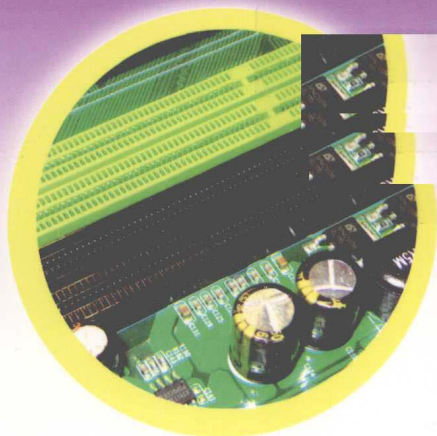
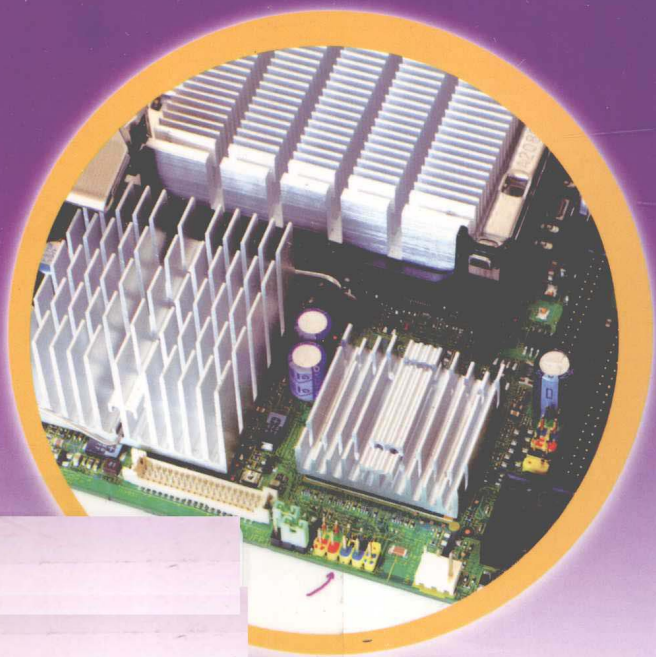


21 世纪高等学校教材

电路分析

DIANLU FENXI

主 编 曾 辉



武汉理工大学出版社

21 世纪高等学校教材

电 路 分 析

主 编 曾 辉

副主编 杨永华 曾素琼 陈昭炎

武汉理工大学出版社

• 武汉 •

内 容 提 要

本书共分 15 章,从基本电路元件、电压电流基本概念入手,介绍了节点和网孔分析、叠加原理和电源置换、戴维南和诺顿等效等常用分析方法。对于交流电路,由一阶、二阶电路的时域分析出发,逐步深入到 RLC 正弦稳态响应、相量、阻抗和导纳计算方法。详细介绍了交流电路的功率分析、三相电路、磁耦合电路、频率响应和双端口网络。在每一章的最后两节,分别介绍了本章与后续课程之间的关系和工程电路的实例,附录部分是与相关内容对应的公式证明。

本书可作为电子信息工程、通信工程、自动控制、计算机科学与技术、测控技术与仪器、应用物理等专业的本科教材。在编写过程中,内容尽量详尽并注意层次的把握,适当选择其中的内容,可作为对电路有一定要求的专科生和职业技术学院学生的学习用书;也可供有关科技人员参考。

图书在版编目(CIP) 数据

电路分析/曾辉主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2011.3
ISBN 978-7-5629-3409-7

I. ①电… II. ①曾… III. ①电路分析—高等学校—教材 IV. ①TM133

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 020421 号

项目负责人:吴正刚

责任编辑:陈昌敏

责任校对:王 体

装帧设计:陶 冶

出版发行:武汉理工大学出版社

社 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮 编:430070

网 址:<http://www.techbook.com.cn>

经 销:各地新华书店

印 刷:通山金地印务有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:18.25

字 数:467 千字

版 次:2011 年 3 月第 1 版

印 次:2011 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1—3000 册

定 价:28.50 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87394412 87383695 87384729 87397097(传真)

• 版权所有 盗版必究 •

前 言

电路分析是高等院校电子信息、通信工程、自动控制、计算机科学技术及应用物理等专业的一门重要的专业基础课,既具有较强的理论性,又具有广阔的工程应用背景。随着近代电路理论不断发展,加之作为辅助手段的计算和仿真工具不断更新,以及当今新的学科领域和分支的相继涌现,使得相关专业的知识结构和相应学时产生了变化。因此,有必要根据所在学校的实际情况,更新教材内容,以适应新的教学要求。为了使学生更好地掌握理论知识,强化学生应用知识的能力,面向省级院校和地方院校培养 21 世纪的应用型高级技术人才,特编写本教材。

