

巍巍交大 百年书香
www.jiaodapress.com.cn
bookinfo@sjtu.edu.cn



策划编辑 高 宇
责任编辑 胡思佳
封面设计 刘文东

电路基础

DIANLU JICHU

高等职业教育机电系列精品教材

电路基础

主编 赵红军 汤 玥



上海交通大学出版社

高等职业教育机电系列精品教材

电路基础

DIANLU JICHU

主编 赵红军 汤 玥

免费提供

★★★★ 精品教学资料包

服务热线: 400-615-1233
www.huatengzy.com



扫描二维码
关注上海交通大学出版社
官方微信

ISBN 978-7-313-30034-8



9 787313 300348 >

定价: 43.00元



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

高等职业教育机电系列精品教材

电路基础

主 编 赵红军 汤 玥
副主编 隆良梁 史瑞环 刘天舒



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书共 7 个项目,内容包括节日彩灯电路的安装与测试、直流单臂电桥的安装与测试、双电源电路的安装与测试、日光灯电路的安装与测试、手机充电器电路的性能测试、三相交流电路的安装与测试、睡眠开关电路的分析与测试。

本书既可作为高等职业院校电子信息类、自动化类专业的教材,也可供相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电路基础 / 赵红军,汤玥主编. — 上海:上海交通大学出版社,2024. 6

ISBN 978-7-313-30034-8

I. ①电… II. ①赵… ②汤… III. ①电路理论—高等职业教育—教材 IV. ①TM13

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 257503 号

电路基础

DIANLU JICHU

主 编:赵红军 汤 玥

出版发行:上海交通大学出版社

邮政编码:200030

印 制:三河市骏杰印刷有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

字 数:303 千字

版 次:2024 年 6 月第 1 版

书 号:ISBN 978-7-313-30034-8

定 价:43.00 元

地 址:上海市番禺路 951 号

电 话:021-64071208

经 销:全国新华书店

印 张:12.5

印 次:2024 年 6 月第 1 次印刷

电子书号:ISBN 978-7-89424-693-6

版权所有 侵权必究

告读者:如您发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:0316-3662258

本书根据绵阳职业技术学院实践导向型教材编写要求及专业教学改革的需求编写。书中内容突破了课程的原有结构体系,突出了应用性和操作性,增加了综合实训和电工仪表及其实际使用技巧等内容。本书具有以下特点:

(1)以项目形式引出学习任务,以项目分析、教学目标、项目实施、相关知识、知识拓展、项目小结的框架组织内容,旨在帮助学生在项目任务的驱动下主动学习,掌握相关的电工基本操作技能,提高政治文化素养。

(2)为适应传统教学方式向项目化教学方式的过渡,将全书按电路基本概念、电路分析方法、解题步骤、例题分析、解题要点的思路编排。这充分体现了理论与实践相结合的特点,避免了复杂的推理论证,有利于学生用唯物辩证的方式看待和处理问题,形成科学的世界观和方法论,提高职业道德修养和精神境界。

(3)注重教学方法和教学手段的改革。编写时力求做到概念准确、语言精练、重点突出、内容创新、叙述通俗,教师可运用理论内容直接验证相关的电路定理、定律。

(4)遵循技术技能人才成长规律。项目设计由简单到复杂,由生活实际到工程应用,循序渐进,旨在强化学生职业素养养成和专业技术积累,将专业精神、职业精神和工匠精神融入教材中。

本书由绵阳职业技术学院赵红军和汤玥任主编,隆良梁、史瑞环、刘天舒任副主编,刘静参编。具体编写分工如下:刘天舒编写项目1,史瑞环编写项目2,汤玥编写项目3和项目4,赵红军编写项目5,刘静编写项目6,隆良梁编写项目7。全书由赵红军统稿。

由于编者水平有限,书中纰漏之处在所难免,恳请广大读者提出宝贵的意见与建议。

编者



视频

《电路基础》先

导片-542uak

目录

项目 1	节日彩灯电路的安装与测试	1
1	1.1 项目分析	1
	1.2 教学目标	2
	1.3 项目实施	2
	1.4 相关知识	5
	1.5 知识拓展	16
	习题一	17
项目 2	直流单臂电桥的安装与测试	20
2	2.1 项目分析	20
	2.2 教学目标	21
	2.3 项目实施	21
	2.4 相关知识	25
	2.5 知识拓展	45
	习题二	52
项目 3	双电源电路的安装与测试	55
3	3.1 项目分析	55
	3.2 教学目标	56
	3.3 项目实施	56
	3.4 相关知识	60
	3.5 知识拓展	78
	习题三	80

项目 4

4

日光灯电路的安装与测试 86

4.1 项目分析	86
4.2 教学目标	87
4.3 项目实施	87
4.4 相关知识	91
4.5 知识拓展	119
习题四	123

项目 5

5

手机充电器电路的性能测试 128

5.1 项目分析	128
5.2 教学目标	129
5.3 项目实施	129
5.4 相关知识	134
5.5 知识拓展	142
习题五	144

项目 6

6

三相交流电路的安装与测试 146

6.1 项目分析	146
6.2 教学目标	147
6.3 项目实施	147
6.4 相关知识	151
6.5 知识拓展	165
习题六	168

项目 7

7

睡眠开关电路的分析与测试 173

7.1 项目分析	173
7.2 教学目标	174
7.3 项目实施	174
7.4 相关知识	176
7.5 知识拓展	188
习题七	190

参考文献	194
------------	-----



项目 1 节日彩灯电路的安装与测试

1.1 项目分析

彩灯是中国传统节日的一大景观,随着节日的来临,到处都是成串的彩灯——房子、灌木、矮树,甚至车上都挂满了彩灯。彩灯作为一种简单电路结构的产品,在通电的条件下才能被点亮。本项目将从最基础的电路制作与分析入手,通过对实际节日彩灯电路的制作、测试与检验,掌握电路的基础知识与测试技能。

