



新世纪高等院校精品教材

Applied Electronics

应用电子学

(第二版)

浙江大学电工电子基础教学中心电工学组 编

张伯尧 主编

叶挺秀 主审

浙江大学出版社

●新世纪高等院校精品教材

应 用 电 子 学

(第二版)

浙江大学电工电子基础教学中心电工学组 编
张伯尧 主编 叶挺秀 主审

浙江大學出版社

内容提要

本书是在第一版的基础上,根据非电类专业《应用电子学》课程的教学要求修订编写的,主要介绍电子技术的基础知识、基本理论和基本应用,并包含学习电子技术所需的一些电路基础知识。

主要内容有:常用电路元件和半导体器件、电路的基本分析方法、分立元件基本电路、集成运算放大器、集成运算放大器的基本应用电路、功率电子电路、集成门电路和触发器、逻辑电路分析和典型逻辑电路、波形的产生和变换、信号变换及数据采集系统。适用于 60~70 学时。

本书可作为高等学校非电类专业教材,也可供科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

应用电子学 / 张伯尧主编. —2 版. —杭州: 浙江大学出版社, 1994. 12(2003. 6 重印)

ISBN 7-308-01531-9

I. 应... II. 张... III. 电子学—高等学校—教材
N. TN01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 095133 号

出版发行 浙江大学出版社
(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)
(E-mail: zupress@mail. hz. zj. cn)
(网址: <http://www.zjupress.com>)

责任编辑 杜希武

经 销 浙江省新华书店
排 版 浙江大学出版社电脑排版中心
印 刷 浙江大学印刷厂
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 22.5
字 数 520 千
版 次 2003 年 6 月第 2 版
印 次 2003 年 6 月第 5 次
印 数 6501—8500
书 号 ISBN 7-308-01531-9/TN·034
定 价 32.00 元

第二版前言

本书是在《应用电子学》第一版的基础上,根据课程的发展教学的要求而重新编写的。

自从《应用电子学》第一版出版发行以来,已经历八年。在这期间,电子技术领域有了飞快的发展,新器件、新技术不断涌现。与此同时,教学改革和实践也不断深入。为保证教材的先进性,更好地满足 21 世纪教学的需要,有必要对《应用电子学》教材进行修订编写。

考虑到本教材使用的连续性,因此修订后教材的体系和风格基本不变。又考虑到基本元器件、基本电路和基本逻辑单元等的工作原理和分析方法仍是学习新器件、新技术的基础,因此在本次编写过程中,在保证原书必要的基本内容的基础上,对部分内容作了一定的调整和更新。例如,将原第三章中的单相桥式整流电路放到第六章中和滤波电路、稳压电路一起介绍,并将 6-2 节标题改为“直流稳压电源”;将集成运算放大器的三种基本输入方式一节(原 4-3 节)去掉,其内容插到相关地方介绍,以免与第五章“模拟信号运算电路”中的部分内容重复;在第八章中增加了“可编程逻辑器件”一节;第十章所涉内容从信号变换和测量的角度展开,相应地将第十章标题改为“信号变换及数据采集系统”;对部分例题和习题作了调整。此外,为便于教学,书末增附了部分习题答案。

本书由浙江大学电工电子基础教学中心电工学组张伯尧主编,叶挺秀主审并对编写过程予以指导。第一、二章由王玉芬执笔,第三、四、五、六、九、十章和附录由张伯尧执笔,第七、八章由潘丽萍执笔。本次编写也吸取了很多老师对原教材的修改意见以及在教学工作和教材编写中的好经验。

