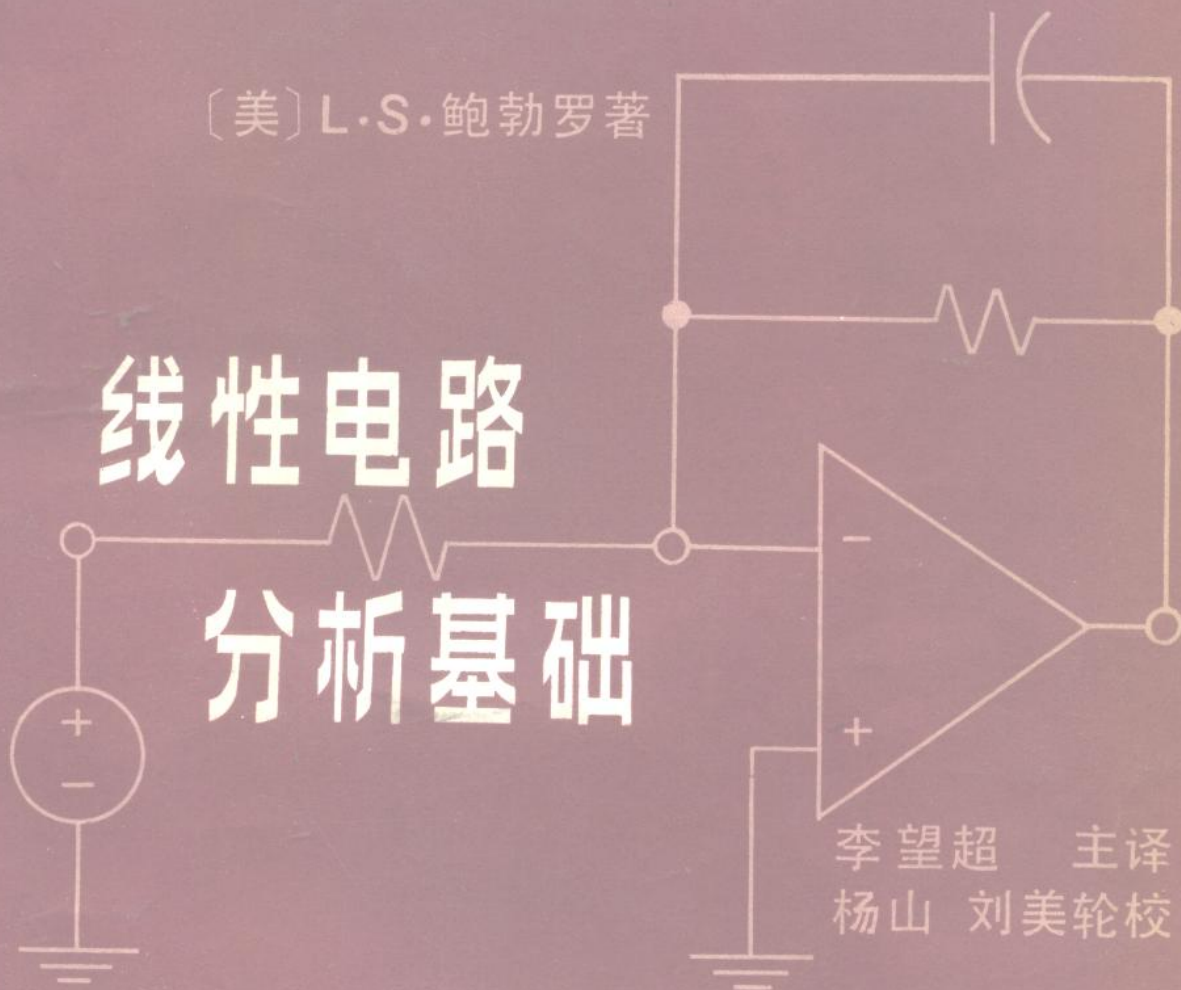


[美] L.S. 鲍勃罗 著

# 线性电路 分析基础



李望超 主译  
杨山 刘美轮 校

高等教育出版社

# 线性电路分析基础

[美] L. S. 鲍勃罗 著

李望超 主译

杨 山 刘美轮 校



本书是美国范法肯布格教授主编的 HRW 公司电子和计算机工程丛书中的一本，是作者在麻省大学讲授电路与系统导论课的讲义基础上写成的，于 1981 年出版。本书既保留了电路基本元件与基本定律、基本分析方法、重要定理、一阶二阶电路的暂态分析、正弦稳态分析、二端口网络、非正弦周期电路分析和拉普拉斯变换等传统基本内容，也适当介绍了各种典型波形、网络拓扑、状态变量法(包括计算机求解实例)，加强了受控源和有源器件，特别是运算放大器。在内容安排上把近代理论与传统内容交融，理论的叙述、应用和证明紧密结合。许多概念和定理用实例引出和推广，然后再概括和证明。因此虽篇幅不小，但易读易懂；书中大量例题都有详细的解题过程，尤便于一般水平的读者自学；也有大量习题(一部分有答案)供读者选作练习。

Leonard S. Bobrow

## Elementary Linear Circuit Analysis

Holt, Rinehart and Winston, 1981

### 线性电路分析基础

[美] L. S. 鲍勃罗 著

李望超 主译

杨山、刘美轮 校

\*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

\*

开本 787×1092 1/26 印张 32 字数 732,000

1983年10月第1版，1985年1月第1次印刷

印数：00,001—10,500

书号 15010·0548 定价 9.75 元

6.70

## 译 序

本书是1981年出版的美国大学教材。书中阐述现代线性电路的基本理论和分析方法,并附有几个计算机程序(FORTRAN语言)。其特点是:

