

目 录

第一章 电子技术基础	(1)
第一节 电的基础知识.....	(1)
第二节 直流电路计算.....	(5)
第三节 磁场与电磁感应	(13)
第四节 正弦交流电路	(21)
第五节 谐振电路	(27)
第二章 电子的元器件	(31)
第一节 电阻器	(31)
第二节 电容器	(36)
第三节 电感线圈	(42)
第四节 变压器	(44)
第五节 晶体二极管	(47)
第六节 晶体三极管	(53)
第七节 场效应管	(61)
第八节 电声器件	(67)
第三章 电子电路基础	(73)
第一节 三极管三种基本放大电路及其特点	(73)
第二节 三极管四种工作状态及其特点	(77)
第三节 晶体管的偏置电路	(77)
第四节 放大器的直流通路分析	(83)
第五节 场效应管基本放大电路	(87)
第四章 无线电广播的发送与接收	(92)
第一节 无线电波	(92)
第二节 无线电广播的发送	(95)
第三节 调制	(97)
第四节 无线电广播的接收.....	(102)
第五章 晶体管收音机	(104)
第一节 最简单的收音机.....	(104)
第二节 晶体管再生来复式收音机的电路原理.....	(105)

第三节	超外差式收音机原理	(116)
第四节	超外收音机的调整及检修方法	(141)
第五节	741 型收音机的装调与故障情形	(154)
第六章	调频广播与立体声接收	(161)
第一节	调频广播与接收	(161)
第二节	立体声广播与接收	(163)
第三节	调频头电路	(167)
第四节	调频中频放大电路	(172)
第五节	鉴频器	(174)
第六节	立体声解码电路	(178)
第七节	调频收音机整机电路分析	(186)
第七章	盒式收录机	(193)
第一节	盒式收录机的电路组成	(193)
第二节	录放音前置放大和频率补偿电路	(196)
第三节	偏磁电路	(203)
第四节	低频功率放大电路	(206)
第五节	自动电平控制电路 (ALC 电路)	(211)
第六节	指示电路	(216)
第七节	降噪电路	(221)
第八节	其它电路	(225)
第九节	盒式录音磁带、磁头	(229)
第十节	录音机的机芯	(247)
第十一节	收录机整机电路简介	(298)
第十二节	录音机常见故障的检修方法	(302)
第十三节	录音机故障的逻辑分析及检修	(306)
第八章	电视传像原理	(319)
第一节	电视传送图像的过程	(319)
第二节	全电视信号	(323)
第九章	分立件黑白电视机	(328)
第一节	电视机方框图	(328)
第二节	高频头	(331)
第三节	中频放大电路	(356)

第 四 节	视频检波和视频放大电路·····	(381)
第 五 节	自动增益控制电路 (AGC 电路) ·····	(401)
第 六 节	伴音电路·····	(414)
第 七 节	同步分离电路·····	(439)
第 八 节	场扫描电路·····	(451)
第 九 节	行扫描电路·····	(477)
第 十 节	显像管及显像管电路·····	(532)
第十一节	稳压电源电路·····	(549)
第十二节	黑白电视机的维修·····	(563)
第十章	集成电路黑白电视机·····	(592)
第 一 节	概述·····	(592)
第 二 节	黑白电视机常用集成电路·····	(594)
第 三 节	集成电路黑白电视机整机电路介绍·····	(611)
第 四 节	集成电路故障的检修·····	(619)
附 图	牡丹 31H5A 黑白电视机电原理图	

