

全国高等教育自学考试指定教材 计算机及应用专业(专科)

电子技术基础(三)

附：电子技术基础(三)自学考试大纲

课程代码
4730
[2006年版]

组编 / 全国高等教育自学考试指导委员会
主编 / 温希东

本教材附赠网络学习卡

经济科学出版社

全国高等教育自学考试指定教材
计 算 机 及 应 用 专 业 (专 科)

电 子 技 术 基 础 (三)

(附：电子技术基础 (三) 自学考试大纲)
(2006 年版)

全国高等教育自学考试指导委员会 组编

温希东 主 编
王静霞 副主编
李益民

经 济 科 学 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

电子技术基础 (三): 2006 年版 / 温希东, 主编. — 北京: 经济科学出版社, 2006. 9

附: 电子技术基础 (三) 自学考试大纲

ISBN 7 - 5058 - 5705 - 3

I. 电… II. ①温…②主… III. 电子技术 - 高等教育 - 自学考试 - 自学参考资料 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 077411 号

责任编辑: 崔岱远

责任校对: 杨晓莹

版式设计: 代小卫

技术编辑: 邱 天

电子技术基础 (三)

附: 电子技术基础 (三) 自学考试大纲

(2006 年版)

温希东 主编

王静霞 李益民 副主编

经济科学出版社出版

社址: 北京海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100036

总编室电话: 88191217

网址: www.esp.com.cn

电子邮件: esp@esp.com.cn

北京飞达印刷有限责任公司印刷

787×1092 16 开 19.75 印张 480000 字

2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1—5000 册

ISBN 7 - 5058 - 5705 - 3/F · 4964 定价: 30.00 元

(图书出现印装问题, 请与当地教材供应部门调换)

(版权所有 翻印必究)

组 编 前 言

21 世纪是一个变幻莫测的世纪，是一个催人奋进的时代，科学技术飞速发展，知识更替日新月异。希望、困惑、机遇、挑战，随时随地都有可能出现在每一个社会成员的生活之中。抓住机遇、寻求发展、迎接挑战、适应变化的制胜法宝就是学习——依靠自己学习、终生学习。

作为我国高等教育组成部分的自学考试，其职责就是在高等教育这个水平上倡导自学、鼓励自学、帮助自学、推动自学，为每一位自学者铺就成才之路。组织编写供读者学习的教材就是履行这个职责的重要环节。毫无疑问，这种教材应当适合自学，应当有利于学习者掌握、了解新知识、新信息，有利于学习者增强创新意识，培养实践能力，形成自学能力，也有利于学习者学以致用，解决实际工作中所遇到的问题。具有如此特点的书，我们虽然沿用了“教材”这个概念，但它与那种仅供教师讲、学生听，教师不讲、学生不懂，以“教”为中心的教科书相比，已经在内容安排、编写体例、行文风格等方面都大不相同了。希望读者对此有所了解，以便从一开始就树立起依靠自己学习的坚定信念，不断探索适合自己的学习方法，充分利用已有的知识基础和实际工作经验，最大限度地发挥自己的潜能，以达到学习的目标。

欢迎读者提出意见和建议。

祝每一位读者自学成功！

全国高等教育自学考试指导委员会

2005 年 3 月

编者的话

《电子技术基础（三）》一书是根据高等教育自学考试计算机及应用专业（专科）考试计划和《电子技术基础（三）》课程自学考试大纲编写的，作为高等教育自学考试计算机及应用专业（专科）《电子技术基础（三）》课程的自学教材。

《电子技术基础（三）》课程是计算机及应用专业学生必修的一门应用性较强的专业基础课程。学习本课程的任务是使学生掌握电路基础知识和电子技术的基本理论及分析方法，为学习后续计算机专业课程及从事计算机应用打下必要的基础。

