

从零开始学电子

CONGLING KAISHI XUE DIANZI

图解

电子技能速成

张宪 张大鹏 主编

✓ 零点起步，轻松入门

✓ 图文并茂，易读易懂

✓ 内容实用，快速掌握



化学工业出版社



从零开始学电子

CONGLING KAISHI XUE DIANZI

图解

电子技能速成

张宪 张大鹏 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

图解电子技能速成/张宪, 张大鹏主编. —北京: 化学工业出版社, 2014. 1

(从零开始学电子)

ISBN 978-7-122-18834-2

I. ①图… II. ①张…②张… III. ①电子技术-图解
IV. ①TN-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 256509 号

责任编辑: 宋 辉

责任校对: 陶燕华

文字编辑: 吴开亮

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京市振南印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 16 字数 392 千字 2014 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

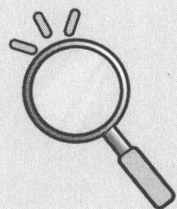
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

《从零开始学电子》

丛书编委会



主 任 张 宪

编 委 (按照姓名汉语拼音排序)

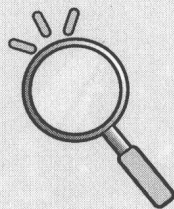
陈 影 付兰芳 付少波 郭振武 孔 曦

李良洪 李志勇 刘广伟 沈 虹 张大鹏

张 宪 赵慧敏 赵建辉

《图解电子技能速成》

编写人员



主 任 张 宪 张大鹏

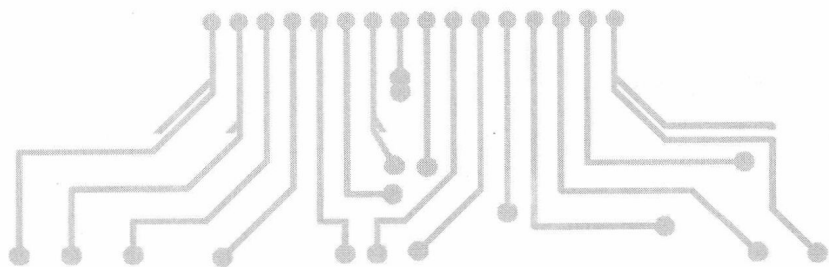
副 主 任 郭振武 柳贵东 赵建辉 李玉轩

参编人员 (按照姓名汉语拼音排序)

陈 影 程 玮 韩凯鸽 孔 曦 李志勇

刘广伟 宋丽薇 张大鹏 张 宪

主 审 付少波 路亚光



进入 21 世纪,电子技术的发展日新月异,现代电子设备性能和结构发生的巨大变化令人目不暇接。当今世界已经进入高速发展的信息时代。电子技术的广泛应用,给工农业生产、国防事业、科技和人民生活带来了革命性的变化。如果想正确地掌握、使用、维修电子产品,就必须具有一定的理论知识和较强的动手能力。为推广现代电子技术,普及电子科学知识,我们编写了这套《从零开始学电子》丛书,以帮助开始学习电子技术的读者尽快掌握现代电子设备与电子装置构成原理,了解各种电子元器件与零部件在电子技术中的应用情况,学会检测元器件和制作简单电子设备的一些基本方法。

本套丛书包括《图解电子爱好者入门》、《图解电子技能速成》、《图解电子元器件的选用与检测》、《图解实用电子电路》、《图解万用表的使用——检测电子器件与电路》、《图解怎样用万用表检修家用电器》六个分册,力求使广大电子爱好者通过本套丛书的学习,轻松进入电子科学技术的大门,激发他们对电子技术的探索兴趣,掌握深入研究电子技术所必备的基础知识,并把其应用到生产和实际生活中去。

