

高等学校试用教材

电子技术基础

武汉地质学院无线电电工教研室 编

地质出版社

简 介

本书是根据1977年8月地质院校教材编写分工会议提出的要求编写的,可作为地质部门高等学校地质类专业(包括地球物理探矿专业)的电子技术基础课程试用教材,也可供有关工程技术基础课程试用,并可供有关工程技术人员参考。

全书共分两编十七章,第一编(一至五章)为电路基础部分,第二编(六至十七章)为半导体电路部分。

本书由武汉地质学院无线电电工教研室编写,并由长春地质学院仪器系审阅。

电子技术基础

武汉地质学院无线电电工教研室 编

责任编辑:李沐荪

*

地质部教育司教材室编辑

地质出版社出版

(北京西四)

地质印刷厂印刷

(北京安德路47号)

新华书店北京发行所发行,各地新华书店经售

*

开本:787×1092¹/₁₆.印张:34³/₈.字数:806,000

1980年12月北京第一版.1980年12月北京第一次印刷

印数1-8,840册.定价6.20元

统一书号:15038.教96

前 言

本书根据1977年8月召开的“全国地质院校教材编写分工会议”提出的任务和要求而编写，在制定编写大纲时，贯彻了1977年12月教育部召开的高等学校工科基础课电工、无线电教材会议精神。

电子技术基础是一门地质专业（包括物理探矿专业）的技术基础课程。在本课程中，主要研究电子技术基础理论和基本方法，为学习专业和从事工程技术打好比较宽广的基础。为此，在本书中对基本概念、基本理论及基本分析方法都作了比较详细的阐述。

本书的重点内容是：电路基础部分中的几个主要定律和分析方法，半导体线性电路部分中的放大电路、反馈电路和微变等效电路，脉冲数字电路部分中的触发器和门电路。

本书注意到与物理的分工，避免了不必要的重复，至于部分内容如电路的基本定律、电路参数等，虽然都已在物理课中讲过，但为了加强理论的系统性和满足电子技术的需要，仍列入本书中，使学生在温故知新的基础上，对这些内容进一步地理解、巩固和加深。

本书的电路基础部分列入习题，有助于学生对电路理论计算方面的训练。

对本书内容的取舍、讲授的先后次序及习题的选择，完全由教师决定，一般应视专业需要、学时多少、后续课内容和学生的实际水平而定。其中带“*”的章节内容不必在课堂中讲授，可供学生了解参考。

本课程总学时定为200学时，其中实验不少于36学时，各部分学时（包括实验）的分配比例，我们建议如下，以供参考：

电路基础50学时，半导体线性电路90学时，脉冲数字电路60学时。

本书由武汉地质学院无线电电工教研室编写，经长春地质学院仪器系主审，参加审稿会议讨论修改的还有中南矿冶学院、合肥工业大学、西安地质学院和成都地质学院。书中的图由武汉地质学院绘图室清绘。

由于编者能力有限，本书内容难免有错误和不妥之处，希望读者，特别是使用本书的教师和同学提出批评和改进意见，以便今后修订提高。

编 者

1979.10

目 录

第一编 电路基础

第一章 电路的基本概念和基本定律	1
第一节 概述	1
第二节 直流电路的基本定律	4
一、欧姆定律	4
二、基尔霍夫定律	5
三、分压器与分流器	7
四、焦耳楞次定律	10
五、负载获得最大功率的条件	10
第二章 直流电路的分析	18
第一节 电压源和电流源	18
一、电压源	18
二、电流源	19
三、电压源与电流源的等效变换	20
第二节 回路电流法	21
第三节 节点电压法	24
第四节 迭加定理	26
第五节 戴维南定理和诺顿定理	29
一、戴维南定理	29
二、诺顿定理	31
第六节 受控源	32
第七节 无源星形网络与三角形网络的等效互换	33
一、星形网络与三角形网络及其等效关系	33
二、将 Δ 形网络等效为 Y 形网络 ($\Delta - Y$)	34
三、将 Y 形网络等效为 Δ 形网络 ($Y - \Delta$)	35
第三章 正弦交流电路	41
第一节 引言	41
第二节 正弦交流的各种量值	41
一、正弦量的瞬时值和最大值	41
二、周期、频率和角频率	42
三、相位与相位差	43
四、正弦交流电的有效值	44
第三节 电路的参数	46
一、电阻	47
二、电感	47
三、电容	48

