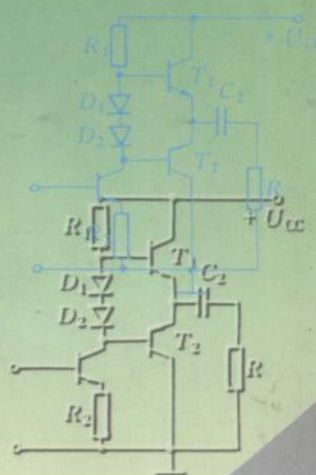
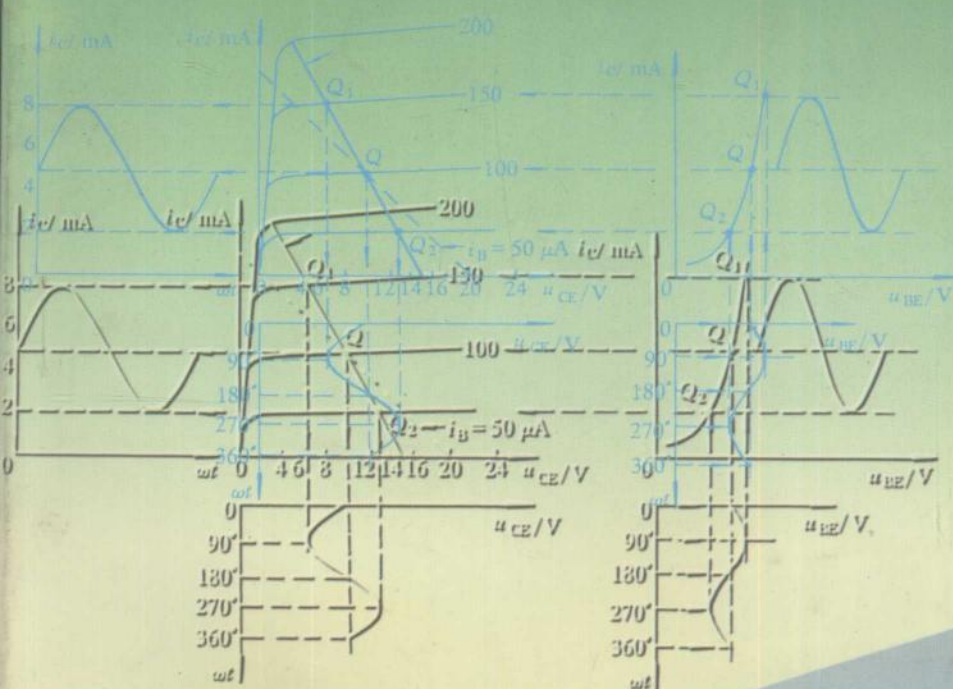


电工电子技术基础

主编 赵明 胡振辽



NEUPRESS
东北大学出版社

电工电子技术基础

主 编 赵 明 胡振辽

副主编 孙晓冬 高洪涛 刘奇志

邹进和 张奎斌

编 委 (以姓氏笔画为序)

高洪涛 韩建文 胡振辽

刘奇志 刘晓丽 宋良修

孙晓冬 张奎斌 赵 明

邹进和

东北大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术基础/赵明 胡振辽主编. —沈阳: 东北大学出版社, 1998. 12

ISBN 7-81054-370-9

I. 电… II. ①赵…②胡… III. ①电工技术—高等学校—教材 ②电子技术—高等学校—教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 38476 号

©东北大学出版社出版

(沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号 邮政编码 110006)

东北大学印刷厂印刷

东北大学出版社发行

开本: 787 × 1092 1/16

字数: 300 千字

印张: 12

印数: 1~1500 册

1998 年 12 月第 1 版

1998 年 12 月第 1 次印刷

责任编辑: 刘 莹

责任校对: 米 戎

封面设计: 唐敏智

责任出版: 秦 力

定价: 25.00 元

前 言

《电工电子技术基础》是理工科大专院校各种非电类专业的重要基础课程。在本课程中,主要讨论电技术的基本理论、基本方法、常用电子元器件及其基本电路,并使使学生受到必要的实验技能训练,为学习专业知识以及今后的工作打下必要的基础。因此,本书对基本概念、基本理论和基本方法进行了必要的论述,并通过实例、例题指南和学习指导等形式,使学生更好地理解 and 掌握所学理论。

为了反映科学技术的发展水平和满足非电类专业的教学需要,本书在内容安排上,主要由电路原理、模拟电子技术、数字电子技术及学习指南4部分组成。

本书考虑到与物理课程的分工,避免了不必要的重复。部分电量,例如电路的基本物理量、欧姆定律、电路的参数、磁场的基本物理量及磁性材料等,物理课程中已有叙述,本书或略讲或省略,主要讲述电子技术两方面的基本理论与实际知识,并在此基础上对新技术的开发与应用做了适当的介绍。本书具有以下特点:

