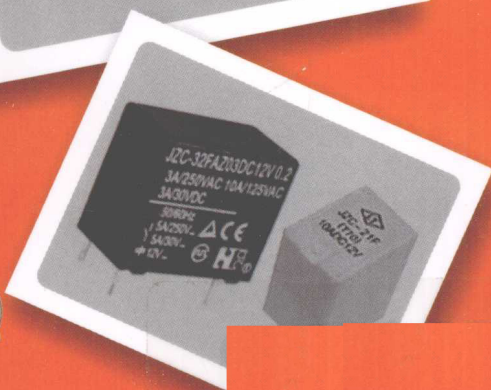
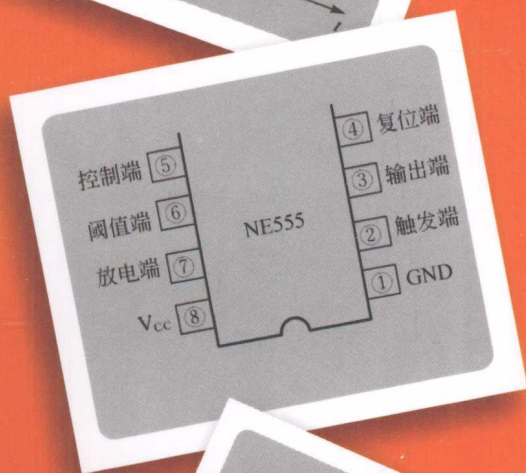
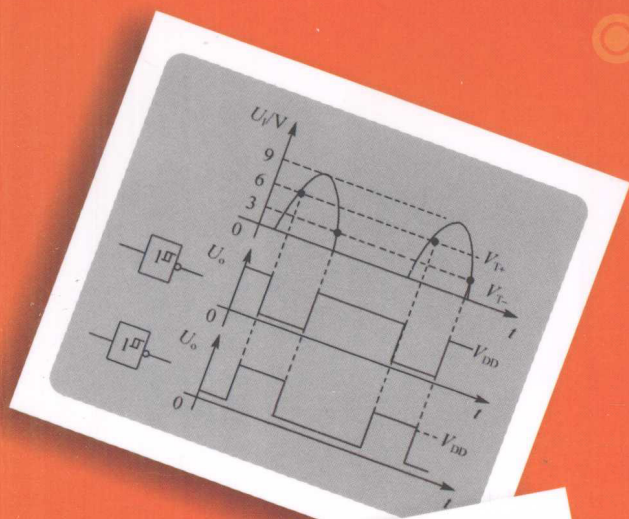


无线电爱好者

制作与维修

严君平 王英大 路文玲 编著



系统

全面

实用

讲解详细，通俗易懂
带你轻松、快速入门

(上)



化学工业出版社

无线电爱好者

制作与维修

严君平 王英大 路文玲 编著

(上)



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

无线电爱好者 (上) ——制作与维修 / 严君平, 王英
大, 路文玲编著. —北京: 化学工业出版社, 2011.5

ISBN 978-7-122-10334-5

I. 无… II. ①严… ②王… ③路… III. 无线电
技术 IV. TN014

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 001646 号

责任编辑: 宋 辉

文字编辑: 孙 科

责任校对: 王素芹

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 22 字数 561 千字 2011 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

前言



FOREWORD

无线电是现代通信的基础，它的发展速度之迅猛，应用范围之广泛，是人们始料未及的。现在无线网络、通信卫星、导航卫星、雷达、微波站等现代化通信设备已构成庞大的通讯、监测网，把人们紧密地连接在一起，给人们的生活和工作带来了极大的方便。

目前我国经济建设各个领域对无线电专业人才的需求量越来越大，但是技术应用型人才普遍缺乏。因此急需出版详细讲解有关无线电的基础知识和无线通信的基本技能、突出实践与应用的科技图书。

《无线电爱好者》分为上、下两册。上册从无线电基础、基本技能入门讲起，注重应用基本技能解决实际问题，使读者从零开始逐步成为行家里手。下册对无线通信和各类无线电设备作了简要介绍，并结合实例，图文并茂，务求让读者阅读后能轻松、简捷地掌握无线电基本技能和技巧，能在实际中得到应用。

本书是《无线电爱好者》上册，其中涵盖的无线电技术内容广泛，包括工具、仪器、仪表的使用，元器件的检测、安装、布局的顺序与方法，无线电、电子产品的设计步骤，元器件选择的原则及方法，产品整机组装与调试，怎样看懂电路原理图，常见故障与检修等。

