

电子电路 与调幅收音机

中山大学电子系家用电器维修技术培训教材

邓珏瑛 罗锡璋 林秩盛 编著



广东科技出版社

中山大学电子系家用电器维修技术培训教材

电子电路与调幅收音机

邓珏瑛 罗锡璋 林秩盛

广东科技出版社

粤新登字 04 号

图书在版编目 (CIP) 数据

电子电路与调幅收音机/邓瑛等

编著. --广州: 广东科技出版社,
1995. 11

ISBN7-5359-1479-9

I. 电...

II. 邓...

III. ①电子电路②调幅收音机

IV. TN710

出版发行: 广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号 邮码: 510075)

经 销: 广东省新华书店

印 刷: 番禺市印刷厂

(番禺市桥环城西路工农大街 45 号 邮码: 511490)

规 格: 787×1092 1/16 印张 22.25 字数 48 万

版 次: 1995 年 11 月第 1 版

1995 年 11 月第 1 次印刷

印 数: 0001--10 200 册

ISBN7-5359-1479-9

分 类 号: TN·61

定 价: 24.80 元

新书信息电话: 16826202

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

内 容 简 介

本书从电的基本概念出发,深入浅出地讲述了直流电、电磁现象和交流电、电路元件、单相交流电路、晶体管和晶体管放大电路、调谐放大与正弦波振荡器、直流稳压电源等电子电路的基础知识。同时又以典型七管超外差式收音机电路为例,讲述了超外差式调幅收音机的原理,收音机各级的其它电路和集成单片收音机电路;介绍了收音机的主要性能指标和调整方法,收音机的故障分析和故障检修方法。每章还附有内容小结和复习思考题。

本书可供具有初中以上文化程度的电子技术、家电原理与维修培训班和电子职中选用教材,也可作为电子行业的工人、技术人员和业余无线电爱好者的自学用书。

出版说明

随着电子科学技术的发展，电子技术、家用电器原理与维修技术的培训班如雨后春笋般涌现。出版一些既适合学员实际应用，又能反映当前电子技术发展水平的培训教材，是保证培训质量的重要环节。

为适应社会的这一需要，中山大学电子系家电技术培训部组织了该系有丰富实践经验和培训教学经验的副教授、高级工程师，将他们使用多年的培训讲义进行整理提高，编写了这套家用电器维修技术培训教材。这套教材包括《电子电路与调幅收音机》，《收录机原理与维修》，《黑白电视机原理与维修》，《彩色电视机原理与维修》，《录像机原理与维修》等册。

本教材针对培训班学员的特点，结合通俗易懂、深入浅出的教学方法，介绍家用电器的原理与维修技术，尤其注重对目前使用较多的新器件、特殊器件和新颖电路进行详尽的讲述与分析。

本教材的教学时数与劳动部门对电子类有关课程培训的基本时数相适应，适合初中以上文化水平的学员使用。本教材既可作电子技术、家电原理的培训教材，也可作电子职业中学的教材，还可供电子行业的工人、技术人员、业余无线电爱好者及家电维修人员作自学读物和维修参考书。

前 言

电工与电子电路是现代电子技术培训班或家电原理与维修培训班等学员学习必需具备的基础知识。为了使学员对学习基础知识不至于感到太枯燥,我们将基础知识与收音机联系在一起,围绕收音机来讲授必需的基础知识,然后应用到分析收音机电路上去。一方面可提高学习兴趣,另一方面通过学习收音机电路可进一步巩固基础知识,为后续课程和学员今后的提高打下较好的基础。

本书是我系集体编写的家电原理与维修技术培训教材之一。旨在给具有初中以上文化程度的家电培训学员或职中学生提供一本较理想的教科书,也给有关专业的中级技工培训提供一本合适的教材。此外,它也为后续课程《收录机原理与维修》、《黑白电视机原理与维修》和《彩色电视机原理与维修》提供必要的基础。为了避免内容重复和篇幅过长,本书对调幅收音机较少涉及的基础知识(如场效应管)和调频收音机原理等,将留在《收录机原理与维修》一书中介绍。

