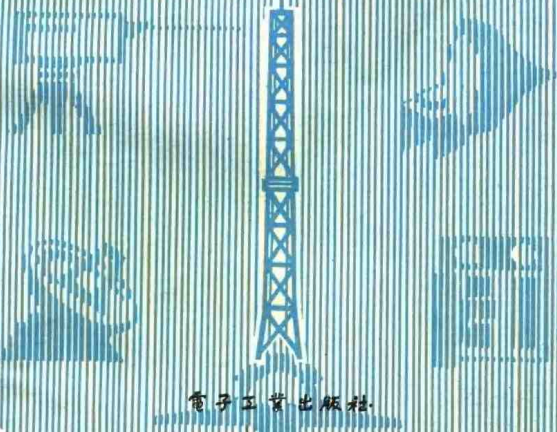


中等专业学校教材

电路与信号

吴祖耀 编

电子工业出版社



内 容 简 介

本书根据中等专业学校四年制工科电子类无线电技术专业的教学计划要求,将原来《电工基础》的电路部分与《无线电基础》的主要内容融会贯通,成为前后统一的电路基础理论新教材。

全书共有十三章,包括直流电路、交流电路、动态元件、互感耦合电路、谐振电路、非正弦电路、磁路、变压器、动态电路、线性网络、滤波器、传输线和无线电信号。书中配备一定数量的例题和习题,每章结尾附有小结,有助于读者自学和思考。

本书可作为中等专业学校工科电子类无线电技术专业的教材,也可供有关工程技术人员参考,还可作为有关职业学校的培训教材。

电路与信号

吴祖耀 编

责任编辑:王玉国

电子工业出版社出版(北京市海淀区万寿路)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
北京密云华都印刷厂印装

开本:787×1092毫米 1/16 印张:31.25 字数:800千字

1989年9月第一版 1989年9月第一次印刷

印数:1—5,000册 定价:5.60元

ISHN 7-5053-0588-3/TN·216

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定,我部承担了全国高等学校、中等专业学校工科电子类专业教材的编审、出版的组织工作。由于各有关院校及参与编审工作的广大教师共同努力,有关出版社的紧密配合,从1978年至1985年,已编审、出版了两轮教材,正在陆续供给高等学校和中等专业学校教学使用。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应“三个面向”的需要,贯彻“努力提高教材质量,逐步实现教材多样化,增加不同品种、不同层次、不同学术观点、不同风格、不同改革试验的教材”的精神,我部所属的七个高等学校教材编审委员会和两个中等专业学校教材编审委员会,在总结前两轮教材工作的基础上,结合教育形势的发展和教学改革的需要,制订了1986~1990年的“七五”(第三轮)教材编审出版规划。列入规划的教材、实验教材、教学参考书等近400种选题。这批教材的评选推荐和编写工作由各编委会直接组织进行。

这批教材的书稿,是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中经院校推荐,由编审委员会(小组)评选择优产生出来的。广大编审者、各编审委员会和有关出版社为保证教材的出版和提高教材的质量,作出了不懈的努力。

限于水平和经验,这批教材的编审、出版工作还会有缺点和不足之处,希望使用教材的单位,广大教师和同学积极提出批评建议,共同为不断提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

前 言

本教材系按电子工业部的工科电子类专业教材1986~1990年编审出版规划,由中专电子类专业教材编审委员会无线电技术编审小组征稿,推荐出版。责任编辑费乃正。

本教材由南京无线电工业学校吴祖耀同志担任主编,上海电子技术学校顾家俊同志担任主审。

本课程的参考学时数为200学时,其主要内容有直流电路、交流电路、动态元件、互感耦合电路、谐振电路、非正弦电路、磁路、变压器、动态电路、线性网络、滤波器、传输线和无线电信号。本书是将原来无线电技术专业《电工基础》的电路部分与《无线电基础》的主要内容揉合融化,按照现行的电路理论系统,编写成符合中专电路基础理论水平的统一新编教材。使用本教材时必须与有关课程密切配合,学生应具备《物理学》中的电磁学和《数学》中的行列式、微积分、双曲函数、傅里叶级数、常系数线性微分方程等基础知识。