由于编者的学识和水平有限,教材中必然存在缺点和错误,恳切希望使用本教材的教师、学生和其他读者提出意见,给予指正。

编者

2003 年 2 月

第一版前言

《应用电子学》是面向非电类专业的一门技术基础课。电子技术发展迅速,应用广泛,并日益渗透到其他学科,是非电类学生必需具备的基础知识。

非电类专业通常安排《电工技术》和《电子技术》两门课程,或设置《电路和电子技术》一门课程。但我校部分非电类专业希望加强电子技术及其应用,因此设置了《应用电子学》这门课程。本课程的作用和任务是:使学生获得电子技术必要的基本理论、基本知识和基本技能,了解电子技术的应用,为学习后续课程和从事与本专业有关的工程技术工作等打下一定的基础。

这本教材是专门为《应用电子学》课程编写的。编写时以高等工科大学电工学课程教学指导小组审定的《电路和电子技术课程教学基本要求》作为主要依据,但对电路方面的要求适当降低,并加强了电子技术方面的内容。教材的内容包括常用电路元件和半导体器件、电路的基本分析方法、分立元件基本电路、集成运算放大器、集成运算放大器的基本应用电路、功率电路、集成门电路和触发器、逻辑电路分析和典型逻辑电路、波形产生和变换、电子技术在非电量测量中的应用,共十章。讲课学时为60~70(实验学时另加)。有些内容可通过实验、习题、课外自学让学生了解和掌握,不必全为课堂讲授。如学时偏少,可适当删减某些内容。

本教材在内容体系的安排方面有以下几个主要特点:

1. 电路和电子技术紧密结合。由于学习电子技术要有一定的电路基础知识,所以教材中含有电路方面的一些内容。但在安排上不是按通常的做法先讲电路再讲电子技术,而是把电路的学习和电子技术紧密联系。为此在第一章中,在讲述常用电路元件和电路基本定律以后,马上就介绍半导体二极管、双极型晶体管、场效应晶体管,并给出它们的电路模型。由于了解了晶体管的“受控”特性,因此读者对受控源也比较容易理解和接受。有了这个基础,在第二章中讲述电路基本分析方法时,就可对含有半导体器件或其模型的电路进行分析,使电路的学习更有针对性,较好地地为以后学习电子技术打下基础。

2. 模拟电子电路和数字电子电路的内容既相对集中,又适当交叉。在《电子技术》教材中,较多是先讲完模拟电路,再讲述数字电路。但在很多电子系统中,往往是既含模拟电路又含数字电路。为帮助读者较好地理解这两类电路,故在教材的第三章中,既介绍分立元件的基本放大电路,又介绍分立元件基本门电路,使读者较早地接触数字电路。第四、五、六章是模拟电路,讲述集成运算放大器及其基本应用电路,并介绍功率电路。第七、八章是数字电路,介绍集成门电路、触发器、典型的组合逻辑电路和时序逻辑电路。而第九章和第十章,则既有模拟电路又有数字电路,是“模拟”和“数字”的汇合。

3. 以集成电路为主,注重应用介绍。教材中尽量减少分立元件电路,主要介绍集成电

路,内容力求先进。对电子器件和电子电路的讲述立足于应用,还结合介绍一些简单的应用电路。教材的最后一章是电子技术在非电量测量中的应用,使读者对电子小系统和电子技术在非电量测量中的应用有个总体的认识,也进一步加深对电子技术应用的了解。

本教材由浙江大学电气技术和电工学教研室叶挺秀主编。第一、二章由叶挺秀执笔,第三、六、九章、第二章 2-6 节和附录由张伯尧执笔,第四、五章由陈忠根执笔,第七、八章由李家兴执笔,第十章由尚功泰执笔。教材编写时吸取了教研室很多老师在教学工作和教材编写中的好经验。

本教材初稿曾在我校力学、化学、工业设计和有机化工等专业试用,广泛征求了上课学生和教师的意见。在此基础上,编写组认真进行讨论和修改,最后定稿。但由于编者的学识和水平有限,必然存在缺点和错误,恳切希望使用本教材的教师和同学提出意见,给予批评指正。