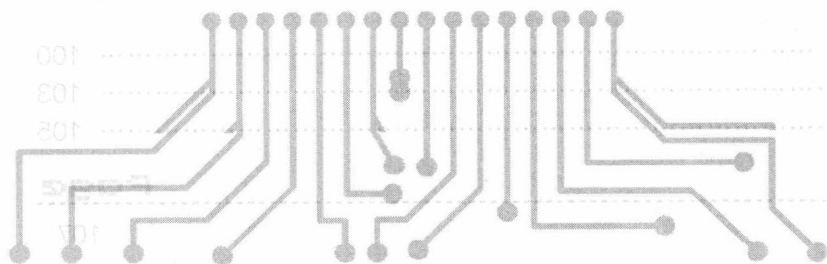
本套丛书从广大电子爱好者的实际需要出发,在内容上力求从零开始、简洁实用、图文并茂、通俗易懂,达到举一反三、融会贯通的目的。在编写安排上力争做到由浅入深,循序渐进,所编内容注重实用性和可操作性,理论联系实际。本套丛书对电子技术基础知识做了较详尽的叙述,可为初学者奠定较扎实的理论基础,既是广大初学者的启蒙读本和速成教材,也是电子爱好者的良师益友。本套丛书对学习电子技术和分析识读电路图大有裨益,既可分册独立学习,又可系统学习全套丛书。

本书是《图解电子技能速成》分册,主要内容包括电工电子技术基础、常用电工电子仪器仪表的使用、电子元器件的选用与检测、电子电路识图、电子设备的装配与调试、印制电路板的设计与制造、焊接方法等基本知识和技能,附录中提供了元器件的常用资料,便于随时查阅。

本书注重读者动手能力的培养,使读者能够独立运用所学知识分析和解决在电子电路学习和制作过程中出现的一些问题。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者



目录 CONTENTS



1	第一章	Page
CHAPTER	电工电子技术基础	1
	第一节 电路的基本概念与基本定律	1
	第二节 电路的分析方法	7
	第三节 交流电路	11
	第四节 基本放大电路	15
	第五节 集成运算放大器	20
	第六节 数字电路	23
2	第二章	Page
CHAPTER	常用电工电子仪器仪表的使用	28
	第一节 电子测量的基本知识	28
	第二节 示波器	30
	第三节 信号发生器	34
	第四节 晶体管毫伏表	41
	第五节 指针式万用表	43
	第六节 数字式万用表	49
	第七节 其他测量仪器	51
3	第三章	Page
CHAPTER	电子元器件的选用与检测	55
	第一节 电阻器的选用与检测	55
	第二节 电容器的选用与检测	61
	第三节 电位器的选用与检测	67
	第四节 电感器的选用与检测	69
	第五节 晶体二极管的选用与检测	73
	第六节 晶体三极管的选用与检测	76
	第七节 场效应晶体管的选用与检测	80
	第八节 晶闸管的选用与检测	84
	第九节 集成电路的选用与检测	86
4	第四章	Page
CHAPTER	电子技术识图技能	90
	第一节 电子电路识图的基本概念	90
	第二节 识读电子电路图的方法与步骤	94

第三节	电子电路识图要求	100
第四节	数字电路识图	103
第五节	无线电电路识图	105

5 CHAPTER 第五章 电子设备的装配 Page 107

第一节	装配工具	107
第二节	常用技术资料	112
第三节	元器件的装配	120
第四节	导线线端加工与捆扎	125
第五节	电子设备的装配	129

6 CHAPTER 第六章 电子设备的调试 Page 136

第一节	电子设备的检验	136
第二节	电子设备的调试	139

7 CHAPTER 第七章 印制电路板的设计与制造 Page 161

第一节	印制电路板的概述	161
第二节	印制电路板的设计	164
第三节	印制电路板的制造方法	186

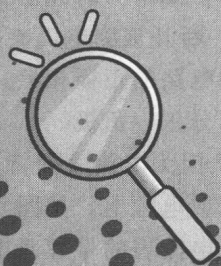
8 CHAPTER 第八章 焊接技术与技能 Page 189

第一节	焊接材料	189
第二节	手工焊接工艺	192
第三节	自动焊接技术	196
第四节	表面贴装技术与工艺	199
第五节	电子电路设计技能实训	202
第六节	电子设备的检修	215