第一,本书形式新颖,体系别具一格。书中把近代理论与传统内容紧密交融在一起,把理论的叙述、应用与证明有机地结合起来,形成统一的整体。许多重要的电路概念、特性或定理用实例引出,接着加以推广、概括,最后再作普遍形式的证明,体现了由浅入深,由特殊到一般的原则,符合读者的认识规律。这种处理方法对于学生深刻理解和正确运用所学理论会有很大的效益。

第二,本书充分注意到现代技术发展的动向。根据新的电路元件不断涌现的趋势,在电路分析中适当加强了非独立电源这类有源器件的比重及其在课程中的地位。特别对包含运算放大器这类电路的分析给以足够的重视。前后各章包括稳态和瞬态分析都贯穿着这一指导思想,既反映了学科发展的方向又体现了教材内容的更新。

第三,本书不但有发展的眼光,还有现实的观点。在引进新内容(如超节点、超网孔的概念, $\delta$ 函数采样特性以及电路的非时变特性在分析中的应用等等)的同时,还注意精选传统内容中的主干部分并作为重点加以强调,而且还保留着三相系统及三相功率测量这类课题。和国外同类教材相比,更适合初学电路的我国读者参考。

第四,本书十分重视教学法。本书既是一部电路理论方面的科学著作,又具有显著的作为教材的特点。在题材的选择,理论的阐述,章节次序的安排、习题与课程内容的配合等方面,都突出了便于教学的原则。此外,作者还特别强调解题在学习过程中的重要作用,书中给出了大量的例题和习题,借以提高学习效果且便于自学。从写作风格来看,本书表现得比较灵活而不是拘泥于一定的模式因而形成了独特的格调。

综上所述,本书可作为各种形式高等院校电子、电力、自动控制、计算机及通讯等专业的教学参考书,尤便于读者自学。

本书的第五、六、七及十四章由唐孝磁翻译,包括对其中的计算机程序进行验算与核实。其余各章由李望超翻译。

原书中以姆欧( $\mathcal{O}$ )作为电导的单位,在译文中已一律改用西门子(S),不再加注。书中的一些错误,凡发现的均已加改正,不一一注明。原书的附录介绍矩阵和行列式的基本知识,鉴于我国情况,略去不译。

天津大学杨山、刘美轮同志在百忙中仔细校阅译稿并提出许多宝贵意见、谨此致谢!

由于时间仓促,水平所限,译文中错误在所难免,敬请读者批评指正。

译 者

于河北工学院自动化系

## 序 言

本书是为大学二年级学生开始学习电路与系统课程而编写的教材。前七章和附录的内容完全可以满足第一学期<sup>①</sup>教学的需要, 其后的五章为第二学期课程的主要部分。有的学校, 其教学进度也许可以较快一些, 则(第二学期)还可讲授最后两章或其中的一章。对于一年分为四学期<sup>②</sup>的学校, 可将本书安排在三个学期之内讲完。

本书从电压、电流、电源、电阻和欧姆定律这些传统内容开始讨论。假定读者已修过高中或大学一年级的物理, 对电学和磁学的一些物理概念(例如电荷、电位及磁场等), 已作了初步的介绍和讨论。对这些课题的更高水平的接触, 虽有启示但并非必需。因为如有必要的话, 可采用一种不待证明即可明白的<sup>③</sup>方法来处理上述题材。此外还假定, 读者已学习过初等微积分课程。

现在, 很多学生在学本课程时已具有矩阵表示法、矩阵运算及某些行列式应用方面(如克莱姆法则)的知识。对于这样的读者, 本书的附录(矩阵和行列式)可作为复习内容。对于多数学生还不熟悉这些内容的学校, 则应在学习第二章(讨论电路分析方法)的时候或在此之前, 对附录的内容加以介绍。

各种拓扑概念, 贯穿出现于本书之中, 什么地方需用某一拓扑概念进行电路分析, 就在什么地方引出这个概念, 而不是单设一章专门去研究网络拓扑学。

许多电路教科书, 由于推迟了对非正弦信号及波形的介绍或删掉其中的大部分内容而显得对这一课题的忽视, 本书则把这些内容作为讨论电感器和电容器的一个组成部分来处理。此外, 运算放大器这一日益重要的器件比电感器和电容器还更早地引出, 并常常出现于后续章节之中。

一阶和二阶电路的内容是传统性的, 和这部分内容相配套, 书中还编入了求解常系数线性微分方程的方法。利用微分方程描述电路的概念, 在状态变量分析一章中推广为矩阵形式。不过这一章所强调的是使用计算机通过数值法来求解方程。

在正弦分析一章中, 把时域问题变换为频域问题。由此得到的一些概念, 在其下面的功率一章中应用。接着, 又把频率的概念推广到复频率中去。通过对傅里叶级数及(其推广形式的)傅里叶变换的研究, 正弦分析法的优点变得更加显著。从书中还能看到, 傅里叶变换所存在的局限性将在拉普拉斯变换中得到克服。

随着教学进程的继续, 书中内容的难度逐渐加大。之所以这样安排乃是考虑到学生情况有着较大的差别, 即第二学期的学生, 已经有了前一学期的学习经验, 而第一学期的学生对其所学的课程则完全是不熟练的。

