



电工与电子 技术基础

(第二版)

丘立尚 张琳 编

华南理工大学出版社

高等工业专科学校教材

电工与电子技术基础

(第二版)

丘立尚 张 琳 编

华南理工大学出版社

·广州·

图书在版编目 (CIP) 数据

电工与电子技术基础 / 丘立尚, 张琳编. —2 版. —广州: 华南理工大学出版社, 2002.1 (2006.9 重印)

ISBN 7-5623-0188-3

I. 电… II. ①丘… ②张… III. 电工技术-电子技术-基础理论 IV. TM①

总发行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

营销部电话: 020-87113487 87111048 (传真)

Email: scutcl3@scut.edu.cn

<http://www.scutpress.com.cn>

责任编辑: 吴兆强

印刷者: 广东省农垦总局印刷厂

开本: 787×1092 1/32 印张: 17.625 字数: 381 千

版次: 2006 年 9 月第 2 版第 12 次印刷

定价: 23.00 元

版权所有 盗版必究

第二版前言

本书是参照《高等工业学校电工学教学大纲》的基本要求和广东省高等教育自学考试《电工学自学考试大纲》编写而成的。考虑到成人教育的特点，本书注意突出基本概念、基本理论和基本方法，介绍从事非电类专业的工程技术人员必须具备的电工及电子技术的基本知识。其内容精炼，侧重于定性分析和实际应用，力求做到通俗易懂、物理概念清楚。为了适应不同专业对电工技术基础知识的要求，本书增加了一阶电路瞬变过程的内容。在修订过程中，还对原有内容作了认真的校对和个别的增补，保持了原书简明扼要、说理清楚、通俗易懂的风格。参加修订工作的有：丘立尚、张琳、罗智文。全书包括电路基础、磁路和变压器、异步电动机、继电接触控制、模拟电子技术基础等方面内容，共十一章。授课计划为80学时。有“*”符号的章节是供不同专业选用的非共同性基本内容。

本教材可作为高等工业专科学校非电类各专业、职工大学、函授大学相应专业电工学课程的教学用书，也可供参加高等教育自学考试人员自学使用。

本书由华南理工大学成人高等教育教材编辑委员会组织编写。参加编写工作的有丘立尚（第一、二、三、四、五、六、七章），张琳（第八、九、十、十一章）。全书由丘立尚担任主编，由吴子彬副教授、周润文副教授、赵铁钢副教授

主审。在编写过程中，还得到了朱诗发、刘乃新、袁继安、梁成昉副教授及罗智文、丘晓华老师的指导和帮助，谨此表示感谢。

书中存在的缺点和错误，敬请读者批评指正。

编 者
2001 年 9 月

目 录

绪论	(1)
第一章 电路和电路元件	(3)
§ 1-1 电荷和电流	(3)
§ 1-2 电路	(7)
§ 1-3 电动势、电位、电压、电功率	(10)
§ 1-4 电压源和电流源	(16)
§ 1-5 电阻、欧姆定律	(23)
§ 1-6 电感	(27)
§ 1-7 电容	(34)
§ 1-8 克希荷夫定律	(40)
练习题	(45)
第二章 电路的分析与计算	(53)
§ 2-1 无源二端网络的等效化简	(53)
§ 2-2 支路电流法	(65)
§ 2-3 节点电压法	(72)
§ 2-4 叠加原理	(76)
§ 2-5 有源二端网络的等效化简	(80)
§ 2-6 电路中电位的计算	(91)
§ 2-7 电路的瞬变过程	(94)
练习题	(116)
第三章 正弦交流电路	(126)

§ 3-1	正弦电压与电流	(127)
§ 3-2	正弦交流电的表示法	(137)
§ 3-3	单一参数的正弦交流电路	(149)
§ 3-4	串联正弦交流电路	(165)
§ 3-5	并联正弦交流电路	(175)
§ 3-6	交流电路的功率及功率因数的提高	(181)
§ 3-7	串联谐振和并联谐振	(193)
练习题		(204)
第四章	三相交流电路	(213)
§ 4-1	三相交流电源	(214)
§ 4-2	三相负载的星形接法	(220)
§ 4-3	三相负载的三角形接法	(230)
§ 4-4	三相电路的功率	(236)
练习题		(238)
第五章	磁路与变压器	(241)
§ 5-1	磁路概述	(241)
§ 5-2	交流铁心线圈电路	(253)
§ 5-3	变压器的分类与基本结构	(258)
§ 5-4	变压器的工作原理	(261)
§ 5-5	变压器的运行特性及额定值	(271)
§ 5-6	变压器绕组的极性	(275)
§ 5-7	三相变压器、自耦变压器、代用互感器	(278)
练习题		(283)
第六章	异步电动机	(288)
§ 6-1	三相异步电动机的构造	(289)
§ 6-2	三相异步电动机的工作原理	(292)