本教材由南京无线电工业学校吴祖耀同志编写。参加审阅工作的还有江苏省公安专科学校刘群同志和南京电子器件研究所陈向真同志。南京无线电工业学校叶竞芬同志绘制了全部插图。另外,北京七一八厂浦文珠同志对本书的编写工作曾给予热忱支持。对于他们的认真指导和辛勤劳动,谨表深切的谢意。由于编者水平有限,因此书中难免存在一些缺点和错误,殷切希望各界同行和广大读者予以批评和指正。

编 者

1988年9月20日于南京

绪 论

一、无线电技术发展简史

无线电技术的发展始源于无线电报通讯。而后,用无线电波能够传送语言和音乐,便出现了无线电话和无线电广播。接着,图象亦能用无线电波传送,这就产生了无线电传真和电视。四十年代初期出现的雷达,除了在军事上满足了防空和导航的需要外,并且还带动了无线电天文学和无线电气象学的发展。电子计算机的诞生解决了庞大数据的计算困难和数学难题的近似求解,从而部分代替了人的脑力劳动,加快计算速度,于是也就推动了无线电技术的发展。火箭、导弹、人造卫星和宇宙航行的相继问世;出现了空间通讯、遥测、遥控和遥感等技术,把无线电技术推进到更高的发展阶段。近代的信息论和控制论应用到无线电技术中,促使自动控制技术得到迅猛发展,它不仅推动了生产高度自动化,而且制造出了具有各种功能的机器人。

现在,不论是宇宙空间的核子、粒子等学科的研究,还是从工农业生产到社会、家庭生活,许多领域都离不开无线电技术。从相当于人的器官功能来说,无线电话、电视、雷达是延伸和扩展了眼和耳的功能;电子计算机是延伸和扩展了大脑的部分功能。人类的感觉器官和大脑联合工作,能感知、传递和处理信息。目前已经发展起来的各种控制系统正是部分地模拟、延伸和扩展了人类对于信息的感知、传递和处理,从而起到综合运用控制功能。

无线电技术的发展是与电子器件的发展紧密结合的。电子器件是无线电设备的核心元件,无线电技术的发展向电子器件提出了新的要求,促进了电子技术的发展;一种新的电子器件出现,又反过来推动无线电技术的跃进。在无线电发展史上,电子管、半导体器件、激光器件和大规模集成电路的发明,都促使无线电技术发生突破性的进展。由于无线电技术的发展过程,也正是电子学的发展过程,因此就把无线电技术与电子学结合起来称为无线电电子学。

二、信号、信息和消息

无线电通信的任务主要是解决信息的传输问题,也就是将带有信息的电信号由发送者传送给接收者。这种电信号又称原始信号,简称信号。

要用某种物理方式表达的信息,除了采用语言、文字或图象外,还有收、发双方事先约定的编码。这些语言、文字、图象、编码等统称为消息。消息一般不能直接传输,必须利用变换设备把消息转变成便于传输的电信号。通常电信号是随着时间变化的电压或电流,这种变化是与语言的声音变化或者图象的色光变化相对应。变化着的电压或电流,分别构成了代表声音、图象和编码等消息的信号,于是在信号里也就包含了消息中所含有的信息。无线电技术就是要处理各种带有信息的信号。

三、通信系统的组成

一切信息的传输过程都可以看成是通信;一切完成信息传输任务的系统都是通信系

统。无线电话、电视、雷达和导航等等，都是属于通信系统。

以电视为例，它所传输的信息包含在配有声音的画面中。首先利用电视摄像管把画面的光线、色彩转变成图象信号，并利用话筒把声音转变成伴音信号。然后将这些带有信息的信号送入电视发射机，它能够对信号进行处理，产生一种反映信号变化并便于传播的高频电信号。最后由天线将高频电信号转换为电磁波发射出去，使其在空间传播。电视接收者用接收天线截获了电磁波的很小一部分能量，送入电视接收机。它的作用与电视发射机相反，对由电磁波转换而来的高频电信号进行处理，从中恢复出来原来的图象信号和伴音信号，把它们分别送入显象管和喇叭，使接收者能够看到原来的画面，并听到配有的伴音。整个过程可以用一个简明的方框图来表示，如图0-1所示。这个方框图简单地表示了—般通信系统的组成。其中，变换器是指把消息转换为电信号或者反过来把电信号还原