第四节	正弦信号的相量表示法	50
一、	复数的四则运算	50
二、	正弦函数的复数相量表示	52
第五节	单一参数的交流电路	54
一、	纯电阻电路	54
二、	纯电感电路	55
三、	纯电容电路	59
第六节	交流电路的串联与并联	62
一、	电阻与电感串联电路	62
二、	电阻与电容串联电路	64
三、	电阻、电感与电容串联电路	66
四、	电阻、电感与电容并联电路	68
五、	复数阻抗的串并联电路	70
第七节	谐振电路	71
一、	串联谐振	71
二、	并联谐振	77
三、	实际电感线圈和电容器的并联电路	77
第八节	电路的频率特性	80
一、	双口网络的传输特性	80
二、	滤波器的概念	82
三、	几种常见的 $R-C$ 电路的传输特性	83
第九节	耦合回路	87
第十节	变压器	90
一、	变压器的基本结构	90
二、	变压器的基本特性	91
三、	变压器的分类和结构形式	94
第十一节	三相交流电简介	95
一、	三相电源	95
二、	三相电源的联接法	96
三、	三相负载的联接法	97
第四章	非正弦信号与非线性电路	105
第一节	非正弦周期信号	105
第二节	非正弦周期信号的频谱	106
第三节	非正弦周期信号的有效值平均值与平均功率	111
一、	有效值	111
二、	平均值	112
三、	平均功率	113
第四节	付里叶级数的复数形式	113
第五节	周期信号通过线性电路的分析方法	117
*第六节	非周期信号的频谱	121
第七节	非线性电阻电路	123
一、	非线性电阻的特性	124

二、非线性直流电路的图解法	125
三、非线性电阻电路中信号频谱的改变	125
第五章 简单线性电路中的过渡过程	129
第一节 概述	129
第二节 过渡过程的解法	131
第三节 RC 串联电路中的过渡过程	132
一、电容对电阻的放电	132
二、 RC 电路与直流信号的接通 ($u_c(0) = 0$)	134
三、 RC 电路与直流信号的接通 ($u_c(0) \neq 0$)	136
第四节 RC 电路对矩形脉冲信号的响应	138
一、 $\tau \ll t_u$	139
二、 $\tau \gg t_u$	140
第五节 RL 串联电路中的过渡过程	140
一、 RL 串联电路与直流信号的接通	140
二、 RL 电路的断开	141
三、电感线圈与交流电源的接通	142
*第六节 电容器通过电感器的放电	143
一、 $\left(\frac{R}{2L}\right)^2 > \frac{1}{LC}$	143
二、 $R^2 = \frac{4L}{C}$	144
三、 $\left(\frac{R}{2L}\right)^2 < \frac{1}{LC}$	144

第二编 半导体电路

第六章 晶体管的工作原理	148
第一节 半导体的基本知识	148
一、半导体的导电基本原理	148
二、本征半导体	148
三、杂质半导体	150
第二节 晶体二极管	151
一、 PN 结的形成	151
二、 PN 结的单向导电性	152
三、晶体二极管的伏安特性和参数	153
四、硅稳压二极管	156
第三节 晶体三极管的工作原理	157
一、晶体三极管的结构	157
二、晶体三极管的电流放大作用	157
三、晶体三极管的输入、输出特性	160
四、晶体三极管的参数	164
五、国产半导体器件型号命名法	168
第七章 晶体管交流放大器	169

第一节	概述	169
第二节	放大器的图解分析法	169
一、	单管共射交流放大电路	169
二、	放大器的图解分析法	171
三、	晶体三极管的三个工作区	185
四、	单管交流放大器直流工作点的估算	187
第三节	放大器的等效电路分析法	188
一、	微变等效电路的提出	188
二、	$\ll h \gg$ 参数	190
三、	$\ll h \gg$ 参数的获得	191
四、	阻容耦合共射放大电路的微变等效电路分析法	197
五、	T 型等效电路	204
第四节	晶体三极管放大器工作点的稳定	205
一、	更换晶体管时引起工作点的改变	205
二、	晶体管结温变化引起工作点的改变	206
三、	稳定工作点的典型电路	207
第五节	多级放大器	210
一、	多级放大器的级间耦合方式	210
二、	多级放大器放大倍数的估算	212
三、	关于分贝的概念	214
四、	放大器的频率响应	216
* 五、	对数坐标频响曲线的折线近似描图法	225
六、	R_c 和 C_c 对放大器频率特性的影响	229
第八章	负反馈放大器	235
第一节	关于负反馈放大器的基本概念	235
一、	概述	235
二、	电流串联负反馈	236
三、	电压并联负反馈	238
四、	负反馈放大器的分类	242
第二节	负反馈对放大器性能的改善	242
一、	提高放大倍数的稳定性	242
二、	改善放大器频率特性	243
三、	减小非线性失真	244
四、	抑制内部噪声	246
第三节	基本负反馈放大电路的分析	246
一、	电流串联负反馈放大器	247
二、	电压并联负反馈放大器	250
三、	射极输出器—电压串联负反馈放大器	254
四、	电流并联负反馈放大器	258
第四节	寄生反馈和放大器的稳定性	262
一、	由直流电源内阻引起的寄生反馈	262
二、	由地线电阻引起的寄生反馈	263
三、	由分布电容引起的寄生反馈	263