本书的特点是深入浅出、通俗易懂,多以物理概念来分析和阐明问题,但也讲述一些必要的基本计算方法,例如欧姆定律、电阻、电容的串、并联电路的计算方法,晶体管放大电路的估算等。这对具有初中以上文化基础的学员是容易掌握的。

本书中各章、节既有连贯性,也有独立性,可根据学时数适当取舍,而第一至四章直流电、电磁现象和交流电、电路元件、单相交流电路;第五章晶体管和晶体管放大电路中的第一至五节、第七节;第七章调谐放大与正弦波振荡电路中的第一至三节,则都是学习收音机必不可少的基础。第八章和第九章对收音机的工作原理、调整方法和产生故障的原因作了详尽的分析,并介绍了几种常用的维修方法。

书中第一至四章由罗锡璋执笔,第五、八、九章由邓珏瑛执笔,第六、七章由林秩盛执笔。由于家电原理与维修培训班学员来自五湖四海,原有文化程度参差不齐,且年龄、工作阅历差别较大,因此,他们的要求也不尽相同,加之我们的水平所限,书中难免存在一些不足,甚至错、漏之处,诚恳希望广大读者批评指正。

编 者 著

1995年1月

目 录

第一章 直流电	1
第一节 电的基本概念	1
一、电现象	1
二、物质的电结构	1
三、导体、绝缘体和半导体	2
四、库仑定律	2
第二节 电场、电位和电位差	3
一、电场	3
二、电位和电位差	3
第三节 电流	4
第四节 电源与电动势	5
一、电源	5
二、电动势	6
第五节 电路和电路图	6
一、电路	6
二、电路图	6
第六节 电阻和电阻率	7
一、电阻	7
二、电阻率	7
第七节 欧姆定律	8
一、部分电路欧姆定律	8
二、全电路欧姆定律	9
第八节 电功率、效率和功率的最大传输原理	10
一、电功和电功率	10
二、电流的热效应	11
三、效率	12
四、最大功率传输原理	12
本章小结	13
思考与练习	13
第二章 电磁现象和交流电	15
第一节 磁的基本概念	15
一、永磁体	15
二、磁场与磁力线	15
三、电流的磁现象	16

第二节 电磁感应	17
第三节 自感、互感和涡流	19
一、自感	19
二、互感	20
三、涡流	20
第四节 交流电	21
一、各种形式的交流电	21
二、描述交流电的特征量	22
第五节 交流电的旋转矢量表示和复数表示	24
一、交流电的矢量表示	24
二、交流电的复数表示	25
本章小结	27
思考与练习	28
第三章 电路元件	29
第一节 电阻器	29
一、什么叫电阻器	29
二、电阻器的质量参数	29
三、电阻器的类别和几种电阻器的简介	31
四、电阻器的串联和并联	32
五、电阻值的识别	34
第二节 电容器	36
一、电容器的特性	36
二、电容器的电容量	37
三、电容器的耐压	37
四、电容器的绝缘电阻和损耗	37
五、电容的类别和符号	38
六、电容器的串联和并联	39
七、电容器类别、容量及误差的识别	39
第三节 线圈	43
一、线圈的自感	43
二、线圈的互感	43
三、线圈的耦合	44
四、常用线圈的种类和用途	45
第四节 变压器	46
一、变压器可用于升降交流电压	46
二、变压器可用于变换电流	47
三、变压器可用于变换阻抗	48
本章小结	48
思考与练习	49
第四章 单相交流电路	51