- ① 教学内容宽而不深,强调理论联系实际,适用于54~72学时教学;
- ② 考虑到学生自学的需要,书中加入了学习要点指南;
- ③ 适用于企业管理、农林、水利、环保等专业的少学时教学需要,有普遍的使用价值。

教师可以根据教学的实际需要,对本书的内容做适当的取舍,亦可根据实际情况安排先后顺序。

本书第1章、第2章由邹进和编写,第3章、第7章由孙晓冬编写,第4章、第5章和第6章由赵明编写,第8章、第9章由高洪涛编写,第10章、第13章由胡振辽编写,第11章、第12章由刘奇志编写,第14章由张奎斌编写,学习指南与例题由宋良修、韩建文和刘晓丽编写。

全书由东北大学有关专家审定,并提出了宝贵意见。编者修改后又经复审,最后定稿。在此一并表示感谢。

编 者

1998年11月

目 录

1 电路的基本概念与基本定律	(1)
1.1 电路及其组成部分	(1)
1.2 电路的基本物理量	(1)
1.3 欧姆定律	(3)
1.4 电路的工作状态	(4)
1.5 基尔霍夫定律	(5)
1.6 电位的计算	(6)
思考与练习题	(8)
2 电路的分析方法	(11)
2.1 支路电流法	(11)
2.2 弥尔曼定理	(12)
2.3 电压源与电流源	(13)
2.4 叠加定理	(14)
2.5 戴维南定理	(16)
思考与练习题	(17)
3 单相交流电路	(19)
3.1 交流电的基本概念	(19)
3.2 正弦交流电的表示方法	(21)
3.3 纯电阻、纯电感、纯电容电路	(23)
3.4 RL 和 RC 串联电路	(26)
3.5 阻抗的串、并联	(30)
3.6 谐振现象	(31)
思考与练习题	(33)
4 放大电路基础	(37)
4.1 PN 结及二极管	(37)
4.2 晶体三极管	(42)
4.3 基本放大电路	(47)
4.4 放大电路的图解分析法	(49)
4.5 微变等效电路分析法	(54)
4.6 放大电路静态工作点的稳定问题	(57)

4.7	负反馈放大电路	(58)
4.8	射级输出器与多级放大器	(62)
4.9	功率放大电路	(65)
	思考与练习题	(67)
5	直流放大电路	(71)
5.1	直接耦合放大电路	(71)
5.2	差动放大电路	(72)
	思考与练习题	(73)
6	集成运算放大器	(74)
6.1	基本运放电路	(74)
6.2	常用运放电路	(75)
6.3	使用运放的注意事项	(77)
	思考与练习题	(78)
7	正弦波振荡电路	(80)
7.1	正弦波振荡器	(80)
7.2	LC 振荡电路	(81)
7.3	RC 振荡电路	(82)
7.4	石英晶体振荡电路简介	(84)
	思考与练习题	(85)
8	直流稳压电路	(87)
8.1	单相整流电路	(87)
8.2	滤波电路	(89)
8.3	稳压二极管及其稳压电路	(91)
8.4	串联式稳压电路	(92)
8.5	集成稳压电路	(93)
	思考与练习题	(94)
9	晶体管应用电路举例	(96)
9.1	电子温度计	(96)
9.2	照相机电路原理	(96)
9.3	人体感应报警器	(97)
10	晶体管的开关特性	(99)
10.1	计数体制	(99)
10.2	脉冲波形	(100)
10.3	晶体管的开关特性	(101)
10.4	基本逻辑门电路	(102)
10.5	TTL 集成“与非”门	(106)
	思考与练习题	(107)

11	逻辑代数基础	(110)
11.1	逻辑函数	(110)
11.2	逻辑代数的基本运算	(110)
11.3	逻辑电路分析	(111)
11.4	逻辑函数化简	(112)
	思考与练习题	(115)
12	触发器	(118)
12.1	RS 触发器	(118)
12.2	JK 触发器	(121)
12.3	D 触发器	(124)
12.4	用定时器组成的脉冲产生与整形电路	(125)
	思考与练习题	(127)
13	基本时序电路	(130)
13.1	寄存器	(130)
13.2	计数器	(133)
13.3	译码与显示电路	(137)
	思考与练习题	(139)
14	学习指南及例题	(142)
14.1	电路的基本概念和基本定律	(142)
14.2	电路分析方法	(144)
14.3	单相交流电路	(147)
14.4	放大电路基础	(149)
14.5	直流放大电路	(155)
14.6	集成运算放大器	(157)
14.7	正弦波振荡电路	(160)
14.8	直流稳压电路	(162)
14.9	晶体管的开关特性	(164)
14.10	逻辑代数基础	(167)
14.11	触发器	(170)
14.12	基本时序电路	(173)
	附录	(177)
	部分习题答案	(182)