第九章 场效应管放大器	266
第一节 场效应管的工作原理	266
一、结型场效应管	266
二、绝缘栅场效应管	268
三、场效应管的使用注意事项	272
第二节 场效应管放大器	272
一、静态工作点	272
二、场效应管的微变等效电路	274
三、场效应管放大器的放大倍数和输入、输出电阻	275
四、源极输出器简介	276
第十章 直流放大器	277
第一节 直流放大器的主要问题	277
一、直流放大器的特点	277
二、直流放大器的级间耦合	278
三、直流放大器产生零点漂移的原因及温度补偿电路	281
第二节 差动放大器	282
一、差动放大器的工作原理	282
二、差动放大器典型电路的分析	284
三、对称差动放大器分析举例	286
第三节 差动放大器的改进	288
一、利用“对管”构成差动放大器	288
二、恒流源电路	288
三、共模负反馈电路	289
第四节 单端式差动放大器	290
一、零点漂移的抑制	290
二、电压放大倍数和输入电阻、输出电阻	291
三、单端式差动放大器的分析	293
第五节 场效应管直流放大器	294
第六节 调制型直流放大器	295
一、调制型直流放大器的组成	295
二、调制器	295
三、解调器	298
第十一章 运算放大器和线性集成电路	300
第一节 运算放大器的基本工作原理	300
一、输入电压和输出电压的关系	300
二、输入电阻和输出电阻	303
第二节 运算放大器的应用	304
一、运算放大器的主要运算功能	305
二、运算放大器的其它应用举例	308
三、对运算放大器的基本要求	309
第三节 线性集成电路	312
一、集成电路简介	312

二、BG305线性组件的电路和工作原理	312
三、常用线性组件的主要性能参数	314
四、集成运算放大器在使用中常遇到的一些问题	317
第十二章 功率放大器	320
第一节 概述	320
第二节 单管功率放大器	320
一、电路特点	320
二、利用变压器进行阻抗变换	321
三、工作状态分析	321
四、输出功率和效率	322
五、关于非线性失真问题	324
第三节 推挽功率放大器	325
一、放大器的工作状态	325
二、推挽放大电路的组成和工作原理	325
三、输出功率、效率和管耗	327
四、交越失真	330
第四节 无变压器推挽功率放大器	330
一、互补对称式推挽放大电路	331
二、复合互补对称式推挽功率放大电路	335
三、集成功率放大器	336
第五节 功率放大管的散热问题	339
第十三章 选频放大器	340
第一节 LC调谐放大器	340
一、单回路调谐放大器	340
二、双回路调谐放大器	344
第二节 RC选频放大器	347
一、RC选频网络	348
二、双T电桥和放大器的连接	352
三、RC选频放大器的频率特性	353
四、双T电桥选频放大器的调整	355
第十四章 正弦波振荡器	357
第一节 LC振荡器	357
一、产生正弦振荡的基本原理	357
二、变压器反馈的LC振荡器	358
三、电感三点式振荡器	362
四、电容三点式振荡器	362
五、LC振荡器的应用实例	363
第二节 RC振荡器	366
一、文氏电桥振荡器	366
二、RC移相振荡器	368
三、RC振荡器的应用实例	369
第三节 石英晶体振荡器	370