第一节 纯电阻电路	51
一、纯电阻电路	51
二、交流电路中的纯电阻元件	51
第二节 纯电感电路	52
一、纯电感电路	52
二、交流电路中的电感元件	52
第三节 纯电容电路	53
一、纯电容电路	53
二、交流电路中的电容器	54
第四节 RL 串联电路	55
一、 RL 串联电路	55
二、 RL 电路电压与电流的关系及功率因素	55
第五节 RC 串联电路	57
一、 RC 串联电路	57
二、 RC 串联电路电压与电流的关系	57
第六节 提高功率因数的意义和方法	58
一、提高功率因数的意义	58
二、提高功率因数的方法	59
* 第七节 阻抗的复数表示法	59
本章小结	61
思考与练习	61
第五章 晶体管及晶体管放大器	63
第一节 晶体二极管	63
一、半导体的基础知识	63
二、PN 结	67
三、晶体二极管	70
四、特殊二极管	76
五、二极管的简易测试	80
第二节 晶体三极管及其放大作用	80
一、晶体管的结构和类型	81
二、晶体管的放大作用	82
三、晶体管的共射特性曲线	84
四、晶体管的主要参数	86
五、晶体管的选择和使用注意事项	88
六、晶体管的应用电路举例	88
七、晶体管的简易测试	90
第三节 晶体管基本放大电路分析	92
一、放大电路的三种基本连接方法	92
二、简单的晶体管交流放大电路和静态工作点的设置	93
三、放大器的分析方法	95
四、放大器正常工作的条件	103

第四节 工作点稳定电路	105
一、温度对工作点的影响	105
二、电流负反馈工作点稳定电路	106
第五节 多级放大器	108
一、阻容耦合两级电压放大器	108
二、放大器的输入电阻和输出电阻	109
三、多级放大器的电压放大倍数	110
四、阻容耦合放大器的频率响应	111
五、变压器耦合两级电压放大器	112
六、直接耦合两级放大器	114
第六节 负反馈放大器	115
一、反馈的基本概念	115
二、射极输出器	117
三、电流串联负反馈电路	119
四、多级负反馈电路	121
第七节 功率放大器	123
一、功率放大器的应用及其主要问题	123
二、射极输出器作功率放大器	124
三、互补对称功率放大器	126
四、功率放大管的散热问题	130
第八节 直流放大器	130
一、直流放大器的应用及其主要问题	130
二、差动式放大电路	131
三、差动电路的几种连接方式	134
第九节 集成运算放大器	135
一、什么是集成运算放大器	135
二、集成运放电路简介	137
三、集成运放的基本应用电路	139
本章小结	143
思考与练习	146
第六章 调谐放大器与正弦波振荡器	153
第一节 LC 谐振电路	153
一、串联谐振电路	154
二、并联谐振回路	155
第二节 调谐放大器	157
一、基本的调谐放大器	157
二、采用部分接入的调谐放大器	158
三、对调谐放大器的性能要求	159
四、双调谐放大器	161
五、线性集成电路调谐放大器	162
六、调谐放大器的实用电路	163

第三节 LC 变压器反馈振荡器	164
一、振荡回路中的振荡现象	164
二、从调谐放大器到振荡器	166
三、 LC 变压器反馈振荡器	167
第四节 其它 LC 振荡器	169
一、电感三点式 LC 振荡器	169
二、电容三点式 LC 振荡器	170
第五节 LC 振荡器的应用举例	173
本章小结	174
思考与练习	176
第七章 直流稳压电源	177
第一节 整流电路	177
一、单相半波整流电路	178
二、单相全波整流电路	180
三、桥式整流电路	183
第二节 滤波电路	186
一、电容滤波器	186
二、 RC 滤波器	188
第三节 硅稳压管稳压电路	188
一、硅稳压管	189
二、硅稳压管稳压电路	190
第四节 串联型负反馈稳压电源	193
第五节 集成三端稳压电路简介	196
本章小结	200
思考与练习	201
第八章 超外差式调幅收音机的工作原理	203
第一节 无线电波的基本知识	203
一、无线电波	203
二、无线电波的传播特点	204
三、调幅与调频	204
四、无线电广播与接收	205
第二节 超外差式调幅收音机的结构与性能指标	205
一、超外差式调幅收音机的典型电路及其方框图	206
二、收音机的主要性能指标	208
三、收音机质量的主观评价	210
第三节 输入回路	210
一、典型的输入回路	211
二、外接天线和调谐回路的耦合	212
第四节 变频电路	213
一、变频的基本原理	213
二、本机振荡电路	214

