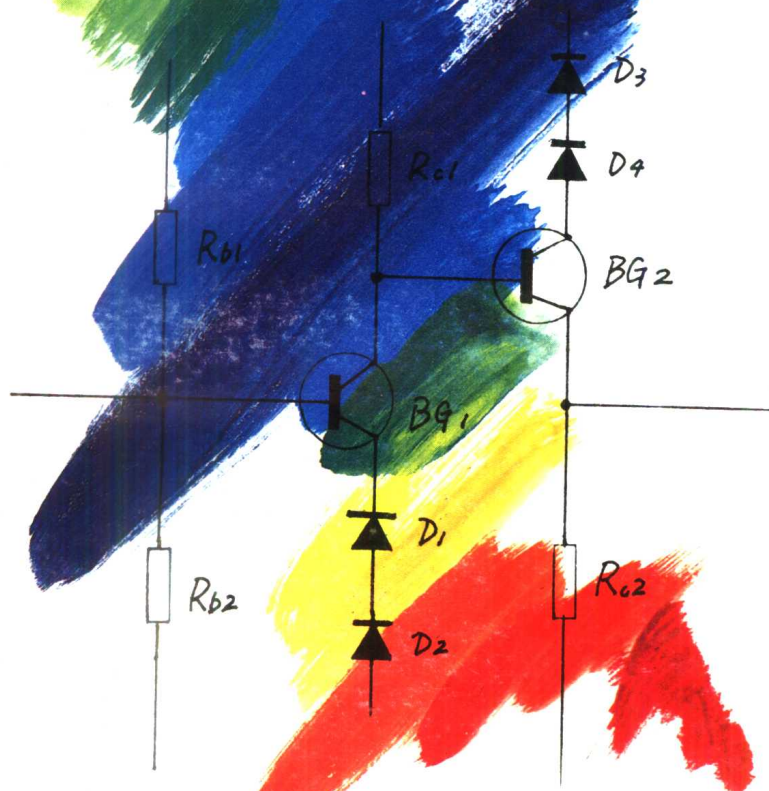


电工电子学

主编 刘鸿国



警官教育出版社

电工电子学

刘鸿国 主编

警官教育出版社

(京)新登字 167 号

书 名: 电工电子学

主 编: 刘鸿国

责任编辑: 张学敏

封面设计: 王 哲

责任审校: 刘鸿国

出版发行: 警官教育出版社

(北京西城木樨地北里 2 号 100038)

印 刷: 北方印刷厂印刷

经 销: 新华书店总店北京发行所

版 次: 1995 年 2 月第 1 版

印 次: 1995 年 7 月第 1 次印刷

印 张: 15

开 本: 787×1092 1/32

字 数: 300 千

印 数: 3500 册

ISBN 7-81027-640-9/G·200

定 价: 17.80 元

序 言

为了适应公安交通管理工程专业大专班函授教育的需要，我们编写了“电工基础”及其“辅导材料”作为试用教材于一九八八年十二月第一次出版发行。经过六年多的教学实践，及时总结经验，证明了这套教材编写的思路是正确的，教学内容的取舍也是合适的，本书的编排和特殊的结构体系有利于学员的自学和对理论知识的掌握。本次重新编写除了保留原来的优点之外，在教学内容上又做了较大地调整和补充，突出基本概念的阐述和理论上的实用性，增选了思考练习题，典型例题。同时又补充了电子学方面的知识，因此这次本书出版定名为“电工电子学。”

本书包括以下内容：基础知识、直流电路分析、瞬态电路、正弦稳态电路、三相电路、互感电路及理想变压器、半导体二极管及其整流电路、半导体三极管及其放大电路等。

本书编写过程中我们着重考虑了以下几点：

一、“电工电子学”是本专业一门重要专业基础课，根据本专业的特点和需要，在内容上应该保证一定的深度和广度，同时又特别重视基本概念、基本理论和基本分析方法的阐述。

二、按照学员自学为主的学习方法，必须充分考虑自学的规律和特点，所以我们编写了“电工电子学”及其“辅导材料”，两者应配合阅读使用。

三、“电工电子学”教材的基本内容、重点和难点，书中都有详细的讲述，通过大量的例题引导学员对理论内容的理解和掌握；各章都精选了一部分思考练习题和习题；通过做题进一步巩固所学理论知识。

四、“电工电子学”的“辅导材料”是引导和帮助学员怎样学习和检查是否掌握了教学要求的有效教材，每章内容分教学目的、阅读辅导、典型例题和自测题几部分，组成一个完整的自学程序与“电工电子学”配合使用。

