

这是一本电子产品维修人员必备的实用工具书

这是值得各类图书馆珍藏的实用宝典



电子产品 维修实用手册

DIANZICHANPINWEIXIUSHIYONGSHOUCE

主 编 韩雪涛
副主编 韩广兴 吴 瑛



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

电子产品维修实用手册

主 编 韩雪涛

副主编 韩广兴 吴 瑛

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本手册是为电子产品维修技术人员量身定做的维修宝典。内容以国家电子行业的技术标准为依据,将电子产品实用电路与维修实例完美地结合起来,详细讲解电子电路的结构原理、信号流程、检测调试及维修方法,汇集了大量电子产品的技术参数与维修资料。具体内容包括:电子产品维修知识基础,电子元器件及集成电路的种类和识别与检测,万用表、示波器、信号发生器的功能特点和使用方法,电子产品常见信号及实用电路的测量,以及电子产品、电声产品、电动产品、家用电器产品、数码办公产品、移动通信产品的维修和典型电子产品的结构原理与维修实例等。

本手册内容新颖,实用性强,文字精练,图文并茂,是从事电子产品生产、安装、调试与维修的电工技术人员必备的实用工具书,是各类图书馆和电子技术类院校馆藏的技术宝典,也可供其他电子技术人员和广大电子爱好者学习与阅读。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电子产品维修实用手册 / 韩雪涛主编. —北京: 电子工业出版社, 2013.1
ISBN 978-7-121-18965-4

I. ①电… II. ①韩… III. ①电子工业—产品—维修—技术手册 IV. ①TN07-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 274721 号

策划编辑: 谭佩香

责任编辑: 鄂卫华

文字编辑: 徐子湖

印 刷: 中煤涿州制图印刷厂北京分厂

装 订: 中煤涿州制图印刷厂北京分厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 31 字数: 960 千字

印 次: 2013 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 128.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前言

随着电子技术的迅猛发展,我国电子产品的种类日益丰富,各种型号、各种类型的电子产品层出不穷,为了满足人们生产、生活、休闲的需要,电子产品的功能越来越完善,产品结构与电路设计越来越复杂,这些变化给从事电子产品生产、调试、维修的技术人员的应用与维修工作带来了极大难度。

特别是近几年来,电子产品的种类越来越多,无论是生产、生活还是学习、娱乐,绝大多数都需要通过使用电子产品来完成。这些产品结构不同,功能各异,如何能够通过一本书来让读者掌握众多电子产品的维修技能一直是我們探求的课题。

针对上述这些情况,根据电子产品维修技术的需求,以手册的形式,将目前社会上各类电子产品的实用电路收集、整理,并按照功能特点进行细致的分类。然后按照电子行业从业人员的学习习惯,以社会就业需求为导向,以国家电子产品行业的技术标准为依据,对电子产品维修的技术人员所用到的知识和技能进行了系统的规划。

本手册将各种电子产品维修中所应用到的共性知识进行了整合,从电子产品维修基础知识入手,系统介绍常用电子元器件及集成电路的种类与检测方法;然后,在此基础上,对电子产品维修过程中所应用到的万用表、示波器和信号发生器等测量仪表的使用方法进行介绍;最后,再以各领域典型的电声、电动、家用电器、数码办公、移动通信等电子产品为例逐一讲解不同类型电子产品的结构特点、检修方法与检修技巧等实用技能。为强化读者的维修技能,最后一章以维修实例引导,旨在提升读者的维修水平,为电子产品的生产、安装、调试与维修打下坚实的基础。

本手册在编写方式上充分发挥手册的特色,不仅讲解了实用操作技能,还收入了大量的实用电路和实用维修数据,且维修与检测数据都来源于实际维修案例,电子产品均为典型的实际产品,这些真实的资料使得图书具备学习和查询的双重特性,为读者学习、使用、查询提供帮助。不仅可以供电子产品从业人员查询,同时也可作为电子产品维修技术人员晋级考核的辅导用书。

为了便于学习与查阅,本手册对原产品的电路图集应用实例的实际电路中不符合国家规定标准的图形及符号未做修改,以便读者在学习时能将实际设备与电路图进行对照,准确查找,在此特别加以说明。