① semester 学期(一年分为两个学期称 semester system)。——译注

② quarter 学期(一年分为四个学期, 但夏季学期一般不正规开课, 称 quarter system)。——译注

③ axiomatic, 也可直译为具有公理性质的。——译注

我的观点是,教科书应包含很多例题,且应演算得相当详尽,以便读者自始至终都能理解。我认为,“可以证明”这类措辞是令人不快的。虽然我能证明,但读者未必做得到,在这种情况下,假如不给读者以证明(而读者现在不能或许将来也不能证明),则所述结论将会大为减色。当然,由于实用上的一些原因,在少数情况下,也只好给出未加正式证明的结果。

我宁可从学生能够理解的例子出发,随后很自然地加以引伸或提出新的问题,而不愿一开始就采用一般的观点来探讨问题。当然,概括是必要的,但应在学生已理解了某些特殊性之后,再推广为一般的形式(如果可能的话)。由于详尽的例题解答将使读者在求解步骤和内容方面获得一定的感性知识,这样就更容易抓住一般的概念。考虑到本书主要是为初次学习这门课程的读者而写的,因此,采取上述方法,我觉得在教学法上是优越的。

学习过程中一个极为重要的部分是解题,即使学生能领会书中每道例题的全部内容,也并不意味着他(她)能独立地求解各种习题。为了增强信心和灵活性(与理解力),读者应多做练习。本书有为数众多的课外习题,不仅每章而且大多数节次的末尾都有习题。(对于很短的节,把习题安排在紧接的下一节之后,使之能把一些概念结合起来进行练习)。习题数远远多于需要指定作为课外作业的数量。在每一组习题中,有些题号前标以星号,对于这些题目,书中给出了答案。(学生可利用这些题作更进一步的练习)。书中所有习题的详细解答见题解手册。本书中的许多习题,不仅其电路结构而且连数据在内,都是从有代表性的实际问题中挑选出来的。但因本书的重点是电路分析中的各种概念而非数值计算,因此,多数电路(即使是具有实际结构的那些电路)的元件参数,在数值上还是很简单的。

和典型的课本相比,本书写作风格看来比较不拘格式。不过,任何一本书的宗旨都是为了传授知识,我认为应该采取这样的方法来写书,以使花费很多时间的读者,读其书而感到满足,这一点至为重要。就我个人来说,觉得把书写得不拘束一些,可减少学生见而生畏之感。

我乐于收到能指出本书及题解手册中任何印刷错误的教师的来信,以便再版时加以改正。我还希望收到有关本书的各种批评与意见。

(以下鸣谢部分略。——译者)

L.S. 鲍勃罗

# 目 录

译序	1
序言	3
<b>第一章 基本元件与基本定律</b>	<b>1</b>
1.1 理想电源	1
1.2 电阻器与欧姆定律	4
1.3 基尔霍夫定律	11
1.4 非独立电源	31
1.5 功率	39
<b>第二章 电路分析方法</b>	<b>46</b>
2.1 节点分析法	46
2.2 网孔分析法	65
2.3 回路分析法	78
<b>第三章 几个重要的电路定理</b>	<b>87</b>
3.1 非理想电源	87
3.2 最大功率传输	92
3.3 戴维南定理	93
3.4 迭加原理	107
3.5 运算放大器	113
<b>第四章 储能元件</b>	<b>124</b>
4.1 电感器	124
4.2 电容器	129
4.3 斜坡、阶跃与冲激函数	134
4.4 积分关系	145
4.5 串联与并联	156
4.6 网孔分析法与节点分析法	158
4.7 对偶性	159
4.8 线性与迭加	162
<b>第五章 一阶电路</b>	<b>169</b>
5.1 零输入响应	169
5.2 零状态响应	181
5.3 非时变性	185
5.4 强制响应与固有响应	188
5.5 线性与迭加	195
5.6 另外一些强制函数	200
5.7 另外一些一阶电路	205

<b>第六章 二阶电路</b> .....	212
6.1 <i>RLC</i> 串联电路.....	212
6.2 <i>RLC</i> 并联电路.....	217
6.3 <i>RLC</i> 串并联电路.....	222
6.4 具有非零输入的电路.....	226
<b>第七章 状态变量分析</b> .....	237
7.1 零输入电路.....	237
7.2 状态方程的数值解.....	243
7.3 具有非零输入的电路.....	250
7.4 列写状态方程的规则.....	260
<b>第八章 正弦分析</b> .....	267
8.1 时域分析.....	267
8.2 复数.....	273
8.3 频域分析.....	277
<b>第九章 功率</b> .....	296
9.1 平均功率.....	296
9.2 有效值.....	303
9.3 复功率.....	308
9.4 单相三线系统.....	314
9.5 三相电路.....	316
9.6 功率的测量.....	324
<b>第十章 一些重要的交流概念</b> .....	331
10.1 频率响应.....	331
10.2 谐振.....	335
10.3 折算.....	349
10.4 复频率.....	352
10.5 确定频率响应的图解法.....	361
<b>第十一章 二端口网络</b> .....	367
11.1 变压器.....	367
11.2 理想变压器.....	374
11.3 二端口的导纳参数.....	381
11.4 二端口的其它参数.....	388
<b>第十二章 傅里叶级数</b> .....	396
12.1 傅里叶级数的三角形形式.....	396
12.2 傅里叶级数的复数形式.....	418
<b>第十三章 傅里叶变换</b> .....	426
13.1 傅里叶积分.....	426
13.2 几种重要函数的变换.....	429
13.3 傅里叶变换的应用.....	443
13.4 在电路中的应用.....	448