图0-1 通信系统的组成

成消息的装置，如摄像管、显象管、话筒、喇叭等等。信道是指信号传输的通道：在有线通信系统中，它是一对导线；在无线通信系统中，它可以是空间或者是卫星通信中的人造卫星，也可以是波导、同轴电缆；在近来发展起来的光纤通信中，它是导光纤维。

四、信号的调制及其种类

在无线电通信中，原始信号具有很复杂的波形，但它可以分解成许多不同频率的正弦分量之和。由于频率越高的正弦分量，其振幅值越小，因此频率高于某一数值的正弦分量便略去不计。这样，一个原始信号可以看成是由若干正弦分量组成，它们分布在从低到高的频段上，形成信号占有一定的频带。

通常，原始信号中所包含的正弦分量，其频率都比较低，例如由声波转换而来的音频信号，它的频带约为16赫到15000赫。

由于低频信号几乎没有辐射能力，只有高频振荡才能向空间辐射电磁波，因此需要利用高频振荡来携带音频信号，使它依附在高频振荡中辐射出去。具体做法是由音频信号来控制等幅高频振荡，这种控制过程被称为调制。

调制有调幅、调频和调相三种类型，它们分别是用音频信号去调制等幅高频振荡的振幅、频率和初相。经过调制以后的高频振荡称为已调振荡或已调波。由于等幅高频振荡起着运载音频信号的运输工具作用，因此被称为载波，它的频率从几百千赫到几百兆赫，被称为载频或射频。音频信号起着控制等幅高频振荡的作用，被称为控制信号或调制信号。调制信号和已调振荡合称无线电信号。

属于原始信号的调制信号可分为规则信号和不规则信号。前者的电流或电压是一个确定的时间函数，当给定某一时间值时，函数有确定的数值；后者的电流或电压不是一个确定的时间函数，当给定某一时间值时，电流或电压的数值并不确定，通常只知取某一数值的概率，所以不规则信号是一个随机过程。规则信号又分为周期信号和非周期性信号。前者除最简单的正弦波之外，还有各种形状的非正弦波；后者没有一定的周期，最常见的是单脉冲波。

五、信号的时域分析和频域分析

对于信号的表示和分析，目前有时域分析和频域分析两种方法。

如果用时间函数来表示信号，例如用数学式子 $u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi)$ V 来表示正弦信号；用数学式子 $i(t) = (10\sin\omega_1 t + 8\sin 2\omega_1 t + 6\sin 3\omega_1 t + 4\sin 4\omega_1 t + 2\sin 5\omega_1 t)$ mA 来表

示周期性非正弦信号，那末利用这些数学式子的时间特性来分析信号就被称为信号的时域分析。

如果把一个信号所包含的各个频率分量用长度与各次谐波振幅大小相对应的线段来表示，并按频率的高低把它们排列起来，那末就得到这个信号的频谱图。例如上面的周期性非正弦信号，它的频谱图如图 0-2 所示。这种利用频谱图的频率特性来分析信号的方法被称为信号的频域分析。

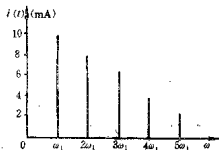


图 0-2 周期性非正弦信号的频谱图

六、无线电波的波段划分

无线电波是属于波长较长的一种电磁波。波长最长的达二、三万米；最短的仅几百微米。对于这样宽广的范围，有必要将其划分为若干假设的区段，它们被称为波段。划分波段的依据主要是无线电波传播的特性；其次是无线电波的产生、接收和放大的方法。无线电波按波长划分的波段如表 0-1 所示；按频率划分的波段如表 0-2 所示。实用上有时把米波、分米波、厘米波和毫米波总称为超短波或超高频，亦有将分米波、厘米波和毫米波总称为微波。