本书由韩雪涛担任主编,韩广兴、吴瑛担任副主编,参与编写的还有张丽梅、马楠、宋永欣、梁明、宋明芳、张湘萍、吴玮、韩雪冬、郭海滨、孙涛、张雯乐、张鸿玉等。

现代电子产品维修技术涉及面很广,应用技术发展极为迅速,由于作者水平有限,书中存在的不足之处,诚请专家和读者批评指正。

图书联系方式: tan_peixiang@phei.com.cn

编者
2012年10月

目 录

第 1 章 电子产品维修知识基础	1
1.1 电流和电压	1
1.2 欧姆定律	3
1.3 直流电路	5
1.4 电子电路的图形符号	10
1.5 电子电路的识图	17
第 2 章 电子元件的种类和识别与检测	19
2.1 电阻器的种类和识别与检测	19
2.2 电容器的种类和识别与检测	41
2.3 电感器的种类和识别与检测	53
第 3 章 半导体器件的种类和识别与检测	65
3.1 二极管的种类和识别与检测	65
3.2 晶体三极管的种类和识别与检测	78
3.3 场效应晶体管的种类和识别与检测	97
3.4 晶闸管的种类和识别与检测	107
第 4 章 集成电路的种类和识别与检测	121
4.1 集成电路的种类与识别	121
4.2 集成电路的引脚分布规律	128
4.3 集成电路的主要参数	128
4.4 典型集成电路的检测	129

• v •

第 5 章	万用表的功能特点和使用方法	137
5.1	万用表的功能结构	137
5.2	指针式万用表的使用方法	144
5.3	数字式万用表的使用方法	150
第 6 章	示波器的功能特点和使用方法	157
6.1	示波器的功能结构	157
6.2	模拟示波器的使用方法	171
6.3	数字示波器的使用方法	175
第 7 章	信号发生器的功能结构和使用方法	181
7.1	信号发生器的功能特点	181
7.2	信号发生器的结构特点	184
7.3	信号发生器的使用方法	189
第 8 章	电子产品常见信号的测量	195
8.1	交流正弦信号的特点与测量	195
8.2	音频信号的特点与测量	200
8.3	视频信号的特点与测量	206
8.4	脉冲信号的特点及测量	211
8.5	数字信号的特点与测量	215
8.6	高频信号的特点与测量	218
第 9 章	电子产品实用电路的测量	219
9.1	电源电路的测量	219
9.2	转换电路的测量	225
9.3	低频信号放大电路的测量	232

9.4 脉冲信号单元电路的测量	237
第 10 章 电子产品的维修	245
10.1 电子产品维修的基本方法	245
10.2 电子产品维修安全的注意事项	252
第 11 章 电声产品的维修	259
11.1 电声产品的功能结构和维修特点	259
11.2 电声产品原理图的识读	260
11.3 电声产品的维修思路与实例	276
第 12 章 电动产品的维修	283
12.1 电动产品的功能结构和维修特点	283
12.2 电动产品原理图的识读	285
12.3 电动产品的维修思路与实例	292
第 13 章 家用电器产品的维修	305
13.1 家用电器产品的功能结构和维修特点	305
13.2 家用电器产品原理图的识读	306
13.3 家用电器产品的维修思路与实例	317
第 14 章 数码办公产品的维修	331
14.1 数码办公产品的功能结构和维修特点	331
14.2 数码办公产品原理图的识读	332
14.3 数码办公产品的维修思路与实例	340
第 15 章 移动通信产品的维修	355
15.1 移动通信产品的结构和功能特点	355
15.2 移动通信产品电路原理图的识读	356

15.3 移动通信产品的维修思路与实例	366
第 16 章 典型电子产品的结构原理和维修实例.....	375
16.1 DVD 视盘机的结构原理和维修实例	375
16.2 数字平板电视机的结构原理和维修实例	401
16.3 数码相机与数码摄录机的结构原理和维修实例	450

第 1 章 电子产品维修知识基础

1.1 电流和电压

1.1.1 电路中的电流

在导体的两端加上电压,导体的电子就会在电场的作用下做定向运动,形成电子流,称之为“电流”。在分析和检测电路时,规定“正电荷的移动方向为电流的正方向”。但应指出金属导体中的电流实际上是“电子”的定向运动,因而规定的电流的方向与实际电子运动的方向相反。这里可以理解为,正电荷和负电荷的运动方向是相对的。犹如火车和铁道之间的关系,如坐在火车上看铁道,好像铁道是向相反的方向运动的。其电流的形成如图 1-1 所示。