节日彩灯电路的基本组成如图 1-1 所示,主要包括电源、开关、导线、彩灯。彩灯通过电源供电,开关控制彩灯的亮与灭,导线将各个部件连接起来构成电流通路。

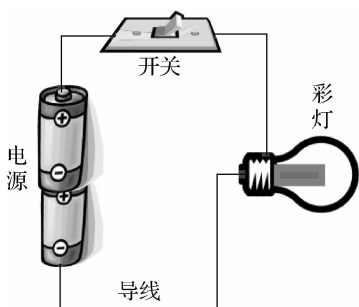


图 1-1 节日彩灯电路的基本组成

本项目电路依据真实的节日彩灯电路设计,并进行了教学化改造,装配完成后的节日彩灯电路实物如图 1-2 所示。

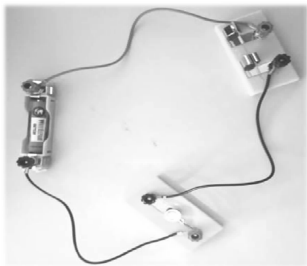


图 1-2 节日彩灯电路实物

1.2 教学目标

目标类型	达成目标
知识目标	了解基本电路的组成及功能,理解电路模型对研究实际问题的意义
	从工程应用的角度熟悉电流、电压、电功率等物理量的概念
	理解电压和电位的联系与区别,深刻领会电路分析中参考方向的应用
	熟悉电阻元件、电压源和电流源的特性
	理解欧姆定律的适用范围,掌握利用欧姆定律分析电路的方法
技能目标	能在教师引导下正确识读电路图、物料表
	能规范使用万用表检测电位、电压、电流等物理量
素质目标	在实践过程中形成严谨求实、团结创新的态度
	在教师严格要求下,客观、翔实地记录数据,培养诚信严谨的品质

1.3 项目实施

在教师的指导下,识读表 1-1 所列出的任务书,分析任务的具体要求。

表 1-1 项目 1 任务书

项目编号	1	任务名称	节日彩灯电路的安装与测试	任务时长	1 学时
任务描述: 节日彩灯电路由电池、开关、导线、彩灯组成,通过电池供电,开关控制彩灯的亮与灭,导线将各个部件连接起来构成电流通路。 要求在规定工期内,依据工序步骤要求完成对节日彩灯电路的安装与测试,并对测试数据进行记录和总结					
工序步骤					
工序 1:准备工作 工时:10 min	(1)组建团队:根据任务要求,组建团队。 (2)准备文件资料:节日彩灯电路的电路图、物料清单。 (3)申领物料工具:元器件、主辅材、工具设备、仪器仪表				
工序 2:电路装配 工时:15 min	(1)准备工作:准备工具、物料。 (2)依据电路图完成电池、开关、连接导线、彩灯的装配。 (3)电路装配可靠性检查:通电,切换开关,排除电路故障				

(续表)

工序 3:电路测量 工时:20 min	(1)测量电池两端的电压。 (2)测量流过彩灯的电流和彩灯两端的电压。 (3)若测不出数据,检查电源和万用表及电路,排除故障
------------------------	--

任务提示:

- (1)认真审阅任务书,结合后面学习的知识点,分析怎样实施本次任务。
- (2)理解任务书要求之后,组建任务团队,完成任务分工,制订具体计划。
- (3)任务时长含知识点学习时长

工序 1:(1)讨论并组建任务团队,将团队成员信息与任务分工记录在表 1-2 中。

表 1-2 项目 1 团队成员与任务分工

小组编号		使用工位		成员人数	
团队成员信息					
序号	姓名	任务分工	具体职责		

(2)在教师的指导下分析节日彩灯电路的结构和功能,电路原理图如图 1-3 所示。

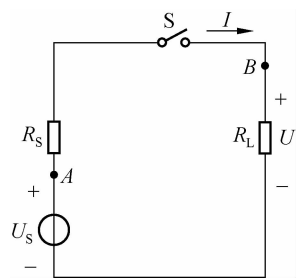


图 1-3 节日彩灯电路原理图

(3)在教师的指导下分组领取物料,装配物料清单见表 1-3。

表 1-3 项目 1 装配物料清单

序 号	物 料 名 称	规 格 型 号	数 量	单 位	备 注
1	0~30 V 直流可调 稳压电源		1	台	
2	数字万用表		1	个	
3	彩灯		1	个	
4	电阻		8	个	

工序 2:根据电路图完成电路装配。注意养成先检查电路接线是否准确后再接通电源的习惯。

工序 3:电路物理量测量。根据知识拓展数字万用表的使用方法,完成以下数据测量,并将结果记录在表 1-4 中。



实验
元件伏安特性
的测定-fqfpn4

表 1-4 项目 1 电路测量记录表

任务 1:负载特性的测量						
测量内容及步骤	调节可调稳压电源的输出电压,从 0 V 开始缓慢增加,一直至 10 V,记录对应的电流值(需根据灯的实际参数进行调整)					
测量参数	测量记录					
电压 U/V	0	2	4	6	8	10
电流 I/A						
负载上电压和流过的电流之间的函数曲线						
结果分析						

任务 2:电压源特性的测试						
测量内容及步骤	断开负载,测试电压源两端的电压值;依次改变负载(不同的电阻),测量对应电路中的电流和电压源两端的电压值并记录					
测量参数	测量记录					
电流 I/A						
电压 U/V						
电源电压和流过的电流之间的函数曲线						
结果分析						

(续表)