表 0-1 无线电波按波长划分的波段

名 称	波 长 范 围	频 率 范 围
长 波	长于 3000 米	低于 100 千赫
中 波	200 米 ~ 3000 米	1500 ~ 100 千赫
中 短 波	50 ~ 200 米	6000 ~ 1500 千赫
短 波	10 ~ 50 米	30 ~ 6 兆赫
米 波	1 ~ 10 米	300 ~ 30 兆赫
分 米 波	0.1 ~ 1 米	3000 ~ 300 兆赫
厘 米 波	0.01 ~ 0.1 米	30000 ~ 3000 兆赫
毫 米 波	短于 0.01 米	高于 30000 兆赫

表0-2 无线电按频率划分的波段

名 称	波 长 范 围	频 率 范 围
超 低 频	1000000~100000米	300赫~3千赫
甚 低 频	100000~10000米	3~30千赫
低 频	10000~1000米	30~300千赫
	1000~100米	300~3兆赫
高 频	100~10米	3~30兆赫
甚 高 频	10~1米	30~300兆赫
超 高 频	1~0.1米	300~3000兆赫
特 高 频	0.1~0.01米	3000~30000兆赫

七、单位制

现在,电磁理论的计算已经普遍采用《国际单位制》(SI)。它的基本单位是长度 为“米”;质量为“千克”;时间为“秒”;电流强度为“安培”。其他物理量的单位则根据其定义从这些基本单位导出。有关辅助单位的词冠,《国际标准化组织》有明确的规定,其中部分《国际单位制》的词冠如表0-3所示。

表0-3 部分《国际单位制》的词冠

词 冠		吉 伽 (giga)	兆 (mega)	千 (kilo)	毫 (milli)	微 (micro)	纳 诺 (nano)	皮 可 (pico)
符 号	中 文	吉	兆	千	毫	微	纳	皮
	国 际	G	M	k	m	μ	n	p
因 数		10^9	10^6	10^3	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}

八、电路分析与电路综合

近代的电路理论研究主要有《电路分析》和《电路综合》两种类型。前者是给定电路的结构型式和有关参数,通过计算电路各部分的电流和电压,从而可以研究电路的激励与响应之间的关系,分析电路的特性;后者是根据对电路特性的要求来设计电路的型式,通过计算电路元件的参数,从而确定电路的结构。

九、本书《电路与信号》的主要内容

本书《电路与信号》是无线电技术专业的重要基础理论课，着重研究线性电路和无线电技术的基本理论及其分析方法。它是为学习《电子线路》、《脉冲与数字电路》、《通信》、《电视》等无线电技术专业课奠定基础，属于《电路分析》范围。

本书的具体内容共有十三章。第一章和第二章首先阐明线性直流电路的基本概念和基本定理，它们都是电路理论的基础。第三章专门将动态元件集中，以突出储能元件的重要地位，并为分析正弦交流电路和动态电路作好准备。第四章全面详细地讨论了正弦交流电路的基本概念和基本定理，它是整个电路分析的核心。第五章和第六章分析了耦合电路和谐振电路的基本特性，它们都是无线电技术的基础。第七章介绍了非正弦周期电流电路的基本概念，它为计算非正弦电路和分析无线电信号提供依据。第八章讨论了磁路和理想变压器的基本原理，它有助于实际工作中的应用。第九章分析了动态电路的过渡过程，它为学习《脉冲和数字电路》创造初步条件。第十章和第十一章分别阐明了线性网络和滤波器的基本理论，它们都是分析电子线路的基本知识。第十二章研究了传输线的基本特性，它为高频电路理论奠定基础。最后，第十三章对无线电信号作了概述，以作为信号的基本知识。

十、学习方法

为适应中等专业学校的教学要求，本书遵循在定性分析基础上进行定量分析的原则，以阐明基本概念为主，数学推导演算为辅。因此，学生在学习方法上应该配合上述原则，首先着重搞清问题的基本概念，然后在正确概念的指导下，掌握定量分析的计算公式。在具体学习过程中，学生还要做到先复习老师在课堂上所讲的主要内容，并阅读有关教科书或参考书的相应部分。在搞清基本概念和掌握计算公式之后，再去有关题目，才能顺利地完成任务。否则盲目做题，就会造成不堪设想的不后果。