编者

1994 年 6 月

目 录

第一章 常用电路元件和半导体器件	1
1-1 电路元件和电路基本定律	1
一、电路和电路模型的概念	1
二、电阻元件、电感元件和电容元件	1
三、电压源和电流源	3
四、基尔霍夫定律	6
1-2 晶体二极管	8
一、PN 结及其单向导电性	8
二、二极管的特性和电路模型	10
三、稳压二极管	13
1-3 双极型晶体管	15
一、基本结构	15
二、电流放大作用	16
三、特性曲线	17
四、主要参数	19
1-4 双极型晶体管的电路模型和受控源	20
一、双极型晶体管简化的直流模型	20
二、双极型晶体管简化的小信号模型	22
三、受控源的类型	23
1-5 绝缘栅型场效应管	24
一、基本结构和分类	24
二、特性曲线	25
三、主要参数	26
习题	27
第二章 电路的基本分析方法	32
2-1 支路电流法	32
2-2 叠加原理	35
2-3 等效电源定理	38
2-4 正弦交流电路的分析方法	42
一、正弦量的三要素	43
二、正弦量的相量表示法	44

三、电阻、电感、电容元件上电压与电流关系的相量形式	46
四、简单正弦交流电路的分析	49
五、RLC 电路中的谐振	54
2-5 三相交流电路	56
一、三相交流电源	56
二、三相电路的计算	57
2-6 非正弦交流电路	60
一、非正弦周期信号的分解	61
二、非正弦周期信号作用下线性电路的计算	62
2-7 一阶电路瞬变过程	66
一、换路定律	66
二、RC 电路的瞬变过程	66
三、RL 电路的瞬变过程	73
习题	74
第三章 分立元件基本电路	81
3-1 二极管基本电路	81
一、整流电路	81
二、限幅电路	82
三、二极管门电路	83
3-2 晶体管非门电路	86
一、双极型晶体管非门电路	86
二、场效应晶体管非门电路	88
3-3 共发射极放大电路	89
一、概述	89
二、共发射极放大电路的组成原理	89
三、静态分析	90
四、动态分析	92
五、频率特性	97
六、放大电路静态工作点的稳定	98
3-4 共集电极和共基极放大电路	101
一、共集电极放大电路	102
二、共基极放大电路	105
3-5 共源极放大电路	107
一、偏置电路与静态工作点	107
二、动态指标估算	108
3-6 应用举例	110
习题	111

第四章 集成运算放大器	117
4-1 集成运算放大器的组成	117
一、多级放大电路的级间耦合	118
二、集成运放的输入级电路	119
三、集成运放的输出级电路	122
四、集成运放的工作原理	123
4-2 集成运算放大器的基本特性	124
一、集成运放的主要技术指标	124
二、集成运放的电压传输特性和电路模型	126
三、集成运放的理想特性	126
4-3 放大电路中的负反馈	127
一、负反馈的基本概念	127
二、负反馈的四种类型	128
三、负反馈对放大电路性能的影响	130
习题	133
第五章 集成运算放大器的基本应用电路	136
5-1 模拟信号运算电路	136
一、比例运算电路	136
二、加法运算电路	138
三、减法运算电路	138
四、积分运算电路	140
五、微分运算电路	142
5-2 测量放大电路	142
5-3 电压-电流转换电路	145
5-4 有源滤波电路	147
一、低通有源滤波电路	147
二、高通有源滤波电路	151
5-5 幅值比较电路	152
一、开环比较器	153
二、闭环比较器	154
5-6 集成运放使用中的注意事项	156
一、集成运放的分类及选用	156
二、消振和防止干扰	156
三、集成运放的保护措施	156
5-7 应用举例	157
习题	159
第六章 功率电子电路	163
6-1 低频集成功率放大器	163