第一章 电子技术基础

本章简要地介绍电的基本知识、电路基本概念和计算方法、磁场与电磁感应、正弦交流电以及谐振电路等。

第一节 电的基础知识

一、电 流

电荷有规则的运动叫电流。由图 1 (a) 可以看出电流的方向与自由电子移动的方向相反, 电流的方向规定为正电荷运动的方向。电流的大小用电流强度来衡量。电流强度是单位时间内流过导体横截面的电量, 通常把电流强度简称电流。如果电流的大小和方向恒定不变, 这种电流叫直流, 直流电流用 I 表示, $I = \frac{Q}{t}$ (Q 是时间 t 内通过某导体横截面的电量)。式中, Q 的单位是库仑 (C), t 的单位是秒 (S), I 的单位是安培 (A)。常用的电流单位还有: $1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$, $1\mu\text{A}$ (微安) $= 10^{-6}\text{A}$ 。

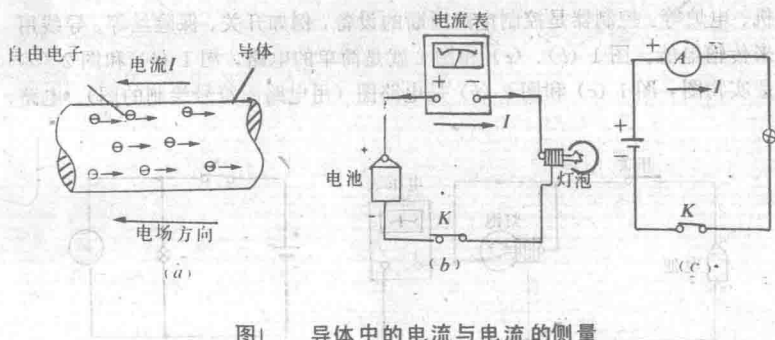


图1 导体中的电流与电流的侧量

用电流表或万用表电流档测量电路中的电流时, 应注意电流表量程要合适, 不可小于电流实际值; 电流表应串在电路中, 被测电流应从电表

“+”端流入，从“-”端流出；正确接法如图1(b)、(c)所示。

二、电阻与电阻率

导体对流过它的电流所呈现的阻力叫电阻 R ，电阻的单位 Ω (欧姆)，还有千欧($K\Omega$)与兆欧($M\Omega$)：

$$1K\Omega = 1000\Omega$$

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

决定导体电阻的大小有两个因素，一是导体材料的导电性能，二是导体的几何尺寸。实验证明，同一材料的导体，其电阻与导体长度 l 成正比，与导体横截面 S 成反比。即

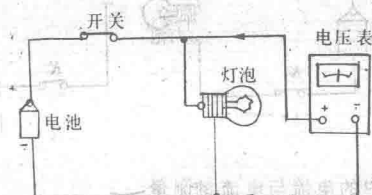
$$R = \rho \frac{l}{S}$$

式中， ρ 是导体材料的电阻率，它反映该材料的导电特性； l 的单位是米(m)， S 的单位是平方毫米(mm^2)， R 的单位是 Ω ， ρ 的单位是 $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$ 。

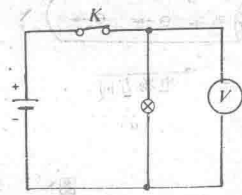
三、电路、电源与电压

1. 电路

电路是电流流通的路径，由电源、负载、导线和控制器等组成。电源是供给电路电能的设备，可将其它形式的能转换为电能，如发电机、电池等。负载是用电设备的总称，它可将电能转换成其它形式的能，例如灯泡、电动机、电炉等。控制器是控制电路通断的设备，例如开关、保险丝等。导线用来传输电能。图1(b)、(c)和图2就是简单的电路，图1(b)和图2(a)是实物图，图1(c)和图2(b)是电路图(用电路图符号绘制的图)。电路



(a)



(b)

