

卫生部规划教材

全国中等卫生学校教材

供放射技术、医学影像诊断专业用

电工与电子技术

第一版

主编 张庆稼



陕西科学技术出版社

全国中等卫生学校教材

供放射技术、医学影像诊断专业用

电工与电子技术

张庆稼 主编

编写（按姓氏笔画为序）

丘万安	孙一兰	朱小芳
刘甫丰	刘鸿健	张庆稼
袁安东	徐琳	魏敏敏

陕西科学技术出版社

(陕)新登字第 002 号

全国中等卫生学校教材
供放射技术、医学影像诊断专业用

电工与电子技术

张庆稼 主编

陕西科学技术出版社出版

(西安北大街 131 号)

陕西新华书店发行 西北工业大学印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 25.25 印张 58 万字

1997 年 6 月第 1 版 1998 年 1 月第 2 次印刷

印数:10,001—15,000

ISBN 7-5369-2599-9/G · 648

定价:18.60 元

全国中等医学教材编审委员会

主任委员：姜寿葆

副主任委员：陈咨夔 殷冬生

委员：（以姓氏笔画为序）

马惠玲	王同明	方茵英	王德尚	延 民	那功伟
朱国光	吕树森	李绍华	李振宗	李振林	陈心铭
吴忠礼	杨华章	洪启中	洪思劬	郭常安	张冠玉
张审恭	殷善堂	董品泸	谭筱芳		

第三轮中等医学教材出版说明

卫生部曾于1983年组织编写、陆续出版全国中等卫生学校11个专业使用的77种教材。1992年又组织小修订，出版第二轮教材。为我国的中等医学教育作出了积极贡献。

为适应中等医学教育改革形势的需要和医学模式的转变，1993年11月，卫生部审定、颁发了全国中等卫生学校新的教学计划及教学大纲。在卫生部科教司领导下，我们组织编写（修订）出版第三轮全国中等医学12个专业96种规划教材，供各地教学使用。

本轮教材以培养中级实用型卫技人才为目标，以新的教学计划及大纲为依据，体现“思想性、科学性、先进性、启发性、适用性”，强调“基本理论知识、基本实践技能、基本态度方法”。教材所用的医学名词、药物、检验项目、计量单位，注意规范化，符合国家要求。

编写教材仍实行主编负责制；编审委员会在教材编审及组织管理中，起参谋、助手、纽带作用；部分初版教材和新任主编，请主审协助质量把关。第三轮中等医学教材由人民卫生、河北教育、山东科技、江苏科技、浙江科技、安徽科技、广东科技、四川科技和陕西科技九家出版社出版。

希望各校师生在使用规划教材的过程中，提出宝贵意见，以便教材质量能不断提高。

卫生部教材办公室

1995年10月

前 言

为了适应城乡医疗卫生事业发展对中级应用性人才的需要,在卫生部统一领导和组织下,于1993年11月审定、颁发了中等卫校放射技术专业和医学影像诊断专业的教学计划和教学大纲,并组织编写了《电工与电子技术》教材。

根据放射技术专业教学大纲的要求,本教材包括电工基础、模拟电子技术、数字电子技术三个部分,共12章和26个实验。影像诊断专业电工学教学的全部内容也包含在内,并在编写过程中尽可能体现出这一特殊性。影像诊断专业电工学课在使用本教材时,应根据大纲适当取舍。

为了实现专业培养目标,本教材在选择内容时尽量满足专业课(如X线机结构与维修课)的需要,这特别体现在三相交流电路、电工仪表、安全用电、稳压电源、可控整流等内容上。此外,许多电路实例(如运放的应用)也都采用X线机的实际电路。在这个基础上,还注意保持学科体系的完整和避免与其它课程在内容上的重复,力争专业教材的整体优化。

为了适应放射技术的发展,编入了双向可控硅技术、中频原理等内容,在数字电子技术部分充实了脉冲应用电路、集成计数器、数码显示等,以进一步提高其实用性和先进性。教材中的电路元器件符号采用了新的国家标准。