本教材由全国高等教育自学考试指导委员会电子电工与信息类专业委员会组织编写和审稿，专家们多次集体研究讨论。考虑到自考学生的特点，在内容编写和章节安排上，力求突出“够用和实用”的教学思想，加强技术应用能力的培养；注重讲清基本概念、基本理论和基本分析方法，便于学生自学；通过大量例题和实验进一步说明基本理论在实际中的应用，使学生打下牢固的理论与应用基础，提高分析问题和解决问题的能力。

本教材共分八章，包括电路基础、模拟电子技术和数字电子技术三部分内容。第1章为电路理论基础知识；第2~4章为模拟电子技术中半导体器件、基本放大电路、集成运算放大器和直流稳压电源等的组成、原理及应用；第5~8章为数字电子技术中最基本的数制、逻辑门电路、组合逻辑电路和时序逻辑电路的基本概念和分析方法，最后还介绍了最基本的可编程逻辑器件及其应用。

本教材由深圳职业技术学院温希东教授担任主编，王静霞、李益民两位副教授任副主编。温希东教授对本书的编写思路与考试大纲进行了总体策划，指导全书的编写，并编写第2、4章；第5、6、8章由王静霞副教授编写；第1、3、7章及附录由李益民副教授编写；最后由温希东教授对全书进行统稿。由全国高等教育自学考试指导委员会电子电工与信息类专业委员会组织西安电子科技大学傅丰林教授、深圳大学蔡良伟副教授、华南理工大学陈振强副教授统审了全书，并提出了许多宝贵的意见，在此致以衷心地感谢！

在本书的编写过程中，曾得到深圳职业技术学院电子技术基础教研室的王继仁、熊保辉等同志的大力帮助。在此，对所有关心、支持本书编写和出版的同志，以及全国高等教育自学考试指导委员会电子电工与信息类专业委员会的委员们表示衷心地感谢！

书中难免存在错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2006年4月

目 录

电子技术基础（三）

第1章 电路分析基础	(1)
1.1 电路的基本概念	(1)
1.1.1 电路和电路模型	(1)
1.1.2 直流电与交流电	(3)
1.1.3 模拟信号与数字信号	(3)
1.1.4 电路的基本物理量及其参考方向	(4)
1.2 电阻、电感和电容	(11)
1.2.1 电阻元件	(11)
1.2.2 电感元件	(13)
1.2.3 电容元件	(15)
1.3 电源元件	(18)
1.3.1 电压源	(18)
1.3.2 电流源	(20)
1.4 串联电路与并联电路	(22)
1.4.1 电阻的串联	(22)
1.4.2 电阻的并联	(23)
1.5 直流电路分析与计算	(25)
1.5.1 欧姆定律	(25)
1.5.2 基尔霍夫定律	(26)
1.5.3 叠加定理	(29)
1.6 正弦交流电路	(31)
1.6.1 正弦交流电的基本概念	(31)
1.6.2 正弦交流电的相量表示法	(34)
1.6.3 正弦交流电路的简单分析与计算	(38)
思考题与习题	(54)

第2章 放大电路原理	(57)
2.1 半导体器件	(57)
2.1.1 晶体二极管	(57)
2.1.2 晶体三极管	(64)
2.1.3 场效应三极管	(69)
2.2 基本放大器工作原理	(72)
2.2.1 放大电路的基本要求和性能指标	(72)
2.2.2 共发射极放大电路	(73)
2.2.3 共集电极放大电路	(84)
2.2.4 场效应管放大电路	(87)
2.3 多级与差动放大器	(89)
2.3.1 直接耦合多级放大电路的特点及存在的问题	(89)
2.3.2 直接耦合多级放大电路的动态分析	(90)
2.3.3 差动放大器的基本结构和工作原理	(92)
2.3.4 差动放大器的其他几种输入与输出方式	(93)
2.3.5 差动放大器的电压放大倍数和共模抑制比	(94)
2.4 放大器中的负反馈	(97)
2.4.1 负反馈的概念及类型	(97)
2.4.2 放大电路中负反馈的判断	(99)
2.4.3 负反馈对放大电路的性能影响	(100)
思考题与习题	(101)
第3章 集成运算放大器及其应用	(105)
3.1 集成运算放大器概述	(105)
3.1.1 集成运算放大器概念	(105)
3.1.2 理想集成运算放大器的特点	(108)
3.2 集成运算放大器组成的基本运算电路	(110)
3.2.1 反相比例运算	(110)
3.2.2 同相比例运算	(111)
3.2.3 多路加减运算	(112)
3.2.4 微分运算与积分运算	(114)
3.3 集成运算放大器应用	(115)
3.3.1 集成运算放大器的线性应用	(115)
3.3.2 集成运算放大器的非线性应用	(116)
3.3.3 常用集成运算放大器芯片选用与介绍	(121)
思考题与习题	(124)
第4章 直流稳压电源	(126)
4.1 整流与滤波电路	(126)