本书是集体编写的，其中第一、二、三、八章由王予和阎玉英二同志编写，其余第四、五、六、七章由刘鸿国同志编写。

由于编者经验不足水平有限，加之时间较为仓促，书中难免有不足和错误之处，欢迎批评指正。

编者 一九九三年二月

目 录

第一章 基础知识	(1)
内容提要	(1)
§ 1-1 电路的组成、功能和模型	(1)
§ 1-2 电路的基本物理量、电压和电 流的参考方向	(3)
§ 1-3 电路的基本元件	(10)
§ 1-4 电路的工作状态—有载, 开路 和短路	(29)
§ 1-5 基尔霍夫定律	(31)
第二章 直流电路分析	(44)
内容提要	(44)
§ 2-1 简单电路分析	(44)
§ 2-2 电阻的串联、并联和混联	(51)
§ 2-3 电源的等效变换	(66)

§ 2-4	星形—三角形电路等效变换	(76)
§ 2-5	回路分析法	(82)
§ 2-6	节点分析法	(91)
§ 2-7	迭加定理	(99)
§ 2-8	戴维南定理	(104)
§ 2-9	最大功率传输定理	(115)
第三章 瞬态电路		(126)
内容提要		(126)
§ 3-1	概述	(126)
§ 3-2	电路的初始条件	(128)
§ 3-3	无源一阶电路	(134)
§ 3-4	直流激励一阶电路	(143)
§ 3-5	三要素法	(158)
第四章 正弦稳态分析		(172)
内容提要		(172)
§ 4-1	正弦交流电的基本概念	(172)
§ 4-2	正弦量的相量表示法	(193)
§ 4-3	电阻电感和电容在交流电路 中的特性	(203)
§ 4-4	简单交流电路分析	(232)

§ 4—5	交流电路功率	(256)
§ 4—6	最大功率传输定理	(262)
§ 4—7	谐振电路	(271)

第五章 三相电路 (289)

内容提要	(289)
------------	-------

§ 5—1	三相电源	(289)
§ 5—2	三相负载	(298)
§ 5—3	对称三相电路的计算	(303)
§ 5—4	三相电路功率	(308)

第六章 互感电路与理想变压器

.....	(313)
-------	-------

内容提要	(313)
------------	-------

§ 6—1	耦合现象和互感系数	(314)
§ 6—2	耦合电感的伏安特性和相量 模型	(316)
§ 6—3	耦合线圈的串联和并联	(319)
§ 6—4	网孔分析法在含互感电路中 的应用	(322)
§ 6—5	理想变压器	(328)

第七章 半导体二级管其整流电

路	(332)
---------	-------

第一章 基础知识

内 容 提 要

本章介绍电路模型和理想电路元件，其中包括电阻、电容、电感、独立电源和受控电源。还引入了电流、电压的参考方向的概念。

基尔霍夫定律是电路的基本定律，它包括电流定律和电压定律。基尔霍夫定律与构成电路的元件性质无关。

§ 1—1 电路的组成，功能和模型

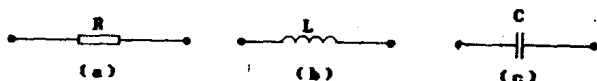
电能的生产、传输和经变换加以利用的通路即为电路。大到电力网络、通讯网络，各种电子测量仪器，电子计算机及至收音机、电视机等家用电器，小到手电筒，均包含各种电路。电技术领域，各种不同的电路具有不同的功能。概括而言，有以下几种。（一）产生、分配和传输电能（如电力传输网络）；（二）传输和处理信号（如通讯网络）；（三）测量电量（如各种电子仪器）；（四）存贮信息（如计算机中的存贮器可用来存贮数据和程序）。电路的种类繁多，功能各异。然而无论其结构如何不同，最简单的电路和最复杂的电路之间，都有最基本的共性，遵循着相同的运动规律。

完成特定任务的各种实际电路都是由电源、电阻器、电容器、电感器、变压器、半导体管等电路元、器件所组成的。这些元、器件又可分为电源、负载和导线三部分。电源是电路能量的供给者，它将其它形式的能量转化为电能，（如：干电池、蓄电池可将化学能转换成电能；光电池则将光能转换成电能；发电机是将机械能转换成电能。）负载是电能的消耗者，它将电能转换成其它形式的能量加以运用。导线则是电源与负载之间的联接导体，用来传输和分配电能。三者缺一不可。