为了适应学生的水平和目标教学的要求,教材内容在叙述上着重物理概念的描述,公式推导简明,侧重于结论的分析。

在实验内容的安排上包括了常用仪器使用、理论验证实验和一部分综合性实验。增加技能(如焊接、元器件测量等)的训练,注重实践动手能力的培养,也是本教材的特色之一。

本教材亦可用于其它医学技术专业的大、中专电工与电子技术课教学。

参加本书编写的老师及其单位为:湖南怀化卫校丘万安,解放军北医高专张庆稼、孙一兰,浙江绍兴卫校朱小芳,北京卫校刘甫丰、徐琳,河南信阳卫校刘鸿健,山东省卫校袁安东,湖北武汉卫校魏敏敏。

首都医科大学生物医学工程系主任姜远海教授帮助审阅了全书,提出了宝贵的意见。解放军北京医学高等专科学校钟国隆教授在教材编写中给予了热情的指导和帮助。对他帮助编写、出版本教材的同志,在此也表示衷心的感谢。

编 者

1996年3月

目 录

第一章 直流电路.....	(1)	一、叠加原理	(28)
第一节 电路的基本概念	(1)	二、戴维南定律	(30)
一、电路	(1)	第九节 电容器	(32)
二、电路的基本物理量	(2)	一、电容器与电容	(32)
第二节 电阻元件 欧姆定律	(5)	二、电容器的串联和并联	(33)
一、电阻元件	(5)	三、电容器的充放电和时间常数	(35)
二、欧姆定律	(6)	本章小结	(38)
第三节 电能与电功率 电路的三种工作状态	(8)	习题	(39)
一、电能与电功率	(8)	第二章 正弦交流电路	(45)
二、电路的三种工作状态	(11)	第一节 正弦交流电路的基本概念	(45)
第四节 电阻的串联、并联与混联	(12)	一、正弦电压和电流	(45)
一、电阻的串联	(12)	二、正弦交流电的三要素	(46)
二、电阻的并联	(14)	第二节 正弦交流电的表示法	(49)
三、电阻的混联	(15)	一、三角函数表示法	(49)
第五节 基尔霍夫定律	(17)	二、波形图表示法	(50)
一、基尔霍夫电流定律	(17)	三、旋转相量表示法	(50)
二、基尔霍夫电压定律	(19)	第三节 单一参数的交流电路	(54)
第六节 电路的基本计算方法	(20)	一、电阻元件的交流电路	(54)
一、支路电流法	(20)	二、电感元件的交流电路	(56)
二、节点电压法	(21)	三、电容元件的交流电路	(59)
三、电路中的电位计算	(23)	第四节 电阻、电感、电容元件的串联和并联交流电路	(63)
第七节 电压源、电流源及其等效变换	(25)	一、电阻、电感、电容元件串联的交流电路	(63)
一、电压源	(25)	二、电阻、电感、电容元件并联的交流电路	(66)
二、电流源	(26)	三、功率因数的提高	(68)
三、电压源与电流源的等效变换	(26)	第五节 谐振电路	(70)
第八节 叠加原理 戴维南定理	(28)	一、串联谐振	(70)

