

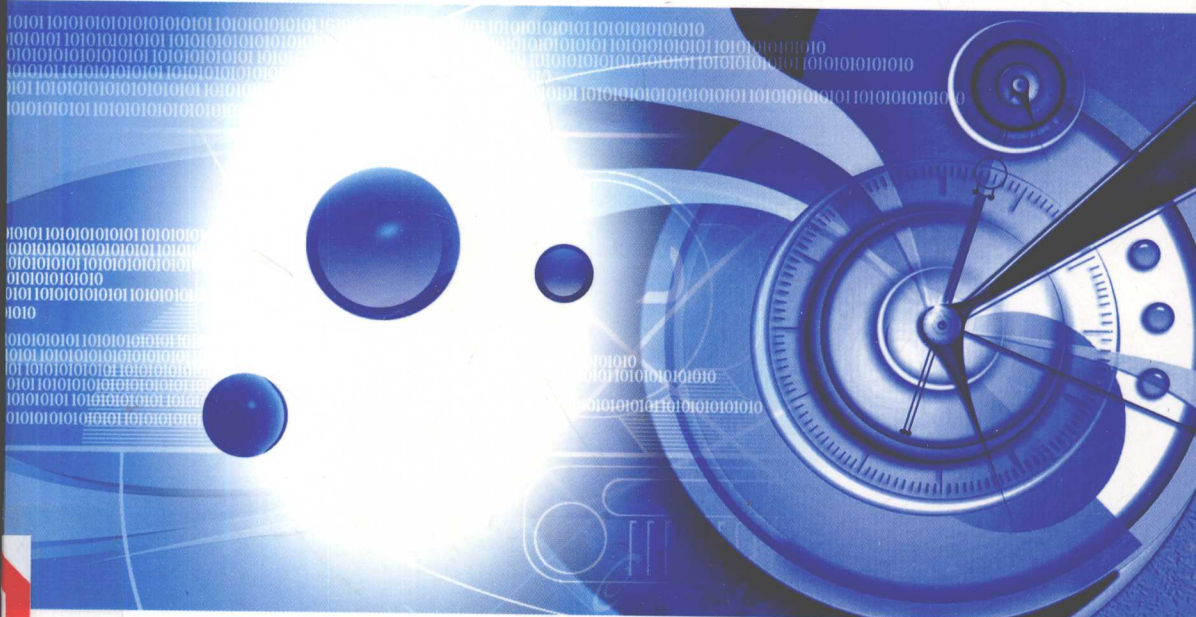


21世纪
全国高等教育应用型精品课规划教材

计算机电路基础(上)

jisuanji dianlu jichu

◆ 主编 刘怀望



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪全国高等教育应用型精品课规划教材

计算机电路基础(上)

主 编 刘怀望

副主编 吴天兰 翟福军



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书汲取了近几年各院校在教学过程中以及探索培养应用人才方面取得的成功经验,减少了繁琐的理论推导,注重结论与实践的应用,以培养能力为主、注重实际应用为原则,更好地贴近岗位需要。本书共分9章,首先阐述电路分析基础知识,然后分别介绍半导体二极管及其应用电路、半导体三极管及其基本放大电路、放大电路基础、负反馈放大电路、低频功率放大器、集成运算放大器、波形发生电路和直流稳压电源。为方便教学,各章均有小结和练习题。书后有部分习题供学生与自学者参考。

本书可作为高等院校计算机、电气、电子、自动化、通信信息、汽车电器和机电一体化等专业技术基础课教材,也可以作为职工大学、业余大学等同类专业基础课教材,还可供有关技术人员自学与参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

计算机电路基础(上)/刘怀望主编. —北京:北京理工大学出版社,
2009.8

ISBN 978-7-5640-2697-4

I. 计… II. 刘… III. 电子计算机—电子电路—高等学校—教材
IV. TP331

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 150303 号

出版发行/ 北京理工大学出版社

社 址/ 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编/ 100081

电 话/ (010)68914775(总编室) 68944990(批销中心) 6811084(读者服务部)