一、功率放大器的基本特点	163
二、功率放大器的基本电路	165
三、集成功率放大器举例	168
6-2 直流稳压电源	170
一、整流电路	170
二、滤波电路	172
三、稳压电路	174
6-3 晶闸管电路	177
一、晶闸管	177
二、单相桥式可控整流电路	180
三、交流调压	181
四、单结晶体管触发电路	182
6-4 应用举例	185
一、3 瓦 OCL 扩音机	185
二、0~30 伏连续可调稳压电源	186
三、调光台灯	186
习题	187
第七章 集成门电路和触发器	191
7-1 逻辑代数的基本运算规则	191
7-2 逻辑函数的表示与化简	193
一、逻辑函数的逻辑状态表和逻辑函数表达式表示法	193
二、逻辑函数的代数化简法	195
三、逻辑函数的卡诺图表示法与化简	195
7-3 集成门电路	199
一、集成门电路的类型	199
二、集成与非门电路	199
三、三态输出与非门电路	206
7-4 集成触发器	207
一、基本 RS 触发器	207
二、同步 RS 触发器和 D 锁存器	209
三、正边沿触发的 D 触发器	211
四、负边沿触发的 JK 触发器	213
习题	215
第八章 逻辑电路分析和典型逻辑电路	219
8-1 组合逻辑电路的分析和设计方法	219
一、组合逻辑电路的分析方法	219
二、组合逻辑电路的设计方法	220
8-2 典型组合逻辑电路	221

一、加法器	221
二、编码器	223
三、译码器和数字显示	223
四、数据选择器和分配器	228
8-3 时序逻辑电路的分析方法	230
8-4 寄存器	235
一、数码寄存器	235
二、移位寄存器	236
8-5 计数器	239
一、二进制计数器	240
二、十进制计数器	243
8-6 半导体存储器	247
一、只读存储器(ROM)	247
二、随机存取存储器(RAM)	248
8-7 可编程逻辑器件(PLD)	250
一、可编程只读存储器(PROM)	252
二、可编程逻辑阵列(PLA)	253
三、可编程阵列逻辑(PAL)	253
四、通用阵列逻辑(GAL)	255
8-8 应用举例	258
一、9 位数字密码锁电路	258
二、带数字显示的 7 路抢答器	259
习题	261
第九章 波形的产生和变换	268
9-1 正弦波振荡电路	268
一、正弦波振荡电路的基本知识	268
二、RC 正弦波振荡电路	269
三、LC 正弦波振荡电路	271
四、石英晶体正弦波振荡电路	274
9-2 多谐振荡器	276
一、用集成运放构成的多谐振荡器	276
二、用 555 集成定时器构成的多谐振荡器	278
三、用集成门电路构成的多谐振荡器	282
9-3 施密特触发器	283
一、用 555 集成定时器构成的施密特触发器	284
二、集成施密特触发器	284
9-4 单稳态触发器	286
一、用 555 集成定时器构成的单稳态触发器	286

二、集成单稳态触发器	288
9-5 应用举例	289
一、简易电子琴	289
二、三角波-方波发生器	290
三、直流电动机脉冲调速电路	291
四、暗房曝光定时器	292
习题	293
第十章 信号变换及数据采集系统	297
10-1 非电信号/电信号变换器	297
一、温度传感器	297
二、应变式力传感器	300
三、光电传感器	302
10-2 数/模(D/A)转换器	304
一、T 型电阻网络 D/A 转换器	304
二、集成 D/A 转换器举例	305
10-3 模数(A/D)转换器	307
一、A/D 转换的基本概念	307
二、逐次逼近型 A/D 转换器	308
三、双积分型 A/D 转换器	312
10-4 数据采集系统	316
一、数据采集系统的组成	316
二、模拟开关和采样-保持电路	317
三、数据采集系统举例	321
习题	325
附录一 电阻器和电容器的标称值	328
附录二 半导体分立器件型号命名法	330
附录三 部分半导体器件型号和参数	331
附录四 半导体集成电路型号命名方法	334
附录五 部分半导体集成电路型号、参数和图形符号	335
部分习题答案	338
参考文献	345