二、并联谐振	(71)	四、自耦变压器	(107)
本章小结	(74)	五、变压器绕组的同极性端	(108)
习题	(74)	六、中频原理简介	(109)
第三章 三相交流电路	(78)	本章小结	(110)
第一节 三相交流电源	(78)	习题	(110)
一、三相交流电的产生	(78)		
二、三相交流电源的连接	(79)	第五章 电动机	(112)
第二节 三相负载的连接	(80)	第一节 三相异步电动机	(112)
一、三相负载的星形连接	(81)	一、三相异步电动机的基本结构	(112)
二、三相负载的三角形连接	(84)	二、三相异步电动机的工作原理	(113)
第三节 三相负载的功率	(86)	三、三相异步电动机的使用	(116)
一、三相负载的功率	(86)	第二节 单相异步电动机	(118)
二、三相功率的测量	(87)	一、剖相式异步电动机	(119)
第四节 安全用电常识	(87)	二、罩极式异步电动机	(120)
一、触电	(87)	第三节 控制微电机	(121)
二、保护接地与保护接零	(88)	一、交流伺服电动机	(121)
三、安全用电常识	(89)	二、微型同步电动机	(122)
本章小结	(90)	本章小结	(123)
习题	(90)	习题	(123)
第四章 磁路和铁芯线圈电路	(92)		
第一节 铁磁材料的磁性能	(92)	第六章 电工仪表	(125)
一、磁场的基本物理量	(92)	第一节 电工仪表概述	(125)
二、铁磁材料的磁性能	(93)	一、电工仪表的分类	(125)
第二节 磁路及磁路欧姆定律	(96)	二、仪表表面符号及其意义	(125)
一、磁路的基本概念	(96)	三、电工仪表的误差及准确度	(127)
二、磁路欧姆定律	(97)	第二节 电工仪表的型式	(129)
第三节 铁芯线圈和电磁铁	(99)	一、磁电式仪表	(129)
一、铁芯线圈	(99)	二、电磁式仪表	(130)
二、电磁铁	(101)	三、电动式仪表	(131)
三、电磁铁的应用	(103)	第三节 常用电工仪表及其使用	(133)
第四节 变压器	(103)	一、电流表	(133)
一、变压器的基本结构和铭牌	(103)		
二、变压器的工作原理	(105)		
三、变压器的损耗和效率	(107)		

二、电压表.....	(134)	二、放大电路中各元件的作用	(163)
三、万用表.....	(134)	三、放大电路的组成原则.....	(164)
四、兆欧表.....	(136)	四、放大电路的工作情况.....	(165)
五、接地电阻测量仪.....	(138)	五、放大电路中常用的符号	(166)
本章小结.....	(139)		
习题.....	(139)		
第七章 半导体二极管和三极管		第二节 放大电路的静态分析	
.....	(141)	.....	(168)
第一节 半导体基础知识.....	(141)	一、估算法.....	(168)
一、半导体及其导电特性.....	(141)	二、图解法确定静态工作点	(169)
二、本征半导体.....	(141)	.....	(169)
三、N 型半导体和 P 型半导体	(143)	三、电路参数对静态工作点的	(170)
.....	(143)	影响.....	(170)
四、PN 结	(144)	第三节 放大电路的动态分析	
第二节 半导体二极管.....	(146)	.....	(171)
一、基本结构.....	(146)	一、图解法.....	(171)
二、二极管的伏安特性.....	(147)	二、微变等效电路法.....	(173)
三、主要参数.....	(148)	第四节 静态工作点的设置和稳定	
四、稳压管及其参数.....	(148)	.....	(180)
第三节 半导体三极管.....	(149)	一、工作点变化对放大电路的	(180)
一、基本结构.....	(149)	影响.....	(180)
二、晶体管的电流放大作用	(150)	二、静态工作点的稳定.....	(182)
.....	(150)	第五节 多级阻容耦合放大电路	
三、特性曲线.....	(153)	.....	(185)
四、主要参数.....	(156)	一、多级放大电路的耦合方式	(185)
第四节 二极管和晶体管的		.....	(185)
简单测试.....	(157)	二、多级阻容耦合放大电路的	(185)
一、二极管的测试.....	(157)	分析.....	(185)
二、晶体管的测试.....	(158)	三、频率特性.....	(189)
第五节 复合晶体管.....	(159)	第六节 放大电路中的负反馈	
本章小结.....	(160)	.....	(190)
习题.....	(161)	一、负反馈的一般概念.....	(190)
		二、反馈类型的判别方法.....	(192)
		三、负反馈对放大电路工作性能	(194)
		的影响.....	(194)
第八章 交流放大电路	(163)	第七节 射极输出器	(197)
第一节 基本交流放大电路.....	(163)	一、电路组成.....	(197)
一、基本交流放大电路的组成	(163)	二、电路分析.....	(197)
.....	(163)		

三、射极输出器的应用.....	(199)
第八节 功率放大电路.....	(199)
一、功率放大电路的特点和 要求.....	(200)
二、提高功率放大电路效率的 方法.....	(200)
三、变压器耦合推挽功率放大 电路.....	(201)
四、集成功率放大器.....	(204)
本章小结.....	(204)
习题.....	(205)

第九章 差动放大电路和运算放大 电路.....