组成电路的元器件品种繁多，它们的工作过程中均有电磁现象产生。例如：各种电阻器、电炉、电灯等用电器，由于它们对电流呈现阻力，消耗电能为其主要性质。由物理学得知：电流通过导体其周围就要产生磁场，因而它们又兼有电感的性质；各种电感线圈具有贮存磁场能量的主要性质，由于它们均是由实际导线绕制成的，势必电阻存在，因此它们又兼有电阻性质；电容器是贮存电荷的容器，贮存电场能量为其主要性质，考虑到漏电和介质极化等实际损耗，它们也兼有电阻性质；任何实际电压源多少总有一些内阻，当电流通过时，它的输出电压不可能保持恒定。就拿金属导线来说，它也总是有一些电阻的。由于实际电路元器件内部的电磁性质是比较复杂的，难以用简单的数学关系加以描述，因此，在分析电路工作情况时，如果不分主次，把实际元件的各种物理性质均考虑在内，就使问题变得十分复杂，甚至无法加以数学分析。为了分析方便，我们对各种实际元器件加以理想化，突出其主要的物理性质，而将其次要性质全部忽略，以一个足以表达其主要性质的模型来表达它。比如：对

于灯泡、电炉、电阻器这一类消耗电能的实际元器件，我们用理想化电阻元件加以描述。对电感线圈，则忽略其损耗，用只具有贮存磁场能量这一主要性质的理想化的电感元件加以描述。同样，我们可以用只具有贮存电场能量这一主要性质的理想化电容元件当做各种实际电容器的模型。这种经过抽象化、理想化的元件模型，性质单纯，可以用数学公式加以描述。

各种理想化的元件都用一定的符号图形表示，图 1-1 所示为三种基本电路元件的符号图形。



(a) 电阻元件 (b) 电感元件 (c) 电容元件

图 1-1 电路元件

今后，我们所研究的电路都是指从实际电路中抽象出来的，理想化了的电路模型。更明确地说，电路分析的对象是电路模型而不是实际电路。为了简便，在电路理论中称电路模型为电路。

由于每个元件均可以用数学公式严格定义，因而可以方便地建立起描述整个电路的数学方程，并加以计算分析，以掌握电路的特性。

§ 1-2 电路的基本物理量，电压和电流的参考方向

在开始分析电路之前，我们先讨论一下用来描述电路性

质的几个基本物理量。

随着电流在电路中的流动，进行着电能和其他形式能量之间的转换。电路中没有电流，也就没有数量转换的发生。电流是电路分析中的基本物理量。

电流，是指电荷在电场作用下的定向移动，其大小称为电流强度，用 i 或 I 表示。电流强度的定义：单位时间内通过导体横截面的电荷量。或者说，电流强度就是电荷对时间的变化率，即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad 1-1$$

其中：电荷 q 的单位为库仑 (c)

时间 t 的单位为秒 (s)

电流强度 i 的单位为安培 (A)

安培是国际单位制中的基本单位之一。1 秒时间内通过导体横截面的电荷量为 1 库仑时，这个电流强度的大小就是 1 安培。

电流强度简称为电流，习惯把正电荷运动的方向规定为电流的方向。

在电路中通常会遇到各种各样的电流。如果在任意瞬间通过导体截面的电荷量均是相等的，而且方向也不随时间变化，则这种电流称做恒定电流，简称直流（通常记做 DC）。它的强度用符号 I 表示。若电流的大小和方向均随时间变化，则称其为交变电流，简称交流（记作 AC）。以符号 $i(t)$ 表示。

在实践中，电流的真实方向很难在电路图中标出。例如：交流电路中电流的大小和方向随时间在变化，很难用一个固定的箭头表示其真实方向。既使在结构较为复杂的直流电路

中往往也难事先判定电流的实际方向。为了解决这一困难,我们引入参考方向这一概念。在电路中电流的参考方向可以任何约定,在电路图中用箭头表示。如图 1-2 所示。图中 $\text{---}\odot\text{---}$ 表示交流电压源。显然各元件的电流均随时间在改变着方向,因而可以如图示任意假定各元件的电流方向。

电流是个代数量。我们规定,如果电流的真实方向与参考方向一致时取正值;如果二者相反,电流取负值。这样我们就可以利用电流的正负值结合参考方向来判断电路中电流的真实方向了。显然,在未标定参考方向的情况下,电流的正负是毫无意义的。

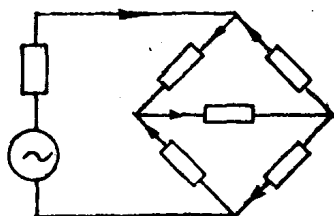


图 1-2

电路分析中的另一基本物理量为电压。当外加电场后,电场力将迫使电子做有规则的定向运动,从而形成电流。电场力移动电荷势必做功。为了衡量电场力做功的大小,引入了电位和电压这两个物理量。