1 电路的基本概念与基本定理

本章主要讨论电路的基本概念、基本定理、基本连接方式、工作状态及电位的计算等。

1.1 电路及其组成部分

在现代生活中,随处可见电路(Electric Circuit)。通常,电路由三部分组成,即电源(Source)、负载(Load)和各种中间环节。电源为电路提供电能,常见的有发电机、各种电池等;而负载是取用电能并将其转化为其他形式的能量,如灯泡将电能转化为热能、光能,电机将电能转化为动能等;所谓中间环节,是指连接在电源和负载之间的部分,包括导线、开关、变压器、电表等,分别起到传递、控制、调节、测量电能的作用。如图 1.1 所示。

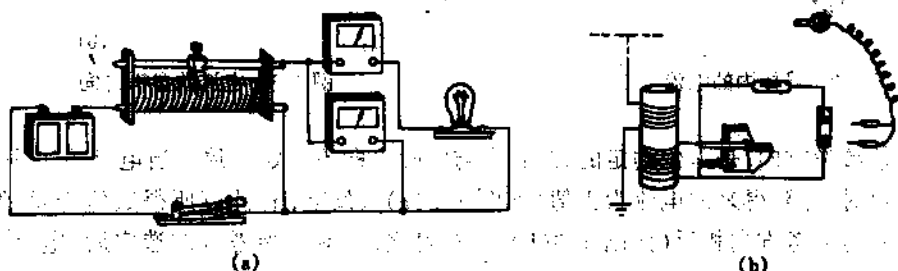


图 1.1 实际电路

图 1.1 中,电池为电源,灯泡为负载,开关、导线和电流表即为中间环节。

有时会看到另外一种电路,如收音机电路中,天线接收无线信号,经线圈和电容选频,再经晶体检波后,由耳机转为声音信号输出。此电路中,天线是信号源,即另外一种形式的电源;耳机接收信号,即另外一种形式的负载;其余为中间环节,起到传递、选择信号等作用。

总之,对电路这个概念,可以理解为:电源和负载通过传导、控制、测量等器件连接起来,用以实现电能传输或电信号传递的功能。

1.2 电路的基本物理量

在本课程中,将要以电路中的几个基本物理量为研究对象,即对一个已建立的电路模型,讨论其中的电流(Current),电压(Voltage),电功率(Electric Power)(有时还包括电荷(Charge),磁通(Magnetic Flux))之间的联系规律、分布和相位关系等,为分析、设计实际电路准备理论基础,这也是本课程的主要任务。

1.2.1 电 流

电荷(带电粒子)在电场作用下,有规律地定向运动,就形成了电流。所谓电流,是指单位时间内通过某一导体横截面的电荷量。

如图 1.2 所示,设在极短时间 dt 内,通过导体截面 S 的电荷量为 dq ,则电流为 $I = dq/dt$ 。该式表明,电流是一个关于时间的函数。当 dq/dt 为常数时,称之为恒定电流,简称直流(Direct Current),缩写为 DC。直流电流通常用大写字母 I 表示,其表达式为:

$$I = q/t \quad (1.1)$$

电流是一个有大小、有方向的物理量。习惯上,规定正电荷的流动方向为电流的正方向,也就是实际方向。电流的方向是客观存在的。但是,在分析较为复杂的电路时,往往难于事先判定某支路中电流的实际方向;而且在交流电路中,电流的方向是随着时间的改变而改变的。为此,在分析和计算电路问题时,常可任意选定某一方向作为电流的正方向,或称为参考方向(Reference Direction)。



图 1.2 导体内的电流

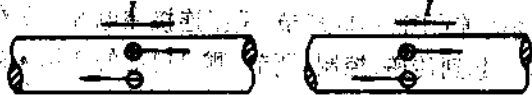


图 1.3 电流的参考方向

所谓参考方向,是人们规定的方向,它与实际方向不一定一致。当电流的实际方向与参考方向一致时,计算得来的电流为正值(如图 1.3(a));反之,若计算所得数值为负,则说明电流实际方向与参考方向相反(如图 1.3(b))。换言之,只有在参考方向选定后,电流才有正负之分,才能判断电流的实际方向。

通常,电流的参考方向用“箭头”或“双下标”来表示,如图 1.2 中的 I_{ab} ,即表示参考方向由 a 指向 b ;若参考方向选定为由 b 指向 a ,则该电流记作 I_{ba} 。显然,两者间只相差一个负号,即 $I_{ab} = -I_{ba}$ 。

我国法定计量单位是以国际单位制(SI)为基础的,电流的常用单位为安培(A),毫安(mA)和微安(μA)。 $1 A = 1 C/s$, $1 A = 10^3 mA = 10^6 \mu A$ 。