<b>第十四章 拉普拉斯变换</b> .....	462
14.1 拉普拉斯变换的一些性质.....	462
14.2 部分分式展开.....	471
14.3 在线性系统中的应用.....	480
14.4 网络分析.....	488

# 第一章 基本元件与基本定律

## 引言

研究各种电路是电气工程教育的基础，对于其它一些学科也很有价值。从电路研究中所获得的各种技能不仅在诸如电子学、通讯、微波、控制与电力系统这样的电气工程范围内是有用的，而且还能应用于看起来各不相干的其它许多领域。

所谓电路或网络，指的是按某种方式相互联接的一些电气元件(如电压源、电流源、电阻器、电感器、电容器、变压器、放大器及晶体管等)的集合。这些电路的各种用途，虽也重要，但不是本书最关心的问题。我们的主要兴趣在于确定一个给定电路性状的方法——称为分析。

我们从基本电路元件以及描述这些元件的定律开始进行讨论。假定读者在中学和大学的物理等课程中已经建立了电荷、电位和电流等概念。

### 1.1 理想电源

为纪念法国科学家查尔斯·德·库仑(1736—1806)，电荷的单位用库仑(符号为C)。功或能的单位用英国物理学家詹姆斯 P·焦耳(1818—1889)的名字来命名，叫做焦耳(J)。虽然电荷消耗的能量，其单位为J/C，但为纪念意大利物理学家亚历山德罗·伏特(1745—1827)，特地取名为伏特(V)。伏特就是我们常说的电位差或电压的量度。

理想电压源是这样的器件，它能够在其端钮间产生  $v$  伏特的电位差或电压，此电压与其外部联接情况无关，如图 1.1 所示。

图 1.1 所示的器件，其端钮 1 标以正号(+)，端钮 2 标以负号(-)，这表明端钮 1 的电位比端钮 2 高  $v$  V。(或者反过来说，端钮 2 的电位比端钮 1 低  $v$  V。)

$v$  可为正值或负值。在其为负值的情况下，可用等效的正值电源代替之。兹用实例说明如下。

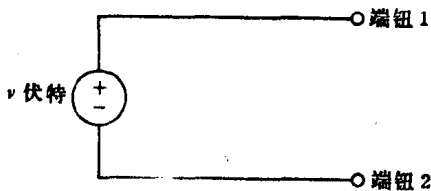


图 1.1

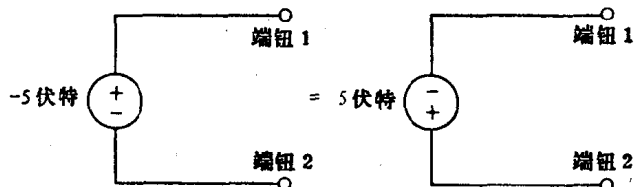


图 1.2

## ■ 例题

设  $v = -5\text{V}$ ，则表示端钮 1 的电位比端钮 2 高  $-5\text{V}$ ，也可等效地说，端钮 1 的电位比端钮 2 低  $+5\text{V}$ 。因此，图 1.2 所示两个理想电压源是等效的。 ■

在以上讨论中，蕴含有理想电压源的电压值保持恒定，即不随时间而改变之意，如图 1.3 所

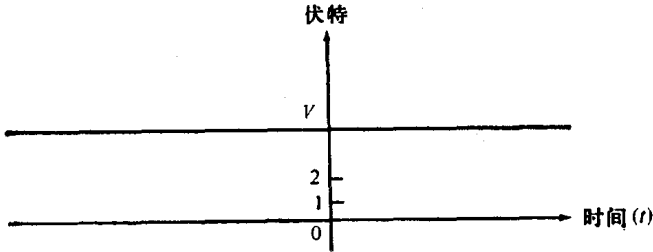


图 1.3

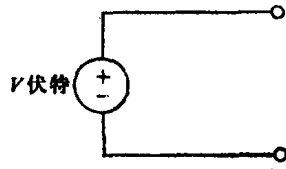
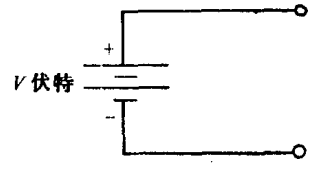


图 1.4



示。对于这样的理想电压源，通常用图 1.4 的两种等价符号来表示。这种器件叫做理想电池。虽然“实际”电池并不是理想的，但在许多情况下，实际电池的特性与理想电池非常接近。手提式晶体管收音机使用的  $9\text{V}$  电池即为一例——或者四到六节“C”或“D”型的  $1.5\text{V}$  电池。关于“实际的”或“实用的”电压源将在第三章中作进一步的讨论。

一般来说，由理想电压源所产生的电压 ( $v$ ) 将是时间 ( $t$ ) 的函数。几种有代表性的电压波形如图 1.5 所示。其中 (a) 和 (b) 分别为典型的 AM (调幅) 和 FM (调频) 信号，这两种形式的信号