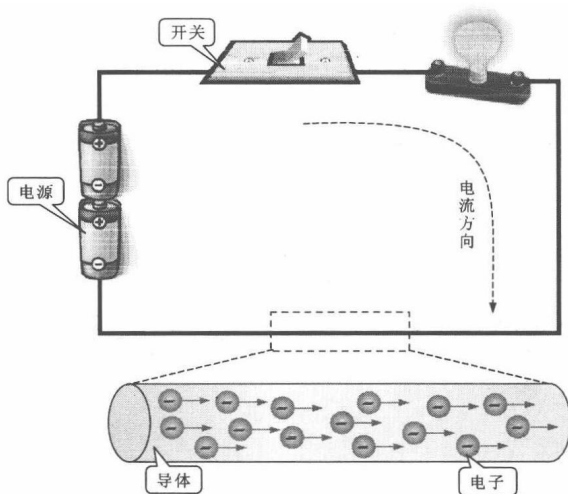


图 1-1 电流的形成

电流的大小用电流强度来表示,它定义为单位时间内通过导体截面积的电荷量。电流强度用字母“ I ”(或小写 i) 来表示。若在 t 秒内通过导体截面积的电荷量是 Q 库仑,则电流强度可用下式表示

$$I = \frac{Q}{t}$$

如果在 1 s 内通过导体截面积的电荷量是 1 C,那么导体中的电流强度为 1 A。电流强度的单位为“安培”,简称“安”,以字母“A”表示。根据不同的需要,还可以用“千安”(kA)、“毫安”(mA)和“微安”(μA)来表示。它们之间的关系

$$1 \text{ kA} = 1\,000 \text{ A}$$

$$1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$$

$$1 \text{ μA} = 10^{-6} \text{ A}$$

为了方便,常常将电流强度简称为“电流”,可见电流不仅表示一种物理现象,而且也代表一个物理量。

电流有直流和交流之分,如图 1-2 所示。直流电流是指大小和方向都不随时间变化的电流,简称直流,用符号“DC”表示,如图 1-2 (a) 所示。大小和方向均随时间变化的电流称为交变电流,简称交流,

用符号“AC”表示，如图 1-2 (b) 和图 1-2 (c) 所示。其中图 1-2 (b) 所示是正弦交变电流，简称正弦交流电。它是一种按正弦规律变化的交流电，也是通常用得最多的交流电。

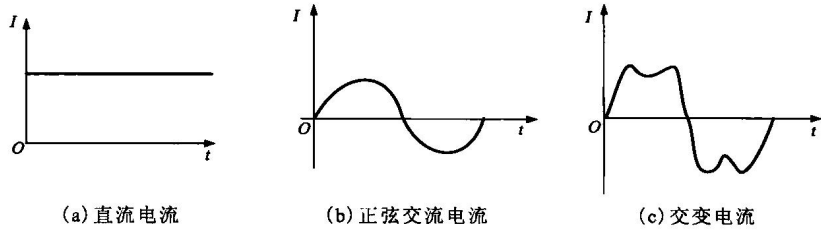


图 1-2 直流和交流的波形图线

1.2.2 电路中的电压

电压是表征信号能量的三个基本参数之一。在电子电路中，电路的工作状态如谐振、平衡、截止、饱和及工作点的动态范围，通常都以电压的形式表现出来。图 1-3 所示是由电源、电气元件和开关组成的电路，图中的 a 和 b 表示电池的正、负极。正极带正电荷，负极带负电荷。根据物理学的知识，在电池的 a、b 之间要产生电场，如果用导体将电池的正极和负极连接起来，则在电场的作用下，正电荷就要从正极经连接导体流向负极，这说明电场对电荷做了功。为了衡量电场力对电荷做功的能力，便引入“电压”这一物理量，用符号“ U ”（或小写 u ）表示，它在数值上等于电场力把单位正电荷从 a 点移动到 b 点所做的功。用 W 表示电场所做的功， q 表示电荷量，则

$$U_{ab} = W / q$$

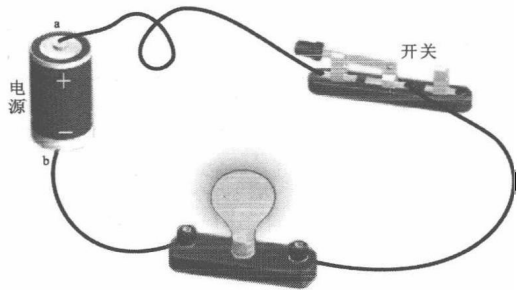


图 1-3 由电源、电气元件和开关组成的电路

通常两点间的电压也称为两点间的电位差，即

$$U_{ab} = U_a - U_b$$

上式中的 U_a 表示 a 点的电位， U_b 表示 b 点的电位。电位可认为是某点与零电位点之间的电位差。在上图中，以 b 点为基准零电位，则 a 点相对于 b 点的电位为 1.5 V，即电池的输出电压。

