

中国电子学会电子技术
自修班辅导材料

电子技术基础原理 自 学 指 导

孔祥生 傅丰林 吴宏 编

电子工业出版社

责任编辑：沈 和 责任校对：史 银

电子工业出版社出版（北京海淀区万寿路）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

一二〇一工厂印刷

*

开本：787×1092毫米1/32 印张：7 字数：151千字

1989年5月第一版 1989年5月第一次印刷

印数：1—10,000册 定价：2.95元

统一书号：ISBN 7-5053-0616-2/TN·228

目 录

无线电电工基础自学指导	(1)
第一章 电和电场的概念	(1)
第二章 直流电路基础	(4)
第三章 复杂直流电路的分析与计算	(7)
第四章 直流磁场和磁路	(10)
第五章 电磁现象及其规律	(15)
第六章 正弦交流电的基本概念	(20)
第七章 正弦交流电路的计算	(24)
低频电路原理自学指导	(32)
第一章 晶体二极管及其应用	(32)
第二章 晶体三极管和交流放大器	(42)
第三章 直流放大器	(79)
第四章 晶体管直流稳压电源	(108)
第五章 场效应管和可控硅介绍	(120)
第六章 正弦波低频振荡电路	(130)
高频电路原理自学指导	(134)
第一章 绪论	(137)
第二章 电路元件的高频特性	(142)
第三章 晶体管的共发射极等效电路	(147)
第四章 小信号单调谐放大电路	(154)
第五章 双谐振耦合回路与双调谐放大器	(162)
第六章 阻容耦合宽频带放大电路	(167)
第七章 LC正弦波振荡电路	(172)
第八章 振幅(包络)检波	(179)

第九章 调频与鉴频	(186)
第十章 变 频	(192)
附录 高频电路原理实验指导书	(207)
一 小信号谐振放大器	(207)
二 LC正弦波振荡器	(209)
三 包络检波器	(211)
四 相位鉴频器	(214)
五 三极管混频器	(216)

无线电电工基础自学指导

第一章 电和电场的基本概念

这一章是为了让同学们建立起电和电场的最基本概念，主要学习由静止电荷所产生的静电场力和能的特性，以及导体和电介质对静电场的影响。

大家都知道用不同的物质相互摩擦可以生电，而电又有正电荷和负电荷两种。电荷之间有相互作用力，同种类电荷互相排斥，异种类电荷互相吸引。实验证明，在任一均匀介质中两个点电荷之间的互相作用力，同两个电荷的乘积成正比，而同它们之间的距离平方成反比。力的方向是在两个电荷的连线上，力的大小可用下式计算：

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon r^2}$$

这就是库仑定律。

带电体的周围空间存在着一种特殊形态的物质，称为电场。在电场中某一点处，正试验电荷所受的作用力和它所带电量之比，称为该点的电场强度。

即

$$E = \frac{F}{q}$$

一般规定电荷在电场力作用下移动时，电场力所做的

功为正值，电荷的位能就减小；电荷在外力作用下反抗电场力移动时，电场力作的功为负值，电荷的位能就增加。

把一个单位正电荷从电场中某点移到电场范围之外时，电场力所作的功叫做这一点的电位。电位的计算公式为

$$\phi = \frac{Q}{4\pi\epsilon r}$$

电位在数值上等于单位正电荷在电场中所具有的位能，电位不是矢量，而是标量，只有大小而无方向。

电压是指在电场中两点间电位的差值，也叫电位差。因此，电场中AB两点间的电压就是在AB两点间移动一个单位正电荷时电场力所作的功。可表示为：

$$U_{AB} = \phi_A - \phi_B = \frac{W_A - W_B}{q} = \frac{A}{q}$$

在匀强电场中电压与电场强度的关系为

$$E = \frac{U}{L}$$

在电场中，许多电位相等的点所构成的面叫做等位面。点等位面上任意两点间的电位差都等于零。

电容器任一极板储存的电荷和两极板电压的比值称为电容器的电容量。电容器串联的电容量（例如 C_1 ， C_2 ， C_3 三个电容串联的电容量）可用下式计算：

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

C_1 ， C_2 ， C_3 三个电容器并联的电容量可用下式计算：

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

电流电压对电容器充电的过程使电容器能量得到聚集，其能量可以用下式表示：

$$W = \frac{1}{2} U_m Q = \frac{1}{2} C U_m^2$$

第二章 直流电路基础

本章主要介绍直流电路中电流、电动势，电压降、电阻、电功率等基本概念；介绍表示电流、电压降，电阻三者关系的欧姆定律；以及电阻串联，并联电路的特点为复杂电路的求解打下基础。