目 录

绪论

第一章 电路的基本概念和基本定律 (1)

§ 1-1 电路的基本知识	(1)
§ 1-2 电流和电压的参考方向	(3)
§ 1-3 电阻元件	(4)
§ 1-4 欧姆定律	(6)
§ 1-5 电路中各段电压和各点电位的计算	(8)
§ 1-6 功率和最大功率传输条件	(11)
§ 1-7 基尔霍夫定律	(12)
本章提要	(14)
习 题	(15)

第二章 直流电阻电路和线性网络定理 (18)

§ 2-1 简单直流电阻电路	(18)
§ 2-2 直流电阻 Y 型网络与 Δ 型网络的等效变换	(20)
§ 2-3 电压源与电流源	(24)
§ 2-4 线性网络的计算	(28)
§ 2-5 网孔电流法	(30)
§ 2-6 节点电压法	(33)
§ 2-7 弥尔曼定理	(38)
§ 2-8 迭加定理	(39)
§ 2-9 互易定理	(44)
§ 2-10 戴维南定理	(45)
§ 2-11 诺顿定理	(50)
§ 2-12 受控源	(51)
本章提要	(55)
习 题	(56)

第三章 动态元件 (62)

§ 3-1 动态元件的基本概念	(62)
§ 3-2 电容元件	(63)
§ 3-3 电容元件两端电压与电流的关系	(65)
§ 3-4 电容元件的功率和储能	(67)
§ 3-5 电感元件	(69)
§ 3-6 电感元件两端电压与电流的关系	(71)
§ 3-7 电感元件的功率和储能	(73)

§ 3-8 实际电容器和实际电感器的模型	(74)
本章提要	(75)
习 题	(75)
第四章 正弦交流电和稳态正弦交流电路	(79)
§ 4-1 交流电的基本概念	(79)
§ 4-2 正弦交流电的相位和相位差	(81)
§ 4-3 正弦交流电的数值	(86)
§ 4-4 正弦交流电的表示方法	(87)
§ 4-5 趋肤效应	(91)
§ 4-6 电阻元件正弦交流电路的相量关系	(92)
§ 4-7 电感元件正弦交流电路的相量关系	(94)
§ 4-8 电容元件正弦交流电路的相量关系	(97)
§ 4-9 R 、 L 、 C 串联正弦交流电路的相量关系	(100)
§ 4-10 R 、 L 串联正弦交流电路的相量关系	(104)
§ 4-11 R 、 C 串联正弦交流电路的相量关系	(106)
§ 4-12 交流基尔霍夫定律的相量关系	(109)
§ 4-13 多阻抗简单正弦交流电路	(110)
§ 4-14 复导纳和导纳法	(114)
§ 4-15 R 、 L 、 C 并联正弦交流电路的相量关系	(117)
§ 4-16 复阻抗与复导纳的等效互换	(118)
§ 4-17 线圈和电容器的品质因数及其等效电路	(122)
§ 4-18 正弦交流电路负载获得最大功率条件	(124)
§ 4-19 复杂正弦交流电路	(126)
§ 4-20 三相交流电路	(31)
§ 4-21 安全用电	(136)
本章提要	(138)
习 题	(143)
第五章 互感耦合电路	(151)
§ 5-1 互感现象和互感电压	(151)
§ 5-2 互感线圈的同名端	(154)
§ 5-3 互感线圈的串联	(157)
§ 5-4 互感线圈的并联	(158)
§ 5-5 耦合回路与耦合系数	(160)
§ 5-6 互感耦合回路的等效电路	(162)
§ 5-7 变压器耦合电路	(165)
本章提要	(169)
习 题	(170)
第六章 谐振电路	(173)
§ 6-1 串联谐振电路	(173)