附录 Page 221

附录一	半导体器件型号命名法	221
附录二	常用半导体器件的主要性能指标	222
附录三	部分集成电路的主要性能指标与引脚识别	228

参考文献 Page 245



第一章

电工电子技术基础

第一节 电路的基本概念与基本定律

一、电路的基本物理量

1. 电流

电荷在电场作用下有规则的定向运动，称为电流。

在金属导体内的电流是由于导体内部的自由电子在电场力的作用下有规则地运动而形成的。电流在数值上等于单位时间内通过某一导体横截面的电荷量。如果电流用 I 表示，电荷量用 Q 表示，时间用 t 表示，则得

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

电流的单位为 A（安培，简称安），在电气系统中，遇到的电流为几安或几十安甚至更大，而在电子控制系统中经常遇到较小的电流，是以 mA（毫安）或 μA （微安）为单位计算的。它们之间的关系是

$$1\text{A} = 10^3\text{mA} = 10^6\mu\text{A}$$

2. 电流的测量

为了具体了解电路中电流的大小，通常用电流表或万用表的电流挡来测量电路中电流的



大小。具体测量方法及注意事项如下。

① 在测量前，应首先明确所测电路中的电流是交流电流还是直流电流。如果所测电路中的电流是交流电流，应使用交流电流表；如果所测电路中的电流是直流电流，应使用直流电流表。有的万用表只有直流电流挡，所以只能测量直流电流。

② 粗略估计电路中电流的大小，以便选择电流表的测量范围。在使用万用表的电流挡测量时，如果一时无法估计电流大小，挡位要宁大勿小，然后逐步缩小测量范围。

③ 断开被测电流支路，把电流表串联在电路中。测量直流电流时，直流电流表的正极必须和电路的正极相接，负极必须和电路的负极相接，不可接反，如图 1-1 所示。交流电流表则不分正、负极。

④ 因为电流表的特点是内阻非常小，所以在使用电流表时，绝对不允许把电流表并接在负载或电源上，如图 1-2 所示，否则电路中的电压因电流表内阻小，形成短路，极易将表损坏。电流表的量程范围一定要超过电路实际电流的数值。如发现表针猛打到头，要立即断开电源检查原因，以防损坏表头。

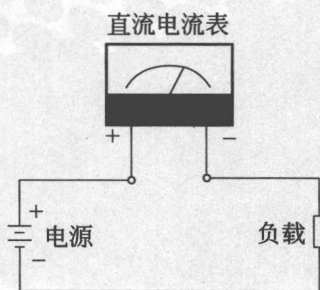


图 1-1 电流表的正确接法

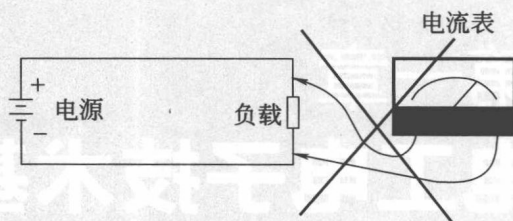


图 1-2 电流表的错误接法

3. 电压

在导体内电荷的定向运动形成电流，它是在电场力的作用下实现的。为了衡量电场力对电荷做功的能力，引入电压这一物理量。如图 1-3 所示电路中，A、B 两点间的电压 U_{AB} 在数值上等于电场力把单位正电荷从 A 点移到 B 点所做的功。在电场内两点间的电压也常称为两点间的电位差，即电压

$$U_{AB} = V_A - V_B$$

式中 V_A ——A 点的电位；

V_B ——B 点的电位。

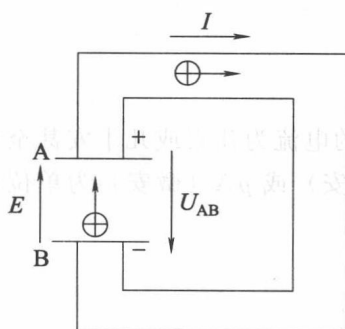


图 1-3 电荷的运动回路

在国际单位制 (SI) 中，电压的单位为 V (伏特，简称为伏)。在电子控制系统中也可用 mV (毫伏) 和 μV (微伏) 表示，它们之间的关系是

$$1V = 10^3 mV = 10^6 \mu V$$

按照电动势的定义，其单位也是 V (伏)。必须注意，电动势的实际方向由负极指向正极，如图 1-3 所示。因此，电动势的实际方向与电压的实际方向相反。

4. 电压的测量

在电气系统故障时，经常需要测量电路中的电压。下面

以常用的万用表为例,说明测量电压的具体方法以及注意事项。

① 在测量前,应首先明确所测的电压是直流电压还是交流电压,正确选择挡位。如果测量直流电压,要将万用表的选择开关对准直流电压挡;如果测量交流电压,要将万用表的选择开关对准交流电压挡。