电流是电荷有规则地移动。衡量电流大小的物理量称为电流强度，它等于单位时间通过导体横截面的电荷量。

即

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

电流的方向与正电荷流动的方向一致。大小与方向均不随时间变化的电流称为直流电流。

在电源内部移动单位电荷，局外力所作的功称为电源电动势，简称电势。电动势代表电源转换能量的本领。存在于电源内部，数值上等于电源开路时的端电压、方向与端电压相反。

凡是导体都存在一定的电阻，而电阻则是表示导体对电流呈现阻力的物理量，它的大小与材料导电性能及导体尺寸有关。对于一定材料的导线，其电阻与长度 L 成正比，与截面积 S 成反比。即

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

电阻率 ρ 是表示材料导电能力的物理量。电阻还与温

度的变化有关。电阻随温度的变化程度以电阻温度系数表示(参见教材中表2-1)。

电压 U 加在电阻 R 上时,会在电阻中引起电流 I ;同时,当电流 I 通过电阻 R 时,在电阻两端就会呈现电压 U ,三者之间的关系是

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

此式称为欧姆定律(或称部分电路欧姆定律)。

如果考虑电源内阻 r_0 ,则欧姆定律可写成

$$I = \frac{E}{R + r_0}$$

R 为外电路电阻。此式称为全电路欧姆定律。

电阻 R 的值如不随电压或电流而改变,则此电阻被称为线性电阻,线性电阻的电压与电流之间具有直线性关系。

负载电阻所消耗的电功率 P 等于电流与电压的乘积,表示为

$$P = UI$$

考虑到 $I = U/R$,电阻的功率还可表示为

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

当电流一定时,功率与电阻成正比;电压一定时,功率与电阻成反比。表示电流所做的功叫做电能,它用通过电路的电荷量和这段电路的电压的乘积来计算。公式为

$$A = QU \quad \text{单位: 焦耳(J)}$$

1 焦耳 = 1 瓦秒。有时电功的计算单位用“千瓦小时”。

1 千瓦小时 = 1000 瓦时 = 1000 × 3600 瓦秒

$$= 3.6 \times 10^6 \text{ 焦耳}$$

通常称 1 千瓦小时为 1 度电。

在研究电路和它的工作状态时，若要求解某一点的电位，也就是等于要求解这一点与零电位之间的电压，在计算电位时与所选择的路径无关。

电阻串联及并联时所具有关系如表2-3所示。

若只有两个电阻 R_1 和 R_2 串联或并联，则串联时等效电阻为 $R = R_1 + R_2$ ，并联时等效电阻为

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}。 \text{串联时分压关系为：} U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U；$$

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U。 \text{并联时的分流关系为：} I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I；$$

$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I。$$

表2-3

串 联	并 联
1. 等效电阻 $R = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$	等效电导 $g = g_1 + g_2 + \cdots + g_n$
2. 电流相等	电压相等
3. 电压关系 $U = U_1 + U_2 + \cdots + U_n$	电流关系 $I = I_1 + I_2 + \cdots + I_n$
4. 分压公式 $U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + \cdots + R_n} \cdot U$ $U_n = \frac{R_n}{R_1 + R_2 + \cdots + R_n} \cdot U$	分流关系 $I_1 = \frac{g_1}{g_1 + g_2 + \cdots + g_n} \cdot I$ $I_n = \frac{g_n}{g_1 + g_2 + \cdots + g_n} \cdot I$

第三章 复杂直流电路的分析与计算

实际电路中，从电路的结构来看除了一些用简单的串并联关系可以求解的之外，还有一部分比较复杂的电路，它们不是简单的串并联关系。为了分析和计算这些较复杂的电路，需要进一步掌握电路更普遍的规律，常用的电路定理和分析方法，这是本章要学习的。

基尔霍夫第一定律指出：流入任意节点的电流之和等于从这个节点流出的电流之和。即

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

如果规定流入节点的电流为正，流出节点的电流为负，那么基尔霍夫第一定律也可以表示成：

$$\sum I = 0$$

由此还可以得到如下的扩充定理：流入任意封闭面的电流等于流出该封闭面的电流。

基尔霍夫第二定律是说明在一个闭合的回路中各段电压之间的关系。即沿一个回路所升高的电位一定等于沿此回路所降低的电位。表示为 $\sum U = 0$ 。

基尔霍夫第一和第二定律是分析、计算复杂直流电路最基本定律，根据这两条定律可以建立起求解复杂电路电流，电压的方程式。

叠加定理是常用的电路定理之一，它适用于线性电路。当电路中包含了多个电源时，任一支路的电流（或电压），等于各电源分别单独作用时在该支路所产生的电流（或电

压)的代数和。在应用的具体步骤中应该注意:

1. 分别画出由一个电源单独作用的分图, 其余电流应保留它们的内阻 (例如理想电压源用短路线代替; 而理想电流源则应将所在支路开路处理);