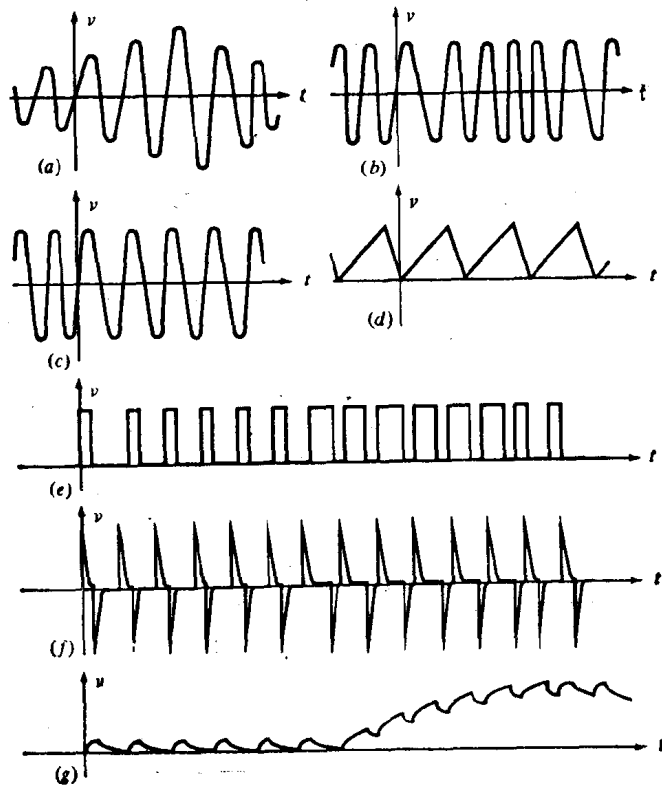
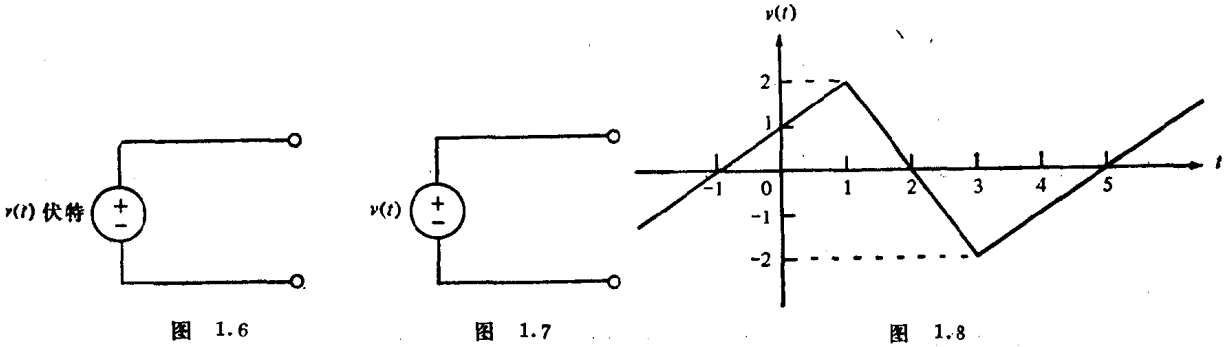


图 1.5

都用于民用无线电通讯中。(c)图所示的正弦波,应用极广,例如通常的家庭用电压就是这种波形。这种信号的“频率”常用作参考信号,如用于电视中的彩色信号检波器。(d)图所示的“锯齿”波,在电视机中(也在示波器中)用于电子束“扫描”。(e)图中的“脉冲序列”可用作包括水平和垂直同步信息的视频信号。由(e)图信号可得到图(f)和图(g)的波形。这两种波形可分别用作水平和垂直振荡器的同步信号。

既然电源所产生的电压通常是时间的函数,如  $v(t)$ ,那么,理想电压源更一般的表示法应如图 1.6 所示。图 1.7 是省略了电压单位“伏特”的表示法,它和图 1.6 是完全等同的,这不会有什



么混淆。为说明问题起见,现考察图 1.7 的理想电压源。设其由图 1.8 所示的函数  $v(t)$  所描述。该电源在六个特定瞬间的性能表示于图 1.9,例如,在  $t = 1s$  的这一瞬间,该电源相当于一个 2V 的电池。

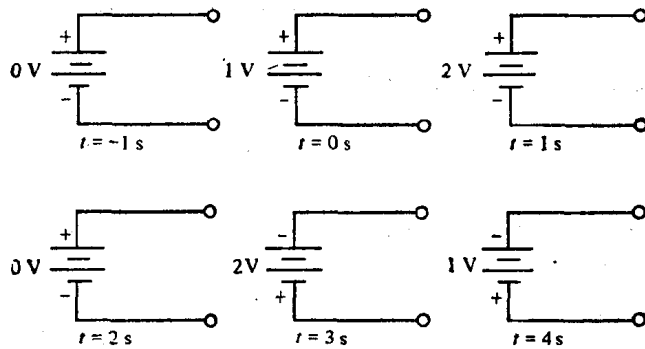


图 1.9

如在某一元件的两端加上电压,通常将引起电荷的流动。负电荷(以电子的形式)从某一已知电位向较高的电位流动,相反,正电荷则从某一已知的电位向较低的电位流动。电荷常常用  $q$  表示,因其值通常是时变的,故流动电荷的总量可表示为  $q(t)$ 。

电荷的流动率定义为电流。用  $i(t)$  表示。即

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

电流的单位(每秒的库仑数或 C/s)叫做安培(符号为 A),以纪念法国物理学家安德烈·安培(1775—1836)。由于本杰明·富兰克林(一位实证思想家)已把正电荷运动的方向选定为电流

的方向,至今沿用。

理想电流源(图 1.10)是这样的器件,它在任何端接情况下都源源不断地驱使  $I$  安培的电流自端钮 2 流入,从端钮 1 流出(若图中的箭头指向相反,则电流的流入、流出方向也相反)。根据定义,图 1.11 的两个理想电流源显然是等效的。