§ 6-3	三相异步电动机的特性	(301)
§ 6-4	三相异步电动机的使用	(311)
§ 6-5	三相异步电动机的选择	(326)
§ 6-6	单相异步电动机	(330)
练习题		(337)
第七章	常用继电接触控制线路	(339)
§ 7-1	常用控制电器和保护电器	(340)
§ 7-2	鼠笼式异步电动机的起-停控制	(349)
§ 7-3	鼠笼式异步电动机正反转控制线路	(354)
§ 7-4	行程控制	(357)
§ 7-5	时间控制	(360)
练习题		(362)
第八章	二极管和整流电路	(366)
§ 8-1	半导体的导电特性及 PN 结	(366)
§ 8-2	半导体二极管	(373)
§ 8-3	整流电路	(378)
§ 8-4	滤波电路	(382)
§ 8-5	硅稳压管及其稳压电路	(388)
§ 8-6	二极管的应用举例	(392)
练习题		(395)
第九章	半导体三极管与交流放大电路	(399)
§ 9-1	半导体三极管	(399)
§ 9-2	三极管交流放大电路	(410)
§ 9-3	放大电路的基本分析方法	(415)
§ 9-4	静态工作点的稳定	(435)
§ 9-5	阻容耦合放大电路	(442)

§ 9-6 放大电路中的负反馈	(446)
§ 9-7 射极输出器	(464)
§ 9-8 功率放大电路	(469)
练习题	(477)
第十章 直流放大电路	(486)
§ 10-1 直接耦合放大电路的特殊问题	(487)
§ 10-2 差动放大电路	(490)
§ 10-3 运算放大器	(497)
练习题	(515)
第十一章 晶闸管与可控整流电路	(519)
§ 11-1 晶闸管的结构原理、特性与参数	(519)
§ 11-2 单相半波可控整流	(527)
§ 11-3 单相半控桥式整流电路	(532)
§ 11-4 晶闸管的保护	(534)
§ 11-5 晶闸管的触发电路	(538)
练习题	(548)
附录 I 部分电气图形新旧符号对照表	(550)
附录 II 电气图中常用的文字符号(新旧对照)表	(552)
附录 III Y 系列交流电动机技术数据	(553)

绪 论

电能是世界各国工业、农业、国防、科技等领域所不可缺少的。随着我国四个现代化建设事业的发展,电能的应用必将更加广泛。事实说明,各行各业都离不开用电,因此也就都离不开电工技术。

电能与其他形式的能量相比,有很多特有的优点。首先,人们可以通过利用各种电气设备把电能转化为机械能、光能、热能等不同形式的能量,而且可以随意控制,以满足人类多种不同的需要;其次,人们可以利用各种不同形式的发电机组,把分散的各种形式的能量如原子能、热能、水的位能和动能、风能、潮汐能、太阳能等变成强大的集中的容易控制的电能,并迅速地、经济地把它传输到各个需要能量的角落。此外,人们还可利用电能以有线或无线的形式准确地为人类传递信息。因此,电能的生产、输送和应用,已成为人类最重要的生产活动之一。在科技发展的今天,即使从事非电类专业的工程技术人员,也应当具备一定的电工及电子技术方面的基础知识。本课程就是为了达到这个目的而设置的。通过这门课程的学习,将会使你了解电工及电子技术的基本规律,掌握其基本分析方法和必要的实验技能,对今后从事任一专业生产实践都将有很大的帮助。本教程根据大专教学的特点和要求,集电路、电机学、自动控制、模拟电

子技术等几门课程的最基本的内容。其中前四章为电路部分,介绍直流电路和正弦交流电路最基本的原理、概念、定律和分析计算方法,为学习以后各章打基础。第五、六、七章从原理和使用的角度出发,介绍各专业广泛使用的机电能量转换器件及控制线路。第八章至第十一章是模拟电子技术基础部分,除介绍各种常用电子元件的功能和应用外,还重点介绍交流、直流放大电路。本书最后还对日益完善的晶闸管及其应用作简单的介绍。

学习《电工与电子技术基础》这门课程时应注意下面几点:

(1) 把握各部分的特点。如:学习电路部分时重点是理解和掌握基本概念和计算方法,计算时要做到严谨、准确;学习变压器和电动机时要注重实用性,避免过深、过繁的数学推导和计算;学习模拟电子技术部分时应以掌握主要电子线路的基本原理和应用为主,计算时不要求很高的准确度。

(2) 要重视实验。由于本课程的实践性很强,所以实验在本课程中占有重要的地位。实验时要亲自动手,通过组成线路、使用仪表仪器、测试观察、数据记录和处理、写实验报告等环节使自己的基本技能得到实际锻炼。