任务 3:电压、电位的测定			
测量内容及步骤	分别以电路图中 A 点和 B 点为参考点,测量 B 点和 A 点的电位值及两点之间的电压值,数据记录在表中		
测量参数	测量记录		
A 点为参考点	V_B	U_{AB}	U_{BA}
B 点为参考点	V_A	U_{AB}	U_{BA}
结果分析			

1.4 相关知识

1.4.1 电路和电路模型

在日常生活、生产中,人们会接触到各种电子产品和电气设备。这些电子产品及电气设备中包含着各种电路,如家用照明电路、电视机中的放大电路和车床中的控制电路等。电和电路在各行各业以及人们的日常生活中都占有相当重要的地位。



实验
电位、电压的
测定-kexdpp

1. 电路的组成和作用

电路是电流流通的路径。它是由一些元器件和电气设备按一定方式连接而成,能够实现某些预期功能的电流通路。

电路的类型多种多样,不同电路的作用也各不相同。但从基本功能来看,电路可分为两大类:一类是电能的产生、传输和转换电路;另一类是电信号的产生、传递和处理电路。

例如,图 1-1 所示是一个简单的节日彩灯电路的实际电路。该电路由电源、负载和中间环节组成。无论是简单还是复杂的电路,都是由电源、负载和中间环节三部分组成。

电源是提供电能或信号的器件,如干电池、发电机、信号源等,由直流电源供电的电路是直流电路,由交流电源供电的电路是交流电路;负载是电路中吸收电能或输出信号的器件,如电灯、电动机、扬声器等;中间环节是连接电源与负载之间的部分,包括连接电源和负载的导线、开关、熔断器和保护电路的设备及仪器仪表等。

2. 电路模型

前面提到的实际电路是由具有不同作用、特性的电路元件组成的,如发电机、变压器、电阻器、电容器和电感线圈等,它们的电磁性质和物理过程较为复杂。为了便于对实际问题进行分析和计算,在特定条件下,常用一个或若干理想电路元件来模拟实际电路元件,再根据

实际元件的连接方式用理想导线连接起来,就构成了电路模型,如图 1-4 所示。

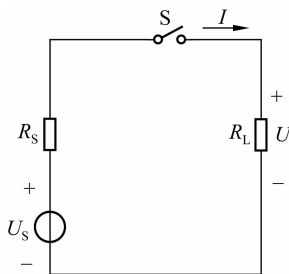


图 1-4 电路模型

建立了电路模型,将实际电路大大简化,但需要说明的是,电路模型反映了电路的主要性能,忽略了次要性能,它只是实际电路的近似,二者并不完全等同。本书只讨论电路模型的相关知识。

1.4.2 电路的基本物理量

电路的基本物理量有电流、电压、电位、电动势和功率等。

1. 电流

电荷的定向运动形成电流。它是电路中的一个重要物理量,其大小用电流强度表示。电流强度是单位时间内通过导体横截面的电荷量。电流强度简称电流,用字母 i 表示,即

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

当电流 $i = \text{常数}$ (也就是任何时刻通过导体横截面的电荷量是恒定的),称为恒定电流,简称直流电流(DC 或 dc),用字母 I 表示。即

$$I = \frac{q}{t}$$

国际单位制中电流的单位为安培,简称安,用字母 A 表示,常用的单位还有千安(kA)、毫安(mA)、微安(μA)。

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

$$1 \text{ A} = 10^{-3} \text{ kA}$$

电流不但有大小,而且有方向。规定正电荷运动的方向为电流的实际方向。在一些简单电路中,电流的实际方向是显而易见的,即从电源正极流出,流向电源负极。但在一些稍复杂的电路中,电流的实际方向不是一看便知的。

在电路的分析计算中,如果事先不能判定电流的实际方向,可以先任意假定一个电流的方向,这个假定的电流方向称为电流的参考方向,用箭头标在电路图上。按参考方向分析计算出的电流,当结果为正值时,说明电流的实际方向与参考方向相同;当结果为负值时,说明电流的实际方向与参考方向相反。根据计算结果的正负和参考方向就能确定电流的实际方向,如图 1-5 所示。



微课

电路的三种状态-bm4i0k



微课

电流-kqvbrnm



图 1-5 电流参考方向与实际方向的关系

2. 电压

电场力将单位正电荷从电场中的 a 点移到 b 点所做的功,称为 a 、 b 两点间的电压。电压用字母 u 表示。电压的大小反映了电场力做功的本领,即

$$U_{ab} = \frac{dW}{dq}$$

国际单位制中电压的单位是伏特,简称伏,用字母 V 表示,常用的单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)和微伏(μV)。

$$1\text{ V} = 10^3\text{ mV} = 10^6\text{ }\mu\text{V}$$

$$1\text{ V} = 10^{-3}\text{ kV}$$

电压的实际方向规定为正电荷在电场中受电场力作用的方向。与电流一样,由于电压的实际方向往往事先不能判定,因此可指定任意方向作为电压的参考方向。电压的参考方向可以箭头表示,也可用带双下标的字母(如 U_{ab})表示,还可用极性“+”“−”表示,如图 1-6 所示。

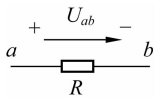


图 1-6 电压参考方向的表示

按照所假设的参考方向分析计算时,电压值为正,表示电压的实际方向与参考方向相同;电压值为负,表示电压的实际方向与参考方向相反。电压的实际方向与参考方向的关系如图 1-7 所示。

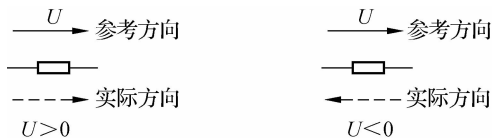


图 1-7 电压的实际方向与参考方向的关系

在电路的分析和计算中,电压和电流参考方向的选择,原则上是任意的。但参考方向一旦选定,在计算过程中不得任意改变。在分析计算电路时,都是先假定参考方向,再进行分析计算。为了分析方便,常假定同一元件的电压参考方向和电流参考方向相同,即电流从电压正极流入,负极流出,这称为关联参考方向,反之则称为非关联参考方向,如图 1-8 所示。