三、混频电路	216
四、变频电路	218
五、变频电路管子的选配和工作点的确定	219
六、统调（外差跟踪）	220
七、两波段变频电路	222
八、具有独立本机振荡器的变频电路	223
第五节 中频放大电路	225
一、单调谐回路中频放大电路	225
二、双调谐回路中频放大电路	229
三、中频放大管的选配和工作点的确定	229
第六节 检波和自动增益控制电路	230
一、检波电路	230
二、自动增益控制（AGC）电路	231
第七节 前置低频电压放大电路	234
一、阻容耦合前置放大电路	234
二、变压器耦合前置放大级电路	235
三、音调控制电路	235
第八节 功率放大电路	238
一、实用互补对称推挽放大电路	238
二、复合互补对称推挽放大电路	240
三、变压器耦合推挽功率放大电路	241
第九节 超外差式收音机整机电路分析	243
一、整机电路中元器件的作用	243
二、整机直流电路分析	247
三、整机信号（交流）回路分析	249
第十节 单片集成电路调幅收音机	251
一、TA7641 内部框图	252
二、TA7641BP 的典型应用电路	253
三、TA7641BP 内部电路分析	255
四、TA7641BP 的参数与特点	261
第十一节 超外差式收音机实用电路	262
一、典型单波段七管超外差收音机	262
二、两波段七管超外差式收音机	263
本章小结	264
思考与练习	267
第九章 调幅收音机的调整与故障检修	269
第一节 超外差式收音机的调整	269
一、调整超外差式收音机的工作原理	269
二、调整方法	272
第二节 收音机各级故障分析	277
一、变频级的故障分析	277

二、中频放大级的故障分析	282
三、检波和自动增益控制电路的故障分析	285
四、前置放大级故障分析	286
五、功率放大级的故障分析	288
第三节 调幅收音机的故障检修方法	292
一、检查晶体管收音机故障的基本方法	292
二、晶体管收音机常见故障的检修	305
三、单片集成收音机常见故障的检修	314
四、检修注意事项	316
本章小结	317
思考与练习	319
附录	
附录一 万用电表的应用	320
附录二 常用符号及意义	325
附录三 常用晶体管收音机电路图符号	327
附录四 收音机常用二极管、晶体管参数	328
附录五 单片集成收音机电路	332
附录六 部分振荡线圈的参数及接线图	333
附录七 常用中频变压器的参数及接线图	335
附录八 国外部分电容器读数法	339

第一章 直 流 电

第一节 电的基本概念

一、电 现 象

在很早的时候,人们就发现用毛皮摩擦过的琥珀能够吸引羽毛、纸屑等轻小物体。除了琥珀外,其它许多物质,如玻璃、火漆、硬橡胶、硫磺、水晶等和毛皮或丝绒等摩擦后也可吸引轻小物体。人们把这种现象叫做带电现象;物体有了这种吸引轻小物体的性质,就称它带了电,或者有了电荷。带电的物体叫做带电体。所带电荷的多少叫电量。

使物体带电叫做起电,用摩擦方法使物体带电叫做摩擦起电。此外,还有感应起电等其它起电方法。

实验证明,无论用什么方法使物体起电,物体所带的电荷只有两种,也就是说,自然界中只存在两种电荷,一种称为正电荷,一种称为负电荷。在起电过程中,正负电荷总是同时出现的,而且这两种电荷的量值一定相等。同种电荷相互靠近时互相排斥,异种电荷相互靠近时则互相吸引,这表明电荷之间存在相互作用力。等量的异种电荷相遇时相互中和,经中和后物体就不带电了。

二、物质的电结构

近代物理学的发展揭示了电现象的本质,说明了产生电的基本原因。

我们周围的一切物质都是由分子、原子组成的,而原子又由带正电的原子核和带负电的电子组成。原子核处于原子的中央,核内有质子和中子,中子不带电,质子带正电。电子在原子核外围、沿着一定的轨道绕原子核不停地转动着。一个电子所带的电量和一个质子所带的电量数值相等。不同的物质含有不同的原子,原子核外的电子数目也不一样。例如,一个最简单的氢原子,就是由原子核和一个绕核旋转的电子组成;一个铜原子核外有 29 个电子;一个铝原子核外有 13 个电子。图 1-1 是铝原子的结构图。