第一章 常用电路元件和半导体器件

电子技术的发展和应用离不开电子器件,因此学习电子技术首先要了解常用的半导体器件。由于学习半导体器件要有一些电路的基本知识,因此本章开始时先介绍常用的几种理想电路元件和基尔霍夫定律,然后学习晶体二极管、双极型晶体管和场效应管,介绍它们的基本结构、工作原理、特性曲线、电路模型及主要参数,为以后的学习打下基础。

1-1 电路元件和电路基本定律

一、电路和电路模型的概念

电子技术在各方面有着非常广泛的应用。各种电子和电气器件在使用时,总是按一定方式加以连接,构成**电路**(circuit)。例如一个收音机电路,就是由一定数量的晶体管(或集成电路器件)、电阻器、电感器、电容器和扬声器等器件组成。因此,电路是各种器件按一定方式连接而组成的整体。由于电的广泛应用,所以电路的形式是多种多样的。

电路的作用是多方面的,可以进行电信号的传递和处理,可以实现电能的传输和转换。以收音机电路为例,收音机的天线可以接收到从空中传来的载有声音信息的无线电波(这时天线相当于一个信号源),通过调节收音机中的可变电容器,就可以从天线所接收到的信号中选出一个,再经过传递和处理(通常包括变频、中频放大、检波和低频放大),最后由扬声器把广播电台播出的声音信号重现出来。另一方面,收音机中扬声器所发出的声音,其能量来自收音机的电源(电池或直流稳压电源),所以存在着电能传递给扬声器和转换为声能的过程。由于电路的种类很多,因此电路的功能各异,有的主要是进行电信号的传递和处理,有的主要是实现电能的传输和转换,有的则用来实现其他的种种功能。

为了便于对各种电子与电气器件进行分析和数学描述,常采用一些**理想电路元件**(简称电路元件)来表征其特性,称为实际器件的模型。理想电路元件是对实际器件在一定条件下进行科学抽象而得到的,常用的有电阻元件、电感元件、电容元件、电压源、电流源、理想二极管、理想运算放大器等。把实际电路中的各种具体器件都由其相应的模型表示后,就构成实际电路的**电路模型**。建立电路模型给电路分析带来很大方便,是研究电路问题的常用方法。

二、电阻元件、电感元件和电容元件

电阻(resistance)元件、**电感**(inductance)元件和**电容**(capacitance)元件是具有单一物理性质的理想化元件,它们的图形符号分别如图 1-1-1a)、b)和 c)所示。图中还分别用箭

头和正负号标注出了**电流**(current)和**电压**(voltage)的参考方向。所谓**参考方向**是在分析电路之前,事先假定的电流方向或电压方向,也称为正方向。如计算结果为正,则表示实际方向和假定的参考方向相同;如计算结果为负,则表示实际方向和假定的参考方向相反。参考方向的假定,在分析电路时是必不可少的,因为列写元件的电压电流关系时要考虑其参考方向。

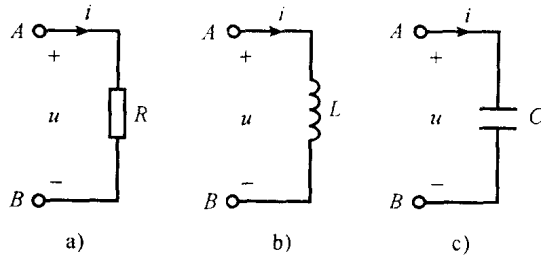


图 1-1-1 电阻、电感和电容元件

电阻元件(以后简称电阻)可分为线性电阻和非线性电阻。线性电阻的电压和电流成正比关系,这就是读者已熟悉的欧姆定律(Ohm's Law)

$$u = Ri \quad (1-1-1)$$

式中电阻 R 是一个电路参数,单位是欧(Ω),电压的单位是伏(V),电流的单位是安(A)。在图 1-1-1a)中,如果 u 、 i 均为正值,则表明 A 端的电位高于 B 端(因为电压方向是表示电位降低的方向,即从高电位指向低电位),电流 i 是从 A 端经 R 流至 B 端。也就是说,在图 1-1-1a)中我们把电压的参考方向和电流的参考方向取成一致。在这种情况下,有时就可以只标出电流或电压的参考方向,另一个则随之关联地确定。非线性电阻的电流和电压之间不存在比例关系,1-2 节介绍的二极管,它的电阻就是非线性的。

