?
2. 为了安全用电,规定电气设备必须有接地保护线或接零保护措施。你能说明其中的理由吗?
3. 单相触电与两相触电相比较哪个更危险?为什么?

第2章 常用电子元器件识别与检测

本章要点

1. 电阻、电容、电感和变压器的命名、分类、检测和选用。
2. 扬声器的型号命名、分类和性能参数。
3. 晶体二极管、三极管和集成电路。

任何电子电路都是由电子元器件组成。要正确地选择和使用电子元器件,就必须了解和掌握它们的性能、结构及主要参数等相关知识。由于电子元器件的种类和规格繁多,本章仅对一些常用的电阻器、电容器、电感器、晶体管等元器件进行简要介绍。

2.1 电阻器

在电路中既能导电,又能对通过它的电流起阻碍作用的元器件称为电阻器,电阻器习惯上简称为电阻。电阻在电路中常用于分压、分流、滤波(与电容器结合)、阻抗匹配、负载等。电阻用符号 R 表示。电阻值常用欧姆(Ω)、千欧姆($k\Omega$)、兆欧姆($M\Omega$)三种单位表示,三者的关系为: $1M\Omega=10^3k\Omega=10^6\Omega$ 。

2.1.1 电阻器型号命名方法

电阻器型号命名由四部分组成,各部分的含义如表 2-1 所示。

表 2-1 电阻器型号命名方法

第一部分:主称		第二部分:材料		第三部分:特征分类		第四部分:序号
符号	含义	符号	含义	符号	含义	用数字表示
R	电阻器	T	碳膜	1,2	普通	
W	电位器	P	硼碳膜	3	超高频	
		U	硅碳膜	4	高阻	
		C	沉积膜	5	高温	
		H	合成膜	7	精密	
		I	玻璃釉膜	8	电阻器—高压	
		J	金属膜(箔)		电位器—特殊函数	
		Y	氧化膜	9	特殊	
		S	有机实心	G	高功率	
		N	无机实心	T	可调	
		X	线绕	X	小型	
		R	热敏	L	测量用	
		G	光敏	W	微调	
		M	压敏	D	多圈	

例:如图 2-1 所示的电阻器型号命名方法。

2.1.2 电阻器的分类

电阻器的种类繁多,按其工作特性不同,可分为固定电阻,可变电阻(电位器)和敏感电阻三大类,其中固定电阻和敏感电阻还可按图 2-2 所示进行分类。电阻器的图形符号如图 2-3 所示,外形图如图 2-4 所示。

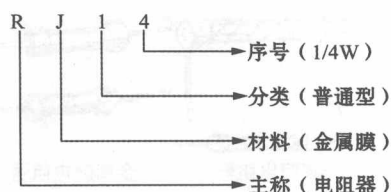


图 2-1 电阻器型号命名方法

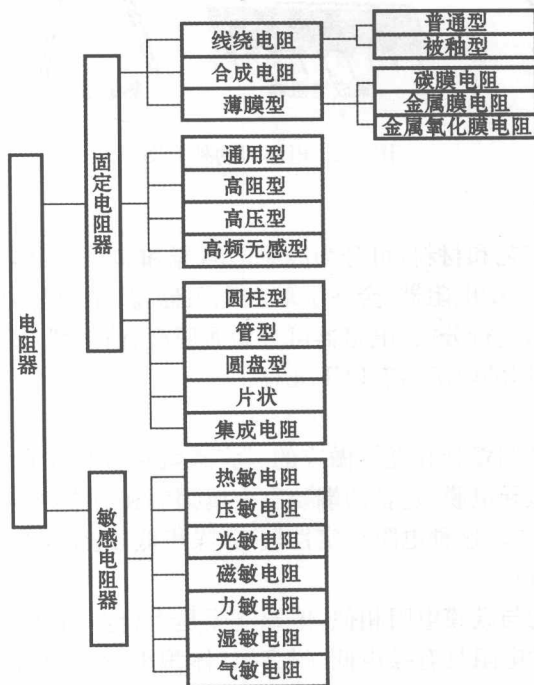


图 2-2 电阻器的分类

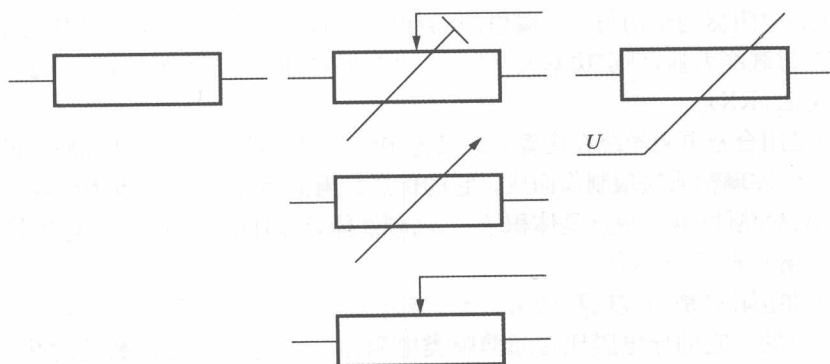


图 2-3 电阻器图形符号