4.1.1	整流电路	(126)
4.1.2	滤波电路	(128)
4.2	线性直流稳压电源	(131)
4.2.1	直流稳压电源的主要性能指标	(131)
4.2.2	硅稳压管稳压电路	(132)
4.2.3	普通线性集成稳压器	(133)
4.2.4	低压差集成稳压器	(135)
4.3	开关型集成稳压器	(136)
4.3.1	工作原理	(136)
4.3.2	应用举例	(137)
	思考题与习题	(138)
第5章	数字电路基础	(140)
5.1	数制与编码	(140)
5.1.1	十进制数	(140)
5.1.2	二进制数	(140)
5.1.3	十六进制数	(142)
5.1.4	数制转换	(143)
5.1.5	有符号数的表示方法	(146)
5.1.6	十进制数的二进制编码 (BCD)	(148)
5.1.7	格雷码	(149)
5.2	二进制逻辑变量的电压表示	(150)
5.2.1	用电压表示二进制逻辑变量	(150)
5.2.2	正逻辑与负逻辑	(151)
5.3	基本逻辑运算和基本门电路	(151)
5.3.1	逻辑变量和逻辑表达式	(151)
5.3.2	与 (AND) 运算及与门	(152)
5.3.3	或 (OR) 运算及或门	(153)
5.3.4	非 (NOT) 运算及非门	(154)
5.3.5	复合逻辑及复合逻辑门	(155)
5.3.6	IEEE 的逻辑门符号	(158)
5.4	逻辑代数的基本定律及规则	(159)
5.4.1	逻辑代数的基本定律	(159)
5.4.2	逻辑代数的基本规则	(160)
5.5	逻辑函数的化简	(161)
5.5.1	逻辑函数的表示形式	(161)
5.5.2	逻辑函数的化简	(166)
5.6	集成逻辑门电路及其应用	(170)
5.6.1	常用集成逻辑门简介	(170)
5.6.2	集成逻辑门电路综合应用	(176)

思考题与习题	(176)
第6章 组合逻辑电路	(178)
6.1 组合逻辑电路	(178)
6.1.1 组合逻辑电路的特点	(178)
6.1.2 组合逻辑电路表示方式	(178)
6.2 组合逻辑电路的基本分析方法	(179)
6.2.1 组合逻辑电路的一般分析方法	(179)
6.2.2 组合逻辑电路分析举例	(179)
6.3 组合逻辑电路的基本设计方法	(182)
6.3.1 组合逻辑电路的一般设计方法	(182)
6.3.2 组合逻辑电路设计举例	(183)
6.4 基本组合逻辑部件	(185)
6.4.1 加法器	(185)
6.4.2 编码器	(188)
6.4.3 译码器	(189)
6.4.4 数据选择器	(193)
6.4.5 数据比较器	(194)
6.5 计算机中常用的集成逻辑器件及其应用	(198)
6.5.1 计算机中常用的集成逻辑器件	(198)
6.5.2 集成逻辑器件应用举例	(199)
思考题与习题	(204)
第7章 时序逻辑电路	(207)
7.1 触发器基本工作原理	(207)
7.1.1 触发器的特点	(207)
7.1.2 各种逻辑功能的触发器	(207)
7.1.3 不同触发器之间的相互转换	(216)
7.2 时序逻辑电路	(219)
7.2.1 时序逻辑电路的特点	(219)
7.2.2 时序逻辑电路的表示方式	(219)
7.2.3 时序逻辑电路的分类	(220)
7.3 时序逻辑电路分析及设计方法	(220)
7.3.1 时序逻辑电路的分析方法	(220)
7.3.2 时序逻辑电路分析举例	(221)
7.3.3 同步时序逻辑电路设计方法	(224)
7.4 基本时序逻辑部件	(227)
7.4.1 计数器	(227)
7.4.2 寄存器	(239)
思考题与习题	(243)