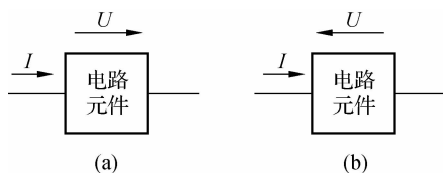


图 1-8 电流与电压参考方向示意图

(a)关联参考方向;(b)非关联参考方向

3. 电位

在电子技术中还常用到电位的概念。若选取电路中某一点为参考点,则电路中的其余任意点到参考点的电压称为电位。电位用字母 V 表示。

参考点理论上可以任意选取,但实际工程技术中常选择大地作为零电位参考点,设备外壳接地的,与外壳相连的点都是零电位点;电子线路中一般选取导线的公共点(往往是电源的一个极)为参考点,用符号“ $\perp$ ”表示,如图 1-9 所示。参考点的电位为 0。

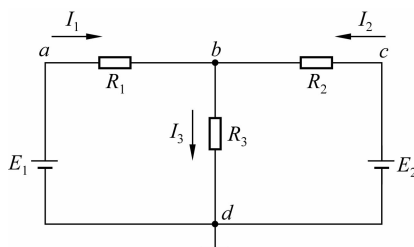


图 1-9 电位参考点表示

电压与电位的关系:电路中任意两点之间的电压等于这两点的电位差,即

$$U_{ab} = V_a - V_b$$

【例 1-1】 如图 1-9 所示,选取 d 点为参考点,若 $E_1 = 40 \text{ V}$, $U_{ab} = 20 \text{ V}$, $V_c = 5 \text{ V}$,求 V_a , V_b , U_{bc} , U_{ac} 的值。

解: 因为 d 点为参考点,则 $V_d = 0$, $V_a = U_{ad} = E_1 = 40 \text{ V}$ 。

因为 $U_{ab} = V_a - V_b$, 故

$$V_b = V_a - U_{ab} = 40 - 20 = 20 (\text{V})$$

$$U_{bc} = V_b - V_c = 20 - 5 = 15 (\text{V})$$

$$U_{ac} = V_a - V_c = 40 - 5 = 35 (\text{V})$$

4. 电动势

电动势是对电源而言的。衡量电源力对电荷做功能力的物理量称为电动势。电动势在数值上等于电源力将单位正电荷由低电位移到高电位所做的功。电动势的方向规定为在电源内部由负极指向正极,即从低电位点指向高电位点。电动势用 E 表示,单位为伏特(V)。

电动势与电压是不同的两个概念,它们既有区别又有联系。



微课
电压与电位-
jlkxds

(1) 电压和电动势的国际单位都是伏特(V)。

(2) 电动势的实际方向从低电位点指向高电位点,即电位升;而电压的实际方向从高电位点指向低电位点,即电位降。

(3) 一个电源的电动势和电压是大小相等、实际方向相反的一对物理量,对外部电路而言,两者没有区别,在使用时常常用电压来等效表示电动势对外电路的作用。

5. 功率

单位时间内电流所做的功称为电功率,简称功率,用 P 表示,即

$$P = \frac{W}{t} = \frac{UI t}{t} = UI$$

式中,电功 W 的单位为焦耳(J),时间 t 的单位为秒(s),电压 U 的单位为伏特(V),电流 I 的单位为安培(A)时,功率 P 的单位为瓦特,简称瓦(W)。

功率的大小表征了设备能量转换的本领。根据电压和电流的关联参考方向和非关联参考方向,功率的公式可写成 $P=UI$ (关联时)和 $P=-UI$ (非关联时)两种形式。

在电路分析中,功率也是一个有正、负之分的物理量。一个电路元件上消耗的功率为正值,说明这个元件在电路中吸收电能,是负载;一个电路元件上消耗的功率为负值,说明它不仅没有吸收电能,反而在向电路释放电能,起电源的作用,是电源。即功率分为吸收功率和发出功率:负载把电能转换为其他形式的能量,称为吸收功率,功率为正值;电源把其他形式的能量转换为电能,称为发出功率,功率为负值。电阻元件永远是吸收功率的,其功率为

$$P = UI = \frac{U^2}{R} = I^2 R$$

【例 1-2】 元件如图 1-10 所示,求元件的功率,并判断元件的性质。

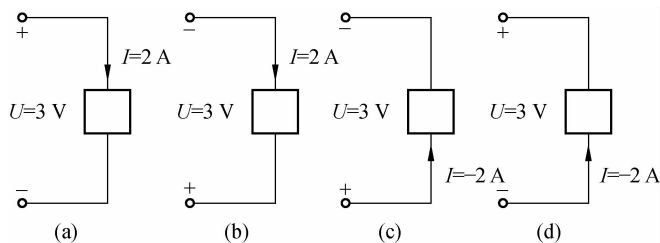


图 1-10 例 1-2 图

解: (1) 如图 1-10(a)所示为关联方向, $P=UI=3 \times 2=6(\text{W})$, 元件吸收功率, 为电阻元件。

(2) 如图 1-10(b)所示为非关联方向, $P=-UI=3 \times 2=-6(\text{W})$, 元件发出功率, 为电源。

(3) 如图 1-10(c)所示为关联方向, $P=UI=3 \times (-2)=-6(\text{W})$, 元件发出功率, 为电源。

(4) 如图 1-10(d)所示为非关联方向, $P=-UI=(-3) \times (-2)=6(\text{W})$, 元件吸收功率, 为电阻元件。

1.4.3 电路中的独立电源

电源是一种将其他形式的能量转换成电能的装置,任何一个实际电路在工作时都必须



微课
电能与功率-
pthwsz

有电源提供能量。发电机、蓄电池、干电池等是一些常见的电源,这些电源在工作时,有些端电压基本不随外电路的变化而变化,如新的干电池。有些电源提供的电流基本不随外部电路的变化而变化,如光电池。电源可分为两种模型:电压源和电流源。