尽管超大规模集成电路(VLSI)技术日趋成熟,并在科研、生产以及日常生活的各个层面起到越来越重要的作用;数字系统的应用已明显超过模拟系统,数字与模拟混合系统也得到了非常广泛的应用。但是,这些都是在分立元件的基础上设计的,并且仍有一些电路很难全部进入芯片以实现集成化,这主要表现在大功率和高频率两个方面。在电力电子技术中,较大功率运行的电路仍然需要分立器件来实现;在无线通信靠近射频前端以及频率较高的电子仪器设备中,也保留有一些分立电路。因此,电路分析课程的重要地位仍不容忽视。

本教材编写的指导思想是以具体应用为目的。因为课堂讲授的学时分配越来越少,应尽量避免让理论和公式推导占用太多的课时,必要时将公式的证明放在附录中;每个知识点的阐述尽可能全面,便于学生预习和自学;在每章的后两节安排有与后续课程的关系和实际电路应用举例,有利于学生对所学理论知识的理解和掌握。

本教材特邀几位长期担任电类专业课程教学且具有丰富教学经验和实验经验的教师参加编写工作。许多内容都是在优秀教案、讲义的基础上编写而成的,并适当引入 PSpice 计算机软件进行仿真。

杨永华老师编写第 2、3、15 章和所有章节中的实用电路应用内容;曾素琼老师编写第 1、9、10 章和所有章节中的与后续内容的关系内容;陈昭炎老师编写第 13、14 章;曾辉教授编写第 4~8、11、12 章以及附录内容。该书由曾辉教授担任主编工作,并负责全书的统稿和定稿工作。

本教材的编写工作是在众多前辈们的成果基础之上完成的,值此公开出版之际,对各位同行以及参考文献中的前辈们表示深深的谢意。尽管经过长期准备和反复修改,但限于编者水平,书中仍然会出现错误和疏漏之处,期待读者和专家斧正。

编 者
2010 年 12 月

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 电学发展史	1
1.2 电路分析课程的任务	7
第 2 章 基本元件和基本概念	10
2.1 电流和电压	10
2.2 电阻元件	11
2.3 电感元件	12
2.4 电容元件	13
2.5 功率	15
2.6 独立电源和受控电源	16
2.7 与后续课程的关系	20
2.8 设备实用电路举例——家装电线规格选择	21
习题	23
第 3 章 电压和电流定律	26
3.1 节点、支路和回路	26
3.2 基尔霍夫电流定律	26
3.3 基尔霍夫电压定律	27
3.4 电源的串联和并联	28
3.5 电阻的串联和并联及 Δ -Y 转换	31
3.6 电感的串联和并联	34
3.7 电容的串联和并联	35
3.8 分流和分压	36
3.9 与后续课程的关系	37
3.10 设备实用电路举例——基尔霍夫定律在电器故障诊断中的运用	38
习题	39
第 4 章 基本节点和网孔分析	41
4.1 节点分析	41
4.2 支路带有电压源的节点分析	42
4.3 网孔分析	45
4.4 支路上带有电流源的网孔分析	47
4.5 与后续课程的关系	49
4.6 实用电路举例	50

习题	51
第 5 章 常用电路分析方法	54
5.1 电源变换	54
5.2 叠加原理	58
5.3 戴维南和诺顿等效电路	60
5.4 最大功率传输	65
5.5 与后续课程的关系	68
5.6 实用电路举例	70
习题	72
第 6 章 一阶电路的时域分析	74
6.1 激励函数	74
6.2 零输入 RL 电路	78
6.3 零输入 RC 电路	81
6.4 零状态 RL 电路	83
6.5 零状态 RC 电路	87
6.6 完全响应电路	89
6.7 与后续课程的关系	94
6.8 实用电路举例	95
习题	97
第 7 章 二阶电路的时域分析	99
7.1 串联 RLC 零输入电路	99
7.2 并联 RLC 零输入电路	103
7.3 无损耗 LC 电路	106
7.4 串联 RLC 电路的零状态响应	107
7.5 并联 RLC 电路的零状态响应	108
7.6 RLC 电路的完全响应	109
7.7 与后续课程的关系	110
7.8 实用电路举例——无线话筒的基本原理与制作	111
习题	112
第 8 章 正弦稳态响应	114
8.1 正弦波的特性	114
8.2 电路对正弦激励的零状态响应	115
8.3 复激励函数	117
8.4 相量	120
8.5 阻抗与导纳	124
8.6 用阻抗和导纳表示的电路分析	127
8.7 相量图	132

8.8 与后续课程的关系	134
8.9 实用电路举例——日光灯电路及其功率因数的改善	135
习题	137
第9章 交流电路的功率分析	140
9.1 瞬时功率	140
9.2 平均功率 P	143
9.3 电流和电压的有效值	148
9.4 视在功率和功率因数	149
9.5 复功率	151
9.6 功率因数的提高	152
9.7 与后续课程的关系	154
9.8 实用电路举例	155
习题	157
第10章 三相电路	158
10.1 三相电源	158
10.2 电源与负载连接	162
10.3 负载不对称的三相电路	170
10.4 三相电路的功率测量	173
10.5 与后续课程的关系	175
10.6 实用电路举例	175
习题	176
第11章 磁耦合电路	178
11.1 互感与耦合	178
11.2 空心变压器	183
11.3 理想变压器	187
11.4 等效电路	191
11.5 与后续课程的关系	193
11.6 实用电路举例——电力变压器	195
习题	195
第12章 频率响应	198
12.1 网络函数	198
12.2 谐振电路	202
12.3 与后续课程的关系	213
12.4 实用电路举例	214
习题	216
第13章 双口网络	218
13.1 导数参数	218