从图 1-3 所示电路中可以看出，正电荷在电场的作用下从高电位向低电位流动。这样随着电池的消耗（电池内阻会增加），电能下降，正极 a 因此而使电位逐渐降低。其结果使 a 和 b 两电极的电位差逐渐减小，则电路中供给灯泡的电流也相应减小。

为了维持电流不断地在灯泡中流通，并保持恒定，也就是要使负极 b 上所增加的正电荷能回到正极 a。但由于电场力的作用，负极 b 上的正电荷不能逆电场而上，因此必须要有另一种力能克服电场力而使负极 b 上的正电荷流向正极 a，这就是电源力。充电电池就是根据这个原理开发的。电源力对电荷做功的能力通常用电动势 E_{ba} 来衡量，它在数值上等于电源力把单位正电荷从电源的低电位端（负极）b 经电源内部移到高电位端（正极）a 所做的功，即

$$E_{ab} = W / Q$$

电压和电动势都有方向（但不是矢量），电压方向规定为由高电位端指向低电位端，即电位降低的方向；而电动势的方向规定为在电源内部由低电位端指向高电位端，即电位升高的方向，如图 1-4 所示。在外电路中电流的方向是从正极流向负极的。

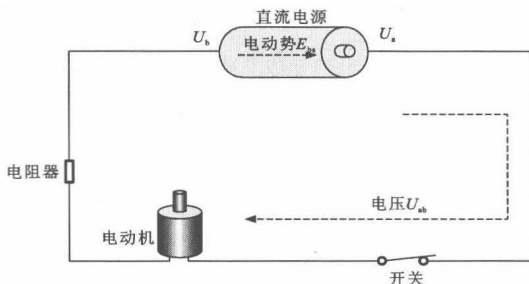


图 1-4 电压和电动势的方向

电压和电动势的单位都是伏特（V），简称伏。

1.2 欧姆定律

1. 欧姆定律的概念

在电路中，流过电阻器的电流与电阻器两端的电压成正比，这就是欧姆定律的基本概念，它是电路中最基本的定律之一。

欧姆定律有两种形式，即部分电路的欧姆定律和全电路欧姆定律。

（1）部分电路的欧姆定律

如图 1-5 所示，当在电阻器两端加上电压时，电阻器中就有电流通过。通过实验可知：流过电阻器的电流 I 与电阻器两端的电压 U 成正比，与电阻值 R 成反比。这一结论称为部分电路的欧姆定律。用公式表示为

$$I = \frac{U}{R}$$

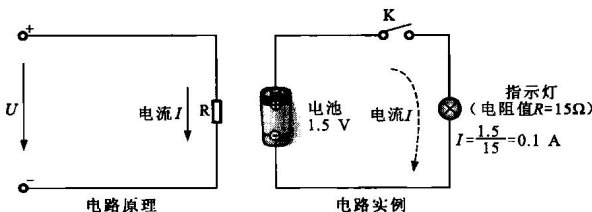


图 1-5 部分电路中的欧姆定律

当所加电压 U 一定时，电阻值 R 越大，则电流 I 越小。显然电阻器具有对电流起阻碍作用的性质。

根据在电路上所选电压和电流正方向的不同，欧姆定律的表达式中可带有正号或负号。当电压和电流的正方向一致时，如图 1-5 所示，则

$$U = IR$$

当两者的正方向相反时，如图 1-6 所示，则

$$U = -IR$$

表达式中的正负号是根据电压和电流正方向得出的。对于

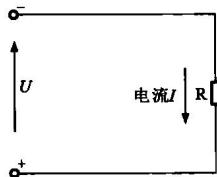


图 1-6 电压和电流的正方向相反

图 1-5 来说, 假定上端为 “+” (高电位端), 下端为 “-” (低电位端), 而电流 (I) 的方向则由高电位端流向低电位端, 这时电压 U 和电流 I 均为正值; 而对于图 1-6 来说, 电流由低电位端流向高电位端, 因而 I 为负值。

如果以电压为纵坐标, 电流为横坐标, 可以画出电阻器的 $U-I$ 关系曲线, 称为电阻元件的伏安特性曲线, 如图 1-7 所示。由图可见, 电阻器的伏安特性曲线是一条直线, 所以电阻元件是线性元件。

