

职业技能鉴定培训教材

中级家用 电子产品 维修工

(含视频设备维修工、音频设备维修工)

家电类职业技能鉴定培训教材编委会 组编
山东省家用电器职业技能鉴定所

ZHONGJI JIAYONG
DIANZICHANPIN
WEIXIUGONG



机械工业出版社
China Machine Press

职业技能鉴定培训教材

中级家用电子产品维修工

(含视频设备维修工、音频设备维修工)

家电类职业技能鉴定培训教材编委会
山东省家用电器职业技能鉴定所

组编

张新芝 主编

周兴前 方尧江 杨现富 孟宪香 编



机械工业出版社

书中介绍了中级家用电子产品维修工鉴定考核的基础知识和收录机(相当于国标中B级机)、彩色电视机、家用录像机的工作原理和常见故障的检修以及测量仪器的使用方法。

本书可作为家用电子产品维修工进行职业技能鉴定和培训的教材,又可作为各级职业技术学院的教科书,也可作为家用电子产品维修人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

中级家用电子产品维修工/张新芝主编. —北京:机械工业出版社, 2001.3

含视频设备维修工、音频设备维修工 职业技能鉴定培训教材

ISBN 7-111-08653-8

I. 中… II. 张… III. 日用电气器具—维修—职业技能鉴定—教材 IV. TM925.07

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第02739号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:牛新国 舒莹 版式设计:冉晓华 责任校对:李汝庚

封面设计:李雨桥 责任印制:郭景龙

中国农业出版社印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001年3月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm1/16·16.75印张·1插页·415千字

0 001—4 000册

定价:29.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、68326677—2527

家电类职业技能鉴定培训教材编委会

顾 问:

李 奇 机械工业出版社 副社长
刘金良 国家轻工业局人才培训中心 常务副主任
程广辉 山东省第二轻工总会 副会长
徐本高 山东省家用电器行业协会 理事长

主 任:

李佩禹 山东省家用电器职业技能鉴定所 所长
范兴国 机械工业出版社电工电子编辑室 主任
宋术山 海尔集团顾客服务事业部 部长

副主任:

姜亚彬 海尔集团冰箱顾客服务事业部 部长
王海东 小鸭集团销售公司人力资源中心 主任
苗 滨 山东省商业职业技术学院工程系 主任

委 员:

陈国华 机械工业出版社 编审
于晓平 济南教育学院 副教授
尹选模 山东省商业职业技术学院 高级讲师
许 华 山东省家用电器职业技能鉴定所 工程师
刘 伟 海尔集团顾客服务事业部技术部 工程师
陶登涛 小鸭集团人力资源培训中心 工程师
邢振禧 山东省商业职业技术学院 高级讲师
齐运州 山东济南百大集团公司 工程师
张新芝 山东省商业职业技术学院 高级讲师
周兴前 山东大禹学院 讲师
胡玉叶 山东省淄博商业学校 高级讲师
谭桂峰 济宁工业学校 讲师
姜宝港 山东省商业职业技术学院 讲师

序 言

《中华人民共和国劳动法》明确规定：国家对规定的职业制定职业技能标准，实行职业资格证书制度，由经过政府批准的考核鉴定机构负责对劳动者实施职业技能鉴定。

职业技能鉴定是提高劳动者素质，增强劳动者就业能力的有效措施，进行考核鉴定，并通过职业资格证书制度予以确认，为企业合理使用劳动力以及劳动者自主择业提供了依据和凭证。

目前，国家公布了实行就业准入的90个工种目录，其中家用电器产品维修工（包括制冷设备维修工、家用电热器具与电动器具维修工）和家用电子产品维修工（包括家用视频设备维修工、家用音频设备维修工）为实行就业准入的范围。

国家劳动和社会保障部2000年第6号令明确规定：技工学校、职业（技术）学校、就业训练中心及各类职业培训机构的毕（结）业生，必须取得相应职业资格证书后，才能到技术工种岗位就业；对从事技术工种的学徒，用人单位应按照《中华人民共和国工种分类目录》所规定的学徒期进行培训；对转岗从事技术工种的劳动者，用人单位应按照国家职业（技能）标准的要求进行培训，达到相应职业技能要求后再上岗。

实施职业技能鉴定，教材建设是重要的一环。为适应职业技能鉴定的迫切需要，推动职业培训教学改革，提高培训质量，根据“国家职业技能鉴定规范”的要求，参照目前职业技能考核鉴定办法和考核鉴定内容，我们组织家用电器维修专业相关工种的专家和考评员编写这套职业技能鉴定培训教材。考虑到教材的实用性和针对性，邀请名牌家电生产企业参加编写。

这套培训教材，以“国家职业技能鉴定规范”为依据，编写内容限定在工种考核鉴定范围内。考虑到“国家职业技能鉴定规范”要不断修改，工种考核内容的不断更新，这套培训教材对本工种的新技术、新产品也进行较为详细介绍。