13.2	阻抗参数	221
13.3	混合参数	224
13.4	传输函数	227
13.5	双口网络组合	229
13.6	与后续课程的关系	235
13.7	实用电路举例——无源滤波器	237
	习题	239
第 14 章	其他电路定理和公式	240
14.1	2b 方程法	240
14.2	齐次定理	241
14.3	置换(替代)定理	242
14.4	特勒根定理	243
14.5	互易定理	245
	习题	247
第 15 章	PSpice 软件应用	249
15.1	PSpice 软件的简介	249
15.2	PSpice 软件的组成和应用范围	250
15.3	PSpice 软件的使用	251
	习题参考答案	271
	附录	277
	主要参考文献	284

第 1 章 概 论

1.1 电学发展史

1.1.1 古人对于电和磁的理解

自然界的电闪雷鸣,很早就引起人们的注意。但要对雷电现象做出正确解释,在当时是很困难的,因此民间流传着神秘和迷信的说法。不过,雷电现象终究是自然界固有的,人们能够控制并重复实现的电学现象是摩擦琥珀后可使它吸引纸屑、芥子等微小物体的实验。公元前 600 年前后,希腊哲学家泰勒斯发现了当时的希腊人摩擦琥珀吸引羽毛,但在当时人们认为“琥珀吸引微物是它们内在的能力”,并不能给出正确的解释。天上的雷电和手中的琥珀在人们看来并没有任何联系。直到 18 世纪,通过美国人富兰克林在雷雨放风筝的著名实验,证明了雷电和摩擦带电具有同样的属性。

我国战国时期编纂的《吕氏春秋》一书中记载了磁石吸铁的现象,古希腊人也记载过磁石吸铁的事实。我国早在战国时期就已经可以利用这一现象制成用于辨别方向的“司南”(即后来的中国四大发明之一——指南针)。

1.1.2 静电学的发展

从 16 世纪开始,随着自然科学的飞速发展,对电磁的研究有了极大的进步。近代的电磁研究开始于英国人吉尔伯特,他主张用实验的方法研究物理。1600 年,他写成了《论磁石、磁体、大磁石——地球》一书,书中系统地讨论了地球的磁性,认为地球是个大磁石,他还提出可以用磁倾角判断地球上各处的纬度。书中还讨论了摩擦带电的现象,他发现可以通过摩擦而带电的物体不限于琥珀,并列举出硫磺、玻璃、火漆等都具有这一性质。

1734 年,法国的杜法伊发现摩擦玻璃棒或摩擦胶木棒时,棒上所带电的性质不同,并发现“同性相斥、异性相吸”的现象。

1746 年,莱顿大学教授缪仙布鲁克发明了可储电的莱顿瓶。

1745 年,俄国科学家里赫曼发明了静电计,用亚麻线与金属杆间张开的角度来指示带电量的强弱,这成为最早的具有定量性质的静电仪器。美国杰出的科学家富兰克林借用数学上的正、负来代表电荷的性质,首次给出了正电和负电的名称。他认为等量异号的电荷相遇,将通过放电使正负电相抵消而中和。

1751 年,富兰克林提出了雷电与摩擦起电的性质相同的推测。1752 年他进行了著名的风筝实验,在闪电时用风筝将空中的电收集到莱顿瓶上,证明了他的推测。并且还提出了避雷针的建议,这是静电现象的最早应用。

1785 年,法国科学家库仑设计并进行了著名的静电扭秤实验,证明静电作用力的平方反比定律。库仑的实验带有直观性和定量性质,成果发表之后就广泛流传并为科学界所接受,称之为库仑定律。

之后,法国数学家泊松和德国数学家高斯根据库仑定律推导出泊松方程和高斯定律。至此,静电学的基础已经形成。

1.1.3 电池的发明与电磁学的发展

1780年,意大利生物学家加伐尼发现,电火花能引起青蛙腿肌肉抽搐。他认为青蛙肌肉的抽动是电引起的,这种电称为“动物电”。

加伐尼的发现引起了意大利物理学家伏特的注意。1800年,他发表了《关于不同导电物质接触时产生电的问题》的论文,阐述了两种金属一接触就产生电这一现象,并发明了将稀硫酸中放入铜与锌电极的伏特电池,使电学的研究发生了一次变革。电压的单位“伏特”就是以他的名字命名的。