1.2.2 电压与电动势

在图 1.4 中, a 和 b 是电源的两个电极, a 带正电, b 带负电,那么将在 ab 之间产生电场,方向由 a 指向 b 。如用导线和负载将电极连接起来,则在电场作用下,正电荷将由 a 经导体流向 b 。而在电源内部,正电荷将由 b 运动到 a 。此过程中,正电荷由 a 至 b 是电场力做功的结果,将电场力使单位正电荷由 a 点移到 b 点所做的功,称为 ab 之间的电压 U_{ab} 。另外,规定电场力将单位正电荷由电场中某点移到参考点(习惯上规定参考点的电位为零)所做的功称为该点的电位。

显然,电位是一个相对概念。借助电位的定义,可以将 a 和 b 两点间的电压 U_{ab} 表示为:

$$U_{ab} = U_a - U_b \quad (1.2)$$

即两点间电压等于其电位差。

如果正电荷在电场力作用下,从高电位向低电位运动,那么在图 1.4 中,就会造成电极板 a 端电位下降,而随着电荷运动的积累,极板 a, b 间的电位差(电压)将逐步下降,直至减小为零。为了维持电流在导体中的运动,就需要在电源的作用下,使 a, b 两极间保持一定电压,产生一定电流。

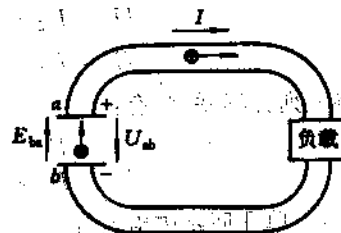


图 1.4 电压与电位

在电源内部,由于化学能或从外界吸收能量的作用,会将正电荷从电源的低电位端 b 移至高电位端 a 。通常,电源对正电荷做功的能力 E_m ,在数值上等于电源力把单位正电荷从电源的低电位端 b 经电源内部移至高电位端 a 所做的功。

电压和电动势均为标量,但在分析电路时,和电流一样,要规定其方向。规定:由高电位指向低电位的电压方向为正方向,电源内由低电位指向高电位为电源电动势的正方向。类似电流的标注方法,在电路图中,用箭头或双下标表示其正方向(参考方向)。此外,有时也在某段电路中电压 U 的两侧标注 $+$ 或 $-$ 。约定: $+$ 端电位高于 $-$ 端电位,即电压方向由 $+$ 指向 $-$,这就是参考极性(Reference Polarity)标注法。如图 1.5 所示。



图 1.5 电压的方向及标注

1.3 欧姆定律

在分析电路时,最常用的是欧姆定律(Ohm's Law)。

通常,流过电阻的电流与其两端电压成正比,这就是欧姆定律。它是电路的基本定律之一。欧姆定律又分为两种形式,即部分电路欧姆定律和全电路欧姆定律。

1.3.1 部分电路欧姆定律

欧姆定律可用公式简单地表示为:

$$I = U/R \quad (1.3)$$

即流经电阻的电流与电压成正比。那么,对于一个电路而言(如图 1.5),其电压电流必然满足这一关系。

但值得注意的是,有时会遇到某元件上电压与电流参考方向相反的情况,此时的欧姆定律应表示为:

$$U = -IR$$

电阻的国际单位是欧姆(Ω),其定义为电阻两端电压为 1 V 时,流过 1 A 电流。电阻的阻值较大时,则用千欧($\text{k}\Omega$)或兆欧($\text{M}\Omega$)为单位表示。 $1\text{ k}\Omega = 10^3\Omega$, $1\text{ M}\Omega = 10^6\Omega$ 。

1.3.2 全电路欧姆定律

可以把前面讲到的欧姆定律内容推广到含有多个电源、多个电阻的单孔回路中,如图 1.6 所示。

在图 1.6 中, 电流 I 仍满足欧姆定律, 即:

$$U = E_2 + IR_2$$

$$U = E_1 - IR_1$$

将上列方程联立, 有:

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2} \quad (1.4)$$

可见, 单孔回路中电流等于总电动势与总电阻之比, 即:

$$I = \frac{\sum E}{\sum R} \quad (1.5)$$

其中, $\sum E$ 为各电动势的代数和。

这就是全电路欧姆定律。

图 1.6 全电路欧姆定律

1.4 电路的工作状态

通常, 电路的工作状态有三种: 有载状态、开路 (Open Circuit) 状态和短路 (Short Circuit) 状态。下面以最简单的直流电路为例, 讨论其在三种状态下的电压、电流和功率的特性。如图 1.7 所示, E 为电源的电动势, U 为电源的端电压, R_s 为电源的内阻, R 为负载电阻。