网 址/ <http://www.bitpress.com.cn>

经 销/ 全国各地新华书店

印 刷/ 三河市南阳印刷有限公司

开 本/ 710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张/ 18.5

字 数/ 344 千字

版 次/ 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数/ 1~1500 册

定 价/ 32.00 元

责任校对/ 陈玉梅

责任印制/ 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

出版说明

21 世纪是科技全面创新和社会高速发展的时代,面临这个难得的机遇和挑战,本着“科教兴国”的基本战略,我国已着力对高等学校进行了教学改革。为顺应国家对于培养应用型人才的要求,满足社会对高校毕业生的技能需要,北京理工大学出版社特邀一批知名专家、学者进行了本系列规划教材的编写,以期能为广大读者提供良好的学习平台。

本系列规划教材贴合实践。作者在编写之际,广泛考察了各校应用型学生的学习实际,本着“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精炼、可操作”的编写风格,以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点,力求提高学生的实际运用能力,使学生更好地适应社会需求。

一、教材定位

- ✚ 以就业为导向,培养学生的实际运用能力,以达到学以致用目的。
- ✚ 以科学性、实用性、通用性为原则,以使教材符合课程体系设置。
- ✚ 以提高学生综合素质为基础,充分考虑对学生个人能力的提高。
- ✚ 以内容为核心,注重形式的灵活性,以便学生易于接受。

二、编写原则

- ✚ 定位明确。为培养应用型人才,本系列教材所列案例均贴合工作实际,以满足广大企业对于应用型人才实际操作能力的需求,增强学生在就业过程中的竞争力。
- ✚ 注重培养学生职业能力。根据专业实践性要求,在完成基础课的前提下,使学生掌握先进的相关操作软件,培养学生的实际动手能力,提高学生迅速适应工作岗位的能力。

三、丛书特色

- ✚ 系统性强。丛书各教材之间联系密切,符合各个学校的课程体系设置,为学生构建牢固的知识体系。
- ✚ 层次性强。各教材的编写严格按照由浅及深,循序渐进的原则,重点、难点突出,以提高学生的学习效率。
- ✚ 先进性强。吸收最新的研究成果和企业的实际案例,使学生对当前专业发展方向有明确的了解,并提高创新能力。
- ✚ 操作性强。教材重点培养学生的实际操作能力,以使理论来源于实践,并最大限度运用于实践。

北京理工大学出版社

前 言

《计算机电路基础(上)》是由电子元器件构成处理模拟信号的电路,它是各种电子设备的重要组成部分。因此,认真学习和牢靠掌握模拟电路,是学习各种电子专业技术知识的基础。

本书按照“保证基础,加强概念,精选内容,压缩篇幅,联系实际,便于教学(自学)”的原则。注重吸收新知识、新技术、新产品。意在引导学生要不断掌握新的电子技术知识,紧跟时代步伐,突出高等教育的特点。

在“以应用为目的,以必须够用为度”、“面向生产第一线的技术应用型人才”的培养目标的指引下,本书在编写过程中遵循下列原则:

第一,本着以“应用”为主旨。各章节对元器件内部结构不做详细介绍,而着重介绍其用途、外特性、主要参数和使用方法;对典型电路不做繁琐的理论推导,只介绍其工程估算的方法,或给出定性、定量的结论,同时在每一章里都不同程度地介绍了一些新的常用的应用电路。

第二,强调适应性。既要保持模拟电路比较成熟的教材体系,又要面向新器件、新电路的发展;既要使学生掌握基础知识,又要培养其定性分析、综合应用的能力;既要有利于教师对教材内容的灵活运用,又要有利于学生主动学习和思考。

第三,在内容叙述上力求深入浅出,尽量避免繁琐的数学推导;在内容编排上力求简洁、形式新颖、目标明确,有利于促进读者的求知欲和学习的主动性。

本书是计算机、机电类、电器类专业必修的专业基础课教材,任课老师可根据本专业的教学需要对书中内容进行适当取舍。

本书共分9章。第1章为电路分析基础知识、第2章为半导体二极管及其应用电路、第3章为半导体三极管及其基本放大电路、第4章为放大电路基础、第5章为负反馈放大电路、第6章为低频功率放大器、第7章为集成运算放大器、第8章为波形发生电路、第9章为直流稳压电源。

