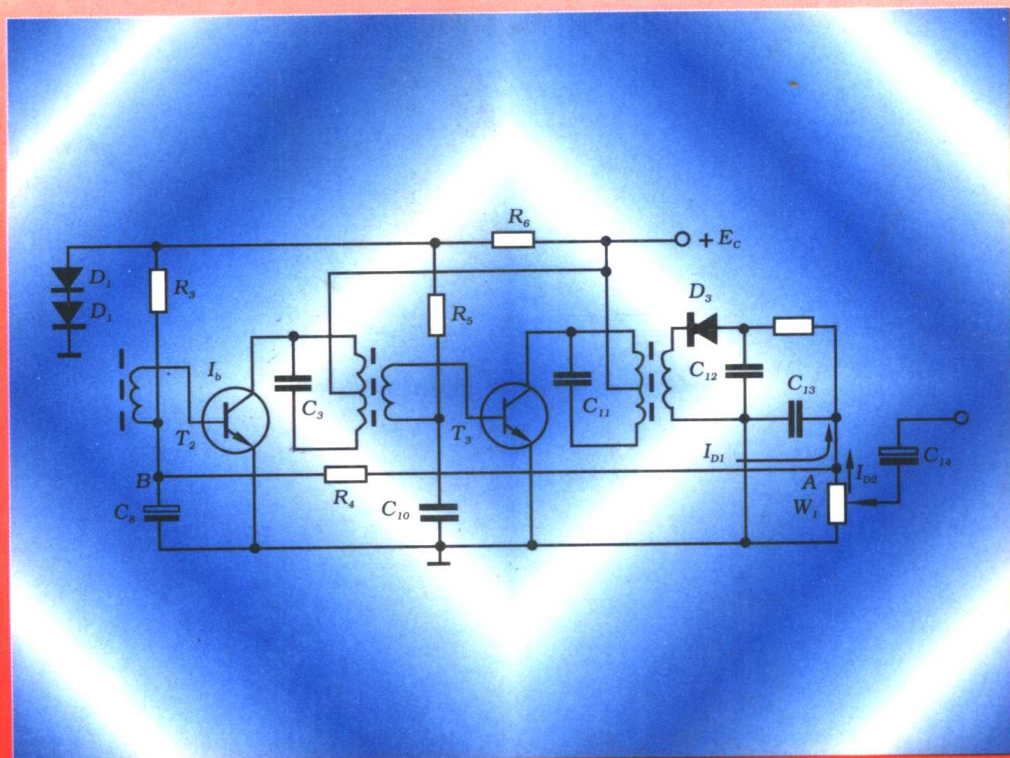


高等学校电子系列教材

电路电子学

张茂松 主编

黄庆元 主审



陕西师范大学出版社

高等学校电子系列教材

电路电子学

主 编 张茂松

副主编 路松行 李建月 王运霞 胡清华

编 委 黄 勇 赵渝清 浦 勇 张丽娟

主 审 黄庆元

陕西师范大学出版社

F20.61

图书代号:JC141500

图书在版编目(CIP)数据

电路电子学/张茂松主编—西安:陕西师范大学出版社
1999.9
(高等学校电子系列教材)
ISBN 7-5613-1957-6

I. 电…

II. 张…

III. 电路-高等学校-教材

IV. TV710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 40833 号

电路电子学

主编 张茂松

陕西师范大学出版社出版发行

(西安市陕西师大 120 信箱 邮政编码 710062)

新华书店经销 西安市委党校印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 22.75 字数 553 千