(3) 加强练习。做练习题不但对巩固和加深所学的基本知识起很大的作用,而且还能培养自己分析问题、解决问题的能力,也能反映自己的表达能力。所以,独立、认真、及时地完成作业,是学好这门课程的重要一环。基础好的同学还应尽量争取多做一些自选题。

本课程内容多,涉及的知识面广,实验和习题多,但课时少,所以,只有给予足够的重视才能学好。

第一章 电路和电路元件

在物理学中，曾对电路的基本物理量和某些电路元件进行过阐述，但为了便于以后各章节的学习，这里还是对有关的基本概念和基本知识再作适当的论述。

本章将从电荷、电流的基本概念入手，从工程应用的角度慢慢引申，接着介绍经常接触的其他基本物理量。从第四节起，分别介绍常用的理想电路元件。

§ 1-1 电荷和电流

一、电荷

电荷是最基本的电学量。组成物质的很多基本粒子都带有电荷，例如电子是带负电荷的粒子，质子是带正电荷的粒子。电荷用字母 Q 来表示，它的单位称为库仑（简写为 C）。一个电子的电荷量是 $-1.60 \times 10^{-19} \text{C}$ 。要形成一库仑电量约需要 6.3×10^{18} 个电子。在正常的条件下，物体中带正电和带负电的粒子在数量上是相等的，若能使物体的负电荷多于（或少于）正电荷，也就使该物体带上负电（或带正电）了。

电荷有一个重要的效应——力效应。带同号电荷的物体

互相排斥，带异号电荷的物体互相吸引。这种排斥或吸引的作用力的大小与电量的乘积成正比，与它们之间距离的平方成反比。这个作用力的区域称为场。由于电荷的存在而建立的场称为电场。由相对于观察者是静止的而且其电量不随时间而变的电荷建立起来的电场，称为静电场。

处于电场中的任何带电粒子都将受到电场力的作用，被吸引或受排斥。如某电场是由负电荷产生的，我们要把正电荷移到离负电荷更远的地方，就要有一个克服其电场力的外力（称为电源力）作用在正电荷上，这外力要做功。做功的结果就能使该正电荷获得更高的电力位能，就像在地球的重力场中起重机把重物提向高空一样。与此相反，在电场中，电荷在电场力的作用下由高电力位能处流向低电力位能处时，电荷就可以向外做功，释放出电能，就像重物在高空坠落放出能量一样。

电工技术正是在宏观上研究电能的产生、传输和应用的。从工程应用的角度来说，电工技术研究的是大量的电荷在一定的路径内流动时如何吸收其他形态的能量并把它转化为电能，以及如何把电能传输到需要的地方并转变为其他形式的能量。

二、电流

电荷的流动称为电流。电荷流动的通路称为电路。我们常说的电流，是指大量电荷按一定的规律连续运动这种物理现象。电流的强弱用电流强度 i 来表示，它是指单位时间内通过电路某一截面电荷量的大小。电流强度也简称为电流。

设想我们站在电路中的某一截面上观察电荷的流动，在

t 秒钟内有 Q 库仑的电荷匀速地流过，则这个电流是恒定的，其强度用大写的字母 I 来表示。

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

电流的单位是安培（简写为 A）。若在 1 秒钟内通过某截面的电荷为 1 C，则我们称此时的电流为 1 A。

但是，实际上电荷流过的速率是不恒定的，这样，电流就要用瞬时值 i 来表示

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-2)$$

在式 (1-1) 和式 (1-2) 中，我们采用了电工技术中通用的表示习惯，即用大写字母（例如 I 、 Q 等）来表示不随时间而变的恒定的量，而用小写字母（ i 、 q 等）表示变化量的某一瞬间的值——瞬时值。

电流除了有大小以外，还有方向。一般规定正电荷流动的方向是电流的正方向。由于电流通常是由带负电的电子移动所形成的，因此电子运动的方向与所规定的电流正方向恰恰相反。在一个确定的电路中，各部分电流的真实方向也是确定的。但是，在我们一时还未能确定电流的真实方向的情况下，也可以任意选定一个“假定正方向”来进行分析计算。如果计算出来的电流是正值，就说明电流的真实正方向与假定正方向相同；如果计算出来的电流是负值，就说明电流的真实正方向与假定正方向相反。