本书由刘怀望任主编,吴天兰、翟福军任副主编。具体分工如下:杜月云编写

第1章,丁洁编写第2章和附录,刘怀望编写第3、4、8章,李勇编写第5、6章,吴天兰编写第7章,翟福年编写第9章的实训。在本书的编写过程中,得到魏衍君的支持和帮助,在此表示感谢。

由于计算机电路技术发展得极为迅速,涉及面广,加上我们水平有限,书中难免会有缺点和错误,诚请专家和读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 电路分析基础知识	1
1.1 电路的组成及电路分析的概念	1
1.1.1 电路的组成和作用	1
1.1.2 理想元件和电路模型	1
1.1.3 电流、电压的参考方向	2
1.1.4 电功率的正负	4
1.1.5 电路的状态	5
1.1.6 电路中的电位	7
1.2 电路的基本元件	9
1.2.1 独立电源元件	9
1.2.2 电阻、电感和电容元件	12
1.3 简单电路的分析方法	15
1.3.1 欧姆定律	16
1.3.2 电阻的串联和并联	16
1.3.3 电路中各点电位的计算	19
1.4 基尔霍夫定律	22
1.4.1 基尔霍夫电流定律(KCL)	22
1.4.2 基尔霍夫电压定律(KVL)	23
1.4.3 基尔霍夫定律的应用——支路电流法	26
1.5 正弦交流电	27
1.5.1 正弦交流电的基本概念	27
1.5.2 表示正弦交流电特征的物理量	28
小结	31
习题	32
第 2 章 半导体二极管及其应用电路	35
2.1 半导体的基础知识	35
2.1.1 半导体	35
2.1.2 本征半导体	35
2.1.3 杂质半导体	37
2.2 PN 结与晶体二极管	38
2.2.1 PN 结的基本原理	38

2.2.2 晶体二极管	39
2.3 特殊二极管	44
2.3.1 稳压管	44
2.3.2 发光二极管	45
2.3.3 光电二极管	45
2.3.4 变容二极管	45
小结	46
习题	46
第3章 半导体三极管及其基本放大电路	49
3.1 双极型半导体三极管	49
3.1.1 三极管的结构与分类	49
3.1.2 三极管的电流分配与放大作用	50
3.1.3 三极管的特性曲线及主要参数	53
3.1.4 三极管的主要参数	54
3.1.5 温度对三极管的特性与参数的影响	56
3.1.6 三极管的判别及其手册的查阅方法	56
3.2 三极管基本应用电路及其分析方法	59
3.2.1 三极管基本放大电路的组成	59
3.2.2 放大电路的两种工作状态	60
3.2.3 图解分析法	61
3.2.4 微变等效电路法	64
*3.3 单极型半导体三极管及其电路分析	66
3.3.1 单极型半导体三极管	66
3.3.2 结型场效应管	69
3.3.3 场效应管的主要参数	70
小结	71
习题	71
第4章 放大电路基础	74
4.1 放大电路的基本知识	74
4.1.1 放大电路的组成	74
4.1.2 基本放大电路必须遵循的原则	75
4.1.3 放大电路的主要性能指标	75
4.2 晶体管三种基本组态放大电路	77
4.2.1 最基本的共射极放大电路	77
4.2.2 共射极(分压)放大电路	80
4.2.3 共集电极放大电路	83

4.2.4 共基极放大电路	85
4.2.5 共源极场效应管放大电路	86
4.2.6 共漏极放大电路——源极输出器	90
4.2.7 共栅极放大电路	91
4.3 多级放大电路	91
4.3.1 级间耦合方式	92
4.3.2 耦合对信号传输的影响	94
小结	96
习题	96
第5章 负反馈放大电路	101
5.1 反馈的基本概念	101
5.1.1 反馈的定义	101
5.1.2 反馈放大电路的方框图	101
5.1.3 电路中的反馈形式	102
5.2 负反馈放大器的四种组态	107
5.3 反馈的表示方法	111
5.4 负反馈对放大电路性能的影响	111
5.4.1 闭环增益的三种结果	111
5.4.2 负反馈对放大器性能的影响	112
5.5 负反馈放大电路应用中的几个问题	115
5.5.1 放大电路引入负反馈的一般原则	115
5.5.2 深度负反馈放大电路的特点及估算	116
5.5.3 负反馈放大电路的稳定性	117
小结	119
习题	120
第6章 低频功率放大器	125
6.1 概述	125
6.2 互补对称功率放大电路	128
6.2.1 双电源互补对称电路(OCL电路)	128
6.2.2 单电源互补对称电路(OTL电路)	134
6.2.3 实际功率放大电路举例	136
6.3 集成功率放大器	138
6.3.1 集成功率放大器概述	138
6.3.2 LM386 集成功放应用简介	138
小结	140
习题	140