一、工作于并联谐振频率的晶体振荡器	371
二、工作于串联谐振频率的晶体振荡器	373
第十五章 电源	375
第一节 整流电路	375
一、电阻性负载整流电路	375
二、电抗性负载整流电路	378
第二节 平滑滤波器	383
一、电感型滤波器	384
二、电容型滤波器	385
三、LC型滤波器	386
四、 π 型滤波器	387
五、RC型滤波器	387
第三节 晶体管稳压电路	388
一、稳压电路的主要质量指标	388
二、硅稳压管稳压电路	389
三、串联式稳压电路	391
第四节 直流变换器	396
一、单管式变换器	396
二、推挽式变换器	397
第五节 可控硅元件及其应用	397
一、可控硅的结构及工作原理	397
二、可控硅的伏安特性和参数	398
三、单结晶体管触发电路	399
四、可控硅的应用举例	402
第十六章 脉冲电路	404
第一节 概述	404
第二节 基本的脉冲变换电路	405
一、微分电路与积分电路	405
二、限幅电路	407
三、箱位电路	410
第三节 晶体管的开关过程	411
第四节 晶体管反相器	413
一、反相器的基本工作原理	413
二、加速电容的作用	415
三、反相器中晶体管的功耗及其负载能力	415
四、稳定的输出幅度和改善输出波形的前沿	416
第五节 双稳态触发器	418
一、工作原理	418
二、触发方式	419
第六节 射极耦合双稳态触发器	424
一、工作原理	424
二、回差产生的原因	426

三、减小回差电压的措施	426
四、射极耦合触发器的应用	427
第七节 单稳态触发器	429
一、集-基耦合单稳态电路	429
二、射极耦合单稳态电路	433
第八节 多谐振荡器	435
一、工作原理	435
二、电路的改进	436
第九节 间歇振荡器	438
一、脉冲变压器	438
二、间歇振荡器的工作原理	439
第十节 锯齿波发生器	441
一、简单的锯齿波产生电路	442
二、自举电路	443
三、电容负反馈锯齿波发生器(密勒积分电路)	444
第十七章 数字集成电路	
第一节 逻辑电路	449
一、基本逻辑电路	450
二、DTL“与非”门电路	454
三、TTL“与非”门电路	455
第二节 数字逻辑基本知识	464
一、数的二进制	464
二、逻辑代数	466
第三节 发射极耦合逻辑集成电路(ECL)	475
一、工作原理	475
二、典型发射极耦合逻辑集成电路	476
第四节 集成电路触发器	477
一、集成门电路组成的触发器	477
二、集成单元触发器	485
三、触发器的转换	489
第五节 MOS集成电路	491
一、PMOS反相器	492
二、CMOS集成电路	494
第六节 寄存器和计数器	500
一、寄存器	500
二、计数器	503
第七节 译码器和显示器	519
一、译码器	519
二、显示器	522
*第八节 模-数与数-模转换	528
一、数-模(D-A)转换	529
二、模-数(A-D)转换	531

第一编 电路基础

第一章 电路的基本概念和基本定律

第一节 概 述

电路是由电源和电路元件（电阻器、电感器、电容器等）以导线作种种形式的联接所组成的总体。例如图 1.1—1 就是一个由电源 E ，电阻器 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 和检流计 G 组成的电桥电路。

电路中发生的物理过程都与电磁现象有关。因此按照电路元件相联系的物理现象，基本电路元件有三种：（1）电阻元件，其特征是能把电磁能转换成其它形式的能量，其性能以参数 R 来表示；（2）电感元件，只表征与电路相联系的磁场现象，其性能以参数 L 来表示；（3）电容元件，只表征与电路相联系的电场能量，其性能以参数 C 来表示。人们设计制造某种电路元件，就是要利用它的主要物理性质，例如制造一个电感器，为的是要利用它能储存磁场能量的性质。但在事实上不可能制造出只表现上述单一物理性质的元件。以电感器为例，它是由导线绕制而成的，因此不可避免要带有电阻，在电感器的线匝之间以及与邻近导体之间还存在分布电容。又如一个电阻器，电流流过时也会产生磁场，因此避免不了要带有一些电感的性质。如果把这些因素都加以考虑，往往对分析电路带来了困难。为了便于电路的分析计算，有必要在一定条件下把实际部件加以近似化、理想化，也就是忽略它的次要性质，用一个足以表征其主要性能模型来表示，这就是由纯电阻，纯电感和纯电容等理想元件组成的模型。例如白炽灯的电感是极其微小的，可以看作是一个理想电阻元件。又如电感器的分布电容在较低频率运用时，完全可以忽略不计。今后我们所研究的电路，一般都是这种由理想元件构成的电路。但是，在不同的条件下，同一元件须用不同的