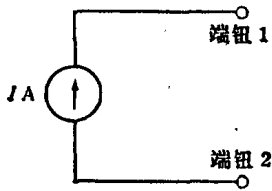


图 1.10

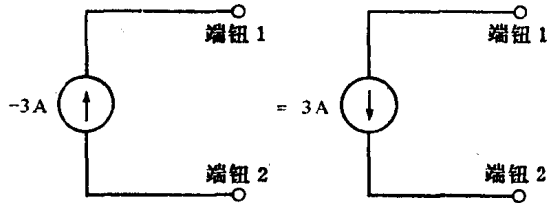


图 1.11

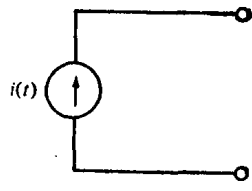


图 1.12

一般来说,理想电流源所产生的电流也是时间的函数,因此,通常采用图 1.12 来表示。图中省略了电流的单位“安培”。

## 习 题

\*1.1 一理想电压源  $v(t) = 10e^{-t}V$ , 试求此电压源在以下几个时刻的值。(a)  $t = 0s$ ; (b)  $t = 1s$ ; (c)  $t = 2s$ ; (d)  $t = 3s$ ; (e)  $t = 4s$ 。

答案: (a)  $10V$ ; (c)  $1.35V$ ; (e)  $0.183V$

1.2 设理想电压源为  $v(t) = 5\sin(\pi/2)tV$ , 重做习题 1.1。

1.3 设理想电压源为  $v(t) = 3\cos(\pi/2)tV$ , 重做习题 1.1。

\*1.4 设某元件的电荷总量由  $q(t) = 4e^{-2t}C$  来描述, 试求通过此元件的电流。

答案:  $-8e^{-2t}A$ 。

1.5 设某元件的电荷总量为  $q(t) = 3\sin\pi tC$ , 重做习题 1.4。

1.6 设某元件的电荷总量为  $q(t) = 6\cos 2\pi tC$ , 重做习题 1.4。

1.7 设理想电压源  $v(t)$  由图 P1.7 所示的函数所描述, 重做习题 1.1。

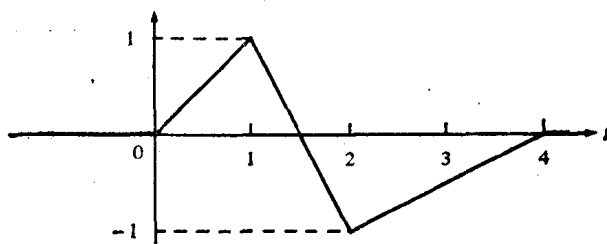


图 P1.7

1.8 设某元件的电荷总量  $q(t)$  由图 P1.7 的函数所描述, 试画出通过该元件的电流  $i(t)$  的示意图。

## 1.2 电阻器与欧姆定律

设在理想电压源  $v(t)$  两端接入某一试件<sup>①</sup>, 如图 1.13 所示。又设  $v(t)$  由图 1.8 给定的波形所描述, 则当  $t = 0s$  时,  $v(t) = 1V$ , 即试件顶端电位比其底端高  $1V$ , 其中的电子将从底端向顶

① 原文为 material, 也可直译为物质或材料。——译注

端移动,因此有电流从顶端流向底端。根据图中所设的极性,当  $v(t)$  为正值时,则对应于所标电流的方向,  $i(t)$  也为正值。在  $t=1\text{s}$  时,  $v(t)=2\text{V}$ , 该试件顶端电位也高于其底端,因此,  $i(t)$  也将为正值。然而,  $t=1\text{s}$  时的电位是  $t=0\text{s}$  时电位的两倍,则  $t=1\text{s}$  时的电流将比  $t=0\text{s}$  时为大(若为“线性”元件,则电流也为前一时刻的两倍)。在  $t=2\text{s}$  时,  $v(t)=0\text{V}$ , 即试件顶端与底端的电位相同,没有电荷运动,因而也就没有电流,即  $i(t)=0$ 。在  $t=3\text{s}$  时,  $v(t)=-2\text{V}$ , 该试件顶端电位比其底端低  $2\text{V}$ , 因此,电流自底端流向顶端,而  $i(t)$  将为负值。应当注意,通过该试件的电流  $i(t)$  也将通过电压源内部,因为再无其它可能的电流通路。

如果在图 1.13 中得到的电流  $i(t)$  恒与任意的电压  $v(t)$  成正比,则这一试件称为线性电阻器或简称电阻器。

既然对电阻器来说,电压与电流是正比例关系,则存在一个叫做电阻的比例常数  $R$ ,使得

$$v(t) = Ri(t)$$

以  $i(t)$  除等式两边得

$$R = \frac{v(t)}{i(t)}$$

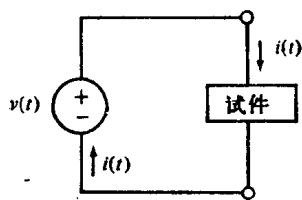


图 1.13

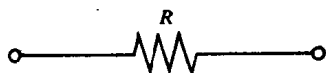


图 1.14

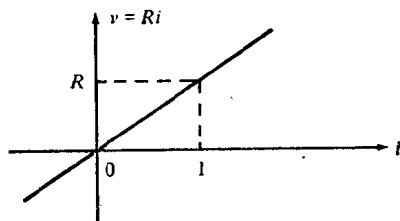


图 1.15

电阻的单位(每安培的伏特数)叫做欧姆\*,用大写的希腊字母欧米加,即  $\Omega$  表示之。一个电阻为  $R$  的电阻器,其公认的示意符号如图 1.14。图 1.15 所表示的是(线性)电阻器的电压对电流关系曲线。