第7章 集成运算放大器	142
7.1 概述	142
7.2 差动放大电路	144
7.2.1 基本形式	144
7.2.2 典型差动放大电路	146
7.2.3 恒流源差动放大电路	151
7.2.4 差动放大电路的四种接法	153
7.3 电流源电路	157
7.3.1 镜像电流源电路	157
7.3.2 威尔逊电流源	158
7.3.3 微电流源	158
7.3.4 多路偏置电流源	159
7.3.5 作为有源负载的电流源电路	160
7.4 集成运算放大电路介绍	161
7.4.1 偏置电路	161
7.4.2 输入级	162
7.4.3 中间级	163
7.4.4 输出级和过载保护	163
7.5 集成运放的性能指标与选择	164
7.5.1 集成运算放大器的基本概念	164
7.5.2 集成运放的主要参数	167
7.5.3 集成运放的主要类型	169
7.5.4 集成运放在电子技术中的应用	170
7.6 信号的运算与处理电路	171
7.6.1 基本运算电路	171
7.6.2 有源滤波电路	177
7.6.3 电压比较器	180
7.6.4 集成运放应用中的一些实际问题	181
小结	182
习题	182
第8章 波形发生电路	188
8.1 正弦波振荡电路	188
8.1.1 正弦波振荡电路的基础知识	188
8.1.2 RC 移相式振荡电路	192
8.1.3 LC 振荡电路	192
8.1.4 电容反馈式振荡电路	194

8.1.5 晶体振荡电路	196
8.2 矩形波发生电路	198
8.3 三角波发生电路	199
小结	200
习题	201
第9章 直流稳压电源	204
9.1 概述	204
9.1.1 直流稳压电源的基本组成	204
9.1.2 稳压电源的主要技术指标	205
9.2 单相整流电路	205
9.2.1 单相半波整流电路	206
9.2.2 双管全波整流电路	207
9.2.3 桥式全波整流电路	208
9.2.4 倍压整流电路	208
9.3 滤波电路	210
9.4 稳压电路	212
9.4.1 稳压二极管稳压电路(并联型稳压电路)	212
9.4.2 串联型稳压电路	214
9.5 集成稳压器	217
9.5.1 三端固定输出式集成稳压器	217
9.5.2 三端可调集成稳压器	220
9.6 开关稳压电源	221
9.6.1 开关稳压电源结构框图	221
9.6.2 开关稳压电源的工作原理	222
9.6.3 实例分析	223
小结	225
习题	226
附录 A	231
附录 B 仿真软件 EWB 的使用	240
实训	254
综合实训	270
参考文献	280

第1章 电路分析基础知识

本章要点

1. 电路的组成及电路分析的概念
2. 电路的基本元件和简单电路的分析方法
3. 基尔霍夫电流、电压定律
4. 正弦交流电的基本知识

1.1 电路的组成及电路分析的概念

1.1.1 电路的组成和作用

从日常生活和生产实践中可以体会到,要用电一般要用导线、开关等将电源和用电设备或用电器连接起来,构成一个电流流通的路径。这就是所谓电路。

电路的形式是多种多样的,但从电路的本质来说,其组成都有电源、负载、中间环节三个最基本的部分。例如,图 1-1 所示的手电筒电路中,电池把化学能转换成电能供给灯泡,灯泡却把电能转换成光能作照明之用。凡是将化学能、机械能等非电能转换成电能的供电设备,称为电源,如干电池、蓄电池和发电机等;凡是将电能转换成热能、光能、机械能等非电能的用电设备,称为