图2. 简单的电路图

图常用的符号如图 3 所示。

名称	符号	名称	符号
电池或 蓄电池		电阻	
灯泡		接机壳 或接地	
开关		保险丝	
电流表		电压表	
电容器		线圈	

图 3 电路图常用符号

电路通常有三种状态，见图 2 (b)：

(1) 通路 (闭路)：开关接通，构成闭合回路，电路中有电流。

(2) 断路 (开路)：开关或电路某处断开，电路中无电流。

(3) 短路：电路中负载两端被导线短接叫短路。短路时会使电路中电流增大，严重时损坏电源和电路器件。

2. 电源与电压

电源两端具有不同的电位，电源正极电位总高于负极电位，使正负极间形成电位差。电位差使电源外部电流从高电位的正极流向低电位的负极。在电源内部，借助外力 (例如电池是借助化学力) 使电流从低电位负极流向高电位正极。电位差又称电压，电源电压 (E)，电阻电压 (U)，单位伏特 (V)。电压的单位还有千伏 (kV)、毫伏 (mV)、微伏 (μV)：

$$1kV=1000V$$

$$1mV=10^{-3}V$$

$$1\mu V=10^{-6}V$$

电源本身的电阻叫电源内阻。如果一个电源只具有一定的电源电压，而电阻为零，这种电源叫理想电源，可用图 3 中所示符号表示。如果电源有内阻，在电源不接负载时，电源两端电压 U 等于电源电压 E ；在电源接通负载后，电源两端电压 U 则小于电源电压 E 。

四、欧姆定律

在电路中，电压、电流与电阻的关系经实验证明有下式存在：

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

式中， U 单位为 V ， I 单位为 A ， R 单位为 Ω 。该式称为欧姆定律公式。

如果考虑电源的内阻 r ，则下式成立：

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

通常将该式称为全欧姆定律公式。参看图 4 (b)。

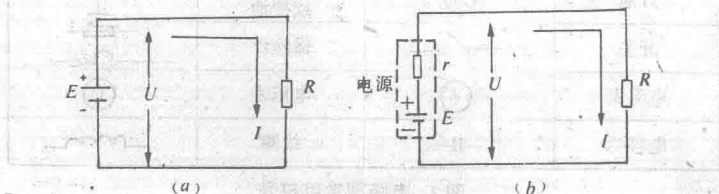


图4 欧姆定律

由图 4 (b) 可以看出，电源两端电压 $U = I \cdot R = \frac{E}{R + r} \cdot R$ 。将该式变化一下，可得 $U = \frac{E}{1 + \frac{r}{R}}$ 。由此式可以看出，当负载 R 一定时，电源内阻 r

越大，电阻两端电压 U （即电源两端电压）越小；当 r 一定时， R 越大，电阻两端电压 U 越大。

五、电功和电功率

电场力在电路中移动电荷所做的功叫电功。电流通过电炉，使电炉发热，说明电流通过电器时把电能转变成其它形式的能，同时做了功。电流所做的功等于电路中消耗的电能，即等于电场力所做的功——电功。电功或电能可用 A 表示，单位为焦耳 (J)。它可用下式表示：

$$A = \frac{U}{Q}$$

由此式还可推出：

$$A = UIt \quad A = I^2 \cdot Rt \quad A = \frac{U^2}{R} \cdot t$$

式中， t 是电流 I 流过负载 R 的时间，单位 s ， U 是 R 两端电压，单位 V ， R 单位是 Ω ， A 单位是 J ； I 单位是 A ； Q 单位是 C 。

电功率是单位时间电场力作功大小。它反映了电能转换为其它形式能

的变化速率,也就是反映了用电设备做功的能力。电功率用字符 P 表示,等于电压与电流乘积。电功率可用以下各式来表示:

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

式中, A 单位为 J , U 单位 V , I 单位 A , R 单位 Ω 。电功率 P 的单位是瓦特 (W)。电功率还有千瓦 (kW) 和毫瓦 (mW) 两个单位,它们之间的关系:

$$1kW = 1000W \quad 1mW = 10^{-3}W$$

第二节 直流电路计算

一、电阻串联电路

1. 电阻串联电路的特点

电阻相互连接且中间无分支,这种连接方式叫电阻串联,串联的电阻接至电源两端构成电阻串联电路,如图 5 所示。这种电路有如下一些特点:

(1) 电路中电流处处相等:

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

(2) 电路上的总电压 U 等于各电阻上电压之和:根据基尔霍夫第二定律(本节后面将讲到)可得:

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

(3) 电路的等效电阻 R 等于各串联电阻之和:所谓等效,就是指在给定的条件下(端电压与总电流不变),该电阻 R 消耗的功率与各串联电阻消耗功率的和相等:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U_1 + U_2 + U_3}{I} = \frac{I(R_1 + R_2 + R_3)}{I}$$

所以, $R = R_1 + R_2 + R_3$

(4) 电路总功率 P 等于各串联电阻功率之和:

$$P = I^2 R = I^2 (R_1 + R_2 + R_3) = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3$$

所以, $P = P_1 + P_2 + P_3$

2. 分压公式

当电阻串联电路中有两只以上电阻时，即构成一个分压电路，如图 5 (c) 所示。根据欧姆定律可得分压公式：

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U \quad U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U$$

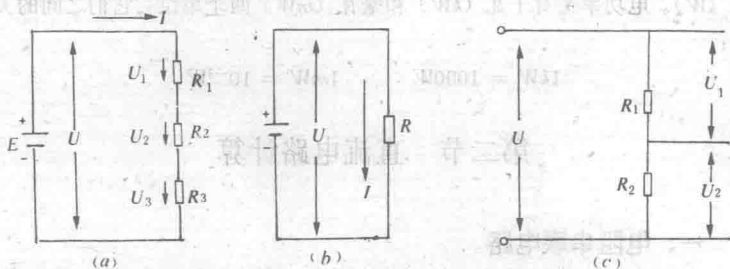


图5 电阻串联电路

二、电阻并联电路

1. 电阻并联电路的特点

把若干电阻的两端分别连在一起叫电阻并联，再把并联的电阻两端接至电源两端，即构成电阻并联电路，如图 6 所示。这种电路有如下特点：

(1) 各并联电阻两端的电压相等：

$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

(2) 电路总电流 I 等于各电阻支路电流之和：根据基尔霍夫第一定律 (本节后面将讲到)：

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

(3) 等效电阻 R 的倒数等于各支路电阻的倒数和：

因为 $I_1 = \frac{U}{R_1}$, $I_2 = \frac{U}{R_2}$, $I_3 = \frac{U}{R_3}$, 所以有 $\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$, 则：

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

(4) 电路消耗的总功率 P 等于各电阻消耗功率之和：因为 $I = I_1 + I_2 +$

I_3 , 所以有 $UI = UI_1 + UI_2 + UI_3$, 即:

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

2. 分流公式

在图 6 (c) 电路中, $I_1 = \frac{U}{R_1}$, $I_2 = \frac{U}{R_2}$, 而 $U = IR = I \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$, 所以可得各支路电流与总电流的关系式, 即分流公式:

$$I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad I_2 = I \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

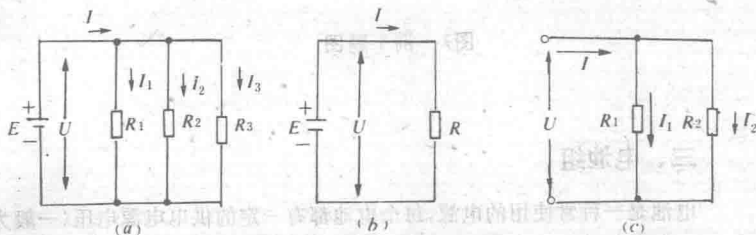


图6 电阻并联电路

(a) 电阻并联电路; (b) 图 a、c 的等效电路; (c) 分流电路。

[例] 电路如图 7 (a) 所示, 求电路总电流与各支路电流。

解 画出图 7 (a) 的等效电路图 7 (b), 根据电阻并联电路公式和欧姆定律可得: $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$, $I = \frac{E}{R_2 + R}$ 。将数值代入:

$$R = \frac{10 \times 20}{10 + 20} = 6.67(\Omega), I = \frac{12}{1 + 6.67} = 1.56(A)$$