家电类职业技能鉴定培训教材共包括以下9种：

1. 初级制冷设备维修工
2. 中级制冷设备维修工
3. 高级制冷设备维修工
4. 初级家用电热器具与电动器具维修工
5. 中级家用电热器具与电动器具维修工
6. 高级家用电热器具与电动器具维修工
7. 初级家用电子产品维修工（含视频设备维修工、音频设备维修工）
8. 中级家用电子产品维修工（含视频设备维修工、音频设备维修工）
9. 高级家用电子产品维修工（含视频设备维修工、音频设备维修工）

为便于各职业学校和培训单位组织教学，同时照顾到申请参加职业技能鉴定人员自学和复习使用，本套培训教材对每一工种分别按初、中、高三个等级编写，独立成册，具有很强的实用性和针对性。

参加这套培训教材编写工作的单位有：青岛海尔集团、山东小鸭集团、青岛澳柯玛集团、山东省商业职业技术学院、淄博商业学校、山东省电子学校、临沂工业学校、滨州经济学校、潍坊贸易学校、潍坊经济学校、淄博工业学校、山东大禹学院、聊城建设学校、山东省公安学校、济宁市工业学校、济南教育学院、德州财贸经济学校、济南铁路机械学校等。

为便于读者应考，在书后附有近期使用过的国家题库统一鉴定试卷，为读者应考提供复习参考。

由于时间仓促，不足之处在所难免，欢迎各使用单位和个人提出宝贵的意见和建议。

家电类职业技能鉴定培训教材编委会

2000年6月

前 言

本书以劳动和社会保障部与电子工业部联合颁发的《国家职业技能鉴定规范——家用电子产品维修工》为依据编写而成，书中紧扣《规范》规定的范围和知识、技能要求，阐述了中级家用电子产品维修工考核鉴定的基础知识、专业知识、相关知识和技能操作等内容。