1.4.1 有载状态

当图 1.7 中的开关 K 合上时, 接通电源与负载, 这就是电路的有载工作状态。电路中的电流为:

$$I = \frac{E}{R_s + R} \quad (1.6)$$

通常, 电源的电动势和内阻是一定的, 当负载电阻变小时, 电流会增大; 反之亦然。此时, 电源的端电压等于负载电阻的端电压, 即:

$$U = E - IR_s \quad (1.7)$$

显然, 电流越大, 电源端电压下降越多。电路中的功率关系为:

$$P_R = P_E - P_{R_s} \quad (1.8)$$

式中: $P_R = UI$, $P_E = EI$, $P_{R_s} = I^2 R_s$ 。

在国际单位制中, 功率的单位是瓦特 (W)。1 秒内转化 1 焦耳的能量为 1 瓦特。当功率较大时, 用千瓦 (kW) 表示; 当功率较小时, 可用毫瓦 (mW) 表示。电源功率均为负, 负载功率均为正 (由电压和电流方向所决定)。

由上面分析可见, 电源的输出功率和电流取决于负载。

各种电器设备的电压、电流和功率等都有一个额定值, 即额定电流 (Rated Current)、额定电压 (Rated Voltage) 和额定功率。例如, 一只白炽灯上标明电压 220 V, 功率 15 W, 这就是它的额定值, 额定的含义就是最大。实际生活中应按照电器设备额定值使用。要使设备所加电压或电流不超过规定的额定值, 还要使其等于额定值, 这样可以充分发挥设备的功能, 效率最

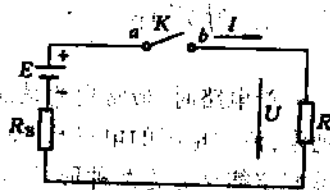


图 1.7 电路的工作状态

高,运行最可靠;如果所加电压或电流小于额定值,则设备可以使用,但效率较低,如电灯发红光;如果所加电压或电流大于额定值,则会造成设备损坏。

电器设备或元件的额定值通常标在其铭牌或说明书上。

1.4.2 开路状态

在图 1.7 中,当开关 K 断开时,电路处于开路(空载)状态。此时,电路中电流为零,电源的端电压等于电源的电动势。显然,电源不向外输出能量。

开路时,电路的特征为:

$$I = 0, \quad U = E, \quad P_E = 0$$

1.4.3 短路状态

在图 1.7 中,若由于某种原因使得负载电阻的两端连在一起时,则电路出现短路状态。短路时,电路中的电流由电源出发,流经短路线而不经过负载,如图 1.8 所示。因为回路中的电阻仅为电源的内阻 R_s ,故电路中的电流较大,此时的电流称为短路电流。短路电流会使电源受到损伤或毁坏。

短路时,电路的特征为:

$$U = 0, \quad I = E/R_s, \quad P_E = I^2 R_s$$

此外,短路也可发生在电路的负载端或线路中的任何处。

短路通常是一种严重的事故,会导致设备损毁、电火灾及人体触电伤害,所以应尽量避免。绝缘不良和接线不慎常会导致短路,有时也会因导线外皮老化破损、设备外壳锈蚀等原因引发短路。经常检查电器设备和线路的绝缘情况是一项很重要的安全措施。



图 1.8 短路状态

1.5 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律是用来分析计算电路常用的基本定律之一。它包括第一定律和第二定律,即基尔霍夫电流定律(Kirchhoff's Current Law)和基尔霍夫电压定律(Kirchhoff's Voltage Law)。电流定律适用于节点,电压定律适用于回路。

电路中,凡是不开岔的部分就认为是一条支路(Branch),而不考虑其中包含了多少器件;三条或三条以上支路的交点称为节点(Node);由若干条支路组成一条闭和路径,其中每个节点只过一次,称为回路(Loop)。图 1.9 中,aceb, ab, adfb 为三条支路; a, b 为两个节点;aceba, adfba, adfbeca 为三个回路。

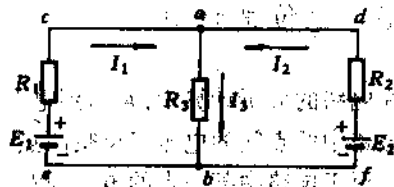


图 1.9 回路和节点

1.5.1 基尔霍夫电流定律

基尔霍夫电流定律的内容是:对于电路中的任一节点而言,任意时刻流入该节点的电流之和恒等于流出该节点的电流之和,简记作 KCL。用公式表述为:

$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}} \quad (1.9)$$

在图 1.10 中,对节点 a ,有:

$$I_1 + I_2 = I_3$$

可见,在电路中的任何一个节点上,任何瞬间电流的代数和为零。



图 1.10 节点电流

其实,基尔霍夫电流定律还可推广到任意用闭和曲面包围的部分电路,即所谓的广义节点。如图 1.11 的中间部分电路上,流入电流 I_5 等于流出电流 I_6 。但有一点需要注意:在计算中有时会出现两套符号——电流本身的数值符号和方程中的正负号(取决于电流的参考方向相对于节点的关系是朝向节点还是背对节点),列方程时一律以参考方向为准,将电流视为有符号的变量代入方程。