本书内容力求反映新知识、新技术、新工艺和新方法，具有一定的系统性、实用性、先进性。语言通俗易懂、操作讲解图文并茂，确保读者一看就会，一用就灵，注重解决实际问题。

本书在编写过程中得到了张英治、路文焕、王赫、严圣颖、苏静、周详等人的大力支持，在此表示感谢。

由于编著者水平有限，书中不足之处，恳请同行和读者提出宝贵意见。

编著者



CONTENTS

绪言	1
----------	---

第 1 篇 无线电基础

Page **3**

第 1 章 无线电的发展历程及发展趋势	4
1.1 发展历史	4
1.2 无线电的未来发展趋势	6
第 2 章 无线电基础知识	7
2.1 基本定理和定律	7
2.2 交流电的概念	10
2.3 四端网络	11
2.4 变压器知识	12
2.5 铁磁材料	13
第 3 章 模拟电路基础知识	14
3.1 放大器基础知识	14
3.2 负反馈放大器	17
3.3 直流放大器及运算放大器	19
3.4 稳压电源的工作原理	23
3.5 谐振电路	25
3.6 调制与解调	26
第 4 章 数字电路基础知识	27
4.1 集成逻辑门电路	27
4.2 脉冲波形的产生与整形	28
4.3 数模和模数转换器	30
第 5 章 无线电产品的工作原理	31
5.1 概述	31
5.2 无线电产品电路图识读法	31
5.3 无线电产品电路原理图分析方法	32
5.4 无线电装配的技术文件	34
第 6 章 无线电中的计算机知识	37
6.1 概述	37
6.2 计算机系统	37
6.3 利用计算机软件绘制原理图、电路仿真、制作 PCB 版图	37

第 2 篇 无线电爱好者的基本技能

Page **41**

第 7 章 工具的使用、维护与修理	42
7.1 常用工具的使用	42
7.2 专用工具的使用	49
7.3 常用工具的维护	53
7.4 常用工具的检修	54
第 8 章 仪器仪表的使用	56
8.1 常用仪器仪表使用的共同点与不同点	56
8.2 万用表	56
8.3 YB2174 型超高频毫伏表	63
8.4 SU3150 DDS 函数信号发生器	65
8.5 GOS-620 双轨迹示波器	70
8.6 频率特性测试仪	76
8.7 半导体管特性图示仪	79
8.8 频谱分析仪	83
8.9 稳压电源	86
第 9 章 画图软件与 EDA 技术的应用	89

9.1 画图软件·····	89
9.2 EDA 技术的应用·····	99

9.3 用 Multisim2001 软件进行电路信号仿真·····	140
------------------------------------	-----

第 3 篇 无线电产品整机组装与调试

Page 165

第 10 章 电子元器件的识别与检测方法·····	166
10.1 电子元器件的识别·····	166
10.2 电子元器件的测试方法·····	191
第 11 章 无线电产品装配的必备知识·····	208
11.1 电路原理图的识图方法·····	208
11.2 电子元器件的引线成形和插装·····	216
11.3 电子产品机壳内腔布线的技能技巧·····	220
第 12 章 无线电产品的焊接与拆焊·····	228
12.1 焊接材料的选用·····	228

12.2 焊接工艺·····	230
第 13 章 无线电产品的整机调试·····	240
13.1 调试技术概述·····	240
13.2 一般的无线电调试技术·····	243
13.3 典型无线电线路的测试技术·····	246
13.4 无线电产品的整机调试·····	253
第 14 章 无线电产品的制作·····	257
14.1 制作中的指导思想·····	257
14.2 稳压电源的制作·····	257
14.3 可靠延时断路器的制作·····	262
14.4 亚超声波遥控开关的制作·····	269

第 4 篇 无线电产品常见故障与检修

Page 273

第 15 章 无线电产品故障检修的基本方法·····	274
15.1 概述·····	274
15.2 检查故障的基本思路·····	275
15.3 常用的检查手段·····	275
15.4 检修时需注意的问题·····	289
第 16 章 无线电、电子产品常见故障的检修·····	305
参考文献·····	342

16.1 超外差式调幅收音机常见故障的检修·····	305
16.2 彩色电视机常见故障的检修·····	307
16.3 微波炉常见故障的检修·····	314
16.4 笔记本电脑常见故障的检修·····	320
16.5 手机常见故障的检修·····	324
16.6 亚超声波遥控开关常见故障的检修·····	340



绪 言



谈谈怎样才能快速掌握无线电技术

首先你学习无线电技术的动机是什么？你对它有没有兴趣？

动机的基础是需要。美国心理学家马斯洛的需要层次把人的需要划为几个层次，由低级到高级。人们在解决了温饱、安全的问题后，会向高层次的需要追求，而最高级的需要就是自我实现的需要。人们现在正处在一个激烈竞争的时代，企业竞争、商业竞争、科技竞争、人才竞争、岗位竞争等，要想在竞争中不被淘汰，就要不断地学习，不断地增强自身的竞争力，掌握现代的知识与技能。没有一技之长，难以生存，有了一技之长才能有美好的未来，我们的未来掌握在我们自己手上！

爱因斯坦曾经说过：“兴趣是最好的老师”。人对某一方面有兴趣，他就愿意在此方面下工夫，也就愿意观察，愿意探索，愿意思考。兴趣与动机是学习积极性中最主要，也是最活跃的心理因素。特别是对读者来说，有了良好的兴趣与动机，对今后的学习有着极其重要的推动作用。培养学习兴趣，激发学习动机是培养学习积极性的最主要的途径。