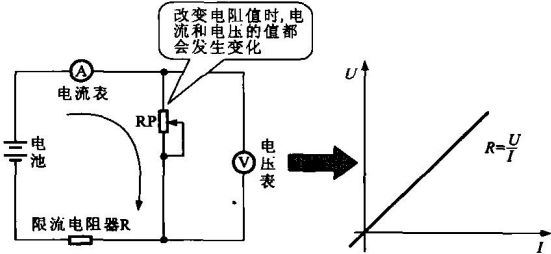


图 1-7 电流与电压和电阻器的关系

(2) 全电路欧姆定律

含有电源的闭合电路称为全电路, 如图 1-8 所示。在全电路中, 电流与电源的电动势成正比, 与电路中的内电阻 (电源的电阻) 和外电阻值之和成反比, 这个规律称为全电路欧姆定律。

电路闭合时, 电源端电压应为

$$U = E - Ir$$

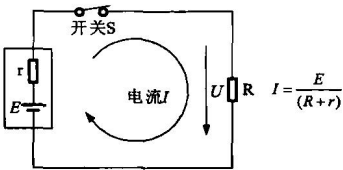


图 1-8 全电路欧姆定律

上式表明了电压随负载电流变化的关系, 这种关系称为电源的外特性, 用曲线表示电源的外特性称为电源的外特性曲线, 如图 1-9 所示。从外特性曲线中可以看出, 电源的端电压随着电流的变化而变化, 当电路接小电阻器时, 电流增大, 端电压就下降; 否则, 端电压就上升。

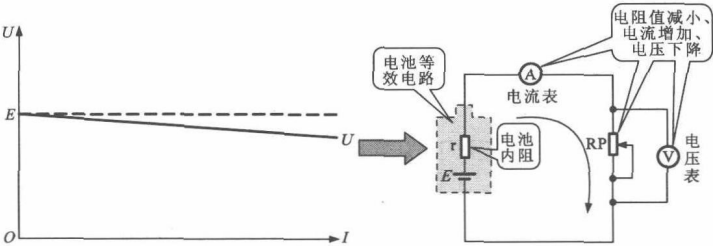


图 1-9 电源的外特性曲线

2. 欧姆定律的应用

(1) 电路中各个物理量的计算

在电路中已知电阻 (R)、电流 (I) 和电压 (U) 三个值中的任意两个值, 即可求出第三个值, 如图 1-10 所示, 已知电路中 $U_{ab} = -12\text{ V}$, $I = -2\text{ A}$, 根据欧姆定律即可求出电阻器 R 的电阻值。

a 点的电位比 b 点的电位低 12 V , n 点的电位比 b 点的电位低 $12 - 5 = 7\text{ V}$, m 点的电位比 b 点的电位高 3 V , 则 n 点的电位比 m 点的电位低 $7 + 3 = 10\text{ V}$ 。

即

$$U_{nm} = -10\text{ V}$$

由欧姆定律可得出

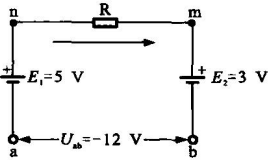


图 1-10 简单电路

$$R = \frac{U_{\text{mm}}}{I} = \frac{-10}{-2} = 5 \, \Omega$$

(2) 判断电路中电阻器的好坏

如图 1-11 所示，已知该电路中 R_1 和 R_2 是同型号的电阻器，但电阻器的标称值等已经看不清。当该电路出现故障时，可利用欧姆定律分别检测电阻器 R_1 和 R_2 两端的电压来判别电阻器是否出现故障。

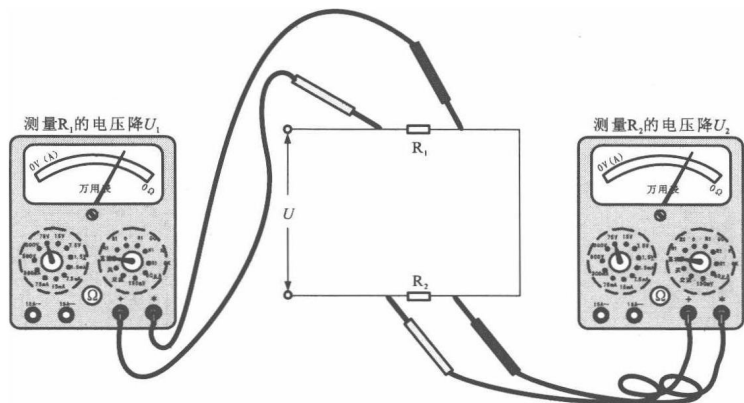


图 1-11 利用欧姆定律检测电路中的电阻器

根据欧姆定律可知，此串联电路中由于电流处处相等，而电阻器 R_1 和 R_2 属同型号的电阻器，则 R_1 与 R_2 两端的电压应相等。如果测得 R_1 与 R_2 的电压值 U_1 与 U_2 相等，则 R_1 与 R_2 均正常；如果其中 1 个电阻器两端的电压值等于电源电压，而另一个电压值为 0，则前者有断路情况。