1999 年 9 月第 1 版 1999 年 9 月第 1 次印刷

印数:1—5000

ISBN 7-5613-1957-6/O·62

定 价:23.00 元

开户行:西安工行小寨分理处 账号:216-144610-44-815

读者购书、书店添货或发现印刷装订问题,请与发行科联系、调换。

电话:(029)5251046(传真) 5233753 5307864

高等师范电子系列教材编审委员会

主任委员

副主任委员

委 员

黄庆元

王佰铭

任来宝

裴幼强

文宇庄

李良波

尹振华

周全寿

张元敏

赵宏音

鬲淑芳

卢源陵

行小帅

李文全

韩庆义

李宗领

张茂松

博战捷

杜 凯

钱如竹

徐克服

张宗根

兰学忠

林志源

王 纯

刘庆祥

孟庆申

王先达

廖运策

曾昌禄

张喜梅

李元华

屠忠源

黄良侠

马学坤

前 言

现代科学技术的迅速发展,对于电路电子技术课提出了越来越高的要求。怎样有效的对各类工科非电专业提供合适的教材,是一件十分迫切的任务。

对于高等工科专业的电路电子技术课,有其自身的特点、规律和要求。由于种种原因,长期以来,我国高等专科的教学模式,是本科教学模式的翻版与简单浓缩,难以适应培养高等技术应用型人才的要求。

本教材是为解决上述问题而编写的。它一方面根据 1998 年 7 月成都会议精神,另一方面根据我校和其他高校多年来的教学实践,同时依照专科教育的培养目的,大胆地对教材进行了科学研究、改革,紧扣基本概念,应用技能。内容以“必需”、“够用”为度,突出实用性。在教材中,以直观定性描述为主,以集成器件为重点,以适当的方式把概念与概念、方法与方法之间的内在联系展示出来,使学生能够在实际应用方面得到提高。

本书的第一章、第二章、第四章由路松行同志编写。第三章、第五章由胡清华同志编写。第六章、第十四章、第十五章由李建月同志编写。第七章、第十三章由王运霞同志编写。第八章由浦勇同志编写。第九章、第十一章由赵渝清同志编写。第十章由黄勇同志编写。第十二章、第十七章由张丽娟同志编写。第十六章由张茂松同志编写。

全书由张茂松同志任主编,负责各章内容的修订与最后定稿。由黄庆元教授任主审。

在此我们对关心支持的领导和同志,参加审稿的各位专家、教授一并表示衷心的感谢。

由于我们对高等工科教育改革在深度、广度上的理解还不够深刻,再加上我们的水平所限,错误与不足之处在所难免,恳请广大师生、同行批评、指正。

作 者

目 录

第一章 电路的基本概念与基本定律

§ 1.1 引言	(1)
1.1.1 电路和电路的组成	(1)
1.1.2 模型化的概念	(1)
1.1.3 电路的功能	(1)
§ 1.2 电路中的基本物理量	(2)
1.2.1 电流	(2)
1.2.2 电位、电压和电动势	(2)
1.2.3 功和功率	(4)
§ 1.3 电阻元件与电源元件	(4)
1.3.1 电阻的线性与非线性	(4)
1.3.2 电源元件	(5)
§ 1.4 基尔霍夫定律	(7)
1.4.1 基尔霍夫电流定律—KCL	(8)
1.4.2 基尔霍夫电压定律—KVL	(9)
本章小结	(10)
习题	(10)

第二章 电阻电路的分析

§ 2.1 电路的简化和等效变换	(14)
2.1.1 电阻的串并联等效变换	(14)
2.1.2 星形与三角形网络的等效变换	(17)
2.1.3 电压源与电流源的简化和等效变换	(19)
§ 2.2 网络分析和网络定理	(22)
2.2.1 支路电流法	(22)
2.2.2 网孔电流法	(23)
2.2.3 等效电源定理	(24)
§ 2.3 线性网络的基本性质	(27)
2.3.1 比例性	(27)
2.3.2 叠加性	(28)
2.3.3 互易性	(29)
2.3.4 对偶性	(29)
§ 2.4 含受控源电路的分析	(30)
2.4.1 受控源的基本概念	(30)
2.4.2 含受控源电路的基本运算	(31)
本章小结	(32)
习题	(33)

第三章 一阶动态电路分析

§ 3.1 引言	(37)
3.1.1 动态电路	(37)
3.1.2 零输入、零状态、全响应	(37)
§ 3.2 电容与电感	(38)
3.2.1 电容	(38)
3.2.2 电感	(39)
3.2.3 电容电感串并联	(40)
§ 3.3 电路初始值计算	(43)
3.3.1 换路定理	(43)
3.3.2 初始值计算	(44)
§ 3.4 一阶电路响应	(45)
3.4.1 一阶电路分析	(45)
3.4.2 一阶电路的三要素求解法	(45)
3.4.3 一阶电路响应的分析	(46)
本章小结	(49)
习题	(50)