再由分流公式可得:

$$I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 1.56 \times \frac{20}{10 + 20} = 1.04(A)$$

$$I_2 = I \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 1.56 \times \frac{10}{10 + 20} = 0.52(A)$$

或由电阻并联电路公式 $I = I_1 + I_2$, 可得 $I_2 = I - I_1 = 1.56 - 1.04 = 0.52(A)$ 。

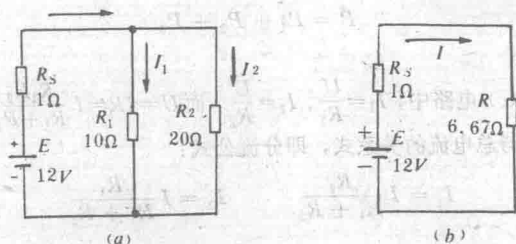


图7 例1题图

三、电池组

电池是一种常使用的电源,每个电池都有一定的供电电源电压(一般为1.5V)和额定放电电流。在负载要求高电压时,单个电池无法满足需要,为此,可将几个电池连接在一起给负载供电,这些连接在一起的电池就叫电池组。

1. 串联电池组

当负载需要较高电压时,可将电池串联,进行供电,如图8(a)所示。串联后的电池组的总电源电压 E 等于各电池电压之和,总电源内阻 R_0 等于各电池电阻之和。即:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 \quad R_0 = r_1 + r_2 + r_3$$

2. 并联电池组

当负载需要的电流大于单个电池额定放电电流时,可将电压相同的电池并联在一起进行供电,如图8(b)所示。并联后的电池组的总电源电压 E 仍等于单个电池电压,总电源内阻 R_0 等于各电池内阻并联,如果各电池内阻均相等(为 r_0),则电源内阻 R_0 等于单个电池内阻除以电池个数 n 。即:

$$E = E_1 = E_2 = E_3 \quad R_0 = \frac{r_0}{n}$$

3. 混联电池组

当单个电池的电压和额定电池都不能满足负载需要时,可以将 n 个电池串联,再将多个串联电池组并联,以满足负载对电流的需要。例如,单个

电池电压 $E_0 = 1.5V$, 内阻 $r_0 = 0.2\Omega$, 按图 8 (c) 混联后的总电源电压 $E = nE_0 = 3 \times 1.5V = 4.5V$, 总内阻 $R_0 = \frac{3 \times 0.2\Omega}{6} = 0.1\Omega$ 。

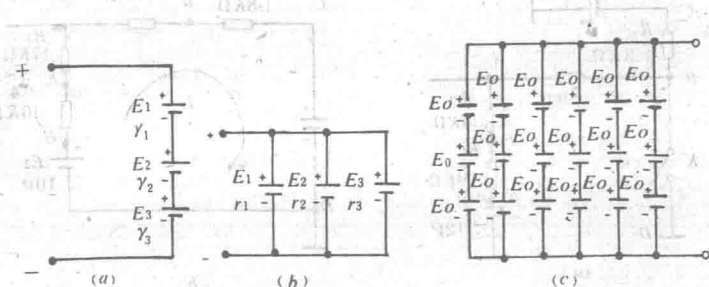


图 8 电池的连接
(a) 串联; (b) 并联; (c) 混联。

四、电位的计算

电位是指电路中某一点相对于零电位点的电压。通常规定接地的一点为零电位点。在电子设备中, 机壳作为电路的零电位点。零电位点用符号“⊥”表示。电路中某点的电位可按下述步骤计算:

- (1) 选定该点到零电位点的简捷路径, 定为绕行方向。
- (2) 确定路径上各元件电压降方向: 电阻上电压降方向与电流方向相同, 电源电压降方向从正极指向负极。
- (3) 求出选定路径上各元件电压降的代数和(凡电压降方向与绕行方向一致的电压降取正号, 反之取负号)。