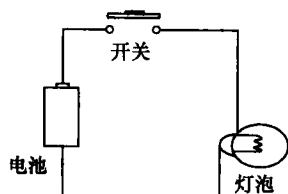


图 1-1 手电筒电路

负载,如电热炉、白炽灯和电动机等;连接电源和负载的部分,称为中间环节,如导线、开关等。

电路的种类繁多,但从电路的功能来说,其作用有两个方面:其一是实现电能的传输和转换(如电力工程,它包括发电、输电、配电、电力拖动、电热、电气照明以及交直流电之间的整流和逆变等);其二是进行信号的传递与处理(如信息工程,它包括语言、文字、音乐、图像的广播和接收、生产过程中的自动调节、各种输入数据的数值处理、信号的存储等)。电路的作用不同,对其提出的技术要求也不同,前者较多地侧重于传输效率的提高,后者多侧重于信号在传递过程中的保真、运算的速度和抗干扰等。

1.1.2 理想元件和电路模型

电路的作用虽然只有两个方面,但是实际电路的类型以及工作时发生的物理

现象则是千差万别的。我们不可能也没有必要去探讨每一个实际电路,而只需找出它们的普遍规律。为此,我们把实际电路的元件理想化,忽略其次要的因素,用以反映它们主要物理性质的理想元件来代替。这样由理想元件组成的电路就是实际电路的电路模型,它是对实际电路物理性质的高度抽象和概括。

用于构成电路的电工、电子元器件或设备统称为实际电路元件,简称实际元件。实际元件的物理性质,从能量转换角度看,有电能的产生、电能的消耗以及电场能量和磁场能量的储存。用来表征上述物理性质的理想电路元件(以后理想两字常略去)分别称为恒压源 V_s 、恒流源 I_s 、电阻元件 R 、电容元件 C 、电感元件 L 。图 1-2 是它们的电路模型图形符号。它们为电路结构的基本模型,由这些基本模型构成电路的整体模型。

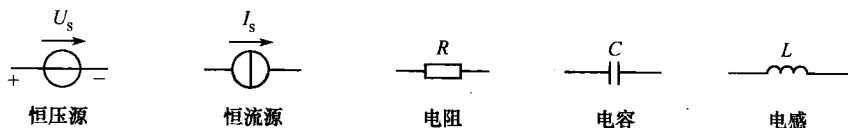


图 1-2 电路的基本模型—理想电路元件

例如,手电筒电路的电路模型如图 1-3 所示。灯泡看成电阻元件 R_L ,干电池看成恒压源 E (或 V_s)和电阻元件(内阻) R_0 串联。可见电路模型就是实际电路的科学抽象。采用电路模型来分析电路,不仅计算过程大为简化,而且能更清晰地反映电路的物理实质。

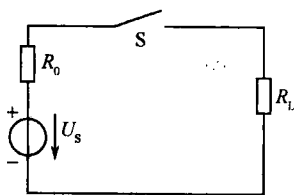


图 1-3 手电筒电路模型

1.1.3 电流、电压的参考方向

电流、电压、电动势的实际方向在物理学中已做过明确的规定:电路中电流的方向是指正电荷定向移动的方向;电路中两点之间电压的方向是高电位指向低电位的方向(即电位降落的方向);电动势的方向在电源内部是由低电位指向高电位的方向(即电位升高的方向)。图 1-4 所示电路中分别标出了电流、电压、电动势的方向。

但是在分析复杂电路时往往不能预先确定某段电路上电流、电压的实际方向。为了便于分析电路,在电路中引出了参考方向的概念。电流、电压的参考方向是人为任意设定的,图 1-5 电路中箭头所示方向就是电流和电压的参考方向。电路中的电流和电压的参考方向可能与实际方向一致或相反,但不论属于哪一种情况,都不会影响电路分析的正确性。