第 8 章 可编程逻辑器件	(246)
8.1 概述	(246)
8.1.1 可编程逻辑器件的发展历程	(246)
8.1.2 可编程逻辑器件分类	(247)
8.2 简单可编程逻辑器件 PROM、PLA、PAL	(248)
8.2.1 简单可编程逻辑器件基本结构组成	(248)
8.2.2 简单可编程逻辑器件 PROM、PLA、PAL 的基本结构特点	(249)
8.3 GAL、CPLD、FPGA 的基本知识	(252)
8.3.1 通用阵列逻辑 GAL 的基本结构及应用	(252)
8.3.2 复杂可编程逻辑器件 CPLD 的基本结构	(255)
8.3.3 现场可编程门阵列 (FPGA) 的基本结构	(257)
思考题与习题	(258)
附录一 实验参考项目	(260)
附录二 部分习题参考答案	(273)

电子技术基础（三）自学考试大纲

出版前言	(281)
一、课程性质与设置目的	(282)
二、课程内容与考核目标	(284)
第 1 章 电路分析基础	(284)
第 2 章 放大电路原理	(286)
第 3 章 集成运算放大器及其应用	(288)
第 4 章 直流稳压电源	(289)
第 5 章 数字电路基础	(290)
第 6 章 组合逻辑电路	(293)
第 7 章 时序逻辑电路	(294)
第 8 章 可编程逻辑器件	(296)
参考实验项目	(297)
三、有关说明与实施要求	(299)
附录 题型举例	(302)
后记	(304)

第1章 电路分析基础

1.1 电路的基本概念

1.1.1 电路和电路模型

1. 电路的组成

电路是为了某种需要由若干电工设备或元件按一定方式组成的总体，是电流的通路。

我们在生产实践中所使用的各种电路都是由实际的电气元器件组成的，这些电气元器件泛指实际的电路部件，如电阻器、电容器、电感线圈、晶体管、变压器等。

电路一般由电源、负载及中间环节三部分组成。

(1) 电源

它是将其他形式的能量转换成电能的装置，如发电机、电池、各种信号源等。发电机将机械能转换成电能、电池将化学能转换成电能，随着科学技术的日益发展和各种能源的充分开发，如水利资源、原子能、太阳能、地热、潮汐、风能等都已成为电能的来源。

(2) 负载

它是用电设备的统称。它将电能转换成其他形式能量，如日光灯、电动机、电炉、扬声器等。

(3) 中间环节

指连接电源和负载的部分，它起着传输、控制和分配电能的作用。如输电线、变压器、配电装置、开关、熔断器及各种保护和测量装置等。

电路中由负载和连接导线等中间环节组成的部分称为外电路，而电源内部的通路则称为内电路。

手电筒的电路就是一个最简单的实际电路，它由电池、电珠、开关和筒体组成。电池中储存的化学能转变为电能后，经过开关和筒体传输给电珠使之发光。在这里，电池就是电源，电珠是负载，而开关和筒体（传输导体）就是中间环节；又如收音机的电路，它由天线、晶体管、电阻器、电容器和扬声器等组成，它把天线接收到的信号经过中间电路的处理和放大，然后推动扬声器工作使之发出声音。在这个电路中，天线就可看作是一种电源（信号源），扬声器把电能转换为声能，就是一种负载，而各种中间的处理和放大电路等就可看作是中间环节。