图 1-1 的物质结构图表明,电荷的量值是不连续的。电荷的量值有个基本单元,即一个质子或一个电子所带电量的绝对值。每个原子核、原子、分子,以至整个物体所带的电量都只能是这个电荷的整数倍。这个基本电量的量值为

$$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{C}$$

电量的单位是库仑,简称库,用C表示。一个电子或质子所带的电量是非常微小的。 6.24×10^{18} 个电子的电量加起来才有1C。

在正常状况下,原子核内的质子数目与核外电子数目相等,原子不显电性。并且物体中任何一部分所包含的电子的总数和质子的总数是相等的,物体对外界不显电性。然而,如果在外界条件作用下,物体得到或失去一定数量的电子,使得电子的总数和质子的总数不再相等,那么物体便呈现电性。

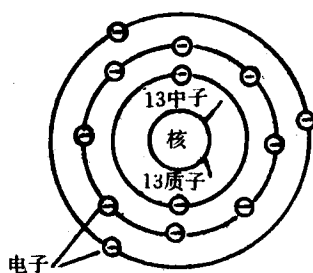


图 1-1 铝原子结构图

例如两种不同质料的物体通过相互摩擦,每个物体中都有一些电子脱离原子核的束缚,跑到另一个物体上去。但是,不同材料的物体向对方转移的电子数目是不相等的。结果,一个物体得到了电子,一个物体失去了电子,失去电子的物体带正电,得到电子的物体带负电。摩擦起电实质上是通过摩擦作用使电子从一个物体转移到另一个物体上。

三、导体、绝缘体和半导体

按照电荷在其中是否容易转移或传导,习惯上可把物体大致分为三类:电荷能够从产生的地方迅速转移或传导到其它部分的那些物体叫做导体;电荷几乎只能停留在产生的地方的那些物体叫绝缘体;导电能力介乎于导体和绝缘体之间的物体称为半导体。金属、石墨、电解溶液(酸、碱、盐的水溶液)、人体、大地、电离了的气体都是导体;玻璃、橡胶、瓷器、油类、大部分塑料都是绝缘体;锗、硅、镓等是半导体。

金属导体中,最外层的电子(价电子)极容易摆脱原子的束缚,在整个导体中自由运动,这类电子叫自由电子。金属导体是靠自由电子的移动来导电的。

绝缘体中,绝大部分电荷都只能在一个原子或分子的范围内作微小运动,这种电荷叫束缚电荷。绝缘体中自由电子很少,因此,绝缘体的导电性能很差。

半导体中,导电的粒子(载流子)有带负电的电子和带正电的“空穴”。纯净的半导体中,可以自由移动的电子和“空穴”是不多的,因而导电性能也是不好的。通过“掺杂”工艺可以改变半导体内的电子或“空穴”的数量,以达到改变它的导电性能的目的,做成各种半导体器件,广泛应用在现代电子技术中。

四、库 仑 定 律

前面提到,两个电荷之间存在相互作用力:同种电荷相排斥,异种电荷相吸引。当两个电荷的尺寸远小于它们之间的距离时,其相互作用力可按下面的公式计算:

$$F = \frac{Kq_1q_2}{\epsilon r^2} \quad (1-1)$$

式中, q_1 、 q_2 是两个点电荷的电量; r 是它们之间的距离(如图 1-2 所示); ϵ 为介电常数; K 是比例系数, 它的数值取决于式中各量的单位; F 是两个点电荷之间的作用力。该式表明, 两个点电荷 q_1 和 q_2 之间的相互作用力的大小跟 q_1 与 q_2 的乘积成正比, 跟它们之间的距离平方成反比。这就是库仑定律, 是电学中最基本的定律之一。