电位的定义是:电场力移动单位正电荷从电场中的 a 点到无穷远处所做的功称之为 a 点的电位。用符号 u_a 或 U_a 表示(定义无穷远点电位为零,在电路理论中零电位点为大地)。

$$u_a = \frac{dw}{dq} \quad (1-2)$$

其中:

w 是电场力移动正电荷自 a 点 $\rightarrow \infty$ 远所做的功,单位为焦耳 (J)。 q 是被移动的正电荷量,单位为库仑 (C), U_a 为 a

点的电位，单位为伏特 [国际符号为 (v)]。

1 伏特 = 1 焦耳 / 1 库仑

电压又称为电位差。电压的意义是这样的：电场力移动单位正电荷从 a 点到 b 点所做的功称为 a、b 两点之间的电压，记作 U_{ab} 或 u_{ab} 。

$$U_{ab} = U_a - U_b = \frac{dw}{dq} \quad (1-3)$$

电压的单位与电位相同，亦为伏特 (V)。电压和电位均与电路中的两个点有关，电位是电路中的任意一点和参考点（即零地位点）之间的电压；电压是任意两点之间的电位之差。电压是有极性的。电压的极性为：高电位点为正极，低电位点为负极。如图 1-3 所示

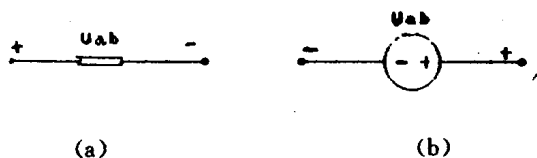


图 1-3

依电压随时间变化的规律，电压亦可分为恒定电压和交变电压。当电压的大小和方向不随时间变化时，称之为恒定电压或直流电压，用符号 U_{ab} 表示；而大小和方向随时间变化的电压称之为交变电压，记作 u_{ab} 。

与需要为电流规定参考方向相同的理由，我们也需要为电压规定参考方向。以“+”号表示高电位端，“-”号表示低电位端。电压也是个代数量。当分析计算结果为正值时，说明参考方向与实际方向相同；为负值时，说明参考方向与实

际方向相反。在不标定参考方向的情况下，电压的正负数值是没有意义的。电压的参考方向也是可以任意选定的，不一定非要与真实方向一致。

参考方向的概念在电路分析中是非常重要的，对此要给以充分注意。

这里有一个问题，既然在电路中电流的参考方向和电压的参考方向在标定时都具有任意性，那么，二者之间有什么关系呢？就本来意义讲，二者是彼此独立的，没有任何限制，然而为了处理问题方便，常把电路元件上的电流参考方向与电压方向取为一致，称为关联参考方向。这样，我们就可以只用一种规定符号就规定了电压和电流两个物理量的参考方向。

电路分析中的另一常用物理量为功率。用符号 p 或 P 表示。

在物理学中，功率定义为单位时间内能量的变化率，也就是能量对时间的导数，即

$$p = \frac{dw}{dt} \quad (1-4a)$$

在电路中，功率可以用电压、电流的乘积来表示，即

$$p = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = u \cdot i \quad (1-4b)$$

在直流情况下，

$$P = I \cdot U$$

当电压、电流为非关联参考方向时，则功率的计算公式应为

$$p = -i \cdot u \quad (1-5a)$$

$$P = -I \cdot U \quad (1-5b)$$

图 1-4 (a) (b) 表示了关联参考方向与非关联参考方向时计算功率应用的公式。

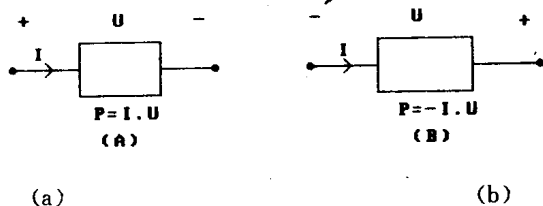


图 1-4

功率亦是一个代数量。即：

在电压 u 和电流 i 为关联参考方向条件下，

p (或 P) > 0 ，为吸收功率。

p (或 P) < 0 ，为产生功率。

在国际单位制中，电压单位为伏特 (V)，电流单位为安培 (A)，则功率单位为瓦特，简称瓦 (w)。

由以上讨论可知，如果电路中的各部分电流和电压均能掌握，那么各部分的功率即可求得，这个电路的性质也就完全确定了。因此，我们称电压和电流为电路的基本变量，是我们分析电路时的主要研究对象。

以上我们介绍了电流，电压和功率的国际制单位，但在实际应用时，这些单位有时嫌太小，有时又嫌太大，所以，常在这些单位前面加上词头，形成辅助单位，例如：

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

$$2 \text{ 千伏 (kV)} = 2 \times 10^3 \text{ V}$$

$$3 \text{ 兆瓦 (MW)} = 3 \times 10^6 \text{ W}$$