1.3 直流电路

1.3.1 电路的工作状态

直流电路的工作状态可分为有载工作状态、开路状态和短路状态三种。

1. 有载工作状态

如图 1-12 所示，若开关 S 闭合，即将灯泡和电源接通，则此电路就是有载工作状态。如果以 R_L 表示灯泡电阻， r 表示电池内阻， E 表示电源电动势，则此时电路中的电流为

$$I = \frac{E}{r + R_L}$$

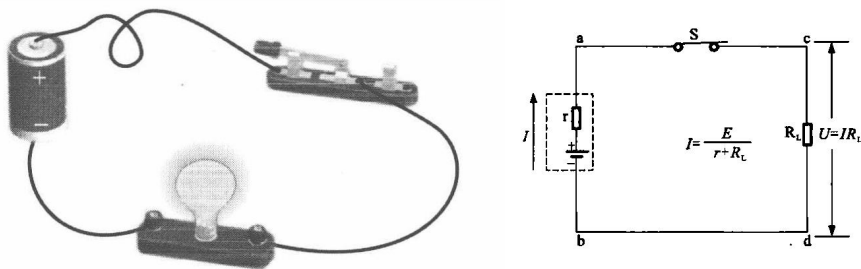


图 1-12 有载工作状态的电路

通常电源的电动势和内阻 r 是一定的。因此由上式可见，负载灯泡的电阻值 R_L 越小，则电流 I 越大。而负载灯泡两端的电压为 $U=IR_L$ 。由于电源内阻的存在，所以

$$U = E - Ir$$

由上式可见，电源端电压小于电动势，两者之差为电流通过电源内阻所产生的电压降 Ir 。电流越大，端电压下降越多。

2. 开路状态

如图 1-13 所示，在此电路中，将开关 S 打开，这时电路处于开路（也称空载）状态。开路时电路的电阻器对电源来说等于无穷大，因此电路中的电流为零，这时电源的端电压 U （称为开路电压或空载电压）等于电源电动势。开路时电路的特征可用下列各式表示

$$I = 0$$

$$U = E$$

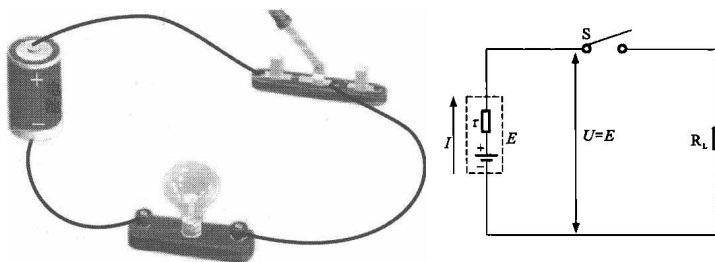


图 1-13 开关断开后的开路状态

3. 短路状态

如图 1-14 所示，当电源短路时，外电路的电阻值可视为零，电流不再流过负载。这时回路中仅有很小的电源内阻 r ，所以电路中的电流很大。此电流称为短路电流，短路电流可能把电源毁坏。

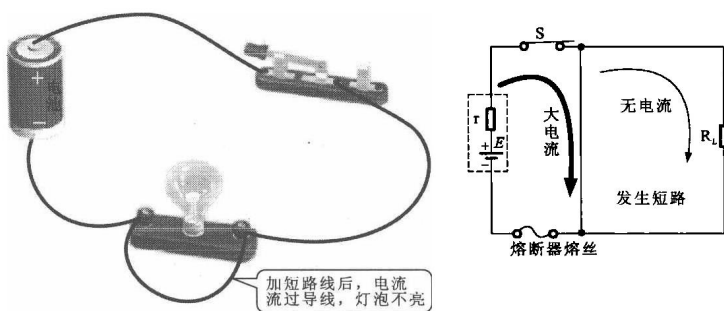


图 1-14 电路中的短路状态

产生短路的原因是由于绝缘损坏或接线不慎，因此应经常检查电气设备和线路的绝缘情况。短路是一种严重的事故，应尽量预防。为了防止短路所引起的不良后果，通常在电路中接入熔断器或自动断路器。

1.3.2 电路的连接

在实际应用电路中，只接一个负载的情况很少。由于在实际的电路中不可能为每个晶体管和电子器件都配备一个电源，因此，在实际应用中总是根据具体的情况把负载按适当的方式连接起来，达到合理利用电源或供电设备的目的。电路中常见的连接形式有串联、并联和混联三种。