第一节 差动放大电路.....	(211)
一、放大电路的直接耦合.....	(211)
二、差动放大电路及对零点漂 移的抑制.....	(212)
三、差动放大电路的分析.....	(213)
四、带恒流源的差放电路.....	(215)
五、差放的单端输出.....	(216)
第二节 集成运放及其基本放大 电路.....	(216)
一、集成运算放大电路.....	(216)
二、理想运放.....	(218)
三、运放的基本放大电路.....	(219)
第三节 集成运放的应用电路	(222)
一、加减法电路.....	(222)
二、测量放大器.....	(223)
三、比较电路.....	(225)
四、应用电路举例.....	(226)
第四节 运放构成的正弦振荡电路	(226)
一、产生振荡的基本条件.....	(226)
二、RC 振荡电路	(227)
本章小结.....	(228)
习题.....	(229)

第十章 直流稳压电源..... (233)

第一节 整流电路.....	(233)
一、单相半波整流电路.....	(233)
二、单相全波整流电路.....	(234)
三、单相桥式整流电路.....	(235)
四、倍压整流电路.....	(236)
五、三相桥式整流电路.....	(238)
第二节 滤波电路.....	(239)
一、电容滤波电路.....	(239)
二、电感电容滤波电路.....	(241)
三、 π 型滤波电路	(242)
第三节 稳压电路.....	(242)
一、稳压管稳压电路.....	(242)
二、串联型晶体管稳压电路	(243)
三、集成稳压电路.....	(246)
四、开关型稳压电源.....	(247)
本章小结.....	(250)
习题.....	(251)

第十一章 晶闸管及基本电路..... (252)

第一节 晶闸管的结构和工作原理	(252)
一、晶闸管的基本结构.....	(252)
二、晶闸管的工作原理.....	(253)
三、晶闸管的伏安特性及参数	(254)
第二节 单相半波可控整流电路	(257)
一、电阻性负载.....	(257)
二、电感性负载.....	(258)
第三节 晶闸管的保护.....	(259)
一、过电流保护.....	(259)
二、过电压保护.....	(260)
三、晶闸管的串、并联保护	(261)
第四节 单结晶体管振荡电路	

.....	(262)	三、十进制加法计数器.....	(304)
一、单结晶体管.....	(262)	四、二十进制数码显示电路	
二、单结晶体管振荡电路.....	(264)	.....	(309)
本章小结.....	(266)	第七节 寄存器.....	(310)
习题.....	(267)	一、数码寄存器.....	(311)
		二、移位寄存器.....	(312)
第十二章 数字电路.....	(269)	本章小结.....	(313)
第一节 脉冲波形及晶体管的开关		习题.....	(315)
作用.....	(269)		
一、脉冲波形及参数.....	(269)	实验指导	
二、晶体管的开关作用.....	(270)	实验一 无分支电路中的电位测量	
第二节 基本逻辑门电路.....	(273)	.....	(324)
一、基本概念.....	(273)	实验二 电源外特性测量.....	(325)
二、二极管“与”门电路.....	(274)	实验三 戴维南定理的验证.....	(327)
三、二极管“或”门电路.....	(275)	实验四 电容器充放电曲线的测绘	
四、晶体管“非”门电路.....	(277)	.....	(329)
五、复合门电路.....	(278)	实验五 学习使用几种常用仪器	
第三节 集成“与非”门电路		.....	(331)
.....	(280)	实验六 观察正弦交流电的相位差	
一、TTL“与非”门电路 ...	(280)	.....	(334)
二、TTL“与非”门的主要参数		实验七 日光灯的安装与测量	
.....	(281)	.....	(335)
三、脉冲应用电路.....	(282)	实验八 RLC 串联谐振	(337)
第四节 组合逻辑电路的基本分析		实验九 三相负载的连接.....	(338)
方法.....	(285)	实验十 变压器测试.....	(340)
一、逻辑代数的运算法则.....	(285)	实验十一 继电器.....	(342)
二、组合逻辑电路的分析与设计		实验十二 三相异步电动机及其	
.....	(286)	控制电路.....	(345)
第五节 双稳态触发器.....	(289)	实验十三 半导体二极管和三极管	
一、 RS 触发器	(289)	的简单测试.....	(347)
二、主从 JK 触发器.....	(292)	实验十四 半导体二极管、三极管	
三、维持阻塞 D 触发器	(295)	特性曲线绘制.....	(350)
四、 T 触发器和 T' 触发器 ...	(296)	实验十五 单管交流放大电路	
五、触发器逻辑功能的转换		.....	(352)
.....	(297)	实验十六 负反馈放大电路.....	(355)
第六节 计数器.....	(298)	实验十七 集成功率放大电路	
一、二进制数.....	(298)	.....	(357)
二、二进制加法计数器.....	(299)	实验十八 运算放大器的应用	