电池的发明被用来发现了电解、电弧、电流的磁效应及电磁力等,为电流的各种应用开辟了道路。

利用电池,英国化学家戴维奠定了电离理论的基础,并且分离出钠、钾、铜、钡、硼、钙、氯、氟、碘等元素。1810年,戴维把2000个伏特电池连在一起,进行了弧光放电实验。这就是电用于照明的开始。他还注意到另一个重要事实:导线传送电流的能力与导线的材料有重要关系,而同样材料的导线其导电能力还与环境温度有关。这为后来欧姆的研究创造了条件。

1820年,丹麦人奥斯特发现了电流的磁效应。首次建立起电和磁之间的关系,诞生了电磁学。

1820—1827年,法国物理学家安培通过一系列实验发现了安培定则(描述磁针转动方向和电流方向关系的右手定则),发现了电流的相互作用规律(电流方向相同的两条平行载流导线互相吸引,电流方向相反的两条平行载流导线互相排斥),发明了电流计,提出了分子电流假说,总结了电流元之间的作用规律——安培定律(两电流元之间的相互作用同两电流元的大小、间距以及相对取向之间的关系)。为了纪念他在电磁学上的杰出贡献,电流的单位“安培”以他的姓氏命名。

1827年,德国科学家欧姆深入地研究了导线传送电流的能力,提出了著名的欧姆定律。欧姆在自己的许多著作中都证明:电阻与导体的长度成正比,与导体的横截面积和传导性成反比;在稳定电流的情况下,电荷不仅在导体的表面上,而且在导体的整个截面上运动。人们为纪念他,将测量电阻的物理量单位以欧姆的姓氏命名。

1840年,英国物理学家焦耳发表了论文,提出:“当伏特电流沿金属导体流过时,在一定时间内产生的热量与导体的电阻及电流强度平方的乘积成正比。”这就是著名的焦耳定律。通过科学的实验确立了能量守恒和转化定律,使电压、电流、热量、机械功都联系起来,对以后的许多研究起了重要作用。后人为了纪念焦耳,把功和能的单位定为焦耳。

1831年,英国科学家法拉第经过多次重复实验后,提出了具有划时代意义的电磁感应定律(一个线圈中产生的感应电流,其大小与单位时间中线圈所割切的磁力线多少成正比,与线圈的电阻成反比),并发明了世界上第一台直流电动机。法拉第的电磁感应定律,在电流生磁之后发现磁生电,使电磁之间的关系接近完备,有重大的理论意义,使电磁学有了飞速的发展。

1834年,俄国科学家楞次根据作用与反作用的概念,提出如何判断电磁感应中电流方向的定律——楞次定律(感应电流的方向在于产生一个磁通,以抵抗电流回路中原有磁通的变化),这一定律为判断感应电流实际方向提供了简单的办法。

1832年,美国科学家亨利发现自感现象和两个线圈间的互感现象,并提出线圈的自感系数 L 代表通过电流时的自感应作用。为表彰他的贡献,电感的单位以他的名字“亨利”命名。

之后,麦克斯韦在总结前人工作的基础上,引入位移电流的概念,建立了一组微分方程。这组方程就是著名的麦克斯韦电磁场方程组。它确定了电荷、电流(运动的电荷)、电场、磁场之间的普遍联系,是电磁学的基本方程。直到现在,它仍是研究电磁场问题的基本依据。

1887年,德国科学家赫兹进行了著名的电磁波实验。实验不仅证明了电磁波的存在,并且表明电磁波与光有同样的反射、折射、散射等性质。他的发现具有划时代意义,它不仅证实了麦克斯韦发现的真理,更重要的是开创了无线电电子技术的新纪元。为了纪念他的功绩,人们用他的名字来命名各种波动频率的单位。

1.1.4 电路理论的建立和发展

电路学科的发展大体上经历了三个阶段。

第一阶段:从18世纪20年代开始到20世纪30年代,电路理论被看成电磁学的一个分支。这一时期的主要成果有:1827年的欧姆定律,1845年的基尔霍夫定律,1911年提出的阻抗概念,1920年提出的理想变压器概念,1921年提出的四端网络和黑盒子概念,1926年提出的瞬态响应的概念。

第二阶段:从20世纪30年代开始到60年代初,伴随着电力系统、通讯系统和控制系统的发展,电路理论逐步成熟,形成一门独立的学科,通常称为传统电路理论或经典电路理论阶段。这一阶段的主要成就有:1930年的网络综合逼近理论;1933年提出一般四端网络的综合方法;1934年提出的负反馈理论;1938年把傅立叶变换应用于分析网络响应;20世纪40年代以后,在电路中引入图论基础,用拓扑的观点来研究电路的模型,在电路分析中提出节点法;把复变函数理论严谨地应用于电路的分析和综合,使电路的物理行为确切地展示在复频率平面上。