② 测量前,若不知该电路中电压的大小,量程选择要宁大勿小,应从万用表电压挡的最大量程开始测量,防止因电压太大损坏表头。

③ 万用表电压挡的特点是内阻很大,所以测量电路某两点间的电压时,应将万用表和被测量电路的该两点并联。测量直流电压时,万用表的正极红表笔应和电路中电压的正极相接,负极黑表笔应和电路中电压的负极相接,不能接反,如图 1-4 所示。测量交流电压时则不分正、负极。

④ 在使用万用表测量电压时,一定要注意选择开关的位置,严禁把选择开关放在电流挡或电阻挡的位置,否则极易将表损坏。

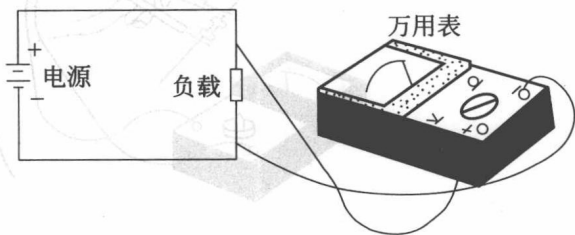


图 1-4 万用表的接法

5. 电阻

电路中对电流通过有阻碍作用并造成能量消耗的部分称为电阻。电阻用 R 或 r 表示,单位是 Ω (欧姆,简称欧)。当电阻很大时,也常用 $k\Omega$ (千欧) 或 $M\Omega$ (兆欧),它们之间的关系是

$$1M\Omega = 10^3 k\Omega = 10^6 \Omega$$

在电子线路中,导线电阻的大小主要取决于导线的材料、长度、截面积和环境的温度。同样材料的导线,其电阻的大小与导线的截面积及长度有关。导线的截面积越大,也就是导线越粗,电阻就越小;导线越长,电阻就越大。用公式表示为

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

式中 R ——导线的电阻, Ω ;

ρ ——导线的电阻率, $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$;

l ——导线的长度, m ;

S ——导线的截面积, mm^2 。

利用上式,就可以计算出任何长度和截面的导线的电阻。

6. 电阻的测量

测量电阻要使用欧姆表。在实际检修电气系统故障时常用万用表的欧姆挡来测量电阻的数值。下面以万用表为例,说明测量电阻的方法及注意事项。

(1) 选择好适当的倍率挡 在万用表的欧姆挡上,一般都标有 $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 和 $R \times 10k$ 挡。在测量时,应选择好适当的倍率挡,使表头中指针指示在中间部位。例如要测量一只阻值在 100Ω 左右的电阻,固然可用 $R \times 1$ 挡来测量,但是使用 $R \times 1$ 挡指针就靠近表盘左侧高阻值的一端,读数刻度较密,读数时只要差一点,阻值就会差很多。因此,应当改用 $R \times 10$ 挡,使指针转向表盘中间部分,便于读取准确。

(2) 调零 在测量电阻之前,应当将两表笔“短接”,并同时旋动“欧姆调零旋钮”,使指针指在“ Ω ”标度尺右侧端零位上(这称为调零),它是保证测量准确必不可少的步骤。



在每换一次欧姆挡测量电阻前，都要重复这一步骤。如果旋动“欧姆调零旋钮”也无法使指针达到零位，则说明万用表盒内装的干电池电压太低，应更换新电池。

(3) 测量 在测量时，将两表笔并接在电阻的两端 [见图 1-5 (a)]，即可测出电阻的数值。但应注意，不要用手捏住电阻的两端 [见图 1-5 (b)]，以免人体的电阻也并接在电阻上，影响测量结果的准确性。