1.5.2 基尔霍夫电压定律

基尔霍夫电压定律是用来确定回路中各段电压之间关系的。从回路中任意一点出发,以选定的绕行方向沿回路巡行一周,则此方向上的电位升高之和等于电位降低之和,简记作 KVL。

图 1.11 中,电源电动势、各段电流均已标出。由 KVL 可知,若选定逆时针为绕行方向,则有:

$$\begin{aligned} I_1 R_1 + I_4 R_5 + E_3 \\ = E_1 + E_4 + I_3(R_3 + R_4) + E_2 + I_2 R_2 \end{aligned} \quad (1.10)$$

或记为:

$$\begin{aligned} E_1 + E_4 + E_2 - E_3 \\ = I_1 R_1 + I_4 R_5 - I_2 R_2 - I_3(R_3 + R_4) \end{aligned}$$

$$\text{即} \quad \sum E = \sum (IR) \quad (1.11)$$

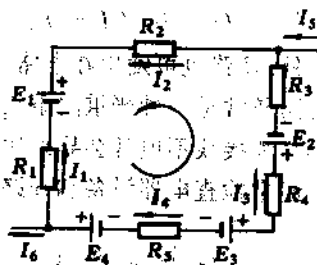


图 1.11 回路电压

显然,KVL 也可理解为:在某一绕行方向上,回路中电动势的代数和等于电压降的代数和;全回路中各段电压的代数和恒等于零。

与 KCL 类似,基尔霍夫电压定律也存在两套符号问题,应用时需加以注意。

1.6 电位的计算

在电路的分析计算中,常用到电位的概念,尤其在电子线路中更是如此。

电路中两点间的电压只反映两点之间的电位之差,它只能说明一端的电位高,另一端的电位低。至于电路中某一点的电位究竟是多少,将在本节中讨论。

计算电位时,必须选定电路中某一点作为参考点,称为参考点电位。通常,设参考点电位为零。参考点符号用“接地”符号,而其他各点电位都同它比较,比它高的电位为正,比它低的电位为负。

在图 1.12 中, $E_1 = 140 \text{ V}$, $E_2 = 90 \text{ V}$, $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 5 \Omega$, $R_3 = 6 \Omega$, $I_1 = 4 \text{ A}$, $I_2 = 6 \text{ A}$, $I_3 = 10 \text{ A}$,若设 a 点为参考点,即 $U_a = 0$ 。

由图 1.12 有:

$$U_b - U_a = U_{ba}; \text{ 因 } U_a = 0, \text{ 所以 } U_b = -I_3 R_3 = -10 \times 6 = -60 \text{ V}$$

$$U_c - U_a = U_{ca}; \text{ 因 } U_a = 0, \text{ 所以 } U_c = I_1 R_1 = 4 \times 20 = 80 \text{ V}$$

$$U_d - U_a = U_{da}; \text{ 因 } U_a = 0, \text{ 所以 } U_d = I_2 R_2 = 6 \times 5 = 30 \text{ V}$$

在图 1.12 中,若设 b 点为参考点,则有图 1.13。

由图 1.13 有:

$$U_a - U_b = U_a = I_3 R_3 = 10 \times 6 = 60 \text{ V}$$

$$U_c - U_b = U_c = E_1 = 140 \text{ V}$$

$$U_d - U_b = U_d = E_2 = 90 \text{ V}$$

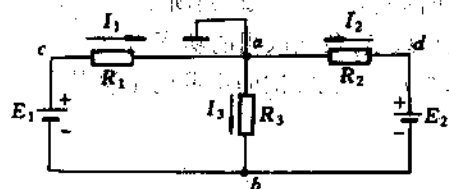


图 1.12 a 为参考点的电位计算

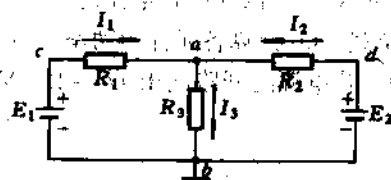


图 1.13 b 为参考点的电位计算

由上面的讨论有:

① 电路中某点的电位等于该点与参考点之间的电压;

② 参考点选择不同,电位的值亦随着改变,但两点之间的电压总是不变的。所以,电路中电位的高低是相对的,而两点间的电压值是绝对的。

在电子线路中,一般都把电源、信号输入和信号输出的公共端接在一起作为参考点,因此,电子电路有一种习惯画法,即:电源不再用电源符号表示,而改用标出其电位的极性 & 数值。如图 1.13 可改画为图 1.14。

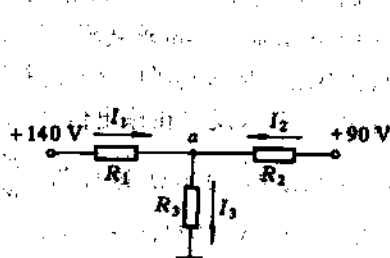


图 1.14 图 1.13 的习惯画法(以电位的形式)



图 1.15

【例】计算图 1.15 所示电路中 B 点的电位。

$$\text{【解】} \quad I = \frac{U_A - U_C}{R_1 + R_2} = \frac{12 - (-10)}{1 + 1} = 11 \text{ mA}$$

$$U_B = U_C + U_{R_1} = IR_1 + U_C = 11 \times 1 - 10 = 1 \text{ V}$$

思考题

1.1 如何理解电压与电位间的关系?