【例】求图 9 (a) 电路在开关 K 闭合时, A 点的电位。

解 开关 K 闭合后的等效电路如图 9 (b) 所示。首先选定路径 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$; 再标电压降方向, 如图 9 (b) 所示; 然后列计算式:

$$U_A = U_{R1} + U_{R2} + E_1 = I(1.3K\Omega + 3.9K\Omega) - 12V$$

$$\text{其中 } I = \frac{E_1 + E_2}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} = \frac{12 + 12}{(3.9 + 1.3 + 17 + 10) \times 10^3} = 0.745 \times 10^{-3} A$$

$$\text{则: } U_A = 0.745 \times 10^{-3} \times 5.2 \times 10^{-3} - 12 \approx -8^{\circ}(V)$$

当选定其它路径(如: $A \rightarrow F \rightarrow E \rightarrow D$)时, 计算出的电位值一样。

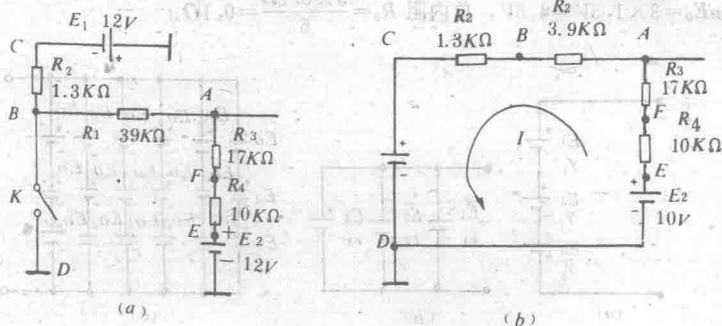


图 9 例 2 题图

五、基尔霍夫定律

1. 基尔霍夫第一定律 (节点电流定律)

在电路中,几条支路的连接点叫节点,流入任一节点的电流和等于从这个节点流出的电流之和。例如,对于图 10 (a) 中的节点 A 有 $I_4 + I_1 = I_2 + I_3$ 。对于这个定律可作这样的解释:在节点上不可能堆积或漏掉电荷,因此任何时刻流入与流出的电荷量相等。这如同在几条水管交接处,任何时刻流入与流出的水量相等。同样可以得出,该定律也适用于一个闭合区域。

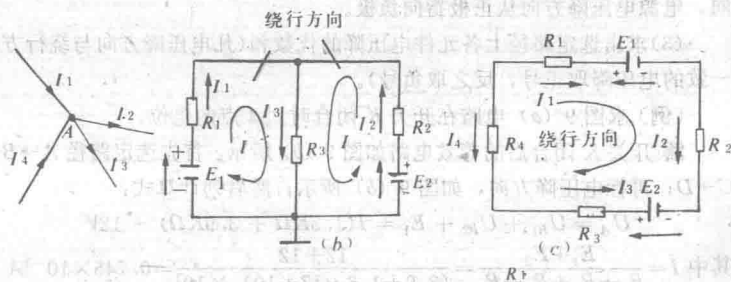


图 10 基尔霍夫定律

2. 基尔霍夫第二定律 (回路电压定律)

电路中任一闭合路径叫回路, 沿一回路所升高的电位等于它所降低的电位。这也可以用水流回路来解释: 在一水流回路中, 各段水位下降量的和等于水泵水位提高量的和。例如, 对于图 10 (b) 的回路 I 与 II 有下面两式成立:

$$E_1 = I_1 \cdot R_1 + I_3 \cdot R_3 \quad E_2 = I_2 \cdot R_2 + I_3 \cdot R_3$$

在利用此定律做计算时, 可按下述步骤进行:

(1) 确定各支路电流的参考方向, 再确定回路绕行方向 (顺时针方向或逆时针方向)。

(2) 确定电源电位升方向 (从负极到正极) 和确定电阻电位降方向 (同电流方向)。

(3) 凡与绕行方向一致的各电压取正号, 反之取负号。

(4) 根据回路电压定律 ($\sum IR = \sum E$) 列出计算式。

例如, 图 10 (c) 电路的回路, 是:

$$-E_1 + E_2 = I_1 R_1 + I_2 R_2 - I_3 R_3 - I_4 R_4$$

六、电压源和电流源

电源是向负载提供电压和电流的。如果电源内阻为零, 则可提供恒定电压, 这种电源叫恒压源。如果电源内阻无穷大, 则可提供恒定电流, 这种电源叫恒流源。恒压源与恒流源符号如图 11 (a) 所示。实际电源既不是恒压源又不是恒流源, 它可以表示为一个恒压源与电阻的串联, 叫电压源, 如图 11 (b) 所示; 也可以表示为一个恒流源与内阻的并联, 叫电流源, 如图 11 (c) 所示。两种电源可相互等效, 其中 $I_s = \frac{E}{R_s}$ 或 $E = I_s \cdot R_s$ 。

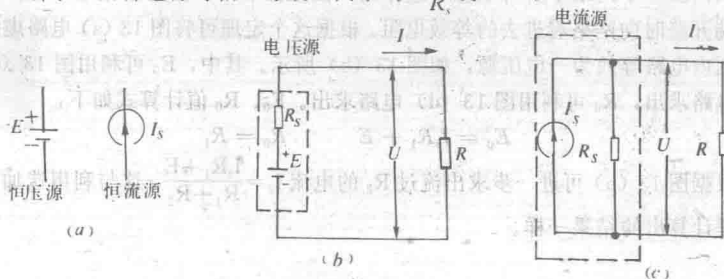


图 11 电压源与电流源

七、迭加原理

迭加原理是：在线性电路中，任一支路的电流是各个电源单独作用（其它恒压源短路，恒流源开路）在该支路中所产生的电流的代数和。以图 12 (a) 电路为例，计算流过电阻 R_2 的电流。当恒流源单独作用时，如图 12 (b) 所示，流过 R_2 的电流为 I'_2 ；当恒压源单独作用时，如图 12 (c) 所示，流过 R_2 的电流为 I''_2 。则实际流过 R_2 的电流为 $I_2 = I'_2 + I''_2$ 。即：

$$I_2 = I'_2 + I''_2 = I_s \frac{R_1}{R_1 + R_2} + \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{I_s R_1 + E}{R_1 + R_2}$$

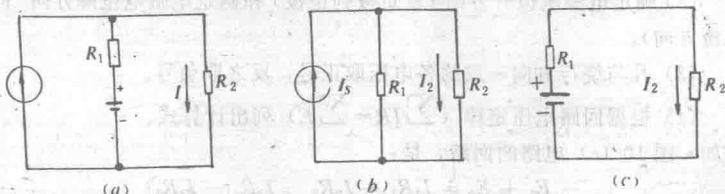


图12 迭加原理

八、戴维南定理

戴维南定理是：任何一个有源二端网络（内含电源，有两个引出端的电路，如图 13 (a) 中虚线所框的电路）都可以用一个电压源等效，其恒压源 E_0 的数值等于原网络引出端（如图 13 (a) 中的 AB 两端）开路时的端电压，其内阻等于网络中所有电源不起作用（恒压源短路，恒流源开路），从 AB 端开路时向网络看进去的等效电阻。根据这个定理可将图 13 (a) 电路虚线框内电路等效为一电压源，如图 13 (b) 所示。其中， E_0 可利用图 13 (c) 电路求出， R_0 可利用图 13 (d) 电路求出。 E_0 、 R_0 值计算式如下：

$$E_0 = I_s R_1 + E \quad R_0 = R_1$$

根据图 13 (b) 可进一步求出流过 R_2 的电流 $I_2 = \frac{I_s R_1 + E}{R_1 + R_2}$ ，这与利用迭加原理计算出的结果一样。