1. 串联电路

(1) 电阻器的串联

把两个或两个以上的电阻器依次首尾连接起来的方式称为电阻器的串联，如图 1-15 所示。如果电阻

器串联连接到电源的两极，由于串联电路中各处电流相等，即有

$$U_1=IR_1、U_2=IR_2、\cdots、U_n=IR_n$$

而

$$U=U_1+U_2+\cdots+U_n$$

所以有 $U=I(R_1+R_2+\cdots+R_n)$

因而串联后的总电阻值为各电阻值之和，则有

$$R=U/I=R_1+R_2+\cdots+R_n。$$

串联电路的特点是电路中各处的电流相等（大小相等且方向相同）。

(2) 电容器的串联

电容器是由两片极板组成的，它具有存储电荷的功能。电容器所储存的电荷量 (Q) 与电容器的电容量和电容器两极板上所加的电压成正比，如图 1-16 所示。

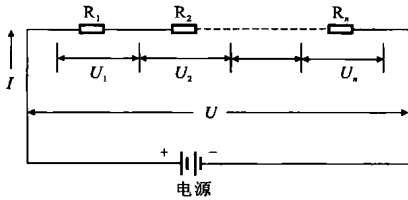


图 1-15 电阻器的串联电路

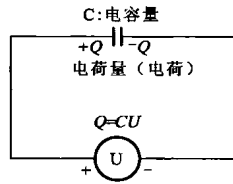


图 1-16 电容器上电荷量与电压的关系

图 1-17 所示是电容器串联的电路示意图，串联电路中各点的电流相等。当外加电压为 U 时，各电容器上的电压分别为 U_1 、 U_2 、 U_3 ，三个电容器上的电压之和等于总电压。如果电容器上的电荷量都为同一值 Q ，即

$$U_1=\frac{Q}{C_1} \quad U_2=\frac{Q}{C_2} \quad U_3=\frac{Q}{C_3}$$

将串联的三个电容器视为 1 个电容器，则

$$\frac{Q}{C}=\frac{Q}{C_1}+\frac{Q}{C_2}+\frac{Q}{C_3}$$

即

$$\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}$$

可见，串联电容器的合成电容量的倒数等于各电容器电容量的倒数之和。

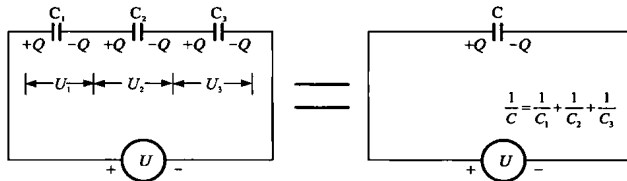


图 1-17 电容器串联的电路示意图

当电容器串联代用时，如果它们的电容量不相同，则电容量小的电容器分得的电压高。所以，在串联代用时，最好选用电容量与耐压均相同的电容器，否则电容量小的电容器有可能由于分得的电压过高而被击穿。

(3) 电感器的串联

图 1-18 所示是电感器的串联电路，串联电路的电流 I 都相等，电感量与线圈的匝数成正比。实际上电感器的串联与电阻器的串联的计算方法相同，即

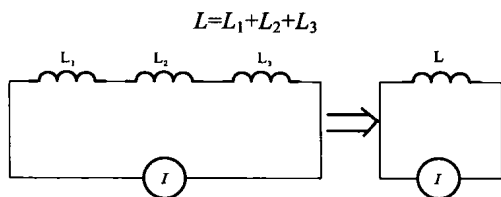


图 1-18 电感器的串联电路

2. 并联电路

(1) 电阻器的并联

把两个或两个以上的电阻器（或负载）按首首和尾尾连接起来的方式称为电阻器的并联电路，如图 1-19 所示。从图中可以看出，假定将并联电路接到电源上，由于并联电路各并联电阻器两端的电压相同，根据欧姆定律有 $I_1=U/R_1$ 、 $I_2=U/R_2$ 、 $\dots$ 、 $I_n=U/R_n$ ，而 $I=I_1+I_2+\dots+I_n$ ，所以有

$$I = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \right)$$

电路的总电阻值与电压和总电流也应满足欧姆定律，即 $I=U/R$ ，因而可得

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

从上式可以看出，并联电路总电阻值的倒数等于各并联支路各电阻值的倒数之和。通常把电阻值的倒数定义为电导，用字母“G”表示。电导的单位是“西门子”，用“S”表示。

规定

$$\frac{1}{1\Omega} = 1S$$

因而电导式就可改写成

$$G = G_1 + G_2 + \dots + G_n$$

式中

$$G = \frac{1}{R}, G_1 = \frac{1}{R_1}, G_2 = \frac{1}{R_2}, \dots, G_n = \frac{1}{R_n}$$