第四章 正弦交流电的基本概念

§ 4.1 引言	(53)
§ 4.2 正弦交流电的三要素	(53)
4.2.1 变化的快慢	(54)
4.2.2 变化的相位和相位差	(54)
4.2.3 交流电的大小	(55)
§ 4.3 正弦量的相量表示法	(56)
§ 4.4 正弦交流电路中的元件	(58)
4.4.1 电阻元件	(58)
4.4.2 电感元件	(59)
4.4.3 电容元件	(60)
本章小结	(61)
习题	(62)

第五章 正弦稳态分析

§ 5.1 基尔霍夫定律的相量形式	(63)
§ 5.2 阻抗与导纳	(64)
5.2.1 阻抗	(64)
5.2.2 导纳	(65)
5.2.3 阻抗与导纳的串并联	(66)
§ 5.3 正弦稳态电路分析	(68)
5.3.1 简单串并联电路分析	(68)
5.3.2 复杂电路分析	(69)

§ 5.4 正弦电路的相量图分析	(71)
§ 5.5 交流电路的功率	(72)
5.5.1 基本元件的功率	(72)
5.5.2 二端网络的功率	(75)
5.5.3 复功率	(76)
§ 5.6 正弦稳态中的功率传输	(78)
§ 5.7 正弦电路中的谐振	(80)
5.7.1 串联谐振	(80)
5.7.2 并联谐振	(81)
本章小结	(81)
习题	(84)
第六章 三相交流电路	
§ 6.1 三相电路	(87)
§ 6.2 三相电源的联接	(88)
6.2.1 星形联接	(88)
6.2.2 三角形联接	(89)
§ 6.3 三相电源和负载的联接	(91)
6.3.1 单相负载	(91)
6.3.2 三相负载	(91)
§ 6.4 三相电路计算	(92)
6.4.1 对称 Y—Y 联接计算	(92)
6.4.2 三角形负载计算	(93)
§ 6.5 三相电路的功率	(95)
§ 6.6 安全用电常识	(97)
6.6.1 安全用电注意事项	(98)
6.6.2 触电急救	(99)
本章小结	(99)
习题	(100)
第七章 半导体器件	
§ 7.1 半导体器件基础	(103)
7.1.1 半导体基本知识	(103)
7.1.2 PN 结及其导电特性	(105)
§ 7.2 半导体二极管	(107)
7.2.1 二极管的结构、特点和符号	(107)
7.2.2 二极管的伏安特性	(108)
7.2.3 二极管的主要参数、选用方法	(108)
7.2.4 稳压二极管	(109)
7.2.5 开关二极管及其应用	(110)
§ 7.3 晶体三极管	(110)

7.3.1	三极管的结构、符号和特点	(110)
7.3.2	三极管的工作原理	(111)
7.3.3	三极管共射极电路的特性曲线	(114)
7.3.4	三极管的开关特性	(116)
7.3.5	三极管的主要参数和选用方法	(117)
§ 7.4	绝缘型场效应管	(118)
7.4.1	N沟道增强型场效应管	(118)
7.4.2	场效应管的主要参数和使用特点	(121)
本章小结		(122)
习题		(123)

第八章 放大电路原理和基本分析方法

§ 8.1	基本放大电路	(125)
8.1.1	放大电路的组成原则	(125)
8.1.2	静态工作点的设置	(126)
8.1.3	放大电路的性能指标	(127)
§ 8.2	放大电路的基本分析方法	(129)
8.2.1	直流通路和交流通路	(129)
8.2.2	图解法	(130)
8.2.3	微变等效电路法	(138)
§ 8.3	静态工作点的稳定	(143)
8.3.1	温度对静态工作点的影响	(144)
8.3.2	分压式静态工作点稳定电路	(144)
§ 8.4	基本放大电路的三种组态	(147)
8.4.1	共基极基本放大电路	(147)
8.4.2	共集电极放大电路	(149)
8.4.3	三种基本放大电路的比较	(151)
§ 8.5	多级放大电路	(151)
8.5.1	多级放大电路的组成	(151)
8.5.2	多数放大电路的耦合方式	(152)
8.5.3	多级放大电路的 A_u 、 r_i 、 r_o	(153)
本章小结		(154)
习题		(155)