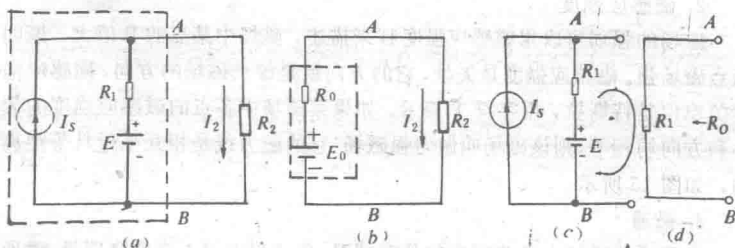


图13 戴维南定理

第三节 磁场与电磁感应

一、磁 场

1. 磁场的基本概念

一般磁体有两个磁极，南极S，北极N。磁极间具有同性磁极相排斥，异性磁极相吸引的特性。像电荷周围有电场一样，磁体周围存在磁场。我们可以用磁力线来描述磁场，磁力线在磁体内部是由S极指向N极，在磁体外部是由N极指向S极，如图14(a)所示。磁场有方向，磁力线上任一点的切线方向就是该点磁场的方向；磁场有强弱，磁力线密集处，磁场强，磁力线稀疏处，磁场弱。通电导体和通电线圈周围会存在磁场，磁场的方向可用右手螺旋定则来确定，如图14(b)所示。

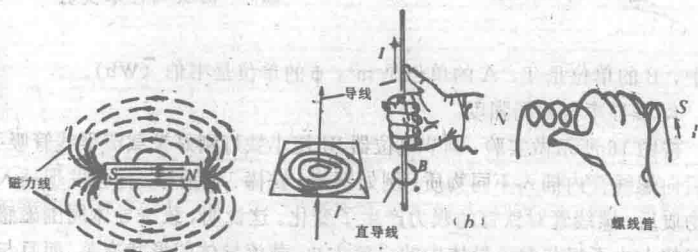


图14 磁场的磁力线与右手螺旋定则

2. 磁感应强度

磁场的强弱可以用磁感应强度 B 来描述, 磁场中某点的 B 值大, 说明该点磁场强。磁感应强度是矢量, 它的方向就是该点磁场的方向。磁感应强度的单位是特斯拉, 用字符 T 表示。如果某磁场中各点的磁感应强度的大小和方向均相等, 则该磁场叫做匀强磁场, 它的磁力线是相互平行且等距离的, 如图 15 所示。

3. 磁通

为了描述磁场中某范围内的分布情况, 可使用磁通 ϕ 这个物理量。磁通的大小等于磁感应强度 B 和与它垂直方向的某一横截面 A 的乘积。在匀强磁场中, ϕ 可表示为:

$$\phi = B \cdot A$$



图 15 匀强磁场

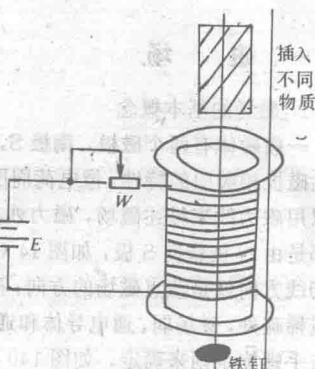


图 16 物质磁导率实验

式中, B 的单位是 T , A 的单位是 m^2 , ϕ 的单位是韦伯 (Wb)。

4. 磁导率与磁场强度

按图 16 所示做实验: 调节电位器 W 使小铁钉刚好被载流螺线管吸引。然后向螺线管内插入不同物质, 例如铜棒、铁棒、软钢等。你会发现插入不同物质后, 螺线管对铁钉的吸力产生了变化。这说明, 载流导体周围磁感应强度的大小不仅与载流导体中的电流大小、载流导体的形状有关, 而且与磁场中的介质材料有关。为了描述物质的这一特性, 使用了磁导率 (μ) 这一物理量。它的值越大, 说明该物质插入磁场后使磁感应强度增加得越多 (μ