2. 分别计算出分图中每一支路的电流(或电压)的大小及方向。

3. 求出各电源在各个支路产生的电流(或电压)的代数和。这些电流(或电压)就是各电源共同作用的实际值。

戴维南定理指出, 任何一个线性有源二端网络都可以用一个电压源代替, 此电压源包括一个恒定电动势和一个内阻。恒定电动势的数值等于原网络引出端开路时的电压; 内阻等于网络内各电源电动势不作用但保留其内阻时, 在引出端所呈现的总电阻。因此, 用戴维南定理分析电路时, 关键在于找出有源二端网络的开路电压和等效电阻。

如果电源的内阻远大于负载电阻时, 其特性与理想电流源相接近。理想电流源向外输出恒定的电流 I_s ($I_s = \frac{E_0}{r_0}$) 与负载电阻变动几乎无关。

如果电源内阻远小于负载电阻时, 其特性与理想电压源相接近。当负载电阻 R 变动时, 负载两端的电压近似不变。

实际电源可用串联内阻 r_0 的电压源 E_0 表示, 也可以用同一内阻 r_0 与电流源 I_s 并联表示, 只要 $I_s = \frac{E_0}{r_0}$, 则这两种方式对外电路等效。在一定条件下利用这个等效关系能简化电路的计算。

在研究有源二端网络对外输出功率的特性时实际情况下都希望负载上得到的功率越大越好。在 E_0 和 r_0 给定的条

件下，只有当负载电阻 R 等于电源内阻 r_0 时，负载上才可能获得最大的功率。

电桥电路中，当相邻桥臂电阻的比值相等或相对桥臂电阻的乘积相等电桥才能平衡。

根据星形和三角形电路的等效变换，往往可以使电路简化。

当星形或三角形电路的三个电阻值相等时，可用公式

$$R_{\Delta} = 3 R_y$$

进行这两种电路之间的互相变换。其中 R_{Δ} 及 R_y 分别代表 Δ 形与 y 形电路各臂的电阻值。

第四章 直流磁场和磁路

本章讨论电流和磁场的关系: 电流形成磁场(电生磁), 磁场对移动电荷产生作用力。从磁现象的基本知识出发, 介绍磁场和磁路的计算。

磁场是由运动电荷产生的, 是在电流(或永久磁铁)周围的一种特殊物质。它和电场相似, 也具有力和能的特性。类似于用电力线描述电场的分布情况, 我们可以用磁力线来描述磁场的分布情况。

磁力线由磁体的N极出发, 经外空间到达磁体的S极, 再经磁体内部到达N极, 形成闭合曲线。这和电力线由正电荷出发, 终止于负电荷的性质不同。

磁力线上每一个点的切线方向, 就是该点磁场的正方向。所以可用磁力线的方向代表该磁场的方向。

磁力线在磁场中各点只可能有一个确定的方向, 所以磁力线互不相交。

磁力线数目的多少和稀密程度, 表示该磁场的强弱。

载流直导线产生的磁场, 其方向与电流方向之间的关系, 用单导线右手定则判定: 手握导线, 大拇指代表电流方向, 卷曲的四指便是磁力线方向。通电线圈产生的磁场, 其方向用右手螺旋定则判定: 手握螺线管, 卷曲的四指代表电流的方向, 则拇指指向卷线圈内部磁力线的方向。

通过某截面的磁力线的总数称为通过该截面的磁通, 用字母 ϕ 表示。单位是“韦(伏·秒)”或“马”。

$$1 \text{ 韦} = 1 \text{ 伏} \cdot \text{秒} = 10^8 \text{ 马}$$

与磁场方向垂直的单位面积上的磁通称为磁感应强度，也叫磁通密度，用字母B表示，B越大，磁场就越强。即 $B = \phi / S$

单位：“韦/米²”、或“特”或“高斯”

$$1 \text{ 韦/米}^2 = 1 \text{ 伏} \cdot \text{秒/米}^2 = 1 \text{ 特} = 10^4 \text{ 高} = 10^4 \text{ 马/厘米}^2$$

通电导线在磁场中会受到力的作用。力的方向可用左手定则判定：平伸左手，拇指与四指垂直，手心正对着磁力线，四指指向电流方向，则大拇指就是作用力的方向。力的大小 $F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha$ ，其中 α 为导线与磁力线的夹角。力的单位“牛顿”。

$$1 \text{ 牛} = 1 \text{ 焦/米} = 1 \text{ 伏} \cdot \text{安} \cdot \text{秒/米}$$

由 $B = \frac{F}{Il}$ ，此时磁感应强度的单位可用“牛/安·米”

或“焦/安·米²”。

$$1 \frac{\text{牛}}{\text{安} \cdot \text{米}} = 1 \frac{\text{焦}}{\text{安} \cdot \text{米}^2} = 1 \frac{\text{韦}}{\text{米}^2}$$