第九章 放大电路及运放基础

§ 9.1	交流放大器	(160)
9.1.1	功率放大器特点	(161)
9.1.2	单管功率放大电路	(161)
9.1.3	乙类推挽放大电路	(164)
9.1.4	功率管的散热问题	(167)
§ 9.2	直流放大器	(168)

9.2.1 直接耦合放大电路分析	(168)
9.2.2 零点漂移	(170)
9.2.3 差动式放大器	(171)
§ 9.3 运算放大器基础	(173)
9.3.1 集成运放的特点	(173)
9.3.2 集成运放的基本组成	(174)
9.3.3 集成运放基本指标	(178)
9.3.4 典型集成运放——F007 分析	(179)
9.3.5 集成运放使用时注意事项	(182)
本章小结	(183)
习题	(183)
第十章 反馈放大电路	
§ 10.1 基本概念	(187)
§ 10.2 反馈的分类和方框图表示法	(187)
10.2.1 反馈的分类	(187)
10.2.2 反馈的几种常见形式	(189)
10.2.3 反馈的方框图表示法	(191)
§ 10.3 负反馈对放大电路工作性能的影响	(194)
10.3.1 提高放大倍数的稳定性	(194)
10.3.2 减小非线性失真和抑制干扰噪声	(195)
10.3.3 扩展频带	(195)
10.3.4 改变输入电阻和输出电阻	(197)
10.3.5 影响放大电路性能的重要参数——反馈深度	(198)
§ 10.4 负反馈放大电路的计算	(198)
10.4.1 利用关系式 $A_f \approx \frac{1}{F}$ 进行近似估算	(199)
10.4.2 利用关系式 $X_f \approx X_i$ 进行近似计算	(200)
§ 10.5 负反馈放大电路的稳定问题	(204)
10.5.1 负反馈放大器的自激及稳定工作的条件	(204)
本章小结	(207)
习题	(208)
第十一章 集成运放的应用	
§ 11.1 概述	(214)
§ 11.2 集成运放在信号运算方面的应用	(216)
§ 11.3 集成运放在信号处理方面的应用	(221)
§ 11.4 波形发生电路	(224)
11.4.1 RC 振荡电路	(224)
本章小结	(229)
习题	(230)

第十二章 直流电源

§ 12.1 单相整流电路	(235)
§ 12.2 滤波电路	(237)
12.2.1 电容滤波电路	(237)
12.2.2 π 型 RC 滤波器	(239)
12.2.3 电感滤波电路	(239)
§ 12.3 稳压电路	(240)
12.3.1 稳压管稳压电路	(240)
12.3.2 串联型直流稳压电路	(241)
本章小结	(242)
习题	(242)

第十三章 门电路

§ 13.1 基本门电路	(244)
13.1.1 与逻辑和与门	(244)
13.1.2 或逻辑和或门	(245)
13.1.3 非逻辑和非门	(246)
§ 13.2 复合门电路	(247)
§ 13.3 集成门电路	(249)
13.3.1 TTL 与非门	(249)
13.3.2 TTL 门电路的其他类型	(252)
13.3.3 OC 门(集电极开路门)	(253)
13.3.4 CMOS 门电路	(254)
本章小结	(258)
习题	(258)

第十四章 逻辑代数

§ 14.1 基本概念、公式和定理	(262)
14.1.1 基本逻辑运算和逻辑函数	(262)
14.1.2 公式和定理	(263)
§ 14.2 逻辑函数的表示方法	(266)
14.2.1 真值表	(266)
14.2.2 函数表达式	(266)
14.2.3 卡诺图	(267)
14.2.4 逻辑图	(268)
§ 14.3 逻辑函数的化简方法	(269)
14.3.1 最简的概念	(269)
14.3.2 公式化简法	(270)
14.3.3 图形化简法	(271)
§ 14.4 具有约束项的逻辑函数的化简	(274)
14.4.1 逻辑函数式中的约束项	(274)