电流有直流电流和交流电流之分。直流电流的电荷流动始终是一个方向的。若电流的方向和大小都始终不变，则称为恒定直流。习惯上所说的直流电就是指这种电流，如图

1-1a 所示。若电流的方向不变,但大小有规律地变化,则称为脉动电流,如图 1-1b 所示。

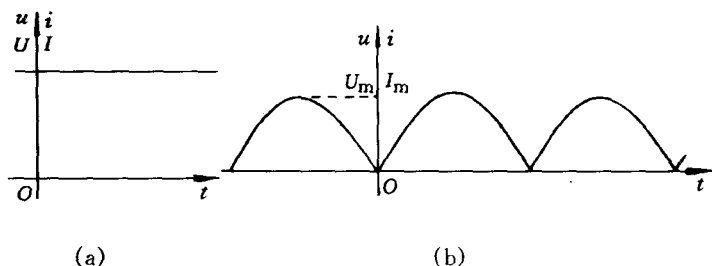


图 1-1 直流电流
(a) 恒定电流; (b) 脉动电流

交流电流是指电荷先流向一个方向,然后再流往相反的方向,并且以一定的频率重复着。图 1-2 中列出的矩形波、三角波及正弦波均属交流电流的波形,其中的正弦交流电在工程上应用最广。在我国电力工业中应用的就是按每秒 50 周的频率交变的正弦交流电。关于交流电,将在第三章中详细介绍。

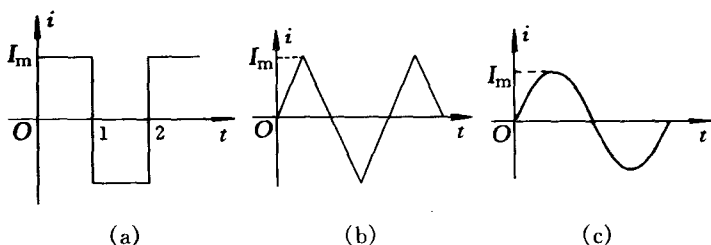


图 1-2 几种交流电波形
(a) 矩形波; (b) 三角波; (c) 正弦波

电流有两个具有重大实际意义的效应：

(1) 电流的热效应，即电流通过导体时会产生热（参看 § 1-5）。

(2) 电流的力效应。电流周围存在着磁场，它会对其它的载流元件或磁性器件产生力的作用（参看 § 1-6）。

§ 1-2 电 路

一、电路的组成

电流的通路称为电路。或者说，电路是为了获得电流而使用的电气元件和电气设备的总称。电路的形式多种多样，有的很简单，也有些很复杂，但不管电路的具体结构如何，它都是由三类最基本的元件组成的。

(1) 电源。电源是将其其它形式的能量转化为电能的元件，它是电路中电能的提供者。如可把化学能转化为电能的电池和把机械能转化为电能的发电机就是常见的电源。

(2) 负载。负载是把电能转化为其它形式能量的元件，它是电路中电能的使用者和消耗者（接受器或换能器）。例如，把电能转变成光能的白炽灯、荧光灯等电光源，把电能转化为热能电炉，把电能转化为机械能的电动机，都是负载。

(3) 联接导线与控制设备。用它们把电源与负载联接起来，起输送电能、分配电能或传递信息的作用。

图 1-3 所示为最简单的电路。其中图 a 是示意图，图 b 为采用规定的符号来表示有关电路元件的原理图。

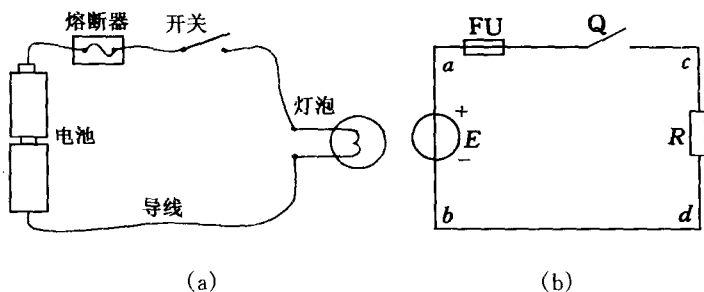


图 1-3 电路的组成

二、电路的作用

电路的最基本的作用有两个。一是产生、输送、分配和转换电能。例如，电力系统就是用电力网把在各种形式的发电厂所生产出的电能输送到城市和乡村的用电设备中以供人们使用的。二是可以进行信息的传递、处理、存储、测量等。例如，电话线路、扩音机线路、计算机线路等就是人们所熟悉的起这类作用的电路。

三、电路的分类

根据电路中电流的性质，电路可分为直流电路和交流电路；根据结构的不同，电路可分为有分支电路和无分支电路、简单电路和复杂电路（如果能用串联、并联的方法最后把电路简化为无分支电路的，就称为简单电路，反之则称为复杂电路）；从电路的范围来分，一般把电源以外的电流通路称为外电路，而把电源内部的电流通路称为内电路。正电荷在外电路中由于电场力的作用，将从电位高处流向电位低