..... (359)

实验十九 单相半波、桥式整流和

滤波电路..... (361)

实验二十 三端集成直流稳压电源

..... (363)

实验二十一 晶闸管的测试..... (365)

实验二十二 单结晶体管振荡电路

..... (366)

实验二十三 门电路和组合逻辑

电路..... (367)

实验二十四 集成触发器..... (371)

实验二十五 二位十进制计数器

制作..... (375)

实验二十六 寄存器..... (377)

附录

附录一 电工、电子学中的法定

计量单位..... (380)

附录二 常用电工线路图形符号

..... (381)

附录三 常用电子线路图形符号

..... (381)

附录四 半导体器件型号命名方法

..... (382)

附录五 常用半导体器件的参数

..... (383)

附录六 国内外常用数字集成电路

对照表..... (388)

第一章 直流电路

第一节 电路的基本概念

一、电 路

1. 电路的组成和作用 电路是电流的通路。它由产生、传送和使用电能的各种元件按一定方式组合而成。图 1-1a 是最简单的电路，用导线将干电池和灯泡接通，灯泡就亮起来。可见电源、负载和导线是构成一个完整电路的三个基本组成部分。其中电源是供给电能的装置，它把其它形式的能转换为电能；负载是取用电能的装置，它把电能转换为其它形式的能。导线是连接电源和负载所必需的。在实际电路中，为了方便和安全起见，有时还需加上其它元件，如开关、熔断器等。

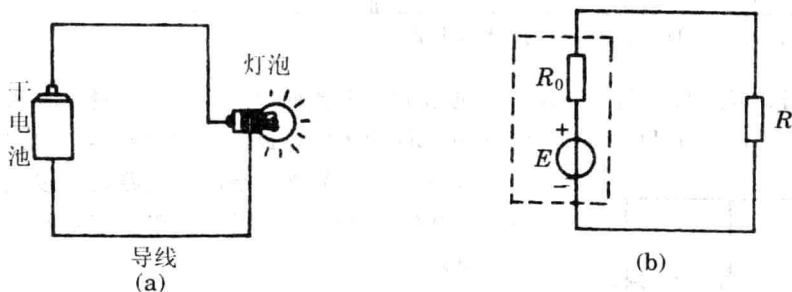


图 1-1 最简单的电路及其模型电路

(a) 最简单的电路 (b) 模型电路

为了讨论问题的方便，把电源以外的电路，称为外电路。电源内部的电路，称为内电路。

2. 模型电路 实际电路由各种电路元件组合而成。每一个实际的元件，往往同时兼有几种物理性能，全部加以考虑，不仅繁琐，也不必要。为了便于电路的分析与计算，总是将实际的电路元件理想化。即在一定条件下，突出元件的主要性能，忽略其次要性能。例如，灯泡的主要性能是电阻性。但电流通过灯丝时，会产生磁场，因而又具有电感性。但其电感微小，可以忽略不计，于是就把灯泡看作纯电阻元件。同理，内阻忽略不计的电源，就是理想电源。电阻忽略不计的导线，就是理想导线。如果电源内阻或导线电阻，不能忽略不计，就用一个电阻来等效代替。可见，理想化的电路元件，只有单一的性能。表征其性能的量，叫做元件的参数。最常用的理想电路元件有电阻元件、电容元件、电感元件和电源，分别用字母 R 、 C 、 L 和 E 表示。