从上式可见，并联电阻值的总电导等于各并联支路的电导之和。

(2) 电容器的并联

图 1-20 所示是电容器并联的电路示意图，总电流等于各分支的电流之和。给三个电容器加上电压 U 时，各电容器上所储存的电荷量分别为 $Q_1=C_1U$ 、 $Q_2=C_2U$ 和 $Q_3=C_3U$ 。

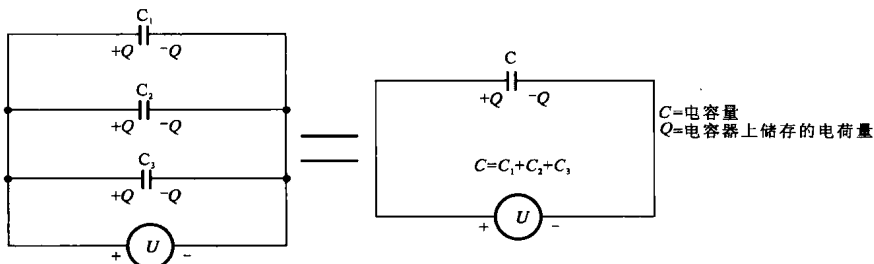


图 1-20 电容器并联的电路示意图

如果将 C_1 、 C_2 和 C_3 三个电容器视为一个电容器 C ，则合成电容器的电荷量等于每个电容器的电荷量之和，即

$$CU = C_1U + C_2U + C_3U = (C_1 + C_2 + C_3)U$$

即

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

可见，并联电容器的合成电容器的电容等于三个电容器的电容之和。当电容器并联使用时，每只电容器的耐压均应高于电路中的电压。

(3) 电感器的并联

图 1-21 所示是电感器的并联电路，并联电感量的倒数等于三个电感量的倒数之和。即

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$

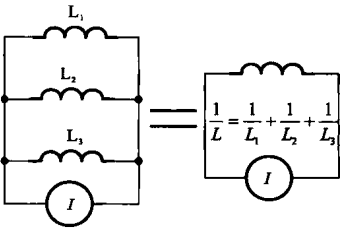


图 1-21 电感器的并联电路

3. 混联电路

在一个电路中，既有电阻器串联又有电阻器并联的电路称为电阻器的混联电路。图 1-22 所示是简单的电阻器混联电路。

电阻器 R_2 和 R_3 并联连接， R_1 和 R_2 、 R_3 并联后的电路串联连接，该电路中总电阻值计算如下

$$R = R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

分析混联电路可采用如下两种方法：

(1) 利用电流的流向及电流中的分合，将电路分解成局部串联和并联的方法

在图 1-23 所示电路中，已知 $R_1=3\ \Omega$ ， $R_2=6\ \Omega$ ， $R_3=R_4=R_5=2\ \Omega$ ， $R_6=4\ \Omega$ ，求 A、B 两端的等效电阻值。

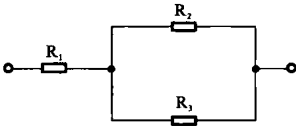


图 1-22 简单的电阻器混联电路

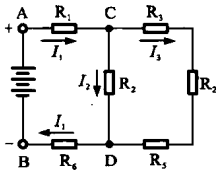


图 1-23 混联电路

解：首先假设有一电源接在 A、B 两端，且 A 端为“+”，B 端为“-”，则电流流向如图 1-23 所示。在 I_3 流向的支路中， R_3 、 R_4 、 R_5 是串联的，因而该支路的总电阻值 R'_{CD} 为

$$R'_{CD} = R_3 + R_4 + R_5 = 6\ \Omega$$

由于 I_3 所在的支路与 I_2 所在的支路是并联的，所以

$$\frac{1}{R_{CD}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R'_{CD}}$$

即

$$R'_{CD}R_2 = \frac{R'_{CD}R_2}{R'_{CD} + R_2} = 3\ \Omega$$

又因为 R_1 、 R_{CD} 、 R_6 是串联的，因而电路的总电阻值为

$$R_{AB} = R_1 + R_{CD} + R_6 = 10\ \Omega$$

(2) 利用电路中的等电位点分析混联电路

如图 1-24 (a) 所示，求 a、b 两点间的总电阻值，并计算 R_1 两端的电压。

解：首先根据等电位点画出实际电路的等效电路，如图 1-24 (b) 所示。由图中可见 R_2 和 R_3 、 R_4