本书既突出考核、鉴定的针对性和实用性，又注重知识的系统性、典型性和先进性，理论与技能融为一体，突出实际操作维修技能。

教学本书共需约 180 学时，学时分配为：第一章 16 学时；第二章 56 学时，第三章 76 学时；第四章 20 学时；第五章 12 学时。

本书第一、五章由杨现富编写；第二章由周兴前编写；第三章由张新芝和孟宪香编写；第四章由方尧江编写；由张新芝统稿并担任主编。

在本书的编写和出版过程中，得到了山东省家用电器职业技能鉴定所所长、高级工程师李佩禹先生的大力支持，在此表示由衷的感谢！

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在缺点和错误，恳请广大读者批评指正。

编者

目 录

序言

前言

第一章 基础知识 1

第一节 基尔霍夫定律及应用 1

一、基尔霍夫第一定律 1

二、基尔霍夫第二定律 1

三、基尔霍夫定律的应用 2

第二节 谐振电路 3

一、串联谐振电路 3

二、并联谐振电路 4

三、耦合谐振电路 5

第三节 多级放大器 5

一、级间耦合方式及特点 5

二、多级放大器的分析 6

三、负反馈放大器 7

第四节 集成电路知识 8

一、集成电路的分类 8

二、集成电路的特点 9

三、集成电路的发展概况 9

第五节 逻辑门电路 9

一、基本门电路 9

二、集成门电路 12

第六节 组合逻辑电路 13

一、基本知识 13

二、编码器 14

三、译码器 15

第七节 集成触发器 15

一、RS 触发器 15

二、JK 触发器 16

三、D 触发器和 T 触发器 16

四、集成触发器的应用 17

复习题 18

第二章 收录机原理与维修 21

第一节 立体声的发射与接收 21

一、立体声原理 21

二、调频立体声的发射 21

三、调频立体声的接收 23

四、调频/调幅立体声收音电路分析 28

第二节 单卡立体声收录机的电路组成及原理 30

一、电路组成 30

二、放音电路 31

三、录音电路 35

四、磁带选择电路 41

五、集成立体声录放音前置放大器 41

第三节 双卡收录机的组成、原理 46

一、双卡收录机的功能特点 46

二、双卡收录机的组成 46

三、双卡收录机的原理 47

第四节 收录机的特殊电路 49

一、双卡连续放音电路 49

二、杜比降噪电路 53

三、人工选曲 59

四、钟控 60

五、红外线遥控系统 62

六、数字调谐系统 63

七、卡拉 OK 伴唱机 67

第五节 录音机机芯的组成和工作原理 69

一、驱动机构的功能、组成、种类 69

二、恒速走带机构和快速进带、倒带机构 72

三、制动机构 77

四、功能操作机构与磁头机构 78

五、辅助功能机构 79

六、电动机及其稳速 82

七、新型盒式录音机机芯 85

第六节 机芯的典型故障现象与维修 87

一、直接影响录放音的故障 88

二、其他功能性故障的排除方法 92

三、电动机及稳速电路的维修 93

四、维修实例·····	93	二、松下 M11 机芯开关电源·····	135
复习题·····	94	三、东芝 X56P 机芯开关电源·····	139
第三章 彩色电视机原理与维修 ·····	96	第七节 遥控电路 ·····	144
第一节 彩色电视信号传送的基本原理·····	96	一、遥控彩色电视机的组成及控制功能·····	144
一、色度学基础知识·····	96	二、三菱 M50436-560SP 遥控系统·····	146
二、彩色电视与黑白电视的兼容·····	97	三、遥控电路的故障判断及检修方法·····	157
三、彩色图像的分解与三基色信号·····	97	四、遥控电路故障的检修·····	158
四、亮度信号与色差信号·····	97	第八节 集成电路彩色电视机电路	
五、频谱间置与正交平衡调幅·····	98	分析与检修·····	161
六、NTSC 制彩色全电视信号·····	101	一、松下 M11 型彩色电视机电路分析·····	161
七、PAL 制彩色全电视信号的形成·····	101	二、松下 M11 型彩色电视机故障检修·····	177
第二节 PAL 制彩色电视机的基本组成 ·····	104	三、单片机集成电路 LA7680/LA7681 简介·····	184
一、PAL 制彩色电视机的组成及电路功能·····	104	第九节 彩色电视机的检修技术 ·····	188
二、彩色电视机与黑白电视机共同电路的不同要求·····	104	一、检修彩色电视机应注意的主要事项·····	188
第三节 彩色显像管及其电路 ·····	106	二、彩色电视机的检修步骤和故障排除顺序·····	189
一、自会聚彩色显像管的结构及电气特性·····	106	三、彩色电视机的检修方法和技巧·····	191
二、自会聚彩色显像管的附属部件·····	107	复习题·····	193
三、彩色显像管的附属电路·····	109	第四章 家用录像机基本原理与维修 ·····	204
四、末级视放电路与白平衡的调整·····	110	第一节 录像机概述 ·····	204
五、显像管及末级视放电路故障的检修·····	112	一、录像机的种类及特点·····	204
第四节 全频道电子调谐器 ·····	114	二、视频信号记录的特点·····	205
一、全频道电子调频器的基本组成·····	114	三、旋转磁头和螺旋扫描方式·····	207
二、电子调谐器中的调谐回路·····	114	四、高密度记录技术·····	208
三、电子调谐器各引出脚的功能及工作电压·····	115	五、录像机中的磁头配置·····	209
四、高频调谐器故障的检修·····	115	第二节 家用录像机的基本工作	
五、高频调谐器的代换·····	116	原理·····	210
第五节 PAL 制解码电路 ·····	117	一、家用录像机的组成及声像信号的录/放过程·····	210
一、PAL 制解码电路的组成及基本原理·····	117	二、机械系统·····	213
二、TA7193AP 组成的解码电路分析·····	121	三、视频系统·····	215
三、TA7698AP 组成的解码电路分析·····	126	四、音频系统·····	218
四、解码电路的故障特点及检修方法·····	129	五、伺服系统·····	220
五、解码电路故障的检修·····	130	六、控制系统·····	221
第六节 开关式稳压电源 ·····	134	七、电视解调和射频调制系统·····	222
一、开关电源的特点及组成·····	134	八、电源·····	223
		第三节 录像机的维修 ·····	224
		一、录像机的维护·····	224
		二、录像机检修基础知识·····	226

三、录像机故障分析与维修	231	一、立体声信号发生器的作用	242
复习题	236	二、S104 型立体声信号发生器的主要技术性能	242
第五章 常用仪器的使用与维护	238	三、S104 型立体声信号发生器的使用方法	243
第一节 数字式频率计	238	四、S104 型立体声信号发生器的应用举例	243
一、数字式频率计的作用	238	五、立体声信号发生器的维护保养	244
二、E-312 型数字频率计的主要技术指标	238	第五节 彩色电视信号发生器	244
三、E-312 型数字频率计的使用方法	238	一、彩色电视信号发生器的作用	244
四、E-312 型数字频率计的应用举例	239	二、YDC-868 型彩色电视信号发生器的主要技术指标	244
五、数字频率计的维护保养	239	三、YDC-868 型彩色电视信号发生器的使用方法	244
第二节 失真度测量仪	239	第六节 彩色电视测试卡	245
一、失真度测量仪的作用	239	一、彩色电视测试卡的作用	245
二、BS-1 型失真度测量仪的主要技术指标	239	二、彩色电视测试卡的使用	245
三、BS-1 型失真度测量仪的使用方法	240	复习题	247
四、BS-1 型失真度测量仪的应用举例	240	附录 A 中级家用电子产品维修工理论知识鉴定试题	248
五、失真度测量仪的维护保养	241	附录 B 中级家用电子产品维修工彩色电视机技能鉴定试题	254
第三节 双踪示波器	241	参考文献	255
一、双踪示波器的作用	241	附图一 长虹 CK-53A 型彩色电视机遥控电路图	
二、SR-8 型双踪示波器的技术性能	241	附图二 M11 机芯彩色电视机电路图	
三、SR-8 型双踪示波器的使用方法	242		
四、SR-8 型双踪示波器的应用举例	242		
五、双踪示波器的维护保养	242		
第四节 立体声信号发生器	242		