学习的成功与兴趣之间是相辅相成，相互促进的关系。如在学习当中，碰到某人的半导体收音机不响了，经检查发现是电位器滑动端磨损造成的接触不良，打开电位器喷上“电器清洗剂”旋动几下电位器，适当调整一下滑动端后，一切恢复如初，立即得到周围人敬佩的目光和真心的赞扬时，从心里感到愉悦甚至兴奋，一种自豪感和成就感油然而生，尝到了学习的乐趣，就会对学习产生兴趣，产生进一步学习的愿望与要求，从而提高学习效率。如果你解决的是本单位或某公司、企业的设备时，你将得到的不仅仅是敬佩的目光和真心的赞扬，可能还会获得奖励或淘得“第一桶金”……你不仅为国家做了贡献，还充分体现了你的自身价值。

快速掌握无线电技术的方法与步骤如下。

对于初学者而言，首先应该选择入门性的图书作为学习的主教材，因为图书的内容系



统性强，讲解比较详细，基础理论要掌握，基本概念要清楚，先有理性概念。其次，再有感性认识，在一些介绍元器件的书中有元器件的外形示意图，图文兼备，可通过看图识别。当然最好的方法是到出售元器件商店里去看看，各种元器件旁均标出了元器件名称、规格、参数、型号、生产厂家等，这样可以很快将名称与实物对照起来。还可以找一些实物，对照该实物的电路原理图，去认识一些元器件。如收音机或其他电子产品的线路板，在线路板上分辨各种元器件。这样的练习很简单，但很重要，是快速识别元器件的有效方法。其次，要了解、掌握元器件的外形特征、结构、工作原理、主要特性、参数、检测方法、判别好坏。当然，也不是要求了解所有的元器件，主要是电阻器、电容器、二极管、三极管等最基本的元器件，随着学习的深入会逐渐认识更多的元器件，在学习中逐渐积累。

学习无线动手很重要，只看书不实践肯定没有效果。所以，找一些自己感兴趣的小电路、小制作。这些小电路、小制作可以从读者的生活实际中找，找一些生活中常用的生活器具，如剃须刀、收音机、充电器、电子手表、电子玩具、门铃、MP3、MP4、游戏机、手机等，也可从相关杂志中找，如《电子制作》杂志、《无线电》杂志，上面有很多实用好玩的制作而且门槛较低，另外还可以买一些电子制作的套件比如报警器套件、声控开关套件、收音机套件等。一边学一边做，制作的基本方法要知道，基本技能要勤练。制作成功后，就会觉得很有趣、很有成就感，这样提高很快。建议先从低频电路做起，然后再做高频电路。买一些套件，自己进行组装、调试，在制作当中，不断提高动手能力、检查故障的能力。一定要学会认识元器件符号、看懂电路原理图的原理，提高识图能力，这是今后学习无线电技术的重中之重。

从基础开始，循序渐进。学习无线电首先要学会观察，观察就是充分利用人的各种感觉器官，视觉、听觉、嗅觉、触觉等。对客观世界的正确认识，是在反复观察、实践的基础上形成的。实践是无线电科学的基础，也是无线电知识的源泉，加强实践是提高无线电实战技能的先决条件。同样，实践也是形成无线电概念、寻找无线电规律的重要方法，无线电学习就是通过对无线电现象、过程获得必要的感性认识，这种感性认识可以来源于读者的生活，也可以来源于实践提供的无线电事实。俗话说，学以致用，就是将所学知识、方法应用于社会实践中去。

好了，上面讲了这么多，如果兴趣未减，那就让咱们开始进入无线电的世界吧。

第1篇



无线电基础

- 第1章 无线电的发展历程及发展趋势
- 第2章 无线电基础知识
- 第3章 模拟电路基础知识
- 第4章 数字电路基础知识
- 第5章 无线电产品的工作原理
- 第6章 无线电中的计算机知识





第 1 章

无线电的发展历程及发展趋势

1.1 发展历史



无线电技术的应用极为广泛，当今它是作为传递信息的主要工具。无线通信远在周代我国就有了。用烽火传递信息，烽火作为一种原始的光通信手段服务于古代军事战争。从边境到国都以及边防线上，每隔一定距离就筑起一座烽火台，如图 1-1 所示。烽火台内储柴草，当敌人入侵时，便一个接一个地点燃，以烽火报警，各路诸侯见到烽火，马上派兵相助，抵抗敌人。由此可见，早在周代时就已出现了庞大而又完善的无线军事信息联系网络。后来人们又发明了用拟态、手势语、旗语、灯光传递信息的方法。在语言使用之前，拟态与手势语是把特定信息传递给受众的最实用、最有效的方式。原始人狩猎喜欢结伴合作，当猎手们发现兽迹时，需要隐蔽行进，就相互用手势语交换情况。那些手势往往都能表现动物最显著的特征。如发现鸵鸟就斜举手臂，象征其长颈，如图 1-2 所示。民族学研究证明，这种拟态与手势语在古代社会里是到处存在的，是原始人传递信息的重要载体。