第三阶段:从20世纪60年代至今,电路理论又经历了一次重大的变革。从原来研究线性、时不变、无源、双向元件的 RLC 电路理论,向研究非线性的、时变的、有源的、非互易的电路理论发展。在这一阶段的发展过程中,矩阵、抽象空间、拓扑、广义函数论、泛函分析等在电路理论中的运用,使这一学科在理论上的完备性和逻辑上的严密性达到完美。20世纪60年代以后的电路理论一般称为近代电路理论。

1.1.5 电路科学家

(1) 欧姆

乔治·西蒙·欧姆生于德国埃尔兰根城,父亲是锁匠。父亲自学了数学和物理方面的知识,并教给少年时期的欧姆,唤起了欧姆对科学的兴趣。16岁时他进入埃尔兰根大学研究数学、物理与哲学,由于经济困难,中途辍学,到1813年才完成博士学业。欧姆是一个很有天才和科学抱负的人,他长期担任中学教师,由于缺少资料和仪器,给他的研究工作带来



不少困难,但他在孤独与困难的环境中始终坚持不懈地进行科学研究,自己动手制作仪器。

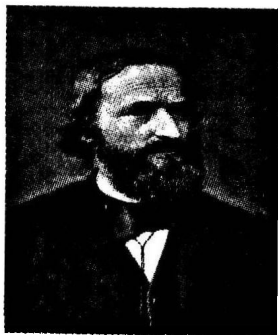
欧姆对导线中的电流进行了研究。他从傅立叶发现的热传导规律中受到启发,导热杆中两点间的热流正比于这两点间的温度差。因而欧姆认为,电流现象与此相似,猜想导线中两点之间的电流也许正比于它们之间的某种驱动力,即现在所称的电动势。欧姆花了很大的精力在这方面进行研究,开始他用伏打电堆作电源,但是因为电流不稳定,效果不好。后来他接受别人的建议改用温差电池作电源,从而保证了电流的稳定性。但是如何测量电流的大小,这在当时还是一个没有解决的难题。开始,欧姆利用电流的热效应,用热胀冷缩的方法来测量电流,但这种方法难以得到精确的结果。后来他把奥斯特关于电流磁效应的发现和库仑扭秤结合起来,巧妙地设计了一个电流扭秤,用一根扭丝悬挂一磁针,让通电导线和磁针都沿子午线方向平行放置;再用铋和铜温差电池,一端浸在沸水中,另一端浸在碎冰中,并用两个水银槽做电极,与铜线相连。当导线中通过电流时,磁针的偏转角与导线中的电流成正比。他将实验结果于1826年发表。1827年,欧姆又在《电路的数学研究》一书中把他的实验规律总结成如下公式: $S = \gamma E$ 。式中 S 表示电流; E 表示电动力,即导线两端的电势差; γ 为导线对电流的传导率,其倒数即为电阻。

欧姆定律发现初期,许多物理学家不能正确理解和评价这一发现,欧姆遭到怀疑和尖锐的批评。研究成果被忽视,经济极其困难,使欧姆精神抑郁。直到1841年英国皇家学会授予他最高荣誉的科普利金牌,才引起德国科学界的重视。

欧姆在自己的许多著作里还证明:电阻与导体的长度成正比,与导体的横截面积和传导性成反比;在稳定电流的情况下,电荷不仅在导体的表面上,而且在导体的整个截面上运动。

(2) 古斯塔夫·罗伯特·基尔霍夫

基尔霍夫(1824—1887)在电路设计方面的研究成就:1845年,21岁时他发表了第一篇论文,提出了稳恒电路网络中电流、电压、电阻关系的两条电路定律,即著名的基尔霍夫第一电路定律和基尔霍夫第二电路定律,解决了电器设计中电路方面的难题。后来又研究了电路中电的流动和分布,从而阐明了电路中两点间的电势差和静电学的电势这两个物理量在量纲和单位上的一致。使基尔霍夫电路定律具有更广泛的意义。直到现在,基尔霍夫电路定律仍然是解决复杂电路问题的重要工具。基尔霍夫被称为“电路求解大师”。



热辐射方面的研究成就:1859年,基尔霍夫做了用灯焰烧灼食盐的实验。在对这一实验现象的研究过程中,得出了关于热辐射的定律,后被称为基尔霍夫定律:基尔霍夫根据热平衡理论导出,任何物体对电磁辐射的发射本领和吸收本领的比值与物体特性无关,是波长和温度的普适函数,即与吸收系数成正比。并由此判断:太阳光谱的暗线是太阳大气中元素吸收的结果。这给太阳和恒星成分分析提供了一种重要的方法,天体物理由于应用光谱分析方法而进入了新阶段。1862年,他又进一步得出绝对黑体的概念。他的热辐射定律和绝对黑体概念是开辟20世纪物理学新纪元的关键之一。1900年,M. 普朗克的量子论就发轫

于此。

化学研究方面的成就:在海德堡大学期间,他与化学家本生合作创立了光谱化学分析法。把各种元素放在本生灯上灼烧,发出波长一定的一些明线光谱,由此可以极灵敏地判断这种元素的存在。利用这一新方法,他发现了元素铯和铷。科学家利用光谱化学分析法,还发现了铊、碘等多种元素。