第一章 基础知识

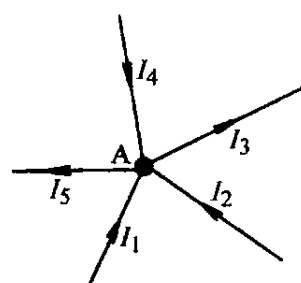
内容提要：本章主要学习基尔霍夫定律及其应用，重点分析谐振电路、多级放大电路与负反馈电路。还将介绍集成电路和数字电路的有关知识。

第一节 基尔霍夫定律及应用

在实际应用中，有些较复杂的直流电路可用基尔霍夫定律来分析。基尔霍夫定律既适用于直流电路，也适用于交流电路和某些含有电子器件的非线性电路。

一、基尔霍夫第一定律

基尔霍夫第一定律也叫做节点电流定律，是研究电路中任一节点处各电流之间的关系的内容。它是：对于电路中任一节点，流入该节点的电流之和等于流出该节点的电流之和。这是因为电路中的任一节点的电荷是不会产生、消灭或积累的。如图 1-1 所示电路中，与节点 A 连接的五条支路的电流分别用 I_1 、 I_2 、 I_3 、 I_4 、 I_5 表示。根据基尔霍夫第一定律，汇集于节点 A 的各支路电流关系为



$$I_1 + I_2 + I_4 = I_3 + I_5 \quad (1-1)$$

图 1-1 基尔霍夫第一定律

通常规定流入节点的电流为正值，流出节点的电流为负值，于是上式可以写成

$$I_1 + I_2 - I_3 + I_4 - I_5 = 0 \quad (1-2)$$

上式称为电路中节点 A 的电流方程，写成一般形式为

$$\sum I = 0 \quad (1-3)$$

即在任一瞬间通过电路中任一节点的电流代数和恒等于零。这是基尔霍夫第一定律的另一种表述。

基尔霍夫第一定律可以推广应用于任意假定的封闭面，则流入封闭面的电流就等于从封闭面流出的电流。

二、基尔霍夫第二定律

基尔霍夫第二定律也叫回路电压定律，它研究了一个闭合回路中各部分电压之间的关系。它是：对任一闭合回路，沿回路绕行方向上各段电压的代数和恒等于零。其数学表达式为

$$\sum U = 0 \quad (1-4)$$

基尔霍夫定律的另一种表述是：在任意一个闭合回路中，各电阻上电压降的代数和等于各电源电动势的代数和。即

$$\sum IR = \sum E \quad (1-5)$$

如图 1-2 所示是某一复杂电路中的一个闭合回路。用带箭头的虚线表示绕行方向，根据基尔霍夫第二定律可得

$$U_{ab} + U_{bc} + U_{cd} + U_{da} = (V_a - V_b) + (V_b - V_c) + (V_c - V_d) + (V_d - V_a) = 0$$

根据图示可列出回路电压方程为

$$E_1 + I_1 R_1 + I_2 R_2 - E_2 - I_3 R_3 - I_4 R_4 = 0$$

列回路电压方程时，应先在所分析的电路中任意选定未知电流的参考方向和回路的绕行方向。然后确定电阻电压降的符号和电动势的符号，当电阻上的电流方向与绕行方向一致时，此电阻上的电压降取正值，反之取负值；当电动势的正方向与绕行方向一致时，该电动势取正值，否则取负值。

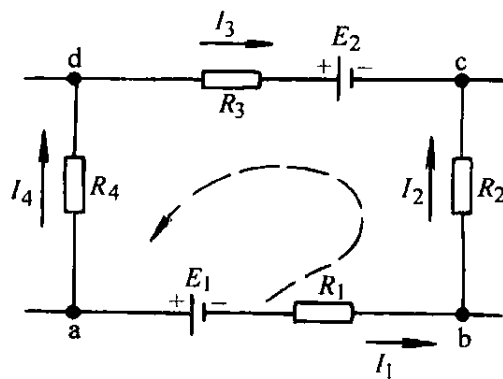


图 1-2 基尔霍夫第二定律

基尔霍夫第二定律可以推广应用于不闭合的假想回路，将不闭合两端点间电压列入回路电压方程。

三、基尔霍夫定律的应用

应用基尔霍夫定律分析复杂电路的方法很多，在此，仅对支路电流法作以下介绍。

以支路电流为未知量，应用基尔霍夫定律列出节点电流方程和回路电压方程，组成方程组解出各支路电流的方法叫支路电流法。求出了各支路电流，各支路的电压、电功率就很容易求得，并能进一步掌握电路的工作状态。

应用支路电流法求各支路电流的步骤如下：

- (1) 任意标出各支路电流的参考方向和网孔回路的绕行方向。
- (2) 根据基尔霍夫第一定律列出独立的节点电流方程。
- (3) 根据基尔霍夫第二定律列出独立的回路电压方程。
- (4) 代入已知数，解联立方程组求出各支路电流。

例题：在图 1-3 所示的电路中，已知 $E_1 = 18\text{V}$ ， $E_2 = 9\text{V}$ ， $R_1 = R_2 = 1\Omega$ ， $R_3 = 4\Omega$ ，试求各支路电流。