2. 电路的作用

在现代化的生产和科学技术领域中，电路用来完成控制、计算、通信、测量以及发电、配电等各方面的任务。虽然实际电路种类繁多、功能各异，但从抽象和概括的角度来看，电路的作用主要体现在以下两个方面：

(1) 实现电能的输送和变换

例如在电力系统组成的电路中，电路主要是用来传送、分配和变换电能。发电厂的发电机将热能、水能和核能等转换成电能，通过输电导线和各级变电所中的升压或降压变压器将电能输送到各用电设备，再根据需要将电能转换成机械能、热能和光能等其他形式的能量。

(2) 实现信号的传递和处理

常见的如电视机组成的电路，通过接收装置把载有语言、文字、音乐、图像的电磁波接收后转换为相应的电信号，然后通过多种中间电路环节将信号进行传递和处理，送到显像管和扬声器后还原为原始信息。

无论一个具体电路实现的功能怎样，我们把其中电源或信号源的电压或电流称为电路的激励，它推动电路工作；由激励在电路中各部分产生的电压或电流称为电路的响应。已知激励求响应，称为电路的分析；已知响应求激励，称为电路的综合或设计。

总之，在电路中，随着电流的通过，进行着从其他形式的能量转换成电能、电能的传输和分配以及又把电能转换成所需要的其他形式能量的过程。

3. 电路模型

实际电路中的元器件是多种多样的，它们在工作中表现出较为复杂的电磁性质。一种电路元件往往兼有两种以上的电磁特性，例如一个白炽灯，它除具有消耗电能的电阻特性外，还具有一定的电感性，但其电感很微小；又如电池工作时除将化学能转变为电能产生电动势外，在它的内阻上也消耗一部分电能因而又具有一定的电阻特性。

为了便于对实际电路进行数学描述和分析，我们需将实际元件理想化（或称为模型化），即在一定条件下突出其主要的电磁性质，忽略其次要的因素，把它近似地看作理想电路元件。因此，理想电路元件也就是具有某种确定的电磁性质的假想元件，它是一种理想化的模型并具有精确的数学定义。

理想电路元件包括理想无源元件和理想有源元件。前者包括理想电阻、理想电感和理想电容元件；后者包括理想独立电源和理想受控电源元件。这些元件分别由相应的符号和参数来表征。

对于一个实际的元器件，它可能具有几种不可忽略的电磁性质，这时可用多个理想电路元件及其组合来近似地代替这个实际的元器件，例如一个实际电池就可由一个理想电源元件和一个理想电阻元件串联而成。为了叙述简便，我们常把“理想”二字省略，如无特殊说明，“元件”就是“理想元件”的简称。

需要说明一点的是，在不同的条件下，同一实际器件可能要用不同的电路模型来模拟，例如当频率较高时，线圈绕线之间的电容效应就不能忽视，这种情况下表征这个线圈的较精确的电路模型中还应当包含电容元件。实践证明，只要电路模型选取得恰当，这样按照模型电路分析计算所得结果与对应的实际电路中测量所得结果基本上是一致的，不会造成较大的

误差。

1.1.2 直流电与交流电

1. 直流电

一般来说，我们把方向不随时间变化的电压（或电流）都称为直流电压（或电流）。如果电压（或电流）的大小和方向都不随时间变化，则称为恒定直流电压（或电流）。如仅是大小变化而方向不改变的电压（或电流），则称为脉动直流电压（或电流）。图 1.1.1 (a)、(b) 分别为恒定直流电压和脉动直流电压的波形示意图。

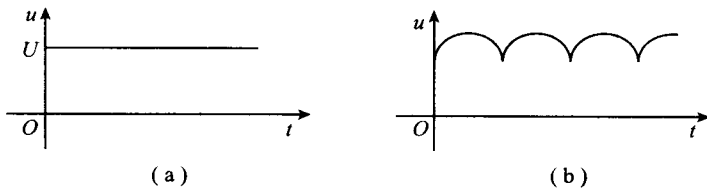


图 1.1.1 直流电压波形示意图

2. 交流电

交流电是指大小和方向都随时间变化的电压或电流。随时间按正弦规律变化的电压和电流称为正弦交流电。通常所说的交流电也就指的是正弦交流电。实际上，正弦交流电只是交流电的一种特例，另外如矩形波、三角波等也是交流电。图 1.1.2 为几种交流电压波形示意图，其中 (a) 为正弦波电压，(b) 为矩形波电压，(c) 为三角波电压。