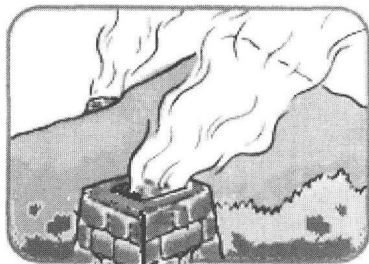


图 1-1 烽火传信

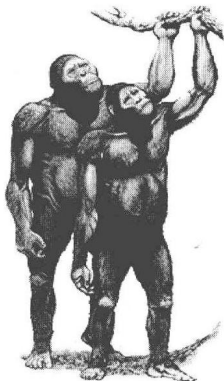


图 1-2 手势语传信

原始的信息传递方法既有作用于视觉的，也有作用于听觉的。作用于听觉的信息传递主要借助于音响传播工具来进行，其中以信号鼓最为常见。我国基诺族的牛皮木鼓，是把一段粗树木的两端凿空，再缚以黄牛皮，每逢年节、吉庆之时，用木槌敲击牛皮木鼓，一听到鼓声男女老幼即云集在一起，唱歌跳舞。如图 1-3 所示。

自从人们发现了在大气空间中存在电磁波[闪电可以产生电磁波（如图 1-4 所示）]，就开始研究如何利用电磁波的特性传递信息。若给导体中输入交变电流，导体中电流强弱的改变就会产生无线电波。利用这一现象，通过调制可将信息加载于无线电波之上，如图 1-5

所示。当电波通过空间传播到达受信端,电波引起的电磁场变化又会在导体中产生电流。通过解调将信息从电流变化中提取出来,就达到了信息传递的目的。无线电技术就是通过无线电波传播信号的技术。

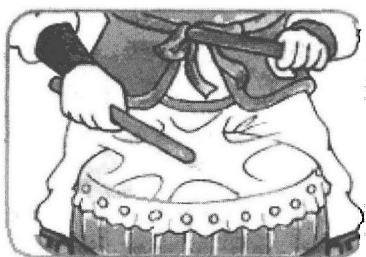


图 1-3 击鼓传信

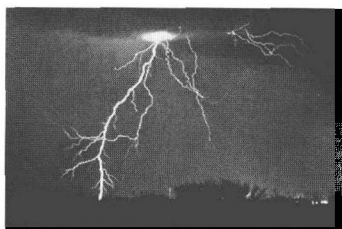


图 1-4 闪电产生的电磁波

无线电通信,就是利用无线电波传输信息的通信方式,传输声音、文字、数据和图像等。与有线电通信相比,无线电通信不需要架设传输线路,不受通信距离限制,机动性好,建立迅速。

早期的无线电台只能收发无线电报,称为收发报机;随后增加了无线电话,称为收发信机或报话机。无线电通信设备经历了从电子管、晶体管、集成电路、大规模集成电路和超大规模集成电路的发展历程。元器件也在不断发展,体积不断缩小,如 SMD 贴片元件。在计算机技术和通信技术的推动下,无线电通信技术和电信产业向着数字化、大容量化、网络与多业务综合的方向发展。传输的信号方式从模拟无线电到数字无线电,

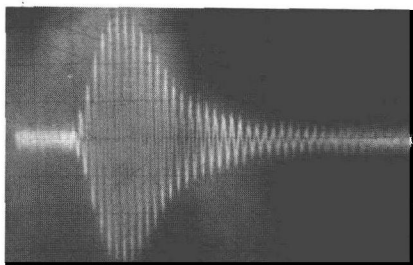


图 1-5 加载信息后的无线电波

从数字无线电到软件无线电,从不断改进无线电硬件设备到不断升级无线电软件,从模拟方式逐渐过渡到数字方式,从固定使用到移动使用等各个发展阶段,无线电技术已成为现代信息社会的重要支柱。

模拟通信技术的发展造就了今天广播和电视的普及。数字无线电技术的发展为通信系统注入了非凡的活力,它的日益成熟为软件无线电的提出和发展作了充分而必要的准备。应该指出的是,尽管微电子技术和数字信号处理理论的进步使数字无线电技术的前景日益明朗,但目前的技术水平离数字无线电的完全实现还有一段距离。同时,广受关注的下一代移动通信系统对数字无线电技术也提出了新的挑战。另一方面,值得注意的是,模拟通信系统并不排斥数字无线电技术,相反,数字无线电技术在模拟通信系统中的部分应用对系统的性能提高、结构优化和成本降低提供了广阔的空间。市面上的数字调谐收音机、数码电视就是很好的例子。总之,数字无线电技术是由若干项具体技术构成的。