解：(1) 选择各支路电流参考方向和回路的绕行方向如图 1-3 所示。

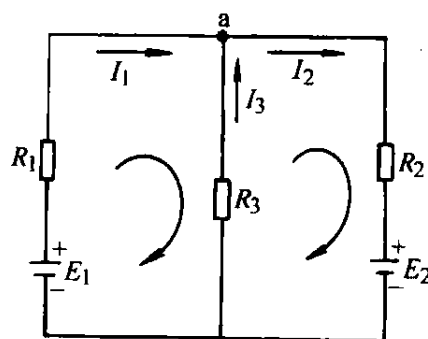


图 1-3

- (2) 应用基尔霍夫第一定律列出节点 a 的电流方程为

$$I_1 - I_2 + I_3 = 0$$

- (3) 应用基尔霍夫第二定律列出两个网孔的回路电压方程为

$$-E_1 + I_1 R_1 - I_3 R_3 = 0$$

$$E_2 + I_2 R_2 + I_3 R_3 = 0$$

- (4) 代入已知数联立方程组并整理得

$$\begin{cases} I_1 - I_2 + I_3 = 0 \\ I_1 - 4I_3 = 18 \\ I_2 + 4I_3 = -9 \end{cases}$$

- (5) 解之得

$$I_1 = 6\text{A} \quad I_2 = 3\text{A} \quad I_3 = -3\text{A}$$

经计算 I_1 、 I_2 为正值，说明电流的实际方向跟标明的参考方向相同； I_3 为负值，说明电流的实际方向与参考方向相反。

第二节 谐振电路

谐振电路广泛应用于收录机、电视机、录像机等电子电器中。根据 R 、 L 、 C 的不同连接方式，谐振电路可分为三种类型，即串联谐振电路、并联谐振电路和耦合谐振电路。下面分别予以介绍。

一、串联谐振电路

(一) 谐振条件与谐振频率

1. 谐振条件 电阻、电感、电容串联电路发生谐振的条件是电路的电抗 X 等于 0，即

$$X = X_L - X_C = 0$$

则电路的阻抗角为

$$\varphi = \arctan \frac{X}{R} = 0$$

$\varphi = 0$ ，说明电压与电流同相，我们称这种情况为串联谐振。

2. 谐振频率 RLC 串联电路产生谐振时必须满足条件

$$X_L = X_C$$

即

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

要满足上述条件，可改变电路中的参数 L 和 C ，还可改变电源频率。对于 L 、 C 为确定值的电路，要产生谐振，电源角频率必须满足下式

$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

则谐振时的电源频率为

$$f = f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1-6)$$

可以看出，谐振频率 f_0 仅由参数 L 和 C 决定，与电阻 R 的大小无关，它反映电路本身的一种固有性质。所以又称 f_0 为电路的固有频率。在实际应用中，常利用改变电路 L 或 C 的值，使电路在某一频率下产生谐振。

(二) 串联谐振的特点

1. 谐振时，总阻抗最小，总电流最大 电路谐振时的电抗 $X = 0$ ，因此阻抗 Z 为最小值，且为纯电阻性，幅角 $\varphi = 0$ 。所以，在外加电压一定时，谐振电流 I 达最大值，且与外加电压同相。

2. 特性阻抗 当电路谐振时，感抗与容抗相等，通常称这时的感抗或容抗为电路的特性阻抗，用字母 ρ 表示

$$\rho = \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (1-7)$$

3. 品质因数 品质因数是衡量谐振电路特性的一个重要参数。通常将谐振电路的特性阻抗与电路中电阻的比值称为电路的品质因数，用字母 Q 表示

$$Q = \frac{\rho}{R} = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 C R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (1-8)$$

(三) 串联谐振电路的选择性和通频带

1. 串联谐振电路的选择性 电路的品质因数 Q 值的大小标志着谐振电路的质量优劣, 它对谐振曲线有着很大的影响。理论和实践证明, Q 值越高, 曲线就越尖锐, 电路的选择性越好; Q 值越低, 曲线就越趋于平坦, 电路的选择性越差。在无线电技术中, 常用谐振电路从许多不同频率的信号中选取所需要的信号。

2. 串联谐振电路的通频带 通常规定在谐振曲线上, $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ 所包含的频率范围叫做电路的通频带, 用字母 BW 表示, 如图 1-4 所示。

$$BW = f_2 - f_1$$

理论和实践证明, 通频带 BW 与 f_0 、 Q 的关系为

$$BW = \frac{f_0}{Q} \quad (1-9)$$

可见, 电路的 Q 值越高, 谐振曲线越尖锐, 电路的通频带就越窄; 反之, 电路的 Q 值越小, 谐振曲线越平坦, 电路的通频带越宽。在无线电技术中, 既要考虑选择性, 又要考虑通频带, 所以品质因数的选择应恰当、合理。

二、并联谐振电路

(一) RLC 并联谐振电路

如图 1-5 所示, 如果 $X_L = X_C$, 则

$$I_L = I_C$$

通过分析可以得出谐振频率为

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

RLC 并联谐振电路与串联谐振电路相比, 具有以下几个性质:

(1) 当电压一定时并联谐振电路的总电流最小, 而总阻抗最大, 这与串联谐振电路相反。

(2) 并联谐振频率与串联谐振电路相同。

(3) 并联谐振时, 总电流与电压同相, 电阻呈阻性, 这与串联谐振电路相同。

(二) 电感与电容并联的谐振电路

如图 1-6 所示, 是一种常见的用途极为广泛的谐振电路。

图中 R 为实际线圈的电阻。

理论和实践证明, 电感与电容并联谐振电路的谐振频率可以近似表示为

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

并联谐振电路常用作选频器, 收音机和电视机的中频选频电路采用的就是并联谐振电路。

串联谐振也叫电压谐振, 而并联谐振又叫电流谐振。两者

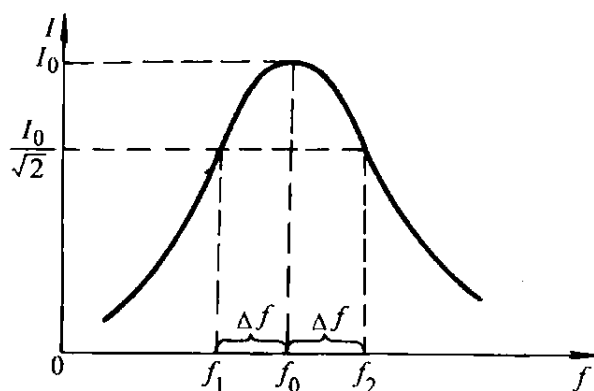


图 1-4 通频带

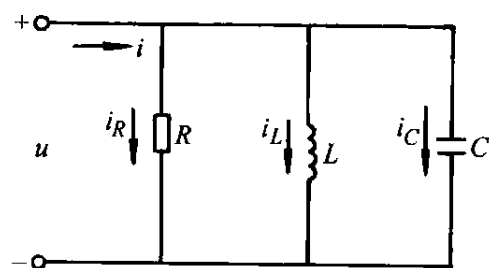


图 1-5 RLC 并联谐振电路

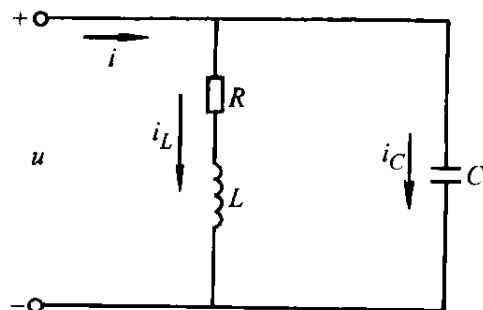


图 1-6 电感与电容并联谐振电路

谐振曲线的形状相似，选择性和通频带也类似。

三、耦合谐振电路

在无线电技术中，常采用耦合谐振电路，它是由简单谐振电路耦合而成的。如果两个回路含有引起相互影响的公共元件，那么其中一个回路中电流的变化将导致另一个回路电流相应的变化，这两个回路便称为耦合回路，其中相互影响的公共元件称为耦合元件，接入信号源的回路称为一次回路，与它耦合的回路称为二次回路。

耦合电路有许多不同的结构形式，如图 1-7a、b 所示，一、二次回路只有一个回路采用谐振电路，称为单调谐电路。如图 1-7c、d 所示，一、二次回路都采用谐振电路，称为双调谐电路。

根据一、二次回路的耦合元件不同，耦合电路有互感耦合电路、电容耦合电路、电阻耦合电路和复合耦合电路等几种耦合形式，实际常用的是互感耦合电路。

耦合谐振电路较好地解决了串联谐振电路和并联谐振电路中通频带与选择性之间存在的矛盾，使谐振电路更接近于理想的幅频特性，是无线电技术中最常用的基本电路。

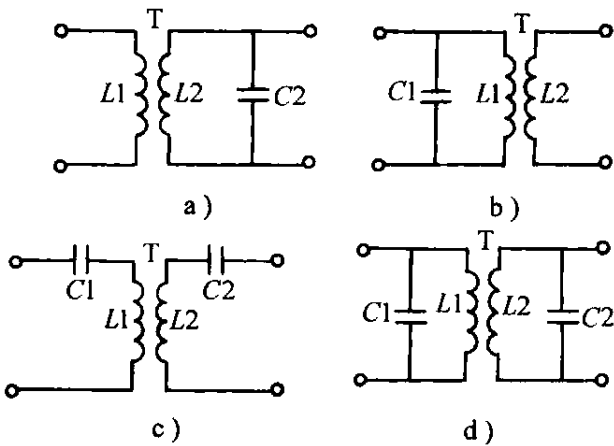


图 1-7 几种常用的耦合电路

第三节 多级放大器

在电子设备中，单级放大器的放大作用是远远达不到要求的，这就需要将许多单级放大器连接在一起组成多级放大器，使信号逐级放大以满足放大倍数的要求，同时也能满足对输入、输出电阻的特殊要求。

一、级间耦合方式及特点

在多级放大器中，各级放大器之间信号的传输方式，称为级间耦合方式。常用的级间耦合方式有阻容耦合、变压器耦合和直接耦合。在选择应用时，要保证各级有合适的静态工作点和信号的顺利传输。