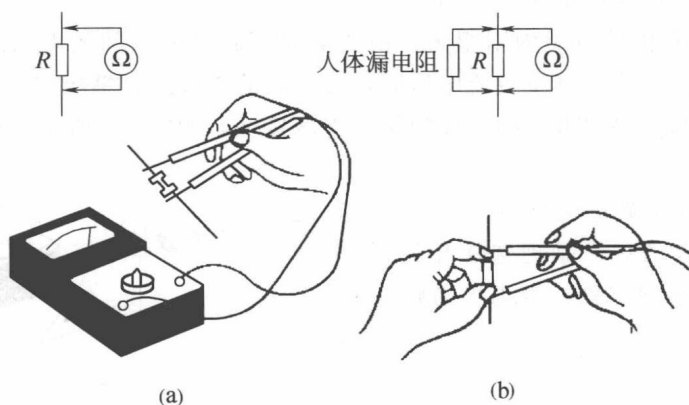


图 1-5 电阻的测量

(4) 决不能带电测量 测量电阻的欧姆挡是由表盒内装干电池供电的，因此在测量电阻时，决不能对电阻进行带电测量，如图 1-6 所示。因为带电进行测量时，又相当于接入一个外加电压，不但使测量结果无效，而且很容易烧坏表头，这一点必须特别注意。在测量某一部件上的电阻时，首先必须切断被测电路的电源，以确保电阻中没有电流通过，方可进行测量。同时，电路中的电阻需断开一端测量才能使测量准确。

二、电路的组成与作用

1. 电路的组成

将某些电气设备或器件按一定方式连接起来，构成电流的通路，称为电路。最简单的电路为图 1-7 所示的手电筒电路，它由电源、中间环节、负载三部分组成。

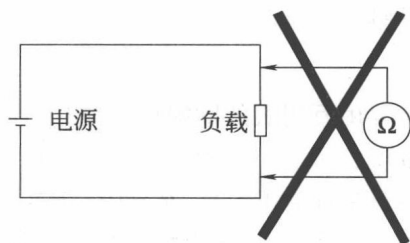


图 1-6 测量电阻的错误方法

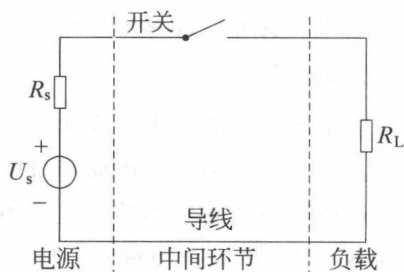


图 1-7 手电筒电路模型

(1) 电源 电源是一种将非电能转换成电能的装置。常用的电源有干电池、蓄电池和发电机等，它们分别将化学能和机械能转换成电能。

(2) 中间环节 中间环节起传输、分配和控制电能的作用。最简单的中间环节就是开关

和导线。一般连接导线的电阻很小,所以电路分析中常把连接导线的电阻视为零。中间环节一般还有保护和测量设备,也可能是由各种元器件或设备组成的网络系统。

(3) 负载 负载是取用电能的设备,其作用是将电能转换成其他形式的能量(如机械能、光能、热能)。常见的负载有电灯、电动机、电炉、扬声器等。

综上所述,电源、中间环节和负载是组成一个完整电路的三个最基本的部分。

2. 电路的作用

电路的组成形式和功能虽是多种多样的,但它的作用主要有以下两点。

① 实现电能的传输和转换。

② 传递和处理电信号。

三、电路的基本定律

1. 欧姆定律

欧姆定律是确定电路中电压与电流关系的定律。通常流过电阻 R 的电流与电阻两端的电压成正比,与电阻 R 成反比,这就是欧姆定律。它是分析计算电路的基本定律之一,可用下式表示