基尔霍夫在光学理论方面的贡献是给出了惠更斯—菲涅耳原理的更严格的数学形式。对德国的理论物理学的发展有重大影响。著有《数学物理学讲义》4卷。他还讨论了电报信号沿圆形截面导线的扰动。

(3)戴维南

L. C. 戴维南(Léon Charles Thévenin, 1857年3月30日—1926年9月21日)是法国的电信工程师。他利用欧姆定律来分析复杂电路。

L. C. 戴维南出生于法国莫城,1876年毕业于巴黎综合理工学院。1878年他加入了电信工程军团(即法国PTT的前身),最初的任务为架设地底远距离的电报线。1882年成为综合高等学院的讲师,让他对电路测量问题有了浓厚的兴趣。在研究了基尔霍夫电路定律以及欧姆定律后,他发现了著名的戴维南定理,用于计算更为复杂电路上的电流。此外,在担任综合高等学院电信学院的院长后,他也常在校外教授其他的学科,例如在国立巴黎农学院教机械学。1896年他被聘为电信工程学校的校长,1901年成为电信工坊的首席工程师。



戴维南定理:可将任一复杂的集总参数含源线性时不变二端网络等效为一个简单的二端网络的定理。1883年,由法国人 L. C. 戴维南提出。由于1853年德国人 H. L. F. 亥姆霍兹也曾提出过,因而又称亥姆霍兹—戴维南定理。戴维南定理指出:等效二端网络的电动势 E 等于二端网络开路时的电压,它的串联内阻抗等于网络内部各独立源和电容电压、电感电流都为零时,从这二端看向网络的阻抗 Z 。

(4)诺顿

诺顿(Edward Lawry Norton, 1898—1983),美国工程师。诺顿于1926年在贝尔实验室的一个技术报告中提出了戴维南定理的对偶定理——诺顿定理。诺顿1898年生于美国缅因州洛克兰市,1917年至1919年在美国海军服役,1922年取得电机工程系学士学位,1925年取得哥伦比亚大学电机工程系硕士学位。诺顿在贝尔实验室的同事说,诺顿是一位机电天才。除了在贝尔实验室的工作外,当时诺顿还参与了 Victor Co. 的电唱机的设计。由于这些实际工作的需要,激发了诺顿提出他的定理来帮助他设计电唱机。



(5)赫兹

赫兹(全名为 Heinrich Rudolf Hertz, 1857—1894)德国物理学家,他证明了电磁波遵守与光相同的基本定律。他的研究证实了 James Clerk Maxwell 1864年提出的著名理论和对电磁波存在的预测。赫兹出生在德国汉堡的一个富裕家庭,进入柏林大学学习并在著名物理学家亥姆霍兹指导下取得了博士学位。他成为 Kalsruhe 大学的教授,并开始对电磁波

的研究和探索,他成功地发现并检测到了电磁波。他第一个提出了光是一种电磁能量。他的发现具有划时代意义,它不仅证实了麦克斯韦发现的真理,更重要的是开创了无线电电子技术的新纪元。1877年,赫兹首先发现了分子结构中电子的光电效应。赫兹虽然只活到了37岁,但他对电磁波发现奠定了无线电、电视、通信系统等方面实际应用的基础,频率的单位(赫兹)就是以他的名字命名的。

(6)亥姆霍兹

H. von(Hermann von Helmholtz, 1821—1894)德国物理学家、生理学家。1821年10月31日生于柏林的波茨坦。中学毕业后由于经济上的原因未能直截进入大学深造,以毕业后需要在军队服役8年的条件取得公费进入德国柏林的皇家医学科学院学习资格。学习期间,还在柏林大学旁听了许多化学和生理学课程,自修了P. S. M. 拉普拉斯、J. B. 毕奥和D. 伯努利等人的数学著作和I. 康德的哲学著作。1842年获得医学博士学位后,被任命为驻波茨坦驻军军医,1847年他在德国物理学会发表了关于力的守恒讲演,在科学界赢得很大声望,次年担任了柯尼斯堡大学生理学副教授。亥姆霍兹在这次讲演中,第一次以数学方式提出能量守恒定律。主要论点是:①一切科学都可以归结到力学。②强调了牛顿力学和拉格朗日力学在数学上是等价的,因而可以用拉格朗日方法以力所传递的能量或它所做的功来量化力。③所有这种能量是守恒的。1849年,他被聘为柯尼斯堡大学生理学和普通病理学教授。1858年任海德堡大学生理学教授。1868年,亥姆霍兹将研究方向转向物理学,1871年接替马格诺斯任柏林大学物理学教授。1873年当选为英国伦敦皇家学会的外国会员,被授予柯普利奖章。1882年受封爵位。在电磁理论方面,他测出电磁感应的传播速度为 314000km/s ,由法拉第电解定律推导出电可能是粒子。由于亥姆霍兹的一系列讲演,麦克斯韦的电磁理论才真正引起欧洲大陆物理学家的注意,并且导致他的学生赫兹于1887年用实验证实电磁波的存在以及取得一系列重大成果。1887年被任命为新成立的柏林夏洛滕堡物理技术学院院长。1894年9月8日在夏洛滕堡逝世。