电阻元件要消耗电能,是一个耗能元件。电阻消耗的功率为

$$p = ui = i^2 R = \frac{u^2}{R} \quad (1-1-2)$$

功率的单位为瓦(W)。

电感元件(以后简称电感)也有线性电感和非线性电感之分。线性电感的电压与电流对时间的变化率 di/dt 成正比。当电压、电流的参考方向如图 1-1-1b)所规定时

$$u = L \frac{di}{dt} \quad (1-1-3)$$

式中电感 L 是一个电路参数,单位是亨(H), u 、 i 、 t 的单位分别是伏、安、秒。

和电阻元件不同,电感元件是一个储能元件。读者已经知道,当流过电感元件的电流增大时,它所储存的磁场能量也变大,但如果电流减小到零,则所储存的磁场能量将全部释放出来,故电感元件本身并不消耗能量。当流过电感 L 的电流为 i 时,它所储存的磁场能量为

$$W_L = \frac{1}{2} Li^2 \quad (1-1-4)$$

能量的单位为焦(J)。

电容元件(以后简称电容)也分为线性电容和非线性电容。对于线性电容,流过电容的

电流与电容端电压对时间的变化率 du/dt 成正比。当电流和电压的参考方向如图 1-1-1c) 所规定时

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt} \quad (1-1-5)$$

式中 q 是电容极板上储存的电荷量,单位是库(C)。电容 C 是一个电路参数,单位是法(F),实用上常采用微法(μF)或皮法(pF), $1\text{F} = 10^6\mu\text{F} = 10^{12}\text{pF}$ 。式(1-1-5)中 i 、 C 、 u 、 t 的单位分别为安、法、伏、秒。

和电感相类似,电容也是一个储能元件——能量储存在电容的电场之中。当电容 C 两端的电压为 u 时,它所储存的电场能量为

$$W_c = \frac{1}{2}Cu^2 \quad (1-1-6)$$

以上介绍的是具有单一物理性质的电阻、电感和电容元件,是理想化的电路元件。实际的电阻器、电感器和电容器(通常也简称为电阻、电感和电容)除了具有其主要的物理性质外,还有一些次要的物理性质。对于电阻器,除了消耗电能外,还会储存少量的磁场能量和电场能量。对于电感器,除了储存磁场能量外,还存在因线圈本身的电阻等所引起的电能消耗,并存在线圈匝间的分布电容。对于电容器,除了储存电场能量外,还存在因漏电和介质极化而引起的电能消耗,并会储存少量磁场能量。在多数情况下,可以近似地把电阻器、电感器和电容器看成是理想元件。若需考虑其次要的物理性质,则可用 R 、 L 、 C 组合成一定的模型来表示。图 1-1-2a)是考虑电能损耗时的电容器模型,b)是考虑电能损耗和磁场能量储存时的电容器模型。电阻器和电感器的模型也可类似地得出。

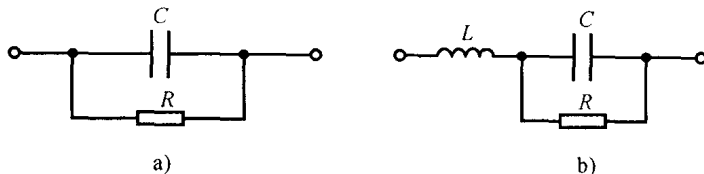


图 1-1-2 电容器的模型

在使用实际的电阻器、电感器和电容器时,要了解其参数。电阻器的主要参数是标称电阻值和额定功率(或额定电流),电感器的主要参数是标称电感量和额定电流,电容器的主要参数是标称电容量和额定工作电压。在实际工作时,电阻器消耗的电功率,电感器通过的电流,电容器承受的电压,都不可超过额定值。