软件无线电用于军事领域对通信系统灵活性的特殊需要。冷战期间,美国军方一直寻求一种“全能”的接收机作为获取军事情报的得力工具。它的典型结构是一种开放的模块化结构,在无线电实现上是一个采用了数字无线电技术的通用硬件平台。通过实时的软件控制,用户能定义该平台的工作模式,包括工作频带、信号速率、调制方法、多址方式、接口协议、业务种类等。通过用户的定义,同一个硬件平台能实时地转变为不同技术标准



的通信系统;通过软件的升级,在硬件平台不变的前提下,能及时适应某技术标准的最新进展。可以归纳出,软件无线电最突出的特点就是开放性和可编程性。

数字无线电侧重描述无线通信系统的实现方法,是一种技术手段;而软件无线电侧重形容一种崭新的实现无线通信系统的概念,是数字无线电技术的高级形式和抽象化。数字无线电技术是软件无线电实现的前提和基础,软件无线电是数字无线电技术发展的必然趋势。可以预见,人类社会的信息化趋势将进一步加快。社会对信息技术的需求从来就是信息技术进步的第一推动力,而信息技术的进步又是社会发展的重要源泉。当制约数字无线电技术发展的障碍被逐渐克服之后,软件无线电的时代就到来了。

无线通信技术的发展和应用经过了蜂窝、无线局域网(LAN)、个人区域网、数字广播、智能传输系统(ITS)等许多阶段,使现今社会上存在大量不兼容的系统。软件无线电是指在一个开放的、标准化的、模块化的通用硬件平台上,通过安装不同的软件模块,利用软件升级或版本更迭来实现通信设备的更新换代和新老电台之间的兼容,以达成互通。在目前技术条件下,软件无线电仅是一个理想境界。

1.2 无线电的未来发展趋势



随着电子技术的高速发展,信息超远控制技术为满足遥控、遥测和遥感技术的需要,在人们生产与生活中被广泛使用;微电子技术也推动了电子计算机的更新换代,使电子计算机信息处理功能大大增加,日益成为信息处理最重要和必不可少的工具。

信息技术是以微电子和光电技术为基础,以计算机和通信技术为支撑,以信息处理技术为主题的技术系统的总称,是一门综合性的技术。今天的信息化时代,就是电子计算机和通信技术紧密结合的标志。无线电通信技术发展到今天,拥有无限的潜力。军事、气象、生活、生产等各个领域都对其有空前的需求。

展望未来发展的趋势是:提高可靠性,实现通用化、标准化、系列化;采用数字传输与数字交换;应用微处理机技术,以实现自动化;广泛应用保密设备以提高无线电通信的保密性;采用各种措施,如检错纠错、扩频技术、自适应天线等,以提高设备的抗干扰能力。在智能天线技术、射频或中频抽样技术、数控振荡器技术、数字滤波器技术等方面,是人们的研究重点也是亟须解决的难题。

随着各种软件无线电通信系统的研制成功,证明软件无线电不但在技术上是完全可行的,而且还代表着未来无线通信体制的发展趋势。软件无线电技术有着广泛的应用前景,特别是对航空航天,多频段、多用户、多模兼容以及互联系统,它不仅在军事领域,而且在民用领域也有着极为广阔的应用前景。



第2章

无线电基础知识

2.1 基本定理和定律



2.1.1 欧姆定律

欧姆定律的内容是：通过导体中的电流与导体两端的电压成正比，与导体的电阻成反比。

即

$$I = U / R \quad (2-1)$$

式中， I 、 U 、 R 是同一导体或同一段电路上的电流强度、电压、电阻，即具有同体性和同时性。应用欧姆定律分析和计算电路时，要注意它的同体性和同时性。

欧姆定理的应用是非常广泛的。例如，要测量放大电路集电极的电流，可以应用欧姆定律 $I = U / R$ ，在不断开集电极支路的情况下，测量集电极电阻两端的电压，根据已知的集电极电阻值，计算出通过集电极电阻的电流，这样测量是很方便的。如图 2-1 所示。

2.1.2 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律是描述电路中电压、电流遵循的最基本的规律，是电路分析和计算的重要工具。依据它可以作出决定电路特性的电流方程式和电压方程式。基尔霍夫定律又分为第一定律和第二定律。在介绍基尔霍夫定律之前，首先介绍若干表述电路结构的名词。

(1) 支路、节点、回路的概念

支路：单个或若干个元件串联成的分支称为一条支路。例如图 2-2 所示电路中含有 6 条支路： R_1 和电压源 U_1 串联成一条支路； R_5 和电压源 U_2 串联成一条支路； R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_6 分别单独成为一条支路。