(7)法拉第

迈克尔·法拉第(Michael Faraday, 1791—1867),英国著名物理学家、化学家。在化学、电化学、电磁学等领域都做出过杰出贡献。他家境贫寒,未受过系统的正规教育,是著名的自学成才的科学家。生于萨里郡纽因顿一个贫苦铁匠家庭。仅上过几年小学,13岁时在一家书店里当学徒,使他有机会读到许多科学书籍,自学化学和电学,由于他爱好科学研究,专心致志,受到英国化学家戴维的赏识,1815年5月由戴维举荐到皇家研究所任实验室助手,在戴维指导下进行化学研究。1824年1月当选皇家学会会员,1825年2月任皇家研究所实验室主任,1833—1862年任皇家研究所化学教授。1846年荣获伦福德奖章和皇家勋章。在众多领域中做出惊人成就,堪称刻苦勤奋、探索真理、不计个人名利的典范。



(8) 楞次

楞次(Lenz, Heinrich Friedrich Emil)1804年2月24日出生于爱沙尼亚。16岁以优异成绩考入家乡的道帕特大学。1828年被挑选为俄国圣彼得堡科学院的初级科学助理,1830年被选为圣彼得堡科学院通讯院士,1834年当选为院士。曾长期担任圣彼得堡大学物理数学系主任,后来由教授会选为第一任校长。



楞次在物理学上的主要成就是发现了电磁感应的楞次定律和电热效应的焦耳—楞次定律。

1833年,楞次在圣彼得堡科学院宣读了他的题为“关于用电动力学方法决定感生电流方向”的论文,提出了楞次定律。亥姆霍兹证明楞次定律是电磁现象的能量守恒定律。

在电热方面,1843年楞次在不知道焦耳发现电流热作用定律(1841年)的情况下,独立地发现了这一定律。他用改善实验方法和改用酒精作传热介质,提高了实验的精度。

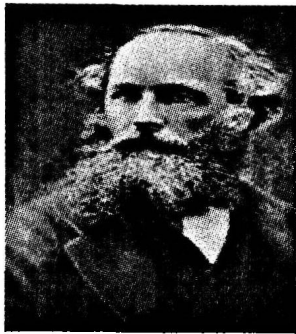
1831年,楞次基于感应电流的瞬时和类冲击效应,利用冲击法对电磁现象进行了定量研究,确定了线圈中的感应电动势等于每匝线圈中电动势之和,而与所用导线的粗细和种类无关。1838年,楞次还研究了电动机与发电机的转换性,用楞次定律解释了其转换原理。1844年,楞次在研究任意个电动势和电阻的并联时,得出了分路电流的定律,比基尔霍夫发表更普遍的电路定律早了4年。1865年寒假,楞次在意大利罗马中风去世。

楞次定律是一条电磁学的定律,从电磁感应得出感应电动势的方向。感应电流的磁场总是要阻碍引起感应电流的磁通量的变化。

注意:“阻碍”不是“相反”,原磁通量增大时方向相反,原磁通量减小时方向相同;“阻碍”也不是阻止,电路中的磁通量还是变化的。

(9) 麦克斯韦

詹姆斯·克拉克·麦克斯韦是继法拉第之后集电磁学大成的伟大科学家。1831年11月13日生于苏格兰的爱丁堡。10岁时进入爱丁堡中学学习。14岁就在爱丁堡皇家学会会刊上发表了一篇关于二次曲线作图问题的论文,已显露出出众的才华。1847年进入爱丁堡大学学习数学和物理。1850年转入剑桥大学三一学院数学系学习,1854年以优异的成绩获史密斯奖学金,毕业后留校任职两年。1856年在苏格兰阿伯丁的马里沙耳任自然哲学教授。1860年到伦敦国王学院任自然哲学和天文学教授。1861年当选为伦敦皇家学会会员。1865年春辞去教授职务回到家乡,系统地总结他的关于电磁学的研究成果,完成了电磁场理论的经典巨著《论电和磁》和《电磁学通论》,并于1873年出版,1871年受聘为剑桥大学新设立的卡文迪什试验物理学教授,负责筹建著名的卡文迪什实验室,1874年建成后担任该实验室第一任主任,直到1879年11月5日在剑桥逝世。