附录一给出了电阻器和电容器的标称值。

三、电压源和电流源

电压源(voltage source)和**电流源**(current source)是理想化的电源元件,它们的图形符号分别如图 1-1-3a)和 b)所示,图中 R 是外接电阻。

电压源能提供一个恒定的电压 U_s ,当图 1-1-3a)中的外接电阻 R 变化时,流过电压源的电流 $I = \frac{U_s}{R}$ 将发生变化,但电压 $U = U_s$ 不变。电流源能提供一个恒定的电流 I_s ,当图 1-1-3b)中的外接电阻 R 变化时,电流源两端的电压 $U = I_s R$ 将发生变化,但电流 $I = I_s$ 不变。

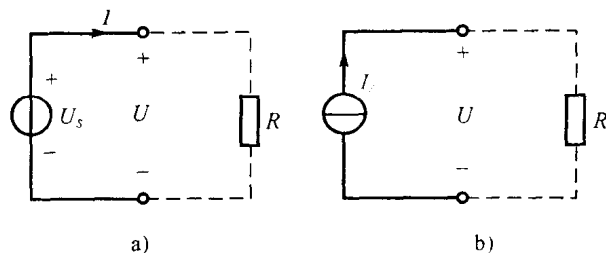


图 1-1-3 电压源和电流源

一个实际的电源当然不具备上述特性。在图 1-1-4a) 中, 当接于实际电源的外部电阻 R 变化时, 电源提供的电压或电流不会保持不变。为了表征这一特性, 可以采用电压源 U_s 和电阻 R_0 串联的电压源模型, 或者电流源 I_s 和电阻 R_0 并联的电流源模型来表示实际电源, 分别如图 1-1-4b)、c) 所示。

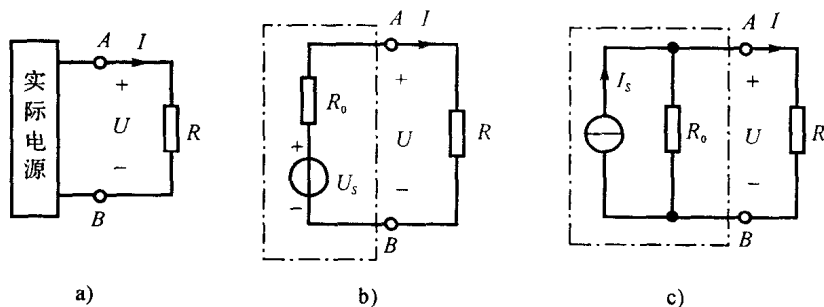


图 1-1-4 实际电源的电压源模型和电流源模型

对于图 1-1-4b) 的电路, R 和 R_0 是串联的, 于是

$$I = \frac{U_s}{R_0 + R} \quad (1-1-7)$$

$$U = IR = \frac{R}{R_0 + R} U_s \quad (1-1-8)$$

式(1-1-7)、(1-1-8)表明了当 R 变化时 I 、 U 将如何变化。由式(1-1-8)可知, 当 $R = \infty$ (称为开路) 时, $U = U_s$, 故电压源模型中 U_s 的大小等于实际电源的开路电压。

对于图 1-1-4c) 的电路, R 和 R_0 是并联的, 电压 U 等于 R_0 和 R 并联后的等效电阻和电流源的电流 I_s 的乘积, 即

$$U = \frac{RR_0}{R + R_0} I_s \quad (1-1-9)$$

而

$$I = \frac{U}{R} = \frac{R_0}{R + R_0} I_s \quad (1-1-10)$$

由于 R 和 R_0 相并联, 因此式(1-1-10)表示了流过电阻 R 的电流 I 和总电流 I_s 之间的分流关系。而式(1-1-8)则表示了电阻 R 的端电压 U 和总电压 U_s 之间的分压关系, 式(1-1-8)和式(1-1-10)是对偶的。由式(1-1-10)可知, 当 $R = 0$ (称为短路) 时, $I = I_s$, 故电流源模型中 I_s 的大小等于实际电源的短路电流。