1. 理想电压源

端电压为恒定值或按照某种给定规律变化而与其电流无关的电源,称为理想电压源,简称直流电压源或恒压源。其电路符号如图 1-11 所示,图中 U_s 表示直流电压源产生的电压数值,“+”“-”符号表示 U_s 的极性。电压源的伏安特性如图 1-12 所示,它表明其端电压的大小和电流大小、方向无关。理想电压源具有如下特点:

(1) 它对外输出的电压 U_s 是恒定值或是一个固定的时间函数 $U_s(t)$,与流过它的电流无关,即与接入电路的方式无关。

(2) 流过理想电压源的电流由它本身与外电路共同决定,即电流的大小和方向都由外电路决定。

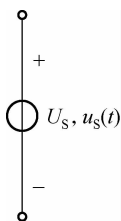


图 1-11 电压源的电路符号

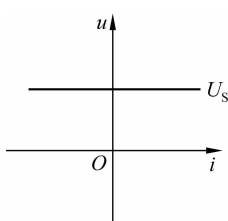


图 1-12 电压源的伏安特性



微课
独立电源-
urf04u

2. 理想电流源

输出电流始终保持恒定不变而与其两端的电压无关的电源称为理想电流源,简称直流电流源或恒流源。其电路符号如图 1-13 所示,图中 I_s 表示直流电流源产生的电流值,箭头表示 I_s 的方向。电流源的伏安特性如图 1-14 所示,它表明电流源的输出电流为一恒定的常数,与它两端的电压的大小、方向无关。理想电流源具有如下特点:

(1) 它对外输出的电流 I_s 是恒定值或是一定的时间函数,与它两端的电压无关,即与接入电路的方式无关。

(2) 电流源两端的电压取决于它所连接的外电路。

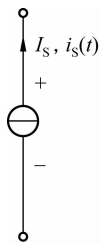


图 1-13 电流源的电路符号

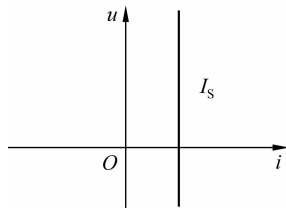


图 1-14 电流源的伏安特性

3. 实际电源的两种电路模型

实际上理想电源是不存在的,实际电源的性能只是在一定范围内与理想电源相接近。

实际电源总是存在内阻的,当实际电源的电压值变化不大时,实际电压源可用一个理想电压源串联一个电阻的电路模型表示,如图 1-15(a)所示;当实际电源输出的电流值变化不大时,实际电流源可以用一个理想电流源并联一个电阻的电路模型表示,如图 1-15(b)所示。

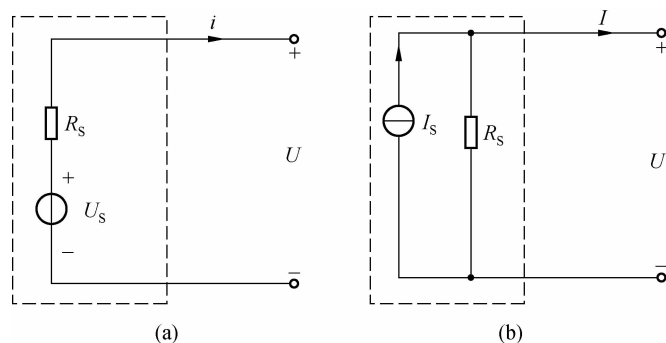


图 1-15 实际电源的电路模型

当把电源内阻视为恒定不变时,电源内部和外电路的消耗主要取决于外电路负载的大小,即电源内部的消耗和外电路的消耗是按比例分配的。在电压源形式的电路模型中,这种分配比例是以分压的形式给出的;在电流源形式的电路模型中,这种分配比例则是以分流的形式给出的。

实际电源内阻上的功率消耗一般很小,所以实际电源的两种电路模型所对应的外特性与理想电源的外特性非常接近,如图 1-16 所示。

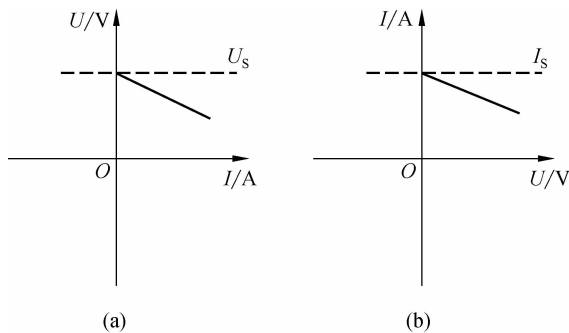


图 1-16 实际电源的伏安特性

(a)实际电压源的伏安特性;(b)实际电流源的伏安特性

1.4.4 电路基本定律

1. 部分电路欧姆定律

欧姆定律的简述:在同一电路中,通过导体的电流与导体两端的电压成正比,与导体的



微课
电源的等效
变换-vwinfv

电阻成反比。该定律是由德国物理学家乔治·欧姆在 1826 年 4 月发表的《金属导电定律的测定》论文中提出的。

标准式 $I = \frac{U}{R}$ (变形公式: $U = IR$ 或 $R = \frac{U}{I}$) 中, 电流 (I) 的单位为安培 (A), 电压 (U) 的单位为伏特 (V), 电阻 (R) 的单位为欧姆 (Ω)。