§ 6-2 串联回路的频率特性	(177)
§ 6-3 串联回路的通频带	(181)
§ 6-4 串联回路的电压频率特性	(186)
§ 6-5 并联谐振电路	(191)
§ 6-6 并联回路的频率特性	(193)
§ 6-7 并联回路的通频带	(196)
§ 6-8 一端口网络的频率特性	(199)
§ 6-9 复杂并联谐振电路	(203)
§ 6-10 双电感并联回路	(204)
§ 6-11 双电容并联回路	(206)
§ 6-12 部分接入的复杂并联电路	(208)
§ 6-13 互感耦合双调谐回路的谐振	(209)
§ 6-14 互感耦合双调谐回路的次级谐振曲线	(216)
§ 6-15 互感耦合双调谐回路的通频带	(221)
§ 6-16 电容耦合电路	(226)
本章提要	(233)
习 题	(239)
第七章 非正弦周期电流电路	(244)
§ 7-1 非正弦周期电流的产生	(244)
§ 7-2 谐波分析法	(245)
§ 7-3 周期函数(非正弦周期波)的对称性	(250)
§ 7-4 非正弦周期电流的有效值	(253)
§ 7-5 非正弦周期电流电路中的功率	(255)
§ 7-6 非正弦周期电流线性电路的计算	(257)
本章提要	(261)
习 题	(262)
第八章 磁路与变压器	(265)
§ 8-1 磁场的基本物理量	(265)
§ 8-2 物质的磁性	(267)
§ 8-3 起始磁化曲线与导磁系数曲线	(268)
§ 8-4 磁滞回线与实用磁化曲线	(270)
§ 8-5 铁磁材料的种类	(272)
§ 8-6 磁路	(273)
§ 8-7 磁路定律	(275)
§ 8-8 恒定磁通无分支磁路的计算	(276)
§ 8-9 交流铁芯线圈	(280)
§ 8-10 实际变压器与理想变压器	(281)
§ 8-11 理想变压器的阻抗变换作用	(282)
§ 8-12 磁屏蔽	(284)
本章提要	(285)
习 题	(287)

第九章 线性动态电路的分析..... (290)

§ 9-1 线性动态电路的过渡过程及其换路定律..... (290)

§ 9-2 RC 动态电路的零输入响应..... (293)

§ 9-3 RC 动态电路的零状态响应..... (295)

§ 9-4 RC 动态电路的完全响应和两种分解方法..... (298)

§ 9-5 RC 动态电路的应用..... (301)

§ 9-6 RL 动态电路的零状态响应..... (303)

§ 9-7 RL 动态电路的零输入响应..... (305)

§ 9-8 多支路动态电路的响应..... (307)

§ 9-9 三要素法..... (309)

§ 9-10 零输入的 LC 自由振荡..... (312)

§ 9-11 零输入的 RLC 阻尼振荡..... (314)

本章提要..... (319)

习 题..... (320)

第十章 线性双端口网络..... (324)

§ 10-1 网络的基本知识..... (324)

§ 10-2 双端口网络的网络方程及其网络参数..... (325)

§ 10-3 双端口网络的实验参数..... (333)

§ 10-4 双端口网络的传输函数..... (336)

§ 10-5 无源线性双端口网络的等效网络..... (340)

§ 10-6 双端口网络的镜像参数..... (343)

§ 10-7 阻抗匹配网络..... (350)

本章提要..... (357)

习 题..... (362)

第十一章 滤波器..... (366)

§ 11-1 滤波器的基本概念及其传递条件..... (366)

§ 11-2 K 式滤波器..... (368)

§ 11-3 m 式滤波器..... (381)

§ 11-4 复合滤波器..... (390)

§ 11-5 晶体滤波器..... (392)

§ 11-6 阻容滤波器..... (395)

§ 11-7 固体滤波器简介..... (399)

本章提要..... (400)

习 题..... (403)

第十二章 传输线..... (406)

§ 12-1 传输线和传输线方程..... (406)

§ 12-2 传输线上的波..... (409)

§ 12-3 传输线的特性阻抗和传播常数..... (415)

§ 12-4	无损耗开路线	(420)
§ 12-5	无损耗短路线	(424)
§ 12-6	终端接任意负载的无损耗线的应用	(427)
§ 12-7	传输线的应用	(433)
本章提要		(440)
习 题		(443)

第十三章 无线电信号 (446)

§ 13-1	无线电信号的概述	(446)
§ 13-2	周期性信号的频谱	(449)
§ 13-3	非周期信号的频谱	(456)
§ 13-4	傅里叶变换的特性	(463)
§ 13-5	调幅波信号	(466)
§ 13-6	调角波信号	(471)
本章提要		(478)
习 题		(481)