用理想电路元件及其组合来近似地代替实际的电气器件，就是实际电路的模型电路。图 1-1b 就是图 1-1a 的模型电路。在电路图中，各种电路元件均用规定的图形符号表示。

部分元件的图形符号见表 1-1。

表 1-1 部分电路元件的图形符号

图形符号	名 称	图形符号	名 称	图形符号	名 称
	*干电池 *蓄电池		电 容		灯 泡
	理想电压源		可变电容		熔断器
	理想电流源		微调电容		接 地
	电 阻		电解电容 或其它 极性电容		两线连接
	可变电阻 电位器		电 感		两线交叉

* 内阻忽略不计的电池，可视为理想电压源。

3. 支路、节点与回路 支路——通过同一电流的每一个分支电路，称为支路。图 1-2 中有 BD、BAD、BCD 三条支路。其中 BD 为无源支路（不含电源），其余为含源支路。

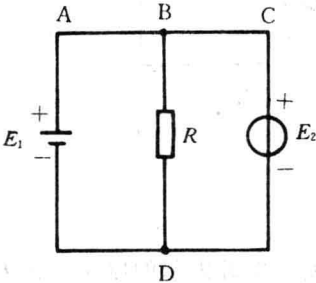


图 1-2 有分支的电路

节点——三条或三条以上支路的连接点，称为节点。

图 1-2 中有 B、D 两个节点，支路必定是两个节点之间的一段电路。

回路——电路中任何一个闭合路径，称为回路。图 1-2 中有 ABDA、BCDB 和 ABCDA 三个回路。

网孔——内部不含支路的回路，称为网孔或单孔回路。图 1-2 中有 ABDA、BCDB 两个网孔，ABCD 不是网孔。

网络——网络就是电路，通常是指比较复杂的电路。

二、电路的基本物理量

1. 电流 电荷的定向移动即形成电流。单位时间内通过导体某一横截面的电量，称它为电流强度，简称电流。

如果电流不随时间变化，称为恒定电流或直流电流，简称直流，用大写字母 I 表示。设在时间 t 内，通过导体某一横截面的电量为 Q ，则有

$$I = \frac{Q}{t} \tag{1-1}$$

如果电流的大小和方向随时间而变化，称为交流电流，用小写字母 i 表示。设在 dt 时间内，通过导体某一横截面的电量为 dq ，则有

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-2)$$

电量的单位是库仑，符号为 C；时间的单位是秒，符号为 s；电流的单位是安培，符号为 A。较小的电流，则用毫安（符号为 mA）或微安（符号为 μA ）作单位。它们之间的关系是

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

电流的实际方向，规定为正电荷移动的方向。实验证明：在一条无分支的电路上，电流总是处处相等，称为电流的连续性原理。

2. 电压 电荷在电场中受电场力作用而运动，即电场力对电荷作了功。电场力做功的能力用电压表示。

任意两点间的电压，其大小等于将单位正电荷从一点移至另一点时，电场力所作的功。设将正电荷 q 从 A 点移至 B 点时，电场力所作的功为 W_{AB} ，则 A、B 两点间的电压为

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} \quad (1-3)$$

若功以焦耳（符号为 J）为单位，电量以库仑为单位，则电压的单位是伏特（符号为 V）。对于较大或较小的电压，则以千伏（符号为 kV）、毫伏（符号为 mV）或微伏（符号为 μV ）作单位。它们之间的关系是

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

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

电压的实际方向规定为：正电荷在电场力作用下的移动方向。事实上，只要有电场存在，电场中任意两点间就有电压。

3. 电位 电路中某点的电位，就是这一点到参考点之间的电压。在图 1-3 中如果选定 C 为参考点，则 A 点的电位为： $V_A = U_{AC}$ ，B 点的电位为： $V_B = U_{BC}$ ，由于 C 点对自身的电压为零，所以 C 点的电位为： $V_C = U_{CC} = 0$ ，即参考点为零电位点。