节点：三条或三条以上的支路的连接点称为节点。图 2-2 中含有 4 个节点 a、b、c、d。

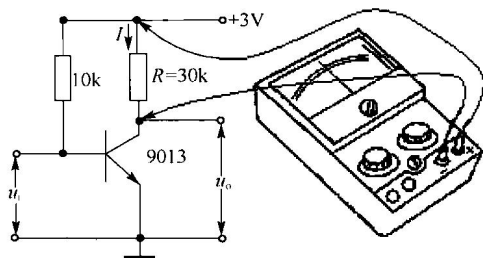


图 2-1 测量集电极电阻两端的电压

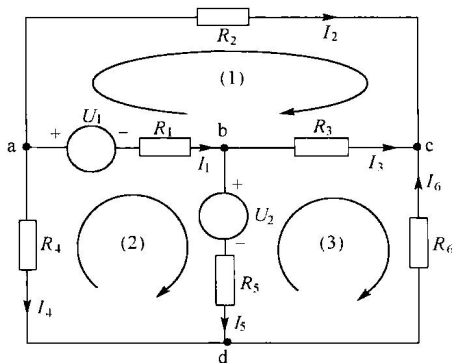


图 2-2 支路、节点、回路的概念图



回路：由若干支路组成的闭合路径。在图 2-2 所示电路中， U_1 和 R_1 、 R_3 、 R_2 所在的三条支路组成一个回路； U_1 和 R_1 、 U_2 和 R_5 、 R_4 所在的三条支路组成一个回路； R_3 、 R_6 、 R_5 和 U_2 所在的三条支路也组成一个回路。

网孔：内部不含有支路的回路称为网孔。上述的 U_1 和 R_1 、 R_3 、 R_2 所在的三条支路组成的回路就是网孔。

(2) 基尔霍夫第一定律 (KCL)

在任一瞬间流出（流入）该节点的所有电流的代数和恒为零，即就参考方向而言，流出节点的电流在式中取正号，流入节点的电流取负号。基尔霍夫电流定律是电流连续性和电荷守恒定律在电路中的体现。它可以推广应用于电路的任一假想闭合面。即

$$\sum I = 0 \quad (2-2)$$

在图 2-2 所示电路中，可写出各节点的电流方程。

$$\text{节点 a: } I_1 + I_2 + I_4 = 0$$

$$\text{节点 b: } -I_1 + I_3 + I_5 = 0$$

$$\text{节点 c: } -I_2 - I_3 - I_6 = 0$$

$$\text{节点 d: } -I_4 - I_5 + I_6 = 0$$

(3) 基尔霍夫第二定律 (KVL)

在任一瞬间沿此回路的各段电压的代数和恒为零，即电压的参考方向与回路的绕行方向相同时，该电压在式中取正号，否则取负号。基尔霍夫电压定律是电位单值性和能量守恒定律在电路中的体现。它可推广应用于假想的回路中。即

$$\sum U = 0 \quad (2-3)$$

在图 2-2 所示电路中，可写出各网孔的电压方程。

$$\text{回路 (1): } I_2 R_2 - I_3 R_3 - I_1 R_1 - U_1 = 0$$

$$\text{回路 (2): } I_1 R_1 + I_5 R_5 - I_4 R_4 + U_1 + U_2 = 0$$

$$\text{回路 (3): } I_3 R_3 - I_6 R_6 - I_5 R_5 - U_2 = 0$$

(4) 基尔霍夫定律的应用

应用基尔霍夫原理制作电势差计。电势差计是用来精确测量电势差的仪器，也常用来测量电源的电动势。用伏特计不能直接精确地测量电源的电动势，因为伏特计的读数只表示外电路的电压降，即电源的端电压。从闭合电路的欧姆定律 $E = IR + Ir$ (r 为电源内阻) 可以看出，只有当 $Ir = 0$ 时，电源的电动势才等于端电压。电势差计就是根据这个特点设计的。图 2-3 为电势差计的线路原理图。图中 E_1 为提供线路中电流的电源电动势，它必须大于待测电源的电动势 E_x 和标准电池的电动势 E_0 。AE 是一根阻值为 R 的均匀电阻丝。电流计 G 的一端 D 可在 AE 上滑动，从而改变 R_{x1} (即 AD 段的电阻) 的阻值。各支路电流方向假定如图中所示，并选取顺时针方向为回路的绕行方向。先将转换开关 K_1 倒向标准电池 E_0 ，这时 AD、DEA 和 ABCD 中的电流分别为 I 、 I_1 和 I_2 。对于节点 A 及回路 ABCDA 可分别列出方程：

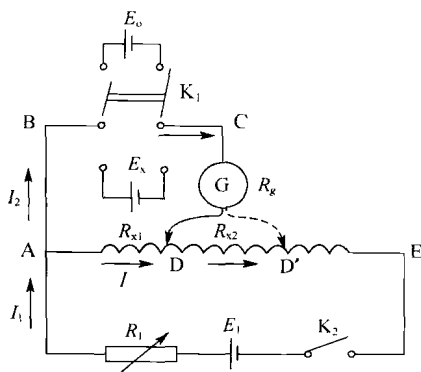


图 2-3 电势差计线路原理图

$$I+I_2-I_1=0$$

$$(r_0+R_g) I_2-R_{x1}I+E_0=0$$

式中, r_0 与 R_g 分别为标准电池的内阻和电流计的内阻。把上面两式合并后, 得:

$$(r_0+R_g) I_2-R_{x1} (I_1-I_2) = -E_0$$

移动触点 D, 使电流计 G 的指针不发生偏转, 即电流 $I_2=0$, 上式则为

$$I_1 R_{x1} = E_0 \quad (2-4)$$

显然, 这时标准电池的电动势与 AD 段上的电压降相等。随后, 把转换开关 K_1 倒向待测电源, 以待测电源代替标准电池, 按上述方法重新移动触点 D, 当 D 移动到 D' 点时电流计中的电流为零, 这时应该有

$$I_1 R_{x2} = E_x \quad (2-5)$$

若电源 E_1 的内阻为 r_1 , 则在上述两种情形下, 对于闭合回路 ADEA 均有

$$I_1(R+r_1+R_1)=E_1$$

得

$$I_1 = E_1 / (R + r_1 + R_1)$$

即电流 I_1 不变。比较式 (2-4)、式 (2-5), 可得

$$E_x / E_0 = R_{x2} / R_{x1}$$

由于 AE 是截面均匀的电阻丝, 所以 R_{x2}/R_{x1} 即为 AD 段在上述两种情况下的长度之比 L_2/L_1 , 故上式可以写成

$$\begin{aligned} E_x / E_0 &= L_2 / L_1 \\ E_x &= L_2 / L_1 E_0 \end{aligned} \quad (2-6)$$

其中标准电池的电动势 E_0 是已知的, L_2 和 L_1 之比也可测得, 根据式 (2-6) 可求得待测电源的电动势 E_x 。电势差计不仅可以精确测量电势差和电源的电动势, 还可以用来校正一般的电压表和电流表等。

2.1.3 戴维南定理

由线性元件构成的有源二端网络, 对于外电路来说, 都可以用一个等效电源来代替。图 2-4 可用图 2-5 来表示。这个等效电源的电动势 E_0 等于该网络的开路电压 U_0 ; 等效电源的内阻 R_0 相当于网络中所有电动势均为零时由开路端看进去的等效电阻。求开路电压 U_0 的方法就是求电路中任意两点间电压的方法; 求内阻值 R_0 时, 将网络内各电源短路, 然后按串并联电阻方法求出 R_0 。

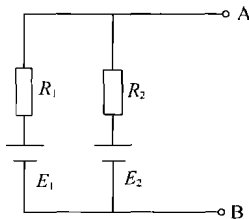


图 2-4 有源二端网络

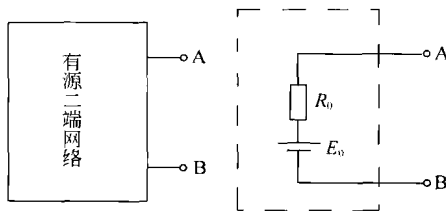


图 2-5 用等效电源代替

戴维南定理的应用。在实际的维修、调试工作中, 常常碰到只需研究某一支路的情况。这时, 应用戴维南定理可以将除我们需保留的支路外的其余部分的电路 (通常为二端网络



或称一端口网络），等效变换为较简单的含源支路（电压源与电阻串联或电流源与电阻并联支路），可大大方便我们的分析和计算，如放大电路的输入输出电阻的计算。

2.2 交流电的概念



2.2.1 什么是交流电

大小和方向随时间作有规律变化的电压和电流称为交流电，又称交变电流。若大小和方向随时间按照正弦函数规律变化的电压和电流，称为正弦交流电。由于交流电的大小和方向都是随时间不断变化的，也就是说，每一瞬间电压（电动势）和电流的数值都不相同，所以在分析和计算交流电路时，必须标明它的正方向。电流正弦函数式为

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi) \quad (2-7)$$

式中， I_m （最大值）、 ω （角频率）、 φ （初相位）称为正弦交流电流量的三要素。函数波形如图 2-6 所示。

交流电的有效值是根据它的热效应与相应的直流电量比较而确定，正弦交流电量的最大值等于有效值的 $\sqrt{2}$ 倍。

在正弦交流电路中不同元器件性质组成的电路，它们的电压和电流在相位上是不同的。大致可分为下面三种单一参数的电路。

① 纯电阻电路 没有电感也没有电容而只包含线性电阻的电路叫纯电阻电路。在纯电阻电路中，电流电压是同相位的，即电流和电压同时达到最大值或最小值。

② 纯电感电路 由电阻很小的电感线圈组成的交流电路，可以近似的看成是纯电感电路。在纯电感电路中，正弦电流要比它两端的电压滞后 90° 。或者说，电压总是超前电流 90° 。表示电感线圈对交流电流阻碍作用的电量叫感抗。表示式为

$$X_L = \omega L = 2\pi f L \quad (2-8)$$

③ 纯电容电路 由介质损耗很小、绝缘电阻很大的电容器组成的交流电路，可近似看成纯电容电路。纯电容电路中的电流超前电压 90° 。表示电容对交流电流阻碍作用大小的电量叫容抗，单位是欧姆（ Ω ），计算公式是