根据电压和电流的关联参考方向和非关联参考方向, 欧姆定律可写成 $I = \frac{U}{R}$ (关联时) 和 $I = -\frac{U}{R}$ (非关联时) 两种形式。

欧姆定律成立时, 以导体两端电压 U 为横坐标, 导体中的电流 I 为纵坐标所画出的曲线称为伏安特性曲线。它是一条通过坐标原点的直线, 斜率为电阻的倒数。具有这种性质的电气元件称为线性元件, 其电阻称为线性电阻或欧姆电阻。

欧姆定律不成立时, 伏安特性曲线不是过原点的直线, 而是不同形状的曲线。把具有这种性质的电气元件称为非线性元件。

【例 1-3】 已知图 1-17(a) 中的电流 $I = 2 \text{ A}$, 电压 $U = 6 \text{ V}$, 求电路的电阻阻值。已知图 1-17(b) 中的电流 $I = -2 \text{ A}$, 电压 $U = 6 \text{ V}$, 求电路的电阻阻值。

解: 图 1-17(a) 中, 电压、电流为关联参考方向, 所以有

$$R = \frac{U}{I} = \frac{6 \text{ V}}{2 \text{ A}} = 3 \Omega$$

图 1-17(b) 中, 电压、电流为非关联参考方向, 所以有

$$R = -\frac{U}{I} = -\frac{6 \text{ V}}{-2 \text{ A}} = 3 \Omega$$

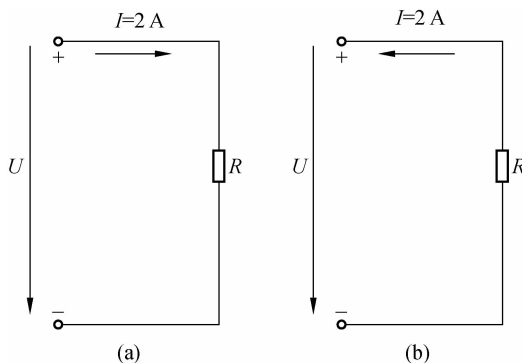


图 1-17 例 1-3 图

2. 全电路欧姆定律

若回路中有电源, 则运用闭合电路欧姆定律求回路中的电流, 根据图 1-18 所示电路, 可得

$$I = \frac{E}{R+r}$$

式中, E 为电源电动势(V); R 是负载电阻(Ω); r 为电源内阻(Ω); I 为电流(A)。

该式表明:处于某状态的导体,其电动势与产生的电流成正比。因此,电动势与电流的比例(即电阻)不会随着电流的改变而改变。

【例 1-4】 电路如图 1-18 所示,已知 $E=10\text{ V}$, $r=1\ \Omega$, $R=9\ \Omega$ 。求:

- (1) 电流。
- (2) 电源输出电压。

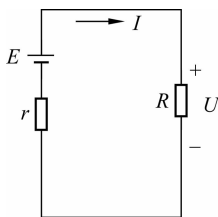


图 1-18 例 1-4 图

解: (1) 根据全电路欧姆定律, 可得

$$I = \frac{E}{R+r} = \frac{10\text{ V}}{9\ \Omega + 1\ \Omega} = 1\text{ A}$$

(2) 设电源输出电压参考方向与电流参考方向为关联参考方向, 根据部分电路欧姆定律, 可得

$$U = IR = 1\text{ A} \times 9\ \Omega = 9\text{ V}$$

1.4.5 电路基本元件

电路中除了产生电能的过程之外, 还存在着三种基本的能量转换, 即电能的消耗、磁场能的储存和电场能的储存。用来表征电路中这三种物理性质的理想元件分别称为理想电阻元件、理想电感元件和理想电容元件。

1. 电阻元件

电流通过导体时会受到一种阻碍作用, 这种阻碍作用最明显的特征是导体要消耗电能而发热。把物体对电流的阻碍作用称为电阻。电阻元件是较常见的电路元件之一, 它是从实际电阻器抽象出来的理想元件模型, 如灯泡、电阻炉、电烙铁等实际电阻器都可视为电阻元件。电阻用 R 表示, 其电路符号如图 1-19 所示。电阻元件的伏安特性为通过坐标原点的直线, 如图 1-20 所示, 它表明电压与电流成比例, 这类电阻元件称为线性电阻元件, 其两端的电压与电流服从欧姆定律, 即

$$u = Ri \text{ 或 } i = \frac{u}{R}$$



微课
电阻元件-
au2soz

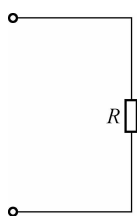


图 1-19 电阻的电路符号

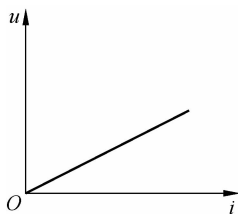


图 1-20 电阻的伏安特性曲线

在国际单位制中,电阻的单位是欧姆(Ω),当电路两端的电压为 1 V,通过的电流为 1 A 时,该段电路的电阻就为 1 Ω 。电阻较大的单位有千欧(k Ω)和兆欧(M Ω)。线性电阻元件吸收的功率为

$$P=ui=Ri^2=\frac{u^2}{R}$$

由上式可知,不论 u 、 i 是正值还是负值, P 总大于零,说明电阻元件总是消耗功率的,与电流电压的实际方向没有关系。

2. 电感元件

理想电感元件简称电感元件,它是从实际电感线圈抽象出来的理想化模型。电感线圈中通入电流后将产生磁通,在其内部及周围建立磁场,储存能量。当忽略导线电阻及线圈匝间的电容时,可将其抽象为只具有储存磁场能性质的电感元件,简称电感。