电位的单位和电压的单位一样，也是伏特。

下面仍以图 1-3 为例，来说明电位与电压的关系。根据电压的定义，有

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} = \frac{W_{AC} - W_{BC}}{q} = \frac{W_{AC}}{q} - \frac{W_{BC}}{q} = U_{AC} - U_{BC}$$

因为 $V_A = U_{AC}$ ， $V_B = U_{BC}$

所以 $U_{AB} = V_A - V_B \quad (1-4)$

可见，任意两点间的电压，就是这两点间的电位差。引入电位的概念以后，电压的实际方向是由高电位指向低电位。在外电路上，由正极到负极，电位逐渐下降。在内电路上，由负极到正极，电位逐渐升高。

有关电路中的电位计算，将在本章第六节讨论。

4. 电动势 为了维持持续的电流，必须把流向电源负极的正电荷重新迁回电源正极。

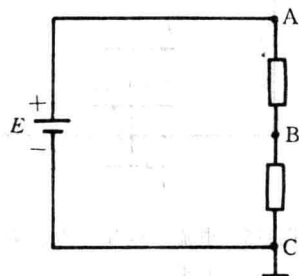


图 1-3 电位与电压的关系

这种电荷搬运,是由电源内部的非静电力做功来完成的。非静电力做功的能力,用电动势表示。电源的电动势,在数值上等于把单位正电荷从负极经电源内部移至正极时,非静电力所作的功。设将正电荷 q 从电源负极移至正极时,非静电力所作的功为 W_E ,则电动势 E 的大小为

$$E = \frac{W_E}{q} \quad (1-5)$$

电动势的单位是伏特,符号为 V。由于非静电力做功时,把正电荷从低电位推向高电位,所以电动势的实际方向是由负极指向正极,它和电压的实际方向恰好相反。

5. 电流、电压和电动势的参考方向 在简单的直流电路中,电流、电压和电动势的实际方向,根据电源的极性很容易判断。但在复杂电路中,某些支路(如图1-4桥式电路中的 BD 支路)电流和电压的实际方向难于预先判断。在交流电路中,电流、电压、电动势的实际方向,随时间而变化,无法在电路图上判断出它们的实际方向。为此,在电路分析中,常常采用“先假定,后判断”的方法。即在分析电路之前,就任意为它们假设一个方向,这个假定的方向叫做参考方向(又叫正方向),并用箭头标明在电路图上。选定参考方向后,就以它为依据,进行电路的分析和计算。若计算结果为正值,表示实际方向与参考方向相同。若为负值,表示实际方向与参考方向相反。

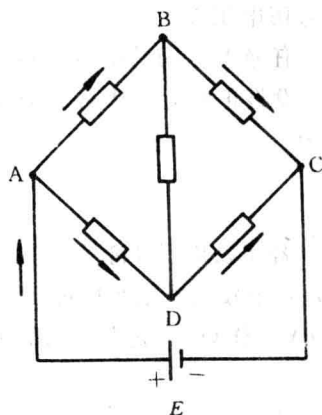


图1-4 桥式电路

在分析电路时,和对待电流、电压一样,也要在电路

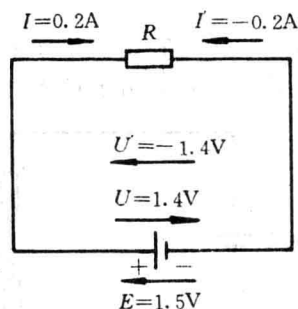


图1-5 电流、电压和电动势的参考方向

图上标明电动势的参考方向。由于直流电源极性已知,电动势的实际方向极易判断。一般就选它的实际方向作为它的参考方向,这时电动势必为正值。

只有参考方向选定之后,电流和电压才有正负值之分,如图1-5所示。参考方向的选择是任意的,但在实际运算中,常常把元件上的电流和电压的参考方向选得一致(称为关联参考方向),这样,在电路图上只需标出电流或电压参考方向中的一个即可。

电流和电压的参考方向,除了用箭头表示以外,还可以用双下标字母表示。例如, I_{AB} (或 U_{AB}) 表示它的参考方向由 A 指向 B, I_{BA} (或 U_{BA}) 表示它的参考方向由 B 指向 A,两者之间相差一个负号。即 $I_{AB} = -I_{BA}$, $U_{AB} = -U_{BA}$ 。