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

或

$$U = IR$$

当电路两端电压为 1V 、流过的电流为 1A 时,则这条支路的电阻为 1Ω 。

在电压、电流参考方向一致时,电阻吸收或消耗的功率为

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

在应用欧姆定律计算时,应注意各物理量的单位必须一致,即电流单位是 A ,电阻单位是 Ω ,电压单位是 V 。

2. 基尔霍夫定律

分析与计算电路的基本定律,除欧姆定律外,还有基尔霍夫定律。基尔霍夫定律包括电流定律和电压定律。基尔霍夫电流定律应用于节点,基尔霍夫电压定律应用于回路。

(1) 基尔霍夫电流定律 (KCL) 基尔霍夫电流定律是用来确定一个节点上各支路电流之间关系的。由于电流的连续性,在电路任何点(包括节点在内)的截面上,均不能堆积电荷。因此,基尔霍夫电流定律的具体内容如下:在任一瞬间,流入某节点的电流 $I_{\text{入}}$ 之和等于从该节点流出的电流 $I_{\text{出}}$ 之和,即

$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}}$$

对于图 1-8 所示常用电路来说,由节点 a 可以得到

$$I_G + I_B = I_L$$

(2) 基尔霍夫电压定律 (KVL) 基尔霍夫电压定律是用来确定回路中各部分电压之间的关系。具体内容如下:在任一瞬间,对于电路中任一回路,沿任一指定(顺时针或逆时针)方向绕行一周,各部分电压

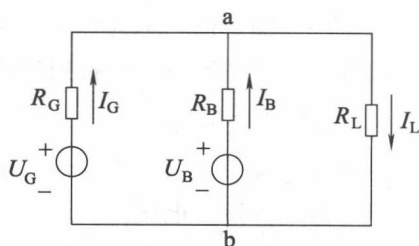


图 1-8 常用电路



的代数和恒等于零,即

$$\sum U=0$$

所谓代数和,必须要考虑到正、负号,正、负号的确定方法如下:首先任意规定绕行方向(顺时针或逆时针方向),各部分电压参考方向与绕行方向一致者取正号,不一致者取负号。

基尔霍夫电压定律常与欧姆定律配合使用,其电流的参考方向如图1-9所示电路。

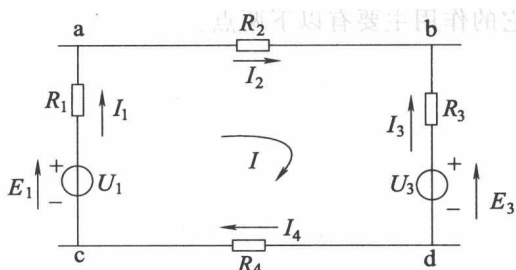


图 1-9 电路中的一个闭合回路

当沿回路 $abdca$ 所示的顺时针方向绕行时,由于 $U_{R1}=R_1 I_1$ 与绕行方向一致取正号,同理 U_{R2} 和 U_{R4} 与绕行方向也一致,故也取正号;而 $U_{R3}=R_3 I_3$ 的参考方向与回路绕行方向相反,应取负号。对于电动势,其参考方向与回路绕行方向一致取负号,如 E_1 ;不一致取正号,如 E_3 。所以,根据 KVL 可得

$$R_1 I_1 + R_2 I_2 - R_3 I_3 + R_4 I_4 + E_3 - E_1 = 0$$

或

$$R_1 I_1 + R_2 I_2 - R_3 I_3 + R_4 I_4 = E_1 - E_3$$

上式写成普遍形式为

$$\sum(RI) = \sum E$$

此式是基尔霍夫电压定律的另一表示形式,即在电路中,在任一瞬间,沿任一闭合路径电压降的代数和等于电动势的代数和。

四、电气设备的额定值与电路中的电位

1. 电气设备的额定值

各种电气设备的电压、电流及功率等都有一个额定值。额定值是制造厂为了使产品能在给定的工作条件下正常运行而规定的正常允许值。电气设备工作在额定情况下称为额定工作状态。

各种电气设备按照额定值使用,才能运行得安全可靠、经济合理,同时也不致缩短使用寿命。例如一只变压器的寿命与它的绝缘材料的耐热性能和绝缘强度有关。如果通过变压器的实际电流大于其额定电流时,将会由于发热过甚而损坏绝缘材料。同理,若所加电压超过额定电压,绝缘材料有可能被击穿,影响使用寿命。

为了便于用户使用,生产厂家在电气设备和元器件的铭牌或外壳上均明确标出了额定数据——额定电压、额定电流和额定功率,分别用 U_N 、 I_N 和 P_N 表示。在额定电压下工作,负载电流小于额定值时称为负载,负载电流等于额定值时称为满载,负载电流大于额定值时称为过载。一般情况下,应按照规定值来使用各种电气设备。