(一) 阻容耦合

阻容耦合简称 RC 耦合。如图 1-8 所示电路是两级共射放大器，前级和后级之间用电容 C2 连接起来。可以看出，第二级放大器的输入电阻即为第一级放大器的负载，于是组成了阻容耦合放大器。

RC 耦合方式的特点是：由于耦合电容具有“隔直”作用，所以各级的静态工作点彼此独立，互不影响，这使电路的设计、调试和维修十分方便。此外，耦合电容体积较小，重量较轻，价格便宜。只要电容选得合适，可将前级输出的一定频率范围的信号几乎无衰减地传输到下一级，使得电路传输效率较高。

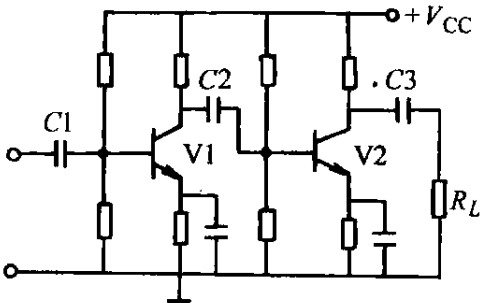


图 1-8 阻容耦合

RC 耦合方式广泛应用于分立元件的交流放大电路中，而集成电路不易采用 RC 耦合方式。

(二) 变压器耦合

两级变压器耦合放大器如图 1-9 所示，前级和后级之间通过变压器 T1 来传送信号。

变压器耦合方式的特点是：因为变压器只变交流信号不变直流信号，所以各级静态工作点也是彼此独立、互不影响的。此外，变压器具有阻抗变换作用，能使放大器获得最大功率输出。但是，变压器耦合不能放大直流和频率很低的信号。变压器体积大，成本高，而且频率特性较差，变压器耦合方式也不易集成。它常用于功率放大电路和某些调谐放大电路中。

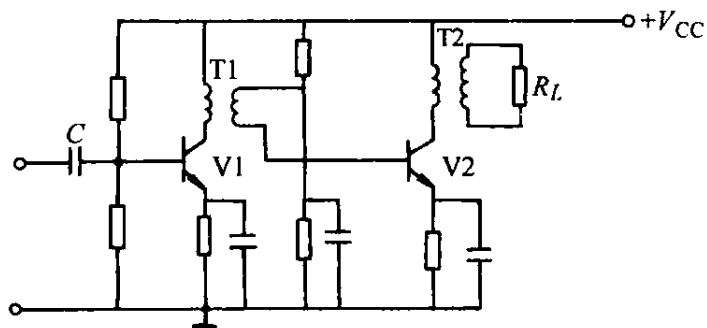


图 1-9 变压器耦合

(三) 直接耦合

两级直接耦合放大器如图 1-10 所示，前级和后级直接用导线相连。

这种方式的优点是结构简单，不用电感、电容等元件，便于集成，能放大直流信号，并在传输过程中无能量损耗。它的缺点是前后级静态工作点互相牵制，还容易受温度和其他因素的影响，这会给整个电路的设计、调试带来困难，直接耦合方式主要应用于集成电路中。

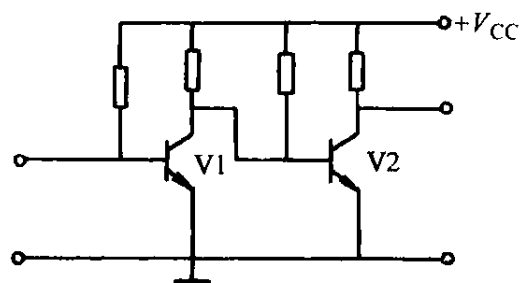


图 1-10 直接耦合

二、多级放大器的分析

多级放大器可以依据单级放大器的某些性能指标来分析，但多级放大器又有其特点。

(一) 电压放大倍数

由于放大器第一级输出电压正好是第二级输入电压，所以两级放大器的总电压放大倍数为

$$A_u = \frac{u_o}{u_i} = \frac{u_{o1}}{u_i} \cdot \frac{u_o}{u_{i2}} = A_{u1} \cdot A_{u2}$$

即两级放大器总电压增益是两个单级放大器增益的乘积。同理可以推出， n 级放大器的总电压放大倍数等于 n 个单级放大器电压放大倍数的乘积，即

$$A_u = A_{u1} \cdot A_{u2} \cdot \cdots \cdot A_{un} \quad (1-10)$$

如果用分贝来表示增益，则总增益的分贝数等于各个单级分贝数之和。

(二) 输入电阻和输出电阻

一般说来，第一级的输入电阻就是多级放大器的输入电阻，末级输出电阻就是多级放大器的输出电阻。但对于以射极输出器作为输入级或输出级的多级放大器，还应注意其前、后级电路对射极输出器的输入电阻和输出电阻的影响。如果引入了负反馈，其输入电阻和输出电阻也会发生变化。