14.4.2 化简具有约束项的逻辑函数·····	(274)
§ 14.5 最简与或表达式转换为最简与非与非、与或非、或非或非表达式·····	(275)
本章小结·····	(276)
习题·····	(277)
第十五章 组合逻辑电路	
§ 15.1 组合逻辑电路的分析与设计方法·····	(280)
15.1.1 组合逻辑电路的特点·····	(280)
15.1.2 组合逻辑电路的分析方法·····	(280)
15.1.3 组合逻辑电路的设计·····	(281)
§ 15.2 全加器·····	(282)
§ 15.3 编码器与译码器·····	(284)
15.3.1 编码器·····	(284)
15.3.2 译码器·····	(286)
§ 15.4 数据选择器·····	(289)
本章小结·····	(290)
习题·····	(291)
第十六章 触发器及时序逻辑电路的分析	
§ 16.1 概述·····	(293)
§ 16.2 触发器基本电路·····	(293)
16.2.1 基本 RS 触发器·····	(293)
16.2.2 时钟 RS 触发器·····	(295)
16.2.3 主从结构 JK 触发器·····	(298)
16.2.4 边沿触发的时钟触发器·····	(301)
16.2.5 T 和 T' 触发器·····	(304)
16.2.6 触发器逻辑功能分类·····	(305)
§ 16.3 触发器之间的相互转换·····	(307)
16.3.1 D 触发器转换成 RS、JK、T、T' 触发器·····	(307)
16.3.2 JK 触发器转换成 RS、D、T 和 T' 触发器·····	(309)
16.3.3 T 型触发器转换成 JK、D、RS 触发器·····	(310)
16.3.4 RS 型触发器转换成 JK、D、T 和 T' 触发器·····	(311)
§ 16.4 时序逻辑电路的分析方法·····	(312)
16.4.1 时序逻辑电路的概念·····	(312)
16.4.2 时序逻辑电路的结构特点·····	(313)
16.4.3 时序电路逻辑功能的表示方法·····	(313)
16.4.4 时序电路的一般分析方法·····	(314)
§ 16.5 计数器·····	(317)
16.5.1 异步二进制计数器·····	(318)
16.5.2 异步十进制计数器·····	(322)
16.5.3 同步二进制计数器·····	(324)

16.5.4 同步十进制计数器·····	(327)
16.5.5 中规模集成电路计数器·····	(330)
§ 16.6 寄存器·····	(334)
16.6.1 数码寄存器·····	(334)
16.6.2 移位寄存器·····	(335)
本章小结·····	(337)
习题·····	(337)
第十七章 电子技术课程设计	
§ 17.1 电路系统设计方法·····	(342)
17.1.1 电路系统的组成·····	(342)
17.1.2 电路系统的设计过程·····	(343)
§ 17.2 数字系统设计举例——数字时钟·····	(343)
17.2.1 课题的任务与要求·····	(343)
17.2.2 设计过程·····	(343)
习题·····	(349)

电 路

第一章 电路的基本概念和基本定律

§ 1.1 引 言

1.1.1 电路和电路的组成

电流流通的路径叫电路。在讨论电路的普遍规律或复杂电路的问题时,又把电路称为“网络”。可以说网络是电路的泛称,它具有更为广泛和普遍的意义。

1.1.2 模型化的概念

实际的电路由实际的元件组成。图 1.1.1 中的(a)所示为一简单的实际电路模型。它由电源、负载(用电设备)、连接导线和控制设备等部分组成。由于实际电路元件的性能往往很复杂,为了分析和计算方便,我们通常采用模型化的方法来表征实际电路元件。