- 1.2 计算电位时一定要选定参考点吗？一定要选定零电位点作参考点吗？
- 1.3 如何理解参考方向与实际方向统一的问题？它有什么意义？
- 1.4 实际电路中，某两点间有电流就一定有电压吗？有电压就一定有电流吗？
- 1.5 在利用基尔霍夫电流定律分析节点电流时，若只考虑各电流的实际方向，能列出合理的方程吗？若只考虑各电流本身的符号呢？

练习题

1.1 在图 1.16 中，五个元件代表电源或负载，电流和电压的正方向如图 1.16 所示，今通过实验测得： $I_1 = -4 \text{ A}$ ， $I_2 = 6 \text{ A}$ ， $I_3 = 10 \text{ A}$ ， $U_1 = 140 \text{ V}$ ， $U_2 = -90 \text{ V}$ ， $U_3 = 60 \text{ V}$ ， $U_4 = -80 \text{ V}$ ， $U_5 = 30 \text{ V}$ 。① 试标出各电流的实际方向和各电压的实际极性。② 判断哪些元件是电源？哪些是负载？③ 计算各元件的功率。电源发出的功率取负，负载取用的功率为正。

1.2 若电源的开路电压 $U_0 = 120 \text{ V}$ ，其短路电流 $I_S = 30 \text{ A}$ ，试问电源的电动势和内阻各为多少？

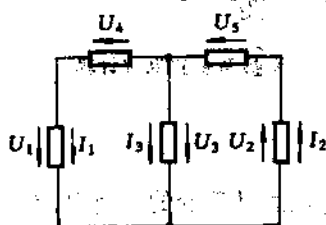


图 1.16

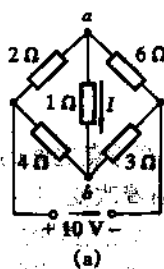
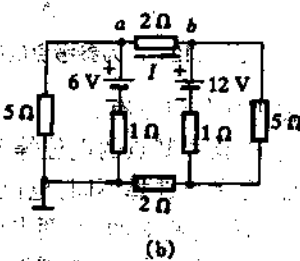


图 1.17



1.3 在图 1.17 所示的两个电路中各有多少个支路和节点？ U_{ab} 和 I 是否为零？

1.4 图 1.18 所示的是测量电压的电位计电路，其中， $R_1 + R_2 = 50 \Omega$ ， $R_3 = 44 \Omega$ ， $E = 3 \text{ V}$ 。当调节滑动触头，使 $R_2 = 30 \Omega$ 时，电流计 G 中无电流通过。试求被测电压 U_x 之值。

1.5 图 1.19 是电阻应变仪中测量电桥的原理电路。 R_x 是电阻应变片，粘附在被测零件上。当零件发生变形（伸长或缩短）时， R_x 的值随之而变，这反映在输出信号 U_0 上。在测量前，如果把各个电阻调节到 $R_x = 100 \Omega$ ， $R_1 = R_2 = 200 \Omega$ ， $R_3 = 100 \Omega$ ，这时满足 $\frac{R_x}{R_1} = \frac{R_3}{R_2}$ 的电桥平衡条件， $U_0 = 0$ 。在进行测量时，如果测出：① $U_0 = +1 \text{ mV}$ ，② $U_0 = -1 \text{ mV}$ 。试计算两种情况下的 ΔR_x 。 U_0 极性的改变反映了什么？设电源电压 $U = 3 \text{ V}$ 。

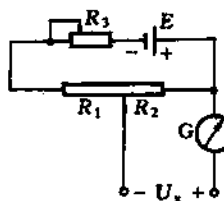


图 1.18

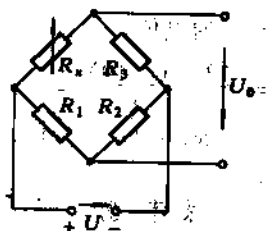


图 1.19

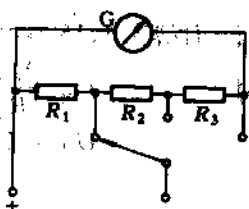
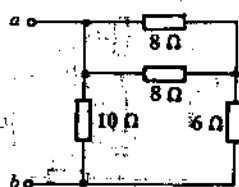