一个实际的电源既可以采用电压源模型来表示, 也可以采用电流源模型来表示。但不论采用哪一种模型, 在相同的外接电阻情况下, 其输出的电压、电流均要和实际电源输出

的电压、电流相等。也就是说,根据式(1-1-7)和(1-1-10)所计算出的电流应相等,于是

$$I = \frac{U_S}{R_0 + R} = \frac{R_0 I_S}{R_0 + R} \quad (1-1-11)$$

由式(1-1-11)可得出结论,如果电压源模型和电流源模型的内阻 R_0 相同,输出的电流 I 相等,则 $U_S = R_0 I_S$ 。因此电压源模型和电流源模型之间是可以进行等效互换的。如果已知电压源模型的 U_S 和 R_0 ,则可求出其等效电流源模型的 $I_S = \frac{U_S}{R_0}$,内阻仍为 R_0 。反之,若已知电流源模型的 I_S 和 R_0 ,则可求出其等效电压源模型的 $U_S = R_0 I_S$,内阻仍为 R_0 。可见 R_0 的大小等于 U_S 和 I_S 之比值,即 $R_0 = \frac{U_S}{I_S}$ 。

〔例题 1-1-1〕 已知图 1-1-5a) 电路中 $U_{S1} = 24V$, $U_{S2} = 6V$, $R_1 = 12\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, $R_3 = 2\Omega$,试利用电源模型的等效互换求出流过电阻 R_3 的电流 I 。

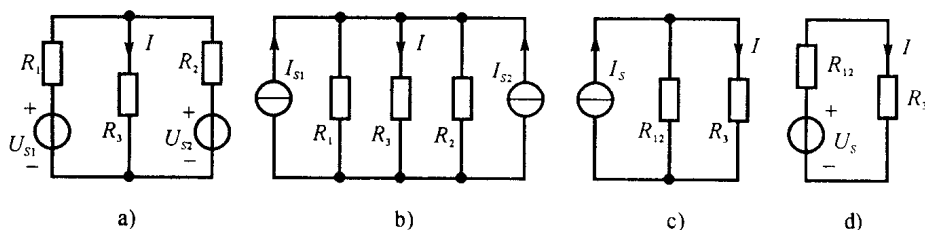


图 1-1-5 例题 1-1-1 的电路图

〔解〕 利用电源模型的等效互换可以将图 1-1-5a) 所示电路变换为图 1-1-5b) 所示电路,图中

$$I_{S1} = \frac{U_{S1}}{R_1} = \frac{24}{12} = 2A$$

$$I_{S2} = \frac{U_{S2}}{R_2} = \frac{6}{6} = 1A$$

合并两路电流源,并将电阻 R_1 、 R_2 合并,得图 1-1-5c) 所示电路,图中

$$I_S = I_{S1} + I_{S2} = 2 + 1 = 3A$$

$$R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{12 \times 6}{12 + 6} = 4\Omega$$

按图 1-1-5c) 所示电路进行计算,根据式(1-1-10)可得

$$I = \frac{R_{12}}{R_{12} + R_3} I_S = \frac{4}{4 + 2} \times 3 = 2A$$

也可以将图 1-1-5c) 电路中的电流源模型再等效变换为图 1-1-5d) 电路中的电压源模型,于是有

$$U_S = I_S R_{12} = 3 \times 4 = 12V$$

$$I = \frac{U_S}{R_{12} + R_3} = \frac{12}{4 + 2} = 2A$$

可见,由图 1-1-5c) 和 d) 两个电路计算得到的结果是一样的。