$$X_C = 1/\omega C = 1/2\pi f C \quad (2-9)$$

三者的电压关系如图 2-7 所示。

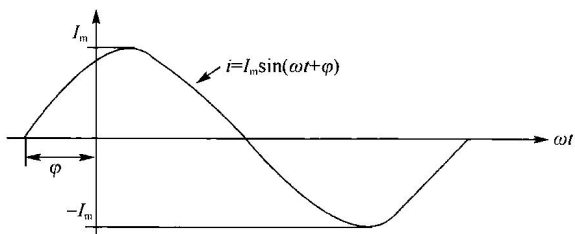


图 2-6 电流正弦函数波形

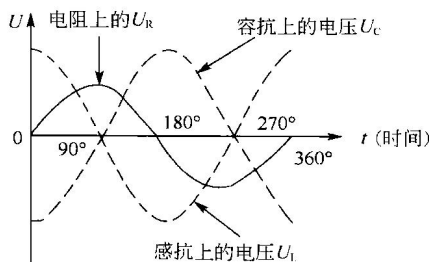


图 2-7 电阻、电容、电感三者时间上的关系曲线

2.2.2 什么是非正弦交流电路

电压、电流不按正弦规律变化的电路，叫非正弦交流电路。如在电子电路中，经常要

用到矩形波、三角波、锯齿波等非正弦波的信号。如图 2-8 所示。

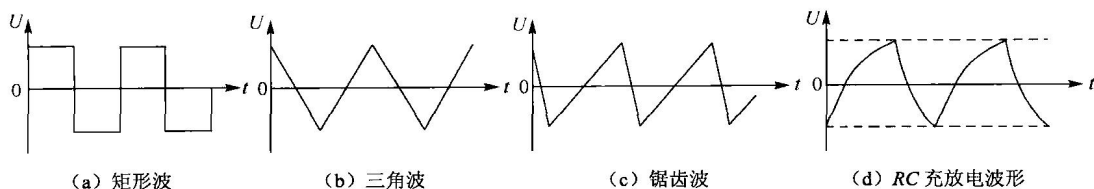


图 2-8 各种非正弦波波形

尤其是 RC 充放电电路, 利用 RC 的充放电过程, 来完成一些电路功能, 应用极为广泛。 RC 电路的充放电过程是一种暂态过程, 所谓暂态过程是从一种稳定状态变化到另一种稳定状态的变化过程, 这一过程一般都很短, 所以叫“暂态”。它的波形如图 2-8 (d) 所示。首先是它的充电暂态过程。经过电阻的充电电流为

$$i_c = U_R / R = (U - U_C) / R \quad (2-10)$$

其次是它的放电暂态过程, 放电电流与充电电流方向相反。

它的充放电时间常数的计算。 R 和 C 的大小影响着充放电时间的长短, 把 R 与 C 的乘积叫做 RC 电路的时间常数, 用 τ 表示。即

$$\tau = RC$$

2.3 四端网络



任何一个具有输入端口和输出端口的网络, 也就是有四个引出端与外电路连接的网络称为四端网络。

① 特性阻抗是描述四端网络特性的重要参数之一。当四端网络的输出端接上负载阻抗 Z_2 时, 则从网络输入端向终端看进去的输入阻抗为 Z_1 , 如果把这个阻抗 Z_1 接在网络的输入端, 而由网络的输出端向其输入端看进去的输出阻抗就为 Z_2 , 这个关系称为网络两端互成镜像关系, 互成镜像关系的阻抗为四端网络特性阻抗。

② 滤波器 滤波器是一种四端网络, 它在某一规定的范围内, 对信号的衰减很小或为零, 使信号容易通过, 这个频率范围为滤波器的通带。对通带以外频率的信号衰减很大, 抑制信号通过, 称为阻带。滤波器根据其通带的范围可以分为低通滤波器、高通滤波器、带通滤波器和带阻滤波器。根据电路结构滤波器可分为 Γ 形、 T 形、 Π 形和 X 形等。

滤波器通带的条件。各种滤波器为有效地传输信号, 都工作在阻抗匹配状态下, 即输出端接上等于特性阻抗的负载, 输入端特性阻抗等于信号源内阻。通带是指滤波器在通频带范围内对各频率成分的信号均能无衰减的传输, 只是滤波器的特性阻抗应当为纯电阻而与频率无关。其他滤波器还有声表面滤波器、晶体滤波器、陶瓷滤波器及螺旋滤波器等。

③ 衰耗器 在电子设备或仪器中, 为了能调节信号的电平, 常用纯电阻构成衰耗器, 衰耗器只有衰耗, 没有相移。由于无电抗元件, 因此它能在很宽的频率范围内匹配。在分析和设计衰耗器时, 使用衰耗常数不方便, 通常用功率比 K_p 为

$$K_p = \text{网络输入功率} / \text{网络输出功率} = P_1 / P_2 \quad (2-11)$$

④ 变量器 变量器用于阻抗变换。若二次侧绕组与一次侧绕组匝数比为 n , 则有:

$$U_2 = nU_1 \quad (2-12)$$

$$i_2 = i_1 / n \quad (2-13)$$