2. 电路中的电位

在电气系统中,为了方便而又准确地判断晶体管的工作状态,普遍使用电位的概念来讨论问题,而较少使用电压。

为了求得电路中各点的电位值,必须在电路中选择参考点,而且规定参考点的电位为零,这个参考点常称为零电位点。原则上零电位点是可以任意指定的,在实际工程中,常

常指定大地为零电位参考点,这是因为有些设备的机壳是与地面相连接的。但是,在许多电子仪器仪表中,它们的外壳一般是不与大地连接的。为了分析方便,把电路中很多元件汇集在一起的一个公共点假设为参考点,用符号“ $\perp$ ”表示,而接地点则用符号“ $\perp$ ”表示。

电路中的参考点选定之后,电路中某点的电位就等于该点与参考点之间的电压,这样电路中各点电位就有了一个确定数值,高于参考点的电位为正,低于参考点的电位为负。电路中各点的电位一旦确定以后,就可以求得任意两点之间的电压。

在电子技术中,引入电位概念以后,习惯上常常将图 1-10 (a) 所示的电路图画为图 1-10 (b) 所示的电路,不画电源,各端标以电位值。

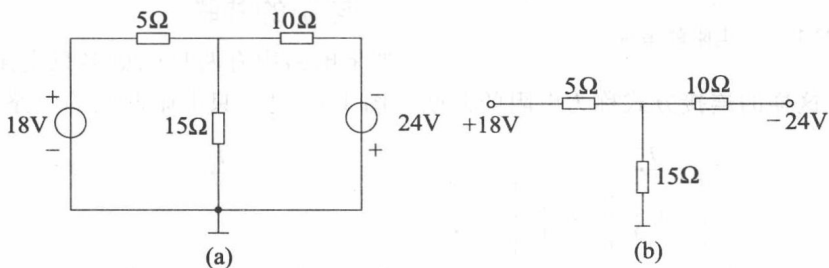


图 1-10 具有参考点的电路图

在求取电路中各点的电位时,可根据如下几点结论分析。

- ① 电路中某一点的电位等于该点与参考点之间的电压。
- ② 对于同一参考点,电路中任一点的电位为一定值,而与所选路径无关。
- ③ 电路中各点的电位随着参考点的改变而改变,但电路中任意两点间的电压是不会变化的。
- ④ 在计算电路中各点电位时,参考点的选择是任意的,但在一个电路中只能选择一个参考点。

第二节 电路的分析方法

一、电阻的串联与并联

1. 电阻的串联

如果在一段电路上,几只电阻依次首尾相连,各只电阻中通过同一电流,这种连接方法称为电阻的串联。图 1-11 为三只电阻串联的电路。

串联电路的特点如下。

- ① 由电流的连续性原理可知,串联电路中的电流处处相同,即流过 R_1 、 R_2 、 R_3 的电流为同一电流。
- ② 根据能量守恒定律,电路取用的总功率应等于各段电阻取用的功率之和,即