电感用 L 表示,其电路符号如图 1-21 所示。

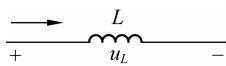


图 1-21 电感的电路符号

根据电磁感应定律,当电感线圈中的电流 i 变化时,磁场也随之变化,并在线圈中产生自感电动势 e_L 。当电压、电流、电动势的参考方向一致时,有

$$u=-e_L=L \frac{di}{dt}$$

上式表明,电感元件两端的电压与它的电流对时间的变化率成正比,比例系数 L 称为电感,是表征电感元件特性的参数。电流变化越快,电感元件产生的自感电动势越大,与其平衡的电压也越大。当电感元件中流过稳定的直流电流时,电流不随时间变化,故式中 $di/dt=0$,即 $u=0$,这时电感元件相当于短路。

在国际单位制中,电感的单位是亨利(H),当电感线圈中电流变化率为 1 A/s,产生 1 V 的感应电动势时,该电感线圈的电感为 1 H。由于亨利单位太大,工程上一般采用毫亨(mH)或微亨(μ H),它们的换算关系为

$$1 \text{ H}=10^3 \text{ mH}=10^6 \mu\text{H}$$



微课
电感元件-
qra4gi

习惯上把电感元件称为电感,故电感这个名词既表示电路元件,又表示元件的参数,同样有双重含义。

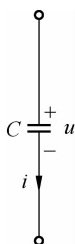
将电感电压公式两边乘以 i 并积分,则得电感元件中储存的磁场能量为

$$W_L = \int_0^t ui \, dt = \int_0^i Li \, di = \frac{1}{2} Li^2$$

上式说明,电感元件在某时刻储存的磁场能量,与该时刻流过的电流的平方成正比。电感元件不消耗能量,故为储能元件。 LC 滤波器、天线线圈、振荡线圈、扼流圈、偏转线圈等都是利用电感的“通直流阻交流”的性质应用于电子通信设备的。

3. 电容元件

理想电容元件简称电容元件,它是从实际电容器抽象出来的理想化模型。实际电容器通常由两块金属极板中间充满介质(如空气、云母、绝缘纸、塑料薄膜、陶瓷等)构成。容器加上电压后,两块极板上将出现等量异种电荷,并在两极板间形成电场,储存电场能量。当忽略电容器的漏电阻和电感时,可将其抽象为只具有储存电场能性质的电容元件。电容元件用 C 表示,其电路符号如图 1-22 所示。



微课
电容元件-
v2fosu

图 1-22 电容的电路符号

当电路中的电压、电流参考方向一致时,则有

$$i = C \frac{du}{dt}$$

由上式可知,电容上的电流与电容两端电压的变化率成正比,而与该时刻电压值的大小无关。电压变化率为零时(即电压无变化,相当于直流的情况),电路中就无电流,相当于断路,所以电容元件有“隔直、通交”的作用。

在国际单位制中,电容的单位是法拉(F)。当将电容器充上 1 V 的电压时,极板上若储存了 1 C 的电量,则该电容器的电容就是 1 F。由于法拉的单位太大,工程上一般采用微法(μF)或皮法(pF),它们之间的换算关系为

$$1 \text{ F} = 10^6 \mu\text{F} = 10^{12} \text{ pF}$$

将电容电流公式两边乘以 u 并积分,可得电容元件极板间储存的电场能量为

$$W_C = \int_0^t ui \, dt = \int_0^u Cu \, du = \frac{1}{2} Cu^2$$

上式说明,电容元件在某时刻储存的电场能量与元件在该时刻所承受电压的平方成正

比。电容元件也不消耗能量,是储能元件。电容在电子线路和控制电路中应用广泛,多用于电容滤波、隔直、交流耦合、交流旁路等,也可以与电感组成调谐电路、滤波电路和振荡电路。

1.5 知识拓展

1. UT39 型数字万用表的面板结构

UT39 型数字万用表的面板结构如图 1-23 所示。



图 1-23 UT39 型数字万用表的面板结构

2. 直流电压、交流电压的测量

先将黑表笔插入 COM 插孔,红表笔插入 $V\Omega Hz^{\circ}C$ 插孔,然后将功能开关置于 DCV(直流)或 ACV(交流)量程,并将表笔连接到被测电源两端,显示器将显示被测电压值。如果显示器只显示“1”,表示超量程,应将功能开关置于更高的量程(下同)。

3. 直流电流、交流电流的测量

先将黑表笔插入 COM 插孔,红表笔需视被测电流的大小而定。如果被测电流较大,应将红表笔插入 A 插孔;如果被测电流较小,应将红表笔插入 mA 插孔。再将功能开关置于 DCA 或 ACA 量程,将表笔串联接入被测电路,显示器即显示被测电流值。

4. 电阻的测量

先将黑表笔插入 COM 插孔,红表笔插入 $V\Omega Hz^{\circ}C$ 插孔(注意:红表笔极性此时为“+”,与指针式万用表相反),然后将功能开关置于 OHM 量程,将两表笔连接到被测电路上,显示器将显示被测电阻值。