必须指出:电流和电压的实际方向是客观存在的,它不会因为如何假定而改变。

【例1-1】在图1-6中,电流或电压的参考方向已分别标明。已知 $I_1 = -1A$, $I_2 = 2A$, $U_1 = 3V$, $U_2 = -4V$,试分别指出它们的实际方向,并用双下标字母表示。

解: I_1 为负值,其实际方向与参考方向相反,电流从 B 流向 A。可表示为 $I_{BA} = 1A$ 或 $I_{AB} = -1A$ 。

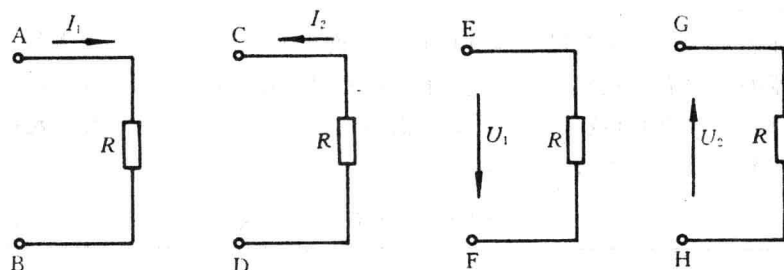


图1-6

I_2 为正值, 其实际方向与参考方向相同, 电流从 D 流向 C。可表示为 $I_{DC} = 2A$ 或 $I_{CD} = -2A$ 。

U_1 为正值, 其实际方向与参考方向相同, E 点的电位比 F 点高 3V。可表示为 $U_{EF} = 3V$, 或 $U_{FE} = -3V$ 。

U_2 为负值, 其实际方向与参考方向相反, G 点的电位比 H 点高 4V。可表示为 $U_{GH} = 4V$ 或 $U_{HG} = -4V$ 。

第二节 电阻元件 欧姆定律

一、电阻元件

1. 电阻与电导 物质对电流的阻碍作用, 叫做电阻。用 R 或 r 表示。电阻的单位是欧姆, 符号为 Ω 。较大的电阻, 则用千欧 (符号为 $k\Omega$) 或兆欧 (符号为 $M\Omega$) 作单位。它们之间的关系是

$$1 M\Omega = 10^3 k\Omega = 10^6 \Omega$$

电阻的倒数, 称为电导, 用 G 表示。即

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-6)$$

电导的单位是西门子, 符号为 S。(S=1/ Ω)。

2. 电阻器 电阻器也简称电阻。常用的电阻器有碳膜电阻、线绕电阻、金属膜电阻、合成电阻和瓷釉电阻, 其外形如图 1-7 所示。

标记在电阻器上的阻值, 叫做标称阻值。它与实际的电阻值不一定完全相等, 其误差分为三级: I 级 $\pm 5\%$, II 级 $\pm 10\%$, III 级 $\pm 20\%$ 。电阻的标称阻值和误差等级, 有两种表示方法:

①直接表示法: 将阻值和误差等级直接标记在电阻器上。对 $k\Omega$ 、 $M\Omega$, 有的只标 k、M, 省去 Ω 符号。误差等级只标 I 级或 II 级, III 级不标。如 “12 Ω I”、“5.1k Ω I”、

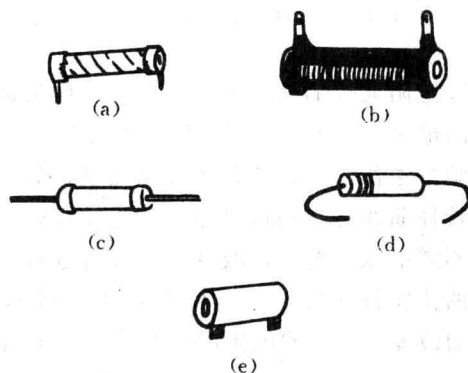


图1-7 几种常用电阻器的外形

(a) 碳膜电阻 (b) 线绕电阻 (c) 金属膜电阻
(d) 合成电阻 (e) 瓷釉电阻