电路模型来表征。例如电阻器在电流频率甚低时，可以用纯电阻元件的模型来表示，如图 1.1—2（a），但在很高频率下运用时，电阻器的引线及其自身的电

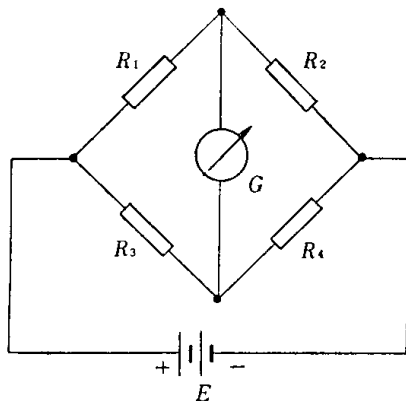


图 1.1—1

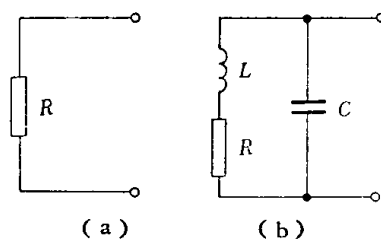


图 1.1—2

感就需要予以考虑，而且它本身各部分之间以及它与邻近导体之间所形成的电容也已不能忽视，这时它的电路模型将如图1.1—2（b）所示。

这种用电感与电容集中表现电磁场效果的电路称为集中参数电路，只适用于信号频率不甚高——确切些说，只限于信号波长甚大于元件尺寸的情形。当元件尺寸与波长可相比拟时，就要用所谓分布参数电路的理论来进行分析。这不在我们的讨论范围之内，本书只限于研究集中参数电路。

与电路一词常相通用的另一术语为网络，两者没有明显区别。通常把有两个对外连接端点的电路称为二端网络（或称一端对网络），如图1.1—2所示的就是二端网络。如果网络内部包含有电源，则称为有源二端网络。有的电路有两对端钮向外连接，称为双口网络（也称二端对网络），其中一对端钮与电源（信号源）联接，称为输入端，另一对端钮与负载联接，称为输出端。

电路分析的主要目的是研究给定电路中对于外加电压或电流的响应。在电子电路中，常常要研究对电路施加一个信号后，电路各部分出现的电压，电流的大小及波形等。所加的信号称为对电路的激励，在信号作用下电路各部分产生的电压与电流称为电路的响应。

在开始分析电路之前，先复习一下描述电路的物理量。

电流——带电粒子有秩序的运动形成电流。单位时间内通过导体横截面的电量定义为电流强度。电流强度常简称为电流，用符号 i 表示，即：

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.1-1)$$

电流是有方向的，通常所说电流的方向是指正电荷运动的方向。如果在任一瞬间通过导体横截面的电量都是相等的，而且方向也不随时间变化，则这种电流叫做恒定电流，简称直流。在国际单位制（即以米、千克、秒、安培为基本单位）中，电流的单位是安培，简称安，用符号 A 表示。（1 安培 = 1 库仑/秒）。在电子电路中，常取毫安（mA）、微安（ μA ）甚至纳安（nA）作为电流单位，它们之间的换算关系是：

$$1A = 10^3 mA = 10^6 \mu A = 10^9 nA$$

虽然电流的方向是指正电荷移动的方向，但在求解较复杂的电路时，往往难以事先判断电流的真实方向。这时可以先假定一个电流的方向，在图中用箭头表示，然后根据电路基本定律求解，如求出的结果为负值，则说明电流的实际方向与所假定的方向相反。由此可见，通过在电路中假定了一个电流方向之后，电流的真实方向就可以由电流的正负值来指示，所假定的电流方向就称为电流的参考方向，也称为电流的正方向。电流为正值的表示电流真实方向与参考方向是一致的，电流为负值时表示两者相反。显然，在未标示参考方向的情况下，谈论电流的正负值是没有意义的。

在交流电路中。电流的真实方向是随时间作周期性变化的，有了参考方向的概念后，在电路图中仍可以标示出电流的正方向，结合电流的表示式，就可以判断在不同时刻时电流的真实方向了。