所谓模型化就是突出实际电路元件的主要电磁特性,忽略其次要因素,用理想的模型,近似地反映实际元件。如图 1.1.1(b)即为 1.1.1(a)的模型化电路。

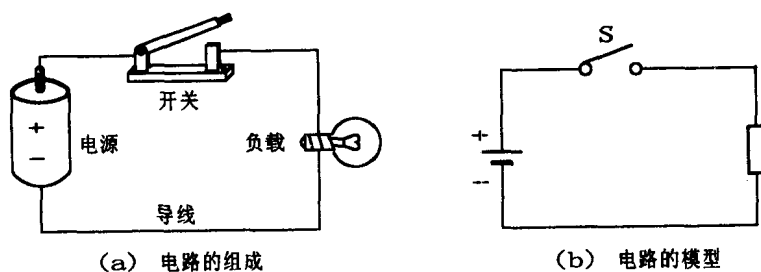


图 1.1.1

1.1.3 电路的功能

电路主要有两种功能。一是通过电路进行能量的传送和转换;二是对输入信号进行传递和处理,输出所需要的信号。在这两种功能中,电源或信号源的电压或电流是电路的输入,它推动电路工作,故又称为激励;负载或终端装置的电压、电流是电路的输出,又称响应。如图 1.1.2 所示。

我们对电路的研究,主要是进行电路分析。即在已知电路结构、元件参数的情况下,计

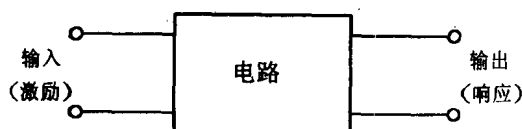


图 1.1.2

算电路激励与响应之间的定量关系。

§ 1.2 电路中的基本物理量

1.2.1 电 流

1. 定义

金属导体内部的自由电子在电场力的作用下,做有规则的定向运动,而形成电流。它定义为:

$$i = \frac{dq}{dt}$$

意义为单位时间内通过导体横截面的电荷量,其中 i 表示电流的大小,用电流强度表示,单位为安培,简称安,用大写字母 A 表示。

2. 方向

在物理中规定正电荷运动的方向(或负电荷运动的反方向)为电流的实际方向(或真实方向)。在复杂电路中,电流的实际方向往往难以判断,但为了分析问题方便起见,常引入参考方向的概念,即我们可以任意选择一个方向作为参考方向,当实际的电流方向与参考方向相同时,此电流值定为正值,相反时,定为负值,如图 1.2.1 所示

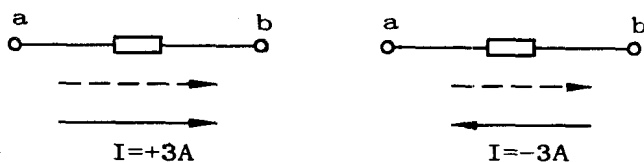


图 1.2.1

参考方向又称假定正向,简称正向。在正方向选定之前,讨论电流的正负是没有意义的。

1.2.2 电位、电压和电动势

1. 电位

电路从本质上讲是一个有限范围的电场,在电路内的电场中,每一个电荷 q 都具有一定的电位能 W (又叫电势能)。我们定义物理量 U 表征电场中任一点的特征:

$$U = \frac{dW}{dq}$$

它在数值上等于单位正电荷在电场中某一点所具有的电位能,即等于电场力将单位正电荷从该点沿任意路径移到参考点所做的功。

要注意,电位是一个相对的物理量,它的大小和极性与所选取的参考点有关。参考点的选取是任意的,参考点的电位常规定为零,故参考点又叫零电位点(习惯上取大地为零电位点,用符号“ $\perp$ ”表示)。

电位虽是对某一点而言,但实质上还是指两点间的电位差。参考点一经选定,则该电路中各点电位就惟一确定了。不指定参考点,讨论电位就没有意义。

电位在物理学中称为电势。

2. 电压

电路中任意两点的电位差称为电压,它是衡量电场力做功能力的物理量。在数值上,它等于单位正电荷在电场力作用下,从一点移到另一点所做的功。

电压有实际方向和参考方向之分。实际方向是指在电场力作用下正电荷移动的方向,因此实际方向为从高电位指向低电位,即电位降低的方向。参考方向的选取具有任意性,即在实际分析电路时难于判别电压的实际方向时,可任意选取一端为正极,另一端为负极,这样由假定的正极指向负极的方向,即为电压的正方向(参考正方向)。