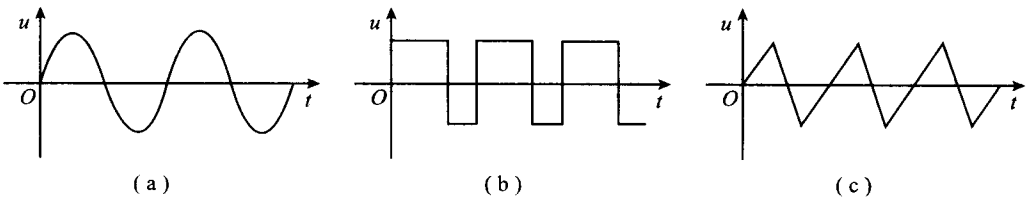


图 1.1.2 几种交流电压波形示意图

1.1.3 模拟信号与数字信号

1. 模拟信号

现代电子技术是由模拟电子技术和数字电子技术两大部分组成的。模拟信号是随时间连续变化的电压或电流信号，如正弦信号就是一种最为典型的模拟信号。

处理模拟信号的电子线路就称为模拟电路。

2. 数字信号

数字信号是指随时间断续变化的电压或电流信号，如方波信号就是一种最为典型的数字信号。

处理数字信号的电子线路就称为数字电路。

在实际电路中，模拟电路与数字电路往往密不可分，如我们常用的 555 定时器电路就是模拟与数字混合的集成电路产品。

图 1.1.3 和图 1.1.4 分别为模拟信号与数字信号的波形示意图。

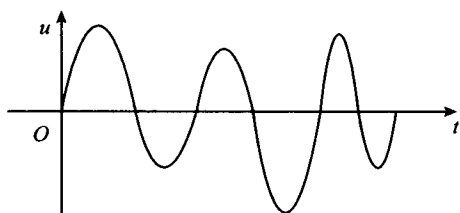


图 1.1.3 模拟信号波形示意图

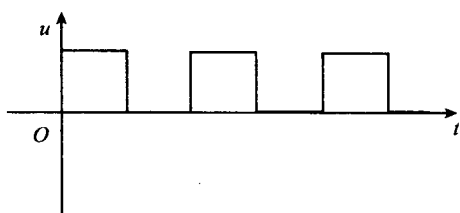


图 1.1.4 数字信号波形示意图

1.1.4 电路的基本物理量及其参考方向

无论哪一种电路，在实现它的能量转换时，都要涉及电流、电压、电动势和电功率等基本物理量，电路分析的目的也就是对这些物理量进行分析和计算。

1. 电流及其参考方向

(1) 电流

电荷在电场力作用下进行的定向移动形成电流。正电荷移动的方向（或负电荷移动的反方向）规定为电流的实际方向。电流的大小（强弱）用电流强度来衡量，它定义为单位时间内通过导体某横截面的电荷量。

电流强度通常简称为电流，用字母 i 表示，即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.1.1)$$

式中， dq 为在极短时间 dt 内通过导体某横截面的电荷量。

电路中经常遇到各种类型的电流，若上式中 dq/dt 为一常数，即表示电流的大小和方向都不随时间变化，这时称之为恒定电流，简称直流，一般用大写字母 I 表示；而随时间变化的电流则用小写字母 i 表示，例如正弦电流就是其中的一种。