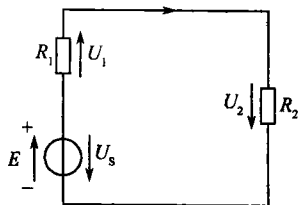


图 1-4 电流、电压的实际方向

按参考方向求解得出的电流和电压值有两种可能:得正值,说明设定的参考方向与实际方向一致;若为负值,则表明参考方向与实际方向相反。必须指出,电路中

的电流或电压在未标明参考方向的前提下,讨论电流或电压的正、负值是没有意义的。

参考方向也称正方向,除了用箭标标示外,还可以用双下标标示。如图 1-5 中电流 I_3 和电压 U_3 也可以写为 I_{ba} 和 U_{ab} 。电压也可以用参考极性“+”、“-”标示。如图 1-5 中恒压源 U_{S1} 、 U_{S2} ,其中,“+”表示高电位,“-”表示低电位。

当一个元件或一段电路上的电流、电压参考方向一致时,则称它们为关联的参考方向,如图 1-6(a)所示。在分析电路时,尤其是分析电阻、电感、电容等元件的电流、电压关系时,经常采用关联参考方向。例如,在应用欧姆定律时必须注意电流、电压的方向,如图 1-6(a)中电流、电压采用了关联参考方向,这时电阻 R 两端电压为

$$U = IR \quad (1-1)$$

若采用非关联参考方向,如图 1-6(b)所示,则电阻 R 两端的电压为

$$U = -IR \quad (1-2)$$

当电阻的单位为欧[姆](Ω)、电流的单位为安[培](A)时,电压的单位为伏[特](V)。

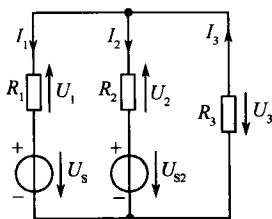


图 1-5 电流、电压的参考方向

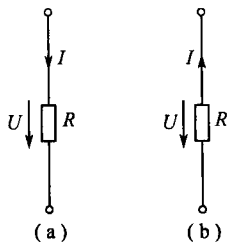


图 1-6 参考方向的关联性

例 1-1 $U=6V, I=3A$, 应用欧姆定律 $U=IR$ 对图 1-7 的电路列出式子, 并求电阻 R 。

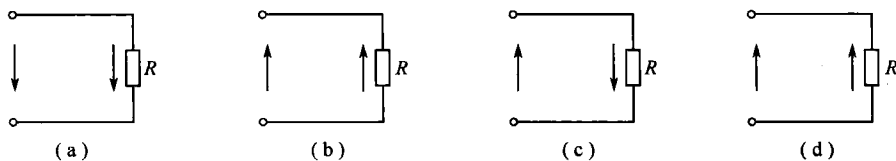


图 1-7 例 1-1 图

解 图 1-7(a)

$$R = U/I = \frac{6}{3} = 2(\Omega)$$

图 1-7(b)

$$R = -\frac{U}{I} = -\frac{-6}{-3} = 2(\Omega)$$

图 1-7(c)

$$R = -\frac{U}{I} = -\frac{-6}{3} = 2(\Omega)$$

$$\text{图 1-7(d)} \quad R = \frac{U}{I} = \frac{-6}{-3} = 2(\Omega)$$

这里应注意的是,一个式子中有两套正负号,列写公式时,应根据电流和电压的参考方向得出公式中的正负号。此外,电流和电压本身还有正值和负值之分。

1.1.4 电功率的正负

从物理学中我们已经知道,一个元件上的电功率等于该元件两端的电压与通过该元件电流的乘积,即

$$P = UI$$

当电压的单位为伏[特](V)、电流的单位为安[培](A)时,功率的单位为瓦[特](W)。

元件上的电功率有吸收(取用)和发出(产生)两种可能,用功率计算值的正负相区别,以吸收(取用)功率为正。我们在分析电路时,就列写功率计算公式做如下规定:

(1) 当电流、电压取关联的参考方向时

$$P = UI \quad (1-3)$$

(2) 当电流、电压取非关联参考方向时

$$P = -UI \quad (1-4)$$

在此规定下,将电流 I 和电压 U 数值的正负号如实代入公式,如果计算结果为 $P > 0$ 时,表示元件吸收功率,该元件为负载;反之, $P < 0$ 时,表示元件发出功率,该元件为电源。