第一章 电路的基本概念和基本定律

§ 1-1 电路的基本知识

一、电路

电路是把各种具有一定电气性能的实际元件用导线联接起来,作为一个总体。它可以看成是由电源和负载以及联接它们的导线所组成,如图1-1所示。这就是无分支的最简单电路。

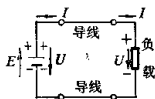


图1-1 无分支的最简单电路

电源是供给电能的实际元件,它的表现形式是产生电动势或电压,例如电池、发电机或信号源都向负载供给电能,输出电流,起到激励作用。负载是吸收电能的实际元件,例如电阻器、电感器、电容器或晶体管都从电源输入电能,吸取电流,起到响应作用。导线可以说是起到联接作用的实际元件,它使电路构成通路。通常,电路具有传送处理信号、供给能量、存储信息和测量电气物理量等作用。

二、电路模型

组成电路的各种实际元件都有它自身的主要物理性质。一个电源的主要物理性质是它具有一定的电动势;一个电阻器的主要物理性质是它具有一定的电阻;一根导线的主要物理性质是它具有良好的导电性能。但是实际上,并不存在只表现其主要物理性质的理想元件。一个实际电源除具有一定的电动势之外,还有一定的内阻;一个实际电阻器除具有一定的电阻之外,还有少许电感;一根实际导线总有一点点电阻,甚至还有微量电感。为了便于对电路进行分析和计算,需要把实际元件加以近似理想化,即忽略其次要物理性质,只用一个足以反映其主要物理性质的模型来表示。于是,一个新干电池因内阻很小,可以看成是一个电动势恒定的理想电压源,一个灯泡因电感极小,可以看成是一个理想电阻元件;一根导线因电阻甚微,可以看成是一根理想导线。这样,就用理想电压源模型来表示干电池,用理想电阻元件模型来表示灯泡,用理想导线模型来表示导线。在一定的条件下,各种实际元件都有它们自身的模型。模型比较简单的实际元件只由一种理想元件构成;模型比较复杂的实际元件需要用几种理想元件组合而成。

当实际元件用模型表示后,就能绘出只有理想元件组成的电路图,它被称为实际电路的“电路模型”。一般电路都不画出实际元件的实物图,而只画其抽象的“电路模型”,并且所有元件均指理想元件。通常,理想元件分为无源理想元件和有源理想元件两大类。前者包括消耗电能的电阻元件、储藏磁场能量的电感元件和储藏电场能量的电容元件;后者包括理想电压源元件和理想电流源元件。习惯上又把电阻元件称为耗能元件;电感元件和电容元件合称为储能元件。各个理想元件的模型有着一定的符号,常见理想元件模型的符号如表1-1所示。

表1-1 常见理想元件模型的符号

元件名称	模型符号	元件名称	模型符号	元件名称	模型符号
电池		空气芯电感		熔丝	
电压源		铁芯电感		导线	
电流源		电容		相连的交叉导线	
电阻		可变电容		不相连的交叉导线	
电位器		电压表		接地	
可变电阻		电流表			
电灯		开关			

三、电路结构

从电路结构来看,在任何电路中,凡是流过同一电流的每个分支,都被称为支路。图1-1的电路只有一个支路,被称为无分支电路。图1-2的电路具有三个支路,它们分别是 $bafe$ 、 be 和 $bcde$ 。含有多个支路的电路被称为分支电路。在分支电路中,三个以上支路会聚的点被称为节点;任何一个闭合电路被称为回路;在电路内部不含有支路的回路被称为网孔。在图1-2所示的分支电路中, b 点和 e 点是节点; $abefa$ 、 $bcdeb$ 和 $abcdefa$ 是回路; $abefa$ 和 $bcdeb$ 是网孔。于是就有二个节点、三个回路和二网孔。

在分支电路中,凡是能够用电阻串并联方法分析计算的电路被称为简单电路,如图1-3所示;凡是不能用电阻串并联方法分析计算的电路被称为复杂电路,如图1-4所示。图1-3