直流电流 I 的表达式可以写为

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1.1.2)$$

在国际单位制中， Q 为电荷量，其单位为库仑（C）； t 为时间，单位为秒（s）； I 为电

流，其单位为安培，简称安（A）。当计量微小的电流时，可以毫安（mA）、微安（ μA ）或皮安（pA）为单位。

$$1\text{A} = 10^3\text{mA} = 10^6\mu\text{A} = 10^{12}\text{pA}$$

(2) 电流的参考方向

在分析和计算较为复杂的电路时，往往事先难于判断某支路中电流的实际方向，我们可任意选定某一方向为电流的参考方向（也称正方向）。

电流的参考方向常用箭标表示，还可用双下标表示，如假设电流从 a 点流向 b 点，则可表示为 I_{ab} ，如图 1.1.5 所示。

需要强调的是，所选的电流参考方向并不一定与实际方向相同。如果相同，这时电流的值为正，否则为负；只有当参考方向选定以后，电流才可成为一个代数量，这时讨论电流的正负才有意义，而后根据电流的正负就可以确定电流的实际方向。我们必须养成在分析电路时首先标出有关电量的参考方向的习惯。

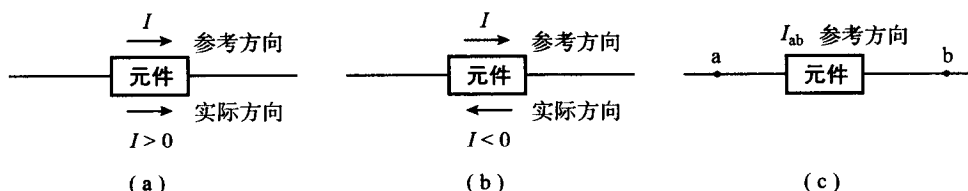


图 1.1.5 电流的参考方向

例 1.1.1 电路如图 1.1.6 所示，若已知通过元件的电荷 $q(t) = 2\sin(2t)\text{C}$ ，求 $t > 0$ 时的电流 $i(t)$ 。

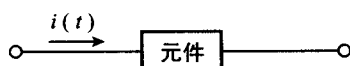


图 1.1.6 例 1.1.1 的电路

解

$$i = \frac{dq}{dt} = 4\cos(2t)\text{A} \quad t > 0$$

例 1.1.2 流过某元件的电流波形如图 1.1.7 所示，则在 $t = 0$ 至 $t = 4.5\text{s}$ 期间，求通过的电荷量为多大？

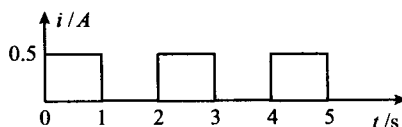


图 1.1.7 例 1.1.2 的电流波形

解

$$q = \int_0^{4.5} i dt = \int_0^1 0.5 dt + \int_2^3 0.5 dt + \int_4^{4.5} 0.5 dt = 1.25\text{C}$$

2. 电压、电动势及其参考方向

(1) 电压和电动势

电压表明了电场力对电荷做功的能力，可用公式表示为

$$u = \frac{dW}{dq} \quad (1.1.3)$$

我们规定电场力对单位正电荷从电场内的 a 点移动到无限远处所做的功称为 a 点的电位 V_a ，因为在无限远处的电场为零，故其电位也为零。可见， a 、 b 两点间的电压也就是 a 、 b 两点间的电位差，即有

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1.1.4)$$

电动势 E 用来衡量电源力对电荷做功的能力，在电源力的作用下，电源不断地把其他形式的能量转换为电能以维持电路的持续工作。

电压、电位和电动势的标称单位都是伏特 (V)，有时也用毫伏 (mV)、微伏 (μV) 等作单位。

(2) 电压和电动势的参考方向

对于电压和电动势的实际方向，我们首先作如下的规定：电压的实际方向规定为由高电位端指向低电位端，即为电位降低的方向；而电动势的实际方向是指在电源内部由低电位端指向高电位端，即为电位升高的方向。

电压和电动势的参考方向都是任意指定的，常用箭标表示，如图 1.1.8 所示，也可用“+、-”符号及双下标表示，如 U_{ab} 表示 a 点与 b 点之间电压参考方向由 a 指向 b 。由于我们在前面对电压和电动势的实际方向作过一些规定，因此，我们要注意电压 U 和电动势 E 的参考方向间的不同的内在含义。