电压的实际方向与正方向一致时,电压为正值,否则为负值。没有标明电压正方向,谈论电压的正负是没有意义的。

电压的正方向有三种表示式:(1) 用箭头指向表示由假定的高电位到低电位;(2) 用符号“+”和“-”表示假定的正负极性;(3) 用双下标的表示法。如图 1.2.2 中的 U_{ab} 。它的前一个下标表示起点,后一个下标代表终点。这三种方法通用,实际使用时可任选一种。

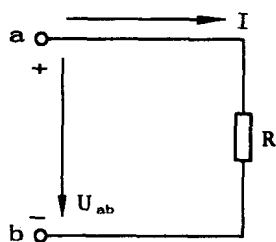


图 1.2.2

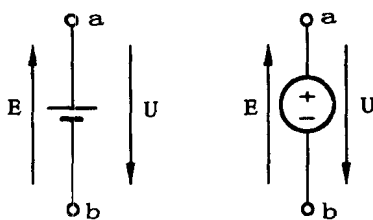


图 1.2.3

3. 电动势

电动势是度量电源内非静电力(如化学力,电磁力等)做功能力的物理量,数值上等于非静电力把单位正电荷从负极移到正极所做的功。其实际方向为使电位能升高的方向,即由低电位指向高电位。故电动势和电压的实际方向相反。

电动势的符号用 E 来表示,单位和电位、电压一样都为伏特,简称伏,用大写字母 V 表示。

通常用图 1.2.3 中的(a)表示电池,用图 1.2.3 中的(b)表示一般电源或信号源。通常符号上标注的正负极表示假定正方向。

1.2.3 功和功率

电量 Q 在电场力作用下,从一点移到另一点,电场力所做的功即为电功,用字母 W 表示。

单位时间里电场力所做的功称为电功率,用字母 P 表示,即:

$$P = \frac{dW}{dt}$$

由 $dW = Udq$; $i = \frac{dq}{dt}$ 可得:

$$P = ui$$

式中字母 u 和 i 表示任一时刻电压和电流的瞬时值。当 $P > 0$, 即 $u > 0, i > 0$, 表示电流由实际的高电位端流向低电位端,该电路吸收电功率,为一负载。当 $P < 0$, 即 $u > 0, i < 0$ 或 $u < 0, i > 0$ 表示电流由实际的低电位端流向高电位端,该电路放出电功率,为一电源。

在国际单位制中,功的单位是焦耳(J),功率的单位是瓦特(W)。通常说的一度电就是1千瓦小时。

$$1 \text{ 度} = 1\text{kWh} = 1000 \times 3600\text{J}$$

§ 1.3 电阻元件与电源元件

1.3.1 电阻的线性与非线性

1. 电阻器

导体对电子运动呈现的阻力叫电阻,对电流呈现阻力的元件叫电阻器,它的特征主要用伏安特性来表示,即一个二端元件在任一瞬间 t 的电压 $u(t)$ 和电流 $i(t)$ 两者之间的关系如果能用 $u-i$ 平面(或 $i-u$ 平面)上的一条曲线来确定,则此二端元件称为电阻器,这条曲线称为电阻器的伏安特性。如图 1.3.1 所示。

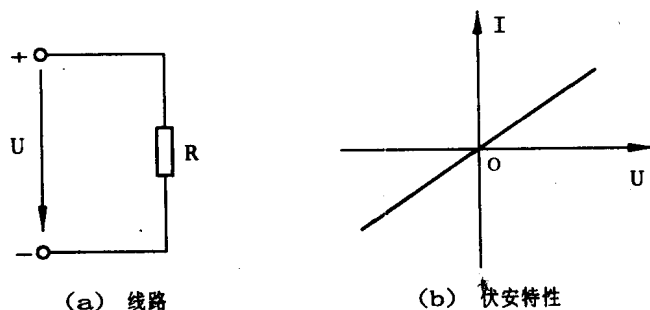


图 1.3.1

如果伏安特性曲线是通过原点的直线,则表明该电阻器的电压和电流成正比,我们称这