白炽灯泡是非线性电阻器的一个例子,其典型的伏安特性曲线如图 1.16 所示。尽管这种元件具有非线性的特点,但当电流(或电压)在小范围内变化时,其性能仍近似于(线性)电阻器。例如,若电流只在  $0$  与  $0.1\text{A}$  之间变化,则此灯泡近似于一个阻值为  $R = \frac{1.0}{0.1} = 10\Omega$  的电阻器;而当电流只在  $0.2$  到  $0.3\text{A}$  之间变化时,则其电阻近似为

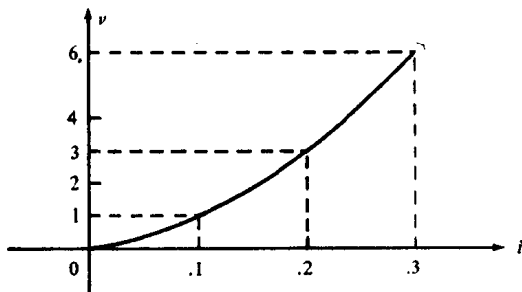


图 1.16

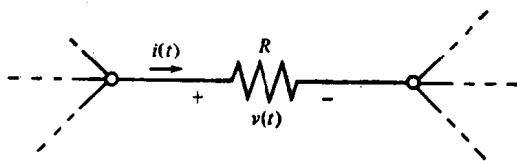


图 1.17

\* 以德国物理学家乔治·欧姆(1787—1854)的名字来命名。

$$R = \frac{6.0 - 3.0}{0.3 - 0.2} = \frac{3.0}{0.1} = 30\Omega$$

欧姆发现, 设电阻器  $R$  有端电压  $v(t)$ , 其中通过电流  $i(t)$ , 如电压、电流中一个是因, 则另一个是果。又如按图 1.17 所标的电压极性和电流方向, 则以下等式成立

$$v(t) = Ri(t)$$

这个方程常叫做欧姆定律。由此方程立即可得出

$$R = \frac{v(t)}{i(t)}$$

及

$$i(t) = \frac{v(t)}{R}$$

这里必须指出, 在列写欧姆定律时, 电流的方向和电压的极性是至关重要的, 通用的惯例见图 1.17。例如, 对于图 1.18 所示的情况, 在写出欧姆定律之前应注意到, 电流方向与习惯表示法相

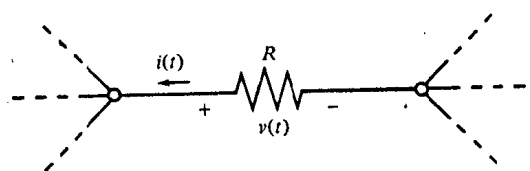


图 1.18

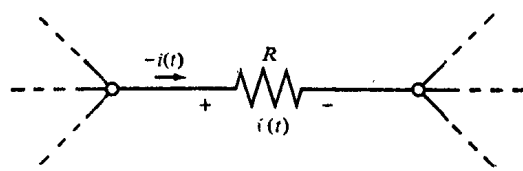


图 1.19

反, 不过, 这个困难很容易补救, 就是把图 1.18 改画为与其等效的图 1.19。(一个 5A 通过电阻器向左的电流等于一个 -5A 通过电阻器向右的电流)。现在, 电流的方向和电压的极性既已符合惯例, 就可应用欧姆定律写出

$$v(t) = R[-i(t)] \quad \text{或} \quad v(t) = -Ri(t)$$

作为另一种方法, 也可把所给电路改画成另一等效形式(图 1.20)并再应用欧姆定律写出

$$-v(t) = Ri(t)$$

由此得

$$v(t) = -Ri(t)$$

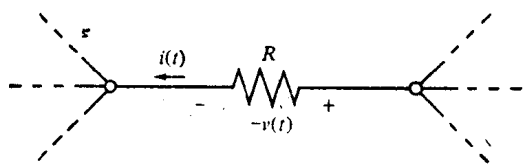


图 1.20

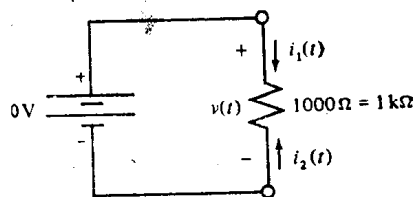


图 1.21

### ■ 例题

设电路如图 1.21 所示。我们用字母 k 作为“千”的词头, 即表示数值  $10^3$ , 还有一些常见的符

号如下表所示。

倍 数	$10^{-12}$	$10^{-9}$	$10^{-6}$	$10^{-3}$	$10^3$	$10^6$	$10^9$
词 头	pico(皮可)	nano(纳诺)	micro(微)	milli(毫)	kilo(千)	mega(兆)	giga(吉加)
符 号	p	n	$\mu$	m	k	M	G

根据理想电压源的定义,图 1.21 中  $1\text{k}\Omega$  电阻器的端电压为  $v(t)=10\text{V}$ , 则由欧姆定律得

$$i_1(t) = \frac{v(t)}{R} = \frac{10}{1000} = \frac{1}{100} = 0.01\text{A} = 10\text{mA}$$

$$i_2(t) = \frac{-v(t)}{R} = \frac{-10}{1000} = \frac{-1}{100} = -0.01\text{A} = -10\text{mA}$$