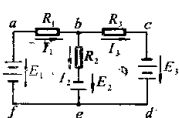
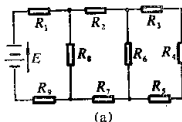
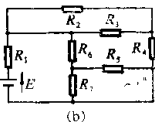


图1-2 分支电路

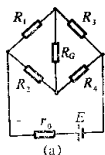


(a)

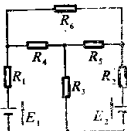


(b)

图1-3 简单电路



(a)



(b)

图1-4 复杂电路

(a)和(b)两个电路的支路数量较多,但都能用电阻串并联方法求出总电阻,因此它们均属简单电路。图1-4(a)的电路只有一个电源,但电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 和 R_6 不能用电阻串并联方法合并化简,因此它是复杂电路;图1-4(b)的电路因两个电源分布在两个不同的支路里,所以必然是复杂电路。分析上述电路的结构可以看出:图1-3(a)的简单电路具有6个支路、4个节点和3个网孔;图1-3(b)的简单电路具有7个支路、4个节点和4个网孔;图1-4(a)和(b)的两个复杂电路都具有6个支路、4个节点和3个网孔。

在一般情况下,往往把含有较多电路元件的电路称为“网络”。实际上,“网络”和

“电路”这两个名词并无明确区别，习惯上可以混用。

四、电路中的物理量

通常，在直流电路中所要分析计算的主要物理量是电压 U 、电流 I 、电阻 R 和功率 P 。其中，最基本的物理量是电流 I 和电压 U ，而电阻 R 和功率 P 可从电压 U 和电流 I 中求得，即

$$R = \frac{U}{I} \text{ 和 } P = UI。$$

§ 1-2 电流和电压的参考方向

一、电流的参考方向

在直流电路里，电流的实际方向就是正电荷运动的方向。对图1-1的简单电路来说，电流的实际方向沿外电路是从高电位到低电位；沿内电路是从低电位到 高 电 位。但对图1-4 (b) 的复杂电路来说，各支路里电流的实际方向就难以立即作出判断。在交流电路中，由于电流的实际方向随着时间不断变动，因此无法予以确定。为了解决电流的实际方向有时不易标出的困难，需要引入“电流的参考方向”这个新概念。

当电流的实际方向不能确定时，往往只好任意选定一个方向作为电流方向，这个任意选定的电流方向被称为电流的参考方向。在图1-5中，如果电流的参考方向与实际方向一致，那么电流前面的符号就取正号；反之，若电流的参考方向与实际方向相反，则电流前面的符号就取负号。这样，电流便成为一个代数

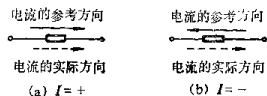


图1-5 电流的参考方向与实际方向

量，其值有正有负。从电流的参考方向和电流前面的正负号就能确定电流的实际方向。习惯上，一般都选择正电荷流动的方向作为电流的参考方向，因此在负载两端，电流的参考方向总是选择从高电位端指向低电位端，如图1-1所示。

二、电压的参考方向

电路中两点间电压的大小等于电场力在这两点间移动单位正电荷所作之功，也就是这两点间的电位之差。具有高电位的一端，常标以“+”号；处于低电位的一端，常标以“-”号，如图1-1所示，这就是电压的实际极性。对简单的直流电路来说，某段电压的实际极性是比较容易判断的，但在复杂的直流电路里，例如图1-2的分支电路，b点与a点相比，哪点电位高，不易立即断定。在交流电路中，某段电压的实际极性随着时间不断变动，以致在电路图上就难以标明。为此，需要引入“电压的参考极性”和“电压的参考方向”这些新概念。

当电路中某段电压的实际极性不能断定时，往往只好任意选定其中一点的极性为正，另一点的极性为负，这个任意选定的极性被称为这段电压的参考极性，电压的参考方向被定为从参考的正极性指向参考的负极性，如图1-6所示。其中，实线表示“电压的参考极性”和“电压的参考方向”；虚线表示“电压的实际极性”和“电压的实际方向”。如果电压的参考方向与实际方向一致，那末电压前面的符号就取正号；反之，若电压的参考方