图 1.20

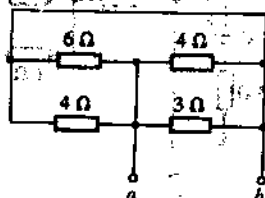
1.6 图 1.20 是万用表中直流毫安档的电路。表头内阻 $R_0 = 280 \Omega$, 满量程标值电流 $I_0 = 0.6 \text{ mA}$ 。今欲使其量程扩大为 1 mA , 10 mA 及 100 mA , 试求分流器电阻 R_1 , R_2 及 R_3 。

1.7 求图 1.21 所示电路中 a, b 两端间的等效电阻。

1.8 求图 1.22 所示电路中 a, b 两端间的等效电阻 R_{ab} 。



(a)



(b)

图 1.21

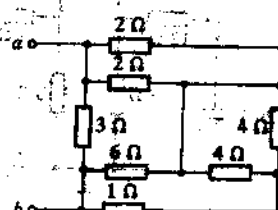


图 1.22

1.9 求图 1.23 中 a, b 间的电阻。

1.10 写出图 1.24 电路中所有节点和回路的方程。

1.11 有一无源两端网络如图 1.25 所示, 通过实验测得: 当 $U = 10 \text{ V}$ 时, $I = 2 \text{ A}$; 并已知该网络由 4 个 3Ω 的电阻构成, 试问这 4 个电阻是如何连接的?

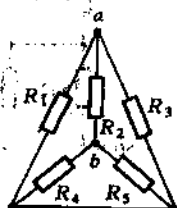


图 1.23

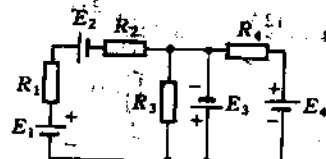


图 1.24

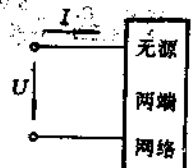


图 1.25

1.12 试求图 1.26 所示电路中输出电压与输入电压之比 U_2/U_1 。

1.13 在图 1.27 所示电路中, 已知: $E_2 = 3 \text{ V}$, $R_1 = R_2 = R_5 = 1 \Omega$, $R_3 = 5 \Omega$, $R_4 = 2 \Omega$, $I_1 = 4 \text{ A}$, $I_4 = 3 \text{ A}$, 试求 E_1 , R_x 。

1.14 已知 $I = 11.9 \text{ A}$, 求图 1.28 中 a, b 间的电压 U_{ab} 。

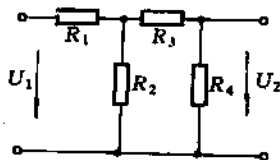


图 1.26

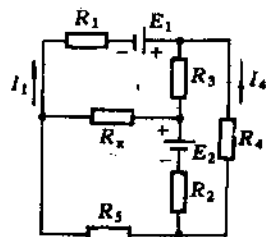


图 1.27

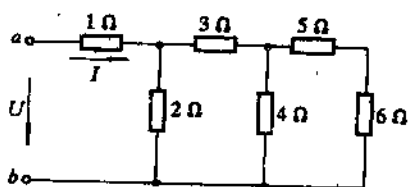


图 1.28

1.15 求图 1.29 中 A, B 点的电位, 若在 AB 间加一电阻, 对电路是否有影响?

1.16 求图 1.30 中 a, b, c 点的电位。

1.17 在图 1.31 所示电路中, 已知 $U_1 = 10\text{V}$, $E_1 = 4\text{V}$, $E_2 = 1\text{V}$, $R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 5\Omega$, 试求 U_2 。

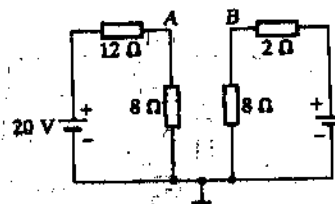


图 1.29

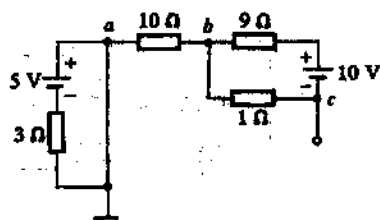


图 1.30

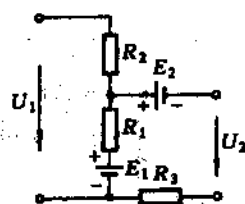


图 1.31

1.18 求图 1.32 所示电路中 a, b 点的电位 U_a, U_b 。

1.19 求图 1.33 所示电路中 A 点和 B 点的电位。

1.20 求图 1.34 所示电路中 A 点的电位 U_A 。

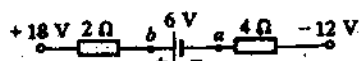


图 1.32

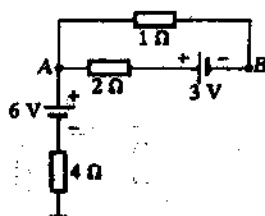


图 1.33

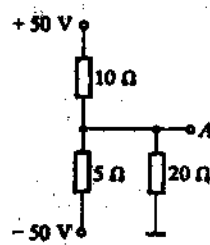


图 1.34