通电导体在磁场中受磁场力的作用而运动，电能转换成机械能，这是电动机、电磁式仪表等的基本原理，所以左手定则也叫电动机定则。

通电导体在磁场中移动，磁场力做功，用字母A表示，其大小等于电流和被切割的磁通的乘积，即 $A = I \cdot \phi$ 。单位焦耳(J)。

磁通的大小与线圈中的电流值I及线圈的匝数n有关，电流与匝数的乘积称为磁动势 $I \cdot n$ ，单位“安匝”。

铁磁材料在电流的作用下会被“磁化”。单位长度的磁势叫做“磁化力”，又称“磁场强度”，用字母H表示： $H = \frac{I_n}{l}$
单位：“安/米”（实用制）或“奥斯特”（电磁制）。

$$1 \text{ 奥} = 80 \text{ 安/米} \text{ 或 } 1 \text{ 安/米} = 4\pi \times 10^{-3} \text{ 奥}$$

磁场中各点的磁感应强度大小与电流的大小、导体形状、媒介质的性质有关，所以计算磁场比较复杂。如引入磁场强度作为辅助物理量，就可大大简化磁场的计算。铁磁材料中的磁感应强度B与磁场强度H的关系为

$$B = \mu H = \mu_0 \mu_r H \quad \text{或} \quad H = \frac{B}{\mu}$$

式中 μ ——导磁系数，单位“欧·秒/米”或“亨/米”

$$\begin{aligned} 1 \frac{\text{欧} \cdot \text{秒}}{\text{米}} &= 1 \frac{\text{亨}}{\text{米}} = 1 \frac{\text{韦}}{\text{安} \cdot \text{米}} = 1 \frac{\text{伏} \cdot \text{秒}}{\text{安} \cdot \text{米}} \\ &= 1 \frac{\text{焦}}{\text{安}^2 \cdot \text{米}} = 1 \frac{\text{牛}}{\text{安}^2} \end{aligned}$$

μ_r ——相对导磁系数，没有单位

μ_0 ——真空导磁系数，它是一个常数，为

$$4\pi \times 10^{-7} \text{ 亨/米}。$$

铁磁性物质的 $\mu_r \gg 1$ ，而且不是一个常数，在其它条件相同的情况下，是 μ_0 的几千到几万倍，因而在电工技术方面得到广泛应用。其它物质的 μ_r 都接近于1。

表示磁感应强度B与磁场强度H之间关系的曲线叫“磁化曲线”。不同材料的磁化曲线形状不同。磁性材料在交变磁化过程中，B的变化始终落后于H的变化的现象称为“磁滞”。当外加磁化力H等于零时，材料还保留的磁感应强度 B_r 称为“剩磁”，要克服剩磁，需加一个反方向的磁化力 H_c ，称为“矫顽磁力”。 B_r 、 H_c 是说明磁性材料特性的重要参数。

磁性材料主要分为硬磁材料和软磁材料两大类。前者磁滞回线较宽， B_r 和 H_c 值都很大，撤去外磁场后磁性不易消失，如钨钢、钴钢、钕铁氧体、铽——钙铁氧体等。用于制造永久磁铁，录音、录像磁滞的磁性层等。后者易磁化，撤去外磁场后磁性大部分消失， B_r 、 H_c 值都比较小，磁滞回线窄而陡，如硅钢、坡莫合金、软磁铁氧体、介质磁等。可用于制造继电器、电机和变压器的铁芯以及录音、录像机中的磁头等。

还有一种称为矩磁性材料，在很小的外磁场作用时就能磁化，并达到饱和，去掉外磁场后，磁性仍保持与饱和时一样。其磁滞回线是一矩形闭合曲线。矩磁材料可做成记忆磁芯，是电子计算机和远程控制设备中的重要元件。

磁路的分析与计算可采用与电路相类比的方法进行，如下表：

磁 路		电 路	
磁动势	$I \cdot n$	电源电动势	E
磁 通	ϕ	电 流	I
磁 阻	$R_M = \frac{l}{\mu_s}$	电 阻	$R = P \frac{l}{s}$
磁 压	$U = \phi R_M = H \cdot l$	电 压	$U = I \cdot R$
导磁系数	μ 取决于材料性质	电阻系数	P 取决于材料性质
欧姆定律	$\phi = \frac{I \cdot n}{R_M}$	欧姆定律	$I = \frac{U}{R}$
节点磁通定律	$\sum \phi = 0$	节点电流定律	$\sum I = 0$
回路磁压定律	$\sum H \cdot l = I n$	回路电压定律	$\sum I \cdot R = \sum E$
非磁性材料中， μ_0 为常数， $I n$ 和 ϕ 是线性关系		线性电阻； P 为常数， U 和 I 为线性关系	