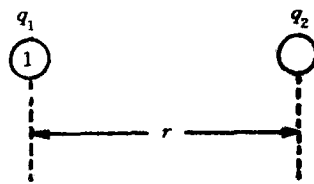


图 1-2 两个点电荷之间的作用力

第二节 电场、电位和电位差

一、电 场

两个电荷相互靠近会产生作用力。两个电荷并没有接触, 是什么东西传递作用力的呢? 近代物理的发展告诉我们, 电荷的作用力是通过电场来传递的。

电场是一种特殊的物质。凡有电荷的地方, 四周就存在着电场, 即任何电荷都在自己的周围空间激发电场; 而电场的基本性质是: 它对处在其中的任何其它电荷都有作用力, 这个力也叫电场力。因此电荷与电荷之间是通过电场来发生相互作用的。用一个图式来概括, 则为

电荷 ↔ 电 场 ↔ 电荷

如果电荷数目的多少, 每个电荷的电量和它们的相对位置都不变化, 那么电场也不变化, 这种静止的电荷在其周围空间产生的电场称为静电场。

电场的强弱是用一个叫电场强度的量去衡量的。电场中某点的电场强度的大小等于单位检验电荷在该点所受电场力的大小, 电场的方向是正电荷在该点受力的方向。

电场强度也称场强, 用字母 E 来表示。点电荷的电场强度按下式计算:

$$E = K \frac{q}{\epsilon r^2} \quad (1-2)$$

式中, q 是产生电场的点电荷的电量, r 是场点到点电荷的距离, K 、 ϵ 的意义跟库仑定律公式中的一样。场强式子表明, 带电体在空间一点的场强, 与电荷的电量成正比, 与场点到电荷的距离平方成反比。

二、电位和电位差

重物在高处具有做功的本领。例如, 高举的重锤下落时可以把桩打进地面, 而且位置越高, 重锤做功的本领也越大。这种与位置高低有关的能量称为位能。在重物的情况下, 我们说它具有重力位能(也叫重力势能), 位置越高, 位能越大。

放在电场中的电荷，要受到电场力的作用。如果电荷不固定，在电场力作用下，电荷就要移动，从而电场对电荷做了功。因此，电场中的点。也有相应的位能，我们称它为电位。我们规定大地的电位为 0。正电荷产生的电场，它的电位比大地的电位高，是正的，且离正电荷越近的点，它的电位越高；负电荷产生的电场，它的电位比大地的电位低，是负的，且离负电荷越近的点，它的电位越低（负得越厉害）。

电场中某两点之间，或物体之间的电位的差，称为这两点之间或两物体之间的电位差。电位差也叫电压。

电场中某点的电位用 U 来表示，如 U_A 表示电场中 A 点的电位。而 $U_{AB}=U_A-U_B$ 表示场中 A 、 B 两点的电位差（即电压），电压也可以写成 V_{AB} 。

电位和电压的单位都是伏特，简称伏，用 V 来表示。其辅助单位有 kV （千伏）、 mV （毫伏）和 μV （微伏）。

$$1kV=1000V$$

$$1V=1000mV$$

$$1mV=1000\mu V$$

第三节 电 流

电荷的定向移动便形成电流。我们把正电荷移动的方向规定为电流的方向。

在金属导体中，电流是由自由电子定向移动而形成的。自由电子带负电，因此，自由电子移动的方向与电流方向相反。

在电解溶液中，电流是由移动方向相反的正、负离子移动而形成的，正离子移动的方向是电流的方向。

电流常用字母 I 表示。电流的大小用电流强度来量度。它的单位为安培，简称安，记为 A 。1 安培即在 1 秒钟内流过导线横截面的电量为 1 库仑。用公式表示为

$$I=\frac{q}{t} \quad (1-3)$$

式中 t ——时间，单位是 s （秒）；

q ——电量，单位为 C （库）。

电流强度常常简称为电流，它的辅助单位是 mA （毫安）和 μA （微安）。

$$1A=1000mA$$

$$1mA=1000\mu A$$

方向和大小都不随时间变化的电流称为直流电。

方向和大小随时间作周期性变化的电流叫交流电。