电压——是表示电场作功能力的物理量。设电场把正电荷 q 从 a 点移到 b 点所做的功为 A ，则 a 点到 b 点间的电压，

$$U_{ab} = \frac{A}{q} \quad (1.1-2)$$

A 的单位为焦耳, q 的单位为库仑, 而电压的单位为伏特, 简称伏, 符号为 V 。

电压的方向规定为电场力推动正电荷运动的方向, 即由 a 点指向 b 点, 在电路图中用箭头表示, 如图 1.1—3。有时也用电压的极性来表示电压的方向, 如 a 为 “+”, b 为 “-”, 就表示电压的方向是由 a 到 b 。

如同为电流规定参考方向一样, 对于电压来说, 同样有必要规定一个参考方向或参考极性。当电压为正值时表示电压的实际方向 (或极性) 与参考方向 (或极性) 一致, 而电压为负值时表示二者相反。

在分析电路问题时, 既需要选定电流的正方向, 也需要选定电压的正方向, 原则上讲, 这两个方向可以任意选定, 彼此独立无关。但为了方便起见, 常采用关联的参考方向, 即使电流的正方向与电压的正方向选择得一致, 如图 1.1—3 所示, 今后分析电路都采用这种选定方法。

为了便于分析, 在电路中常选一点 O 作为参考点, 而把任意点 a 与参考点之间的电压 U_{ao} 称为 a 点的电位 U_a , 这样, 参考点 O 的电位 $U_o = 0$, 所以参考点又称为零电位。参考点选择是任意的, 选取不同的点作为零电位, 电路中各点的电位数值也就不同了。但是, 零电位点一经选定后, 各点电位就只能有一个数值, 这叫做电位单值性。

在电工上常常选大地作为参考点, 即认为大地电位为零; 在电子电路中则常选一条特定的公共导线作为参考点, 这条公共线常是许多元件的汇集处, 且与机壳相联接, 这条线也叫“地线”。参考点也用接地符号“ $\perp$ ”表示。在电路图中不指定参考点而谈论电位是没有意义的。

有了零电位, 电路中 a 点到 b 点的电压就可以用两点的电位差来表示:

$$U_{ab} = U_a - U_b$$

所以电压又有“电位差”之称。电位的单位也是伏。

〔例 1—1〕 图 1.1—4 所示一段电路是由两个电池串接, 每个电池的电压为 3 伏, 如分别取 a 点和 b 点为参考点, 求各点的电位和任意两点之间的电压。

〔解〕 图 1.1—4 (a) 中

$$U_a = 0, \quad U_b = 3V, \quad U_c = 6V$$

而在图 1.1—4 (b) 中

$$U_b = 0, \quad U_a = -3V, \quad U_c = 3V$$

但是, 不论以哪一点为参考点, 都有

$$U_{ba} = U_b - U_a = 3V, \quad U_{ab} = U_a - U_b = -3V$$

$$U_{cb} = U_c - U_b = 3V, \quad U_{bc} = U_b - U_c = -3V$$

$$U_{ca} = U_c - U_a = 6V, \quad U_{ac} = U_a - U_c = -6V$$

可见, 电路中任意一点的电位值与零电位的选择有关, 而任意两点间的电位差 (即电

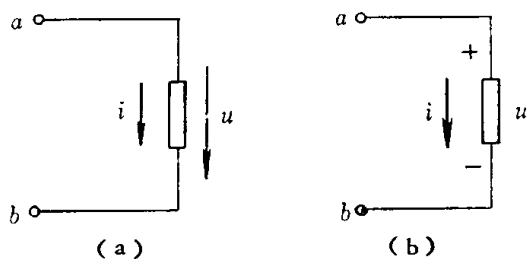


图 1.1—3

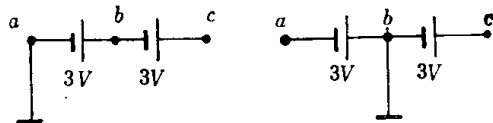


图 1.1—4

压)与零电位的选择无关。

第二节 直流电路的基本定律

电动势、电压与电流等方向、大小不随时间而变的电路,称为直流电路。如电路中的参数(电阻或电导)又是线性的,即与其中电流、电压无关,则这种电路称为线性直流电路。在直流电路中,由于电流和电压不随时间而变,因此电路的磁场和电场也不变,所以不会产生自感电势和互感电势;在电路周围的电介质也不会产生位移电流。因而表征电路元件物理特性的参数只有一个,即电阻 R ,至于电感 L 和电容 C 将在第三章介绍。