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

或

$$UI = U_1 I + U_2 I + U_3 I$$

由此可得

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

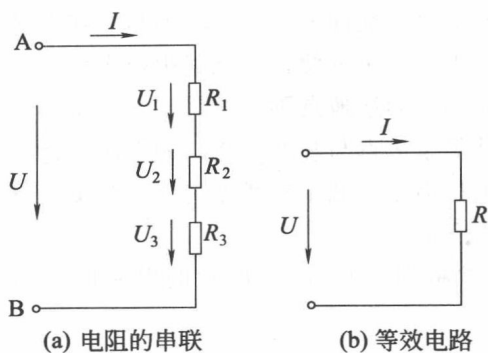


图 1-11 电阻的串联

上式说明, 在串联电路中, 总电压等于各段电压之和。

③ 几只电阻相串联, 可用一只等效的总电阻来代替。在串联电路中总电阻 R 等于各电阻之和, 即

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

在直流电路中, 通过电阻的串联可以实现分压的目的, 电阻越大, 分配到的电压也越高。

2. 电阻的并联

如果电路中有两只或更多只电阻接在两个公共节点之间, 这样的连接方式称为电阻的并联。图 1-12 是三只电阻并联的电路。

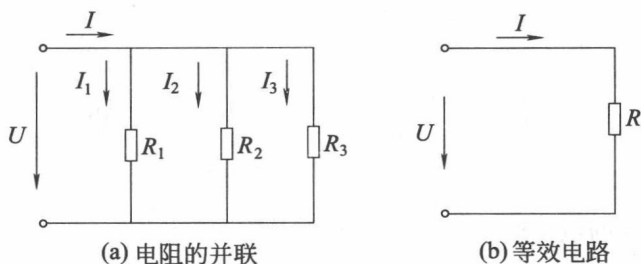


图 1-12 电阻的并联

并联电路的特点如下。

① 加在各并联支路两端的电压相等。

② 电路内的总电流等于各分支电路的电流之和, 即

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

③ 在并联电路中, 如果把总电流写成 $I = \frac{U}{R}$, 则得

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

因此有

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

在实际应用中, 最常见的是两只电阻的并联, 它们的等效电阻为

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

通过两只并联电阻的电流分别为

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{IR}{R_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{IR}{R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$$

上式为两只并联电阻的分流公式。它表明在并联电路中, 各只电阻中的电流与电阻大小成反比。

电阻并联的应用十分广泛。一般负载都是并联连接的, 在同一电压下, 任何一个负载的

工作情况基本上不受其他负载的影响。有时为了某些需要,可将电路中的某一段与电阻器或电位器并联,以起分流或调节电流的作用。

二、电压源与电流源的等效变换

在组成电路的各种元件中,电源是一个有源元件。一个电源可以用两种不同的等效电路表示:一种以输出电压为特征,称为电压源;另一种以输出电流为特征,称为电流源。

在电路分析计算中,以上两种电源模型是可以等效变换的。下面就来研究这两种实际电源等效变换的条件。

两种电源的等效变换电路如图 1-13 所示。把由电动势 U_s 和内阻 R_s 相串联组成的电源模型称为电压源。电压源的电压和电流关系为

$$I = \frac{U_s - U}{R_s} = \frac{U_s}{R_s} - \frac{U}{R_s}$$

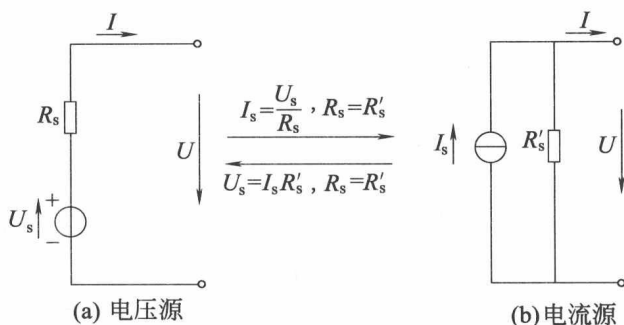


图 1-13 两种电源的等效变换

把由电流 I_s 和内阻 R'_s 相并联的电源模型称为电流源。对电流源来说,其端电压和电流的关系为

$$I = I_s - \frac{U}{R'_s}$$

若它们对外电路等效,则上两式对应项应相等,因此等效变换条件为

$$I_s = \frac{U_s}{R_s} \quad R_s = R'_s$$

当两者满足以上关系时,这两种电源是可以互换的。

电源的两种等效电路互相变换时,要注意以下三点。

- ① 电压源和电流源的参考方向要一致,即电流源流出的一端应与电压源的正极相对应。
- ② 所谓“等效”是指它们对外电路等效,电源内部电路不等效。
- ③ 理想电压源与理想电流源之间不能等效变换。因为理想电压源的内阻 $R_s = 0$,而理想电流源的内阻 $R'_s = \infty$,两者不满足等效变换条件。

电压源与电流源的等效变换非常简便,它可以使一些复杂电路的计算简化,是一种很实用的电路变换方法。

三、支路电流法

以支路电流为未知量,直接应用基尔霍夫定律列出关于支路电流的方程,然后求解,这种计算方法称为支路电流法。