(三) 频率特性和通频带

放大电路放大倍数随输入信号频率变化的规律，称为放大电路的频率特性。它包括幅频特性和相频特性两方面内容。

通过分析可以得出，多级放大电路的通频带宽度比组成它的各个单级放大器的通频带要窄。所以多级放大器提高了电压放大倍数，但是牺牲了通频带。通常，需要把每一个单级放大器的通频带选得较宽一些，以满足多级放大器对通频带的要求。

(四) 非线性失真

放大电路的输出信号不能重现输入信号的波形，这种情况叫做波形失真。其原因主要是由晶体三极管的输入输出特性的非线性引起的，这种波形失真又叫非线性失真。要想使输出信号重现输入信号波形，晶体三极管始终应在放大区工作。如果信号的动态范围过大或者静态工作点选得不合适，同样会产生波形失真，进入饱和区所引起的失真称为饱和失真，进入截止区所引起的失真称为截止失真，二者均为非线性失真。任何一个放大电路，希望它的非线性失真越小越好。

三、负反馈放大器

将放大器输出量（电压或电流）的一部分或全部，通过一定方式回送到它的输入端，从而对输入量产生影响的连接方式称为放大器的反馈。若反馈的结果使原输入信号加强，从而使得输出信号比无反馈时变大的称为正反馈；反之，称为负反馈。

一般地说，负反馈放大器是由基本放大器和反馈网络组成的。按电路输出端的采样方式和输入端取和方式不同，它可分为电压串联、电压并联、电流串联和电流并联四种组态。

理论和实验证明，放大电路引入负反馈会使电压放大倍数下降。降低了放大器的增益，但却换来了放大器稳定性的提高，展宽通频带，减小非线性失真，改变输入电阻和输出电阻等一系列好处。因此，在现代的电子系统中，几乎没有不引入负反馈的放大器。

如图 1-11a 所示分压式偏置放大器实际上是一种电流串联负反馈电路，通过分析，它能大大提高电路的工作稳定性。如图 1-11b 所示射极跟随器实际上是一种电压串联负反馈放大电路。应用时，可以利用它的输入电阻大且对信号源影响小的特点放在多级放大器的前级；利用它的输出电阻很小带负载能力强的特点，放在多级放大器的末级；还可以利用它的阻抗变换作用作为多级放大器的中间级。

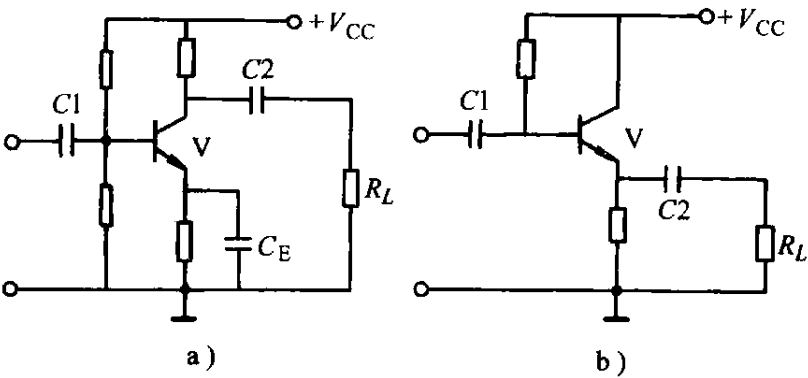


图 1-11 负反馈放大电路
a) 分压式偏置放大电路 b) 射极跟随器

又如图 1-12 所示为一个简单的收音机自动增益控制电路。V2 是末级中放管，R7 是该级电路的上偏置电阻，R10 和 R16 串联构成了下偏置电阻。要保证 V2 正常放大，基极电压应为负值。V 为收音机检波二极管，R16 是检波负载；根据二极管的特性可知，R16 上的检波输出电压为上正下负。

该电路增益自动控制过程如下：当收音机接收强电台信号时，其检波输出信号加强，削弱了 V2 的正向偏置，从而使电路的增益下降，且幅度较大；而当接收到弱信号时，检波输出信号减弱，对 V2 的正向偏置削弱就少，尽管使电路的增益下降，但幅度很小。这样就相当于对强信号有较低的放大倍数，对弱信号有较高的放大倍数，这种增益调整是自动的，是受输入信号强弱来控制的。实际上，上述自动增益控制过程就是负反馈，图中的 R10、R16 是反馈电阻。

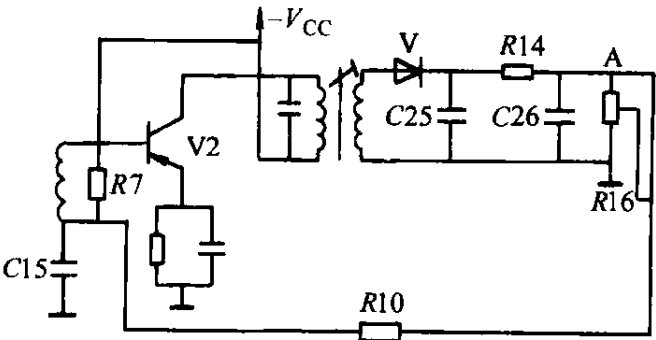


图 1-12 负反馈的应用