线性直流电路的基本定律有:欧姆定律,基尔霍夫定律和焦耳——楞次定律。它们是电路中电流和电压所遵循的规律。

一、欧姆定律

实验证明:当导体的温度不变时通过一段无源支路的电流与支路两端的电压成正比,这就是欧姆定律。当电压和电流的正方向选得一致的情况下,如图 1.2—1 所示,则

$$I = \frac{U}{R} \quad (1.2-1)$$

式中比值 $R(=\frac{U}{I})$ 是个常数,它是表示这段电路对电流呈现着一种阻力的物理量,称为电阻,常用字母 R (或 r)表示。式(1.2—1)也可写成下列形式:

$$U = IR$$

就是说,当电流 I 通过电阻 R 时产生电位的下降,其数值等于电流与电阻的乘积。

电阻的单位是欧姆(伏/安),简称欧(Ω)。计量高电阻时常用千欧($K\Omega$)或兆欧($M\Omega$)为单位。

电阻的倒数称为电导,即 $G = \frac{1}{R}$,它是表示一段电路导电能力的一个物理量。电导的单位为西门子(S),或“姆欧”($\mathcal{U}$), (西门子=1/欧),在此情况下,欧姆定律可写成:

$$I = \frac{U}{R} = UG$$

如果电阻是一个常数,与通过它的电流无关,这样的电阻称为线性电阻。线性电阻上的电压和电流关系是遵守欧姆定律的。表示一个元件电压与电流关系的图形称为此元件的伏安特性曲线。显然线性电阻的伏安特性是一条经过坐标原点的直线。如图 1.2—2 所示。

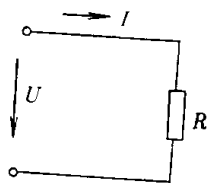


图 1.2—1

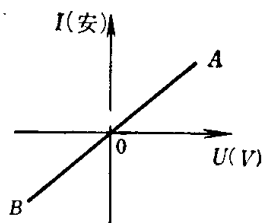


图 1.2—2

它的阻值可由直线的斜率来确定，是一个常数。

严格地说，线性电阻是不存在的。例如，金属导体内通过不同的电流时，导体的温度就不同，而导体的电阻又是随温度而变化的，因此导体通过不同电流时，导体的电阻也随着改变，不能保持为常数。常用的电阻器（如金属膜电阻，炭膜电阻等）在应用时，温度变化范围不大，阻值改变微小，可以近似地把它们作为线性电阻来考虑。

如果电阻值与通过它的电流和施于其两端的电压有关，即当电流和电压改变时，电阻的数值也随之而变，这样的电阻称为非线性电阻。很明显，非线性电阻上的电压和电流关系是不遵守欧姆定律的。其伏安特性与直线相差很大。图 1.2-3 给出某半导体二极管的伏安特性。二极管是一个非线性电阻，因而它的伏安特性就不是一条直线。

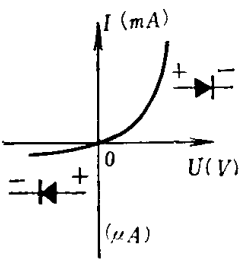


图 1.2—3

以后在没有特别说明时，所讨论到的电阻都是指线性电阻。

二、基尔霍夫定律

先介绍有关电路的几个名词：支路，电路中的每个分支叫支路，在同一支路内各元件通过的电流是一样的。如图 1.2—4 中 $bafe$ 、 be 、 $bcde$ 都是支路。支路 be 中有电源，称为有源支路；支路 $bcde$ 中没有电源，则称为无源支路。