应注意,  $i_2(t) = -i_1(t)$ , 这是意料到的。

现考察图 1.22 所示电路。因  $v(t) = 163\cos 120\pi t\text{V}$ , 故

$$i(t) = \frac{v(t)}{R} = 1.63\cos 120\pi t\text{A}$$

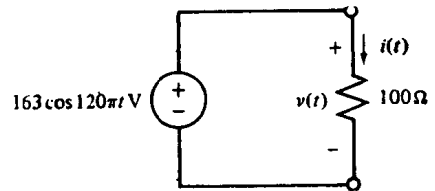


图 1.22

为求出在任意时刻  $t_0$  的电流值, 只需将  $t_0$  代入  $i(t)$  表达式中即可。例如, 在  $t=0$  时的电流值为

$$\begin{aligned} i(0) &= 1.63\cos[120\pi(0)] \\ &= 1.63\cos(0) = 1.63\text{A} \end{aligned}$$

在  $t=1/240\text{s}$  时, 电流为

$$\begin{aligned} i(1/240) &= 1.63\cos[120\pi(1/240)] \\ &= 1.63\cos\pi/2 \\ &= 0\text{A} \end{aligned}$$

在  $t=1/120\text{s}$  时, 电流为

$$\begin{aligned} i(1/120) &= 1.63\cos[120\pi(1/120)] \\ &= 1.63\cos\pi = -1.63\text{A} \end{aligned}$$

以上的正弦电压源实际上表示通常的家用电源, 这种电源为何常标出“115V, ac/60Hz”, 将在第九章中讨论。

在图 1.23 电路中, 设要求电阻器的端电压, 根据理想电流源的定义知, 流经  $20\Omega$  电阻器的电流为  $i(t)=12\text{A}$ , 则由欧姆定律得

$$\begin{aligned} v(t) &= Ri(t) \\ &= (20)(12) \\ &= 240\text{V} \end{aligned}$$

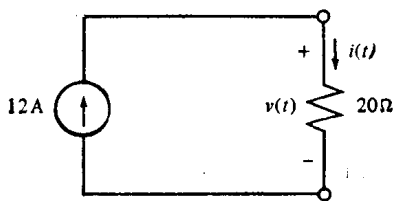


图 1.23

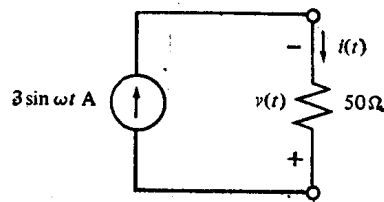


图 1.24



对图 1.24 电路,由欧姆定律得

$$\begin{aligned} v(t) &= -Ri(t) \\ &= -(50)(3\sin\omega t) \\ &= -150\sin\omega t \text{ V} \end{aligned}$$

在图 1.25 电路中,设要求出电阻值,则可由欧姆定律得

$$\begin{aligned} R &= \frac{v(t)}{i(t)} \\ &= \frac{50}{5} \\ &= 10\Omega \end{aligned}$$

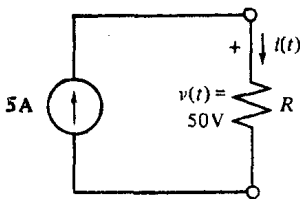


图 1.25

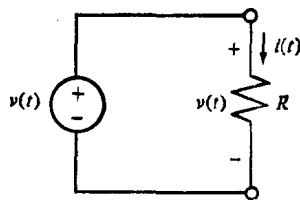


图 1.26

如把电阻器  $R$  联接到理想电压源  $v(t)$  的端钮上,如图 1.26 所示,则因

$$i(t) = \frac{v(t)}{R}$$

所以,对于任一特定的理想电源  $v(t)$ ,通过选取适当的电阻值  $R$ ,可使其供出的电流  $i(t)$  为任意有限的数值,(例如,要使  $i(t)$  加大,则可把  $R$  减小)。由此可见,一个理想电压源能够供出任意数值的电流,电流的大小取决于电源外部端接的情况,仅其端电压强制为  $v(t)$  V。

如把电阻器  $R$  接到理想电流源上(见图 1.27),则

$$v(t) = Ri(t)$$

因此,对于已给定的电流源  $i(t)$ ,通过选取适当的电阻  $R$ ,可使其产生任意有限数值的电压  $v(t)$  (例如,要使  $v(t)$  大些,则可把  $R$  加大),由此可得结论,一个理想电流源能在其端钮上产生任意数值的电压,电压的大小取决于电源外部端接的情况,仅其电流强制为电源的电流  $i(t)$ 。

实际的(非理想的)电源并不具有供出无限大电流和无限大电压的能力,事实上,实际电源只是在有限的取值范围内才近似于理想电源。

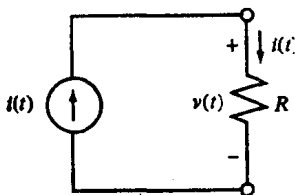


图 1.27

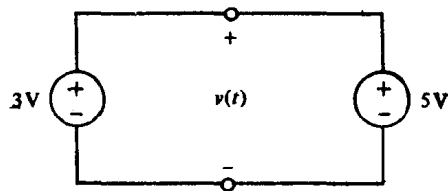


图 1.28

现考察两个理想电压源按图 1.28 所示方式相联接的情况。根据定义,一个 3V 的理想电压源,其端电压  $v(t)$  应为 3V,而 5V 的理想电压源,其端电压  $v(t)$  应为 5V。很清楚,这两个条件