例 1-2 图 1-8 所示电路中,已知: $U_{S1} = 15\text{V}$, $U_{S2} = 5\text{V}$, $R = 5\Omega$, 试求电流 I 和各元件的功率。

解 由图 1-8 中电流的参考方向,可得

$$I = \frac{U_{S1} - U_{S2}}{R} = \frac{15 - 5}{5} = 2(\text{A})$$

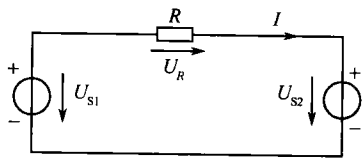


图 1-8 例 1-2 图

电流为正值,说明电流参考方向与实际方向一致。

根据对功率计算的规定,可得

$$\text{元件 } V_{S1} \text{ 的功率 } P_{S1} = -U_{S1}I = -15 \times 2 = -30(\text{W}) \quad (\text{发出功率})$$

$$\text{元件 } V_{S2} \text{ 的功率 } P_{S2} = U_{S2}I = 5 \times 2 = 10(\text{W}) \quad (\text{吸收功率})$$

$$\text{元件 } R \text{ 的功率 } P_R = I^2 R = 2^2 \times 5 = 20(\text{W}) \quad (\text{吸收功率})$$

由本例可看出,电源发出的功率等于各个负载吸收的功率之和,即

$$30\text{W} = 10\text{W} + 20\text{W}$$

按照能量守恒定律,对所有的电路来说,上述结论均成立,称为功率平衡,记为

$$\Sigma P = 0$$

例 1-3 在图 1-9 所示的电路中,已知: $U_1 = 20\text{V}$, $I_1 = 2\text{A}$, $U_2 = 10\text{V}$, $I_2 = -1\text{A}$, $U_3 = -10\text{V}$, $I_3 = -3\text{A}$,试求图中各元件的功率,并说明各元件的性质。

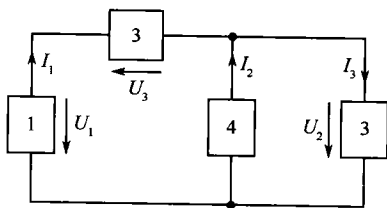


图 1-9 例 1-3 图

解 由功率计算的规定,可得

$$\text{元件 1 功率} \quad P_1 = -U_1 I_1 = -20 \times 2 = -40(\text{W})$$

$$\text{元件 2 功率} \quad P_2 = U_2 I_2 = 10 \times (-1) = -10(\text{W})$$

$$\text{元件 3 功率} \quad P_3 = -U_3 I_1 = -(-10) \times 2 = 20(\text{W})$$

$$\text{元件 4 功率} \quad P_4 = -U_2 I_3 = -10 \times (-3) = 30(\text{W})$$

元件 1 和元件 2 发出功率是电源,元件 3 和元件 4 吸收功率是负载。上述计算满足 $\Sigma P = 0$,说明计算结果无误。

这里仍需注意,在电路分析计算中的两套正负号。列写电路方程时,根据电流和电压的参考方向得出公式中的正负号;代入数据时要如实代入电流和电压数值的正负号。

1.1.5 电路的状态

电路在不同的工作条件下,将分别处于通路、开路和短路状态。现以图 1-10 所示电路为例,分别讨论每一种状态的特点。

1. 通路

在图 1-10(a)中,当电源与负载接通时,电路称为通路。电路中的电流,也就是电源的输出电流,即

$$I = \frac{E}{R_0 + R_L} = \frac{U_s}{R_0 + R_L} \quad (1-5)$$

式中: R_L 为负载电阻; R_0 为电源的内阻,通常 R_0 很小。负载两端的电压也就是电源输出电压:

$$U = E - IR_0 = U_s - IR_0 \quad (1-6)$$

通路时的功率平衡关系式为

$$P_{R_L} = P_E - P_{R_0} = EI - I^2 R_0 = UI \quad (1-7)$$

式中: EI 为电源产生的功率; UI 为负载消耗的功率; $I^2 R_0$ 为电源内部损耗的功率。