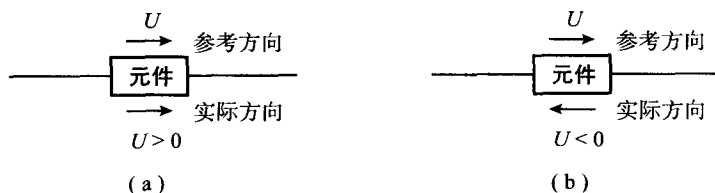


图 1.1.8 电压的参考方向

在电路图中我们常需对某个元件作电压 U 和电流 I 的参考方向的设定，我们习惯于将电压 U 和电流 I 的参考方向取为一致，这称为关联参考方向，如图 1.1.9 (a) 所示；否则就称为非关联参考方向，如图 1.1.9 (b) 所示。

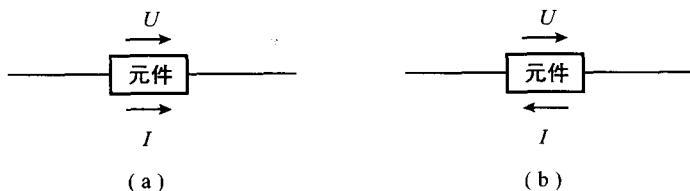


图 1.1.9 电压与电流的关联与非关联参考方向

例 1.1.3 设电路中某元件的电压与电流参考方向如图 1.1.10 所示, 已知 $U < 0, I > 0$, 则电压与电流的实际方向如何?

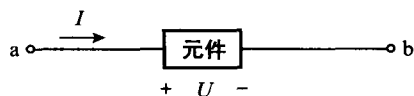


图 1.1.10 例 1.1.3 的电路

解 因为电压的实际方向与参考方向相反, 电流的实际方向与参考方向相同, 故 b 点为高电位, 电流由 a 至 b。

3. 功率与能量

(1) 功率

功率定义为单位时间内能量的变化, 也就是能量对时间的导数, 即

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{udq}{dt} = ui \quad (1.1.5)$$

在直流电路中, 若电路中某元件两端电压和其中的电流已求得, 则此元件的功率就可以计算出来, 此时功率用大写字母 P 表示。

当电压 U 和电流 I 采用关联参考方向时, 有

$$P = UI \quad (1.1.6)$$

若算得 $P > 0$, 这说明是电场力对电荷做功, 表明元件此时是在吸收或者说是消耗功率, 它在实际电路中起负载作用; 如果 $P < 0$, 这说明是外力对电荷做功, 表明元件此时是在产生或者说是释放功率, 它在实际电路中起电源作用。

反之, 当电压 U 和电流 I 采用非关联参考方向时, 如果仍然规定元件消耗功率时 $P > 0$, 产生功率时 $P < 0$, 则功率的计算公式应相应改为

$$P = -UI \quad (1.1.7)$$

关于这个问题, 我们也可直观地根据电压和电流的实际方向来确定某一电路元件是电源还是负载:

如果电流的实际方向是从电压实际极性的高电位端流出, 则表明是产生功率, 此元件是电源; 如果电流的实际方向是从电压实际极性的高电位端流入, 则表明是吸收功率, 此元件是负载。

若电压的单位为伏, 电流的单位为安, 则功率的单位为瓦特, 简称瓦 (W)。有时还可用千瓦 (kW)、毫瓦 (mW) 作单位。

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

(2) 电能

从前面的分析可看出, 功率 P 是能量的平均转换率, 有时我们也称之为平均功率。对于发电设备 (电源) 来说, 功率是单位时间内所产生的电能; 对于用电设备 (负载) 来说, 功率就是单位时间内所消耗的电能。

如果用电设备功率为 P , 使用的时间为 t , 则该设备消耗的电能

$$W = Pt = UIt \quad (1.1.8)$$