1.2 电路分析课程的任务

电类专业的学生毕业后,在工作中将会面临一系列的电路知识的应用问题。

简单的电路如:汽车照明灯(见图 1.1)由蓄电池、开关、聚光灯和导线组成,这将涉及到电路分析课程中的欧姆定律。稍复杂的电路如:汽车点火系统(见图 1.2)由电池、电阻、电感、电容、开关和导线组成,这将涉及到电路分析课程中的二阶电路瞬态响应。更复杂的电路如雷达信号接受系统(见图 1.3)由天线、电阻、电感、电容、混频器和放大器组成,分析该电路必须学习电路分析课程的串联谐振和并联谐振等知识。

电路分析的工作任务是针对给定的电路,将电路某处的待求信号(电压、电流、频率、功率等)与输入信号建立函数关系,这里称输入信号为激励,输出信号为响应。

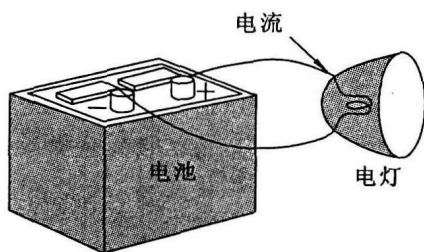


图 1.1 车灯电路

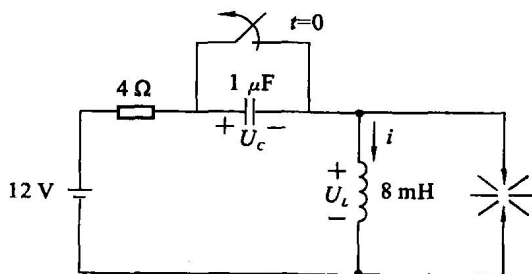


图 1.2 汽车点火系统

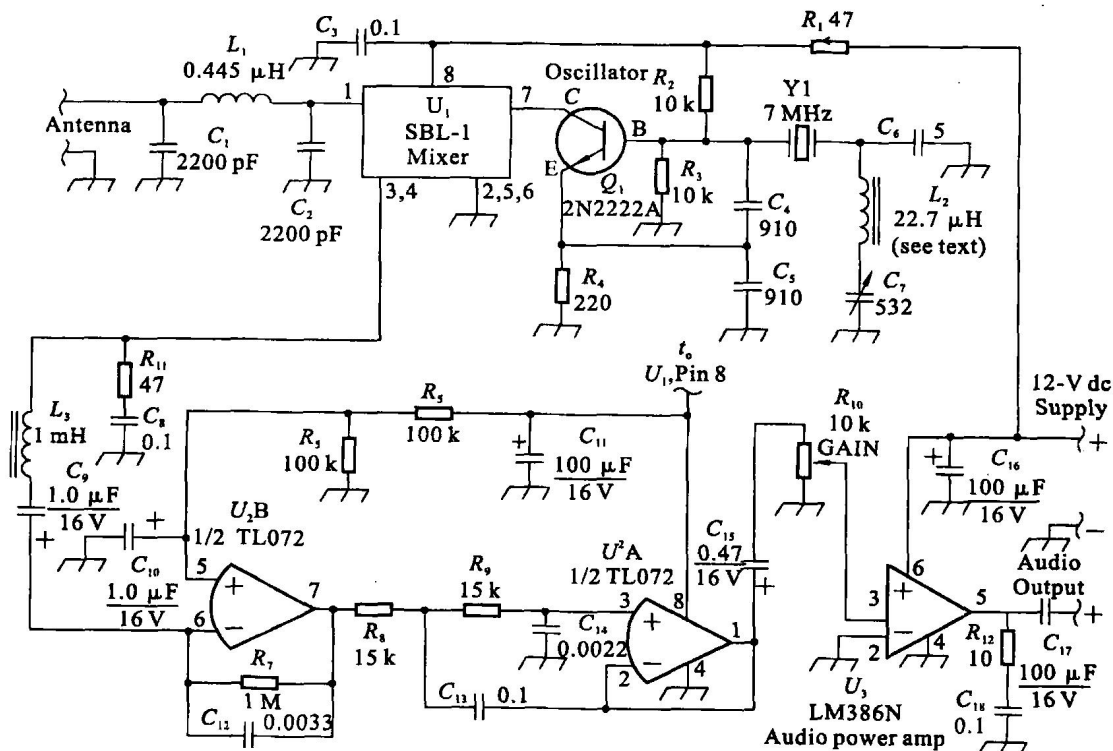


图 1.3 雷达信号接受器电路

本课程特指线性电路,对线性电路的分析包括电阻电路分析、时域分析和频域分析三大类。第一类主要包括节点分析、网孔分析、叠加原理、电源变换、戴维南定理、诺顿定理以及几个串、并联元件的替代方法,该类电路的特点是所分析的结果和时间无关。第二类涉及电

感元件和电容元件,这两个元件的电压—电流关系是由积分或微分关系定义的。分析这两种元件得到的结果都是时间的函数。当元件较多时,采用第二类分析方法比较麻烦,为了比较容易和直接分析含有电容或电感的电路,运用数学中的欧拉变换公式,可以将复杂的微分—积分方程变成代数方程,于是出现了第三类电路分析方法——频域分析方法。