节点（结点）节点是三个或更多个支路的汇接点。如图 1.2—4 中有 b 、 e 两个节点。支路是联接两个节点的一段电路。

回路 电路中的任一闭合路径称为回路。如图 1.2—4 中有三个回路 $befab$ 、 $bcdeb$ 、 $bcdefab$ 。

网孔 在其内部没有支路的回路，即单孔回路称为网孔。如图 1.2—4 中 $befab$ 、 $bcdeb$ 是网孔， $bcdefab$ 不是网孔。

（一）基尔霍夫第一定律（节点电流定律）

基尔霍夫电流定律是用来确定节点处电流间关系的。由于电流的连续性，电路中任何一点（包括节点）均不能堆积电荷。因此流向节点的电流之和应该等于由节点流出电流之和。

在图 1.2—5，对节点 O 可以写出

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$$

上式可改写为：

$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 - I_5 = 0$$

或

$$\sum I = 0 \tag{1.2-3}$$

即电路中任一节点处，电流的代数和恒等于零。如规定流入节点的电流取正号，则流

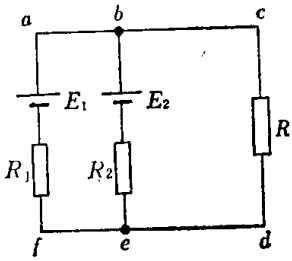


图 1.2—4

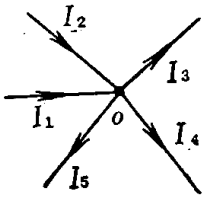


图 1.2—5

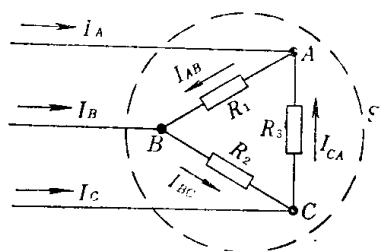


图 1.2—6

出的电流取负号。

节点电流定律通常用于节点，但对包围着几个节点的封闭面也是适用的。如图1.2—6所示电路中，封闭面S内有三个节点A、B、C。在这些节点处，分别有：（电流的方向都是参考方向）

$$I_A = I_{AB} - I_{CA}, \quad I_B = I_{BC} - I_{AB}, \quad I_C = I_{CA} - I_{BC}$$

将上面三式相加，便得： $I_A + I_B + I_C = 0$ 或 $\Sigma I = 0$ 。

可见，通过任一封闭面的电流的代数和也等于零。这是因为封闭面内也不能堆积电荷。

（二）基尔霍夫第二定律（回路电压定律）

基尔霍夫电压定律是确定回路中电压间的关系的。根据电位的单值性，从电路中某一点出发走一圈回到原来的那一点，其电位不应发生变化。也就是说，在这一闭合回路中，绕行一周时电位升的总和应等于电位降的总和。

今以图1.2—7的回路为例，图中电源电动势和电流的正方向均已定出。按照虚线所示绕行一周，应得

$$E_1 - E_2 - I_1 R_1 + I_2 R_2 = 0 \quad (1.2-4)$$

或

$$\Sigma E = \Sigma IR \quad (1.2-5)$$

上式表明：在电路的任一闭合回路中，电动势的代数和等于电阻上电压降的代数和。其中电动势方向与回路绕行方向一致的是正，相反的为负。电流通过电阻产生电压降方向与回路绕行方向一致是正，相反的为负。回路绕行方向可事先任意假定。

式1.2—4可写改为：

$$-E_1 + E_2 - I_2 R_2 + I_1 R_1 = 0$$

因为 $U_{aa} = -E_1$ 、 $U_{ab} = E_2$ 、 $U_{bc} = -I_2 R_2$ 、 $U_{cd} = I_1 R_1$

所以 $U_{aa} + U_{ab} + U_{bc} + U_{cd} = 0$

或 $\Sigma U = 0$

(1.2—6)

即电路中任一回路内各段电压的代数和为零。

〔例1—2〕 图1.2—8所示桥式电路，已知 $I_1 = 25\text{mA}$ ， $I_3 = 16\text{mA}$ ， $I_4 = 12\text{mA}$ ，求其余各电阻中的电流。

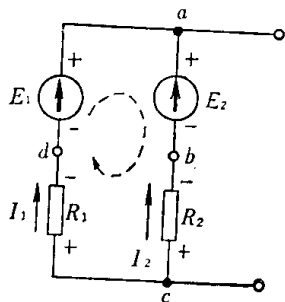


图 1.2—7

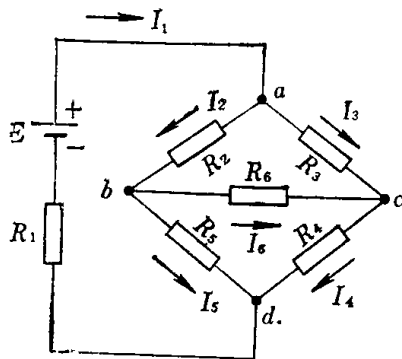


图 1.2—8

〔解〕 先假定未知电流 I_2 、 I_5 、 I_6 的正方向，如图所示。

在节点a，得：

$$I_1 = I_2 + I_3$$