5. 二极管的测试

先将黑表笔插入 COM 插孔,红表笔插入 $V\Omega Hz^{\circ}C$ 插孔,然后将功能开关置于二极管挡,

将两表笔连接到被测二极管两端,显示器将显示二极管正向压降值(mV)。

根据万用表的显示,可检查二极管的质量及鉴别所测量的管子是硅管还是锗管。

(1)测量结果若在1 V以下,红表笔所接为二极管正极,黑表笔为负极。

(2)测量显示为550~700 mV者为硅管,150~300 mV者为锗管。

项目小结

1. 电路和电路模型

电路可分为两大类:一类是电能的产生、传输和转换电路;另一类是电信号的产生、传递和处理电路。

常用一个或若干理想电路元件来模拟实际电路元件,再根据实际元件的连接方式用理想导线连接起来,就构成了电路模型。

2. 电路的基本物理量

电流:电荷的定向运动形成电流。它是电路中的一个重要物理量,其大小用电流强度表示,电流强度的定义是单位时间内通过导体横截面的电荷量。

电压:电场力将单位正电荷从电场中的 a 点移到 b 点所做的功,称为 a 、 b 两点间的电压。

电位:若选取电路中某一点为参考点,则电路中的其余任意点到参考点的电压称为电位。

电动势:电动势在数值上等于电源力将单位正电荷由低电位移到高电位所做的功。

功率:单位时间内电流所做的功称为电功率,简称功率。

3. 电路中的独立电源

理想电压源:端电压为恒定值或按照某种给定规律变化而与其电流无关的电源,称为理想电压源,简称直流电压源或恒压源。

理想电流源:输出电流始终保持恒定不变而与其两端的电压无关的电源称为理想电流源,简称直流电流源或恒流源。

4. 电路基本定律

欧姆定律:在同一电路中,通过导体的电流与导体两端的电压成正比,与导体的电阻成反比。

5. 电路基本元件

电阻、电感、电容。

习题一

一、填空题

1. 电路通常由_____、_____和_____三部分组成。

2. 在电力系统中,电路的功能是对发电厂发出的电能进行_____、_____和_____。
3. 由理想电路元件构成的电路图,称为与其相对应实际电路的_____。
4. 电荷有规则的定向运动即形成电流,习惯上规定_____的方向为电流的实际方向。
5. _____的高低与参考点有关,是相对的量;_____的大小与参考点无关,只取决于两点电位的差值,是绝对的量;_____只存在于电源内部。
6. 某电阻元件的额定数据为“1 k Ω , 2.5 W”,正常使用时其允许流过的最大电流为_____。
7. 理想电压源输出的电压值恒定,输出的_____由它本身和外电路共同决定。

二、判断题

1. 电荷的定向移动形成电流。 ()
2. 电流总是从高电位指向低电位。 ()
3. 电压和电流都是既有大小又有方向的电量,因此它们都是矢量。 ()
4. 电压源处于开路状态时,它两端电压的数值与它内部电动势的数值相等。 ()
5. 电功率大的用电器,其消耗的电功也一定比电功率小的用电器多。 ()
6. 电阻串联时,各电阻上消耗的功率与其电阻的阻值成反比。 ()
7. 电流由元件的低电位端流向高电位端的参考方向称为关联参考方向。 ()
8. 一个电流在电路分析中为负值,则说明它小于零。 ()
9. 电压和电流的计算结果为负值,说明它们的假设参考方向反了。 ()
10. 用万用表测量电流需要将两表笔并联在待测电路两端。 ()

三、单选题

1. 在电路的基本组成中,用于把其他形式的能量转换为电能的是()。
A. 负载 B. 电源 C. 导线 D. 控制装置
2. 在电路的基本组成中,用于把电能转换成其他形式能量的是()。
A. 负载 B. 电源 C. 导线 D. 控制装置
3. 电源是提供()的装置。
A. 电能 B. 电路 C. 支路 D. 机械能
4. 用万用表测量电流时需要将两个表笔()在待测电路中。
A. 串联 B. 并联 C. 串、并联都可以 D. 以上均不是
5. 串联电路中,电压的分配与电阻的关系为()。
A. 成正比 B. 成反比 C. 1 : 1 D. 2 : 1
6. 已知空间有 a 、 b 两点,电压 $U_{ab} = 10 \text{ V}$, a 点电位为 $V_a = 4 \text{ V}$,则 b 点电位 V_b 为

- ()。
- A. 6 V B. -6 V C. 14 V D. -14 V
7. 某电阻 R 上 U 、 I 参考方向不一致, 令 $U = -10 \text{ V}$, 消耗功率为 0.5 W , 则电阻 R 为 ()。
- A. 200Ω B. -200Ω C. $\pm 200 \Omega$ D. 220Ω
8. 当电路中电流的参考方向与电流的真实方向相反时, 该电流 ()。
- A. 一定为正值 B. 一定为负值 C. 不能确定 D. 以上都不对
9. 一个输出电压几乎不变的设备带载运行, 当负载增大时, 则 ()。
- A. 负载电阻减小 B. 负载电阻增大
- C. 电源输出的电流变小 D. 电源输出的电流变大
10. 当恒流源开路时, 该恒流源内部 ()。
- A. 有电流, 有功率损耗 B. 无电流, 无功率损耗
- C. 有电流, 无功率损耗 D. 无电流, 有功率损耗

四、简答题

1. 请说明一般电路的基本组成及各部分的作用。
2. 请说明电路的工作状态有几种。
3. 简要描述使用万用表测量电流的步骤。

五、计算题

1. 如图 1-24 所示, 当开关 S 闭合时, 求电路中 a 、 b 两点的电位 V_a 、 V_b , a 、 b 两点之间的电压 U_{ab} , $3 \text{ k}\Omega$ 电阻上的功率 P 。
2. 电路如图 1-25 所示, 已知 $U_S = 6 \text{ V}$, $I_S = 3 \text{ A}$, $R = 4 \Omega$ 。计算通过理想电压源的电流和理想电流源两端的电压, 并根据两个电源功率的计算结果, 分别说明各个电源是吸收功率还是释放功率。

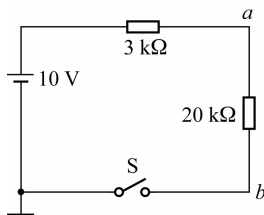


图 1-24 计算题 1 图

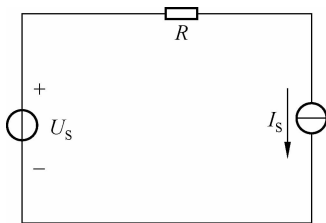


图 1-25 计算题 2 图