

汽车维修行业工人技术等级培训教材



高级汽车维修电工 培训教材

张美娟 廖学军 王库房 主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
www.phei.com.cn

汽车维修行业工人技术等级培训教材

高级汽车维修电工 培训教材



张美娟 廖学军 王库房 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 提 要

本书共分三篇:第一篇电子技术基础,主要介绍了晶体管放大电路、脉冲数字电路、汽车电器设备维修检测仪器等;第二篇汽车电子控制系统,重点介绍了现代汽车电子控制系统的结构、工作原理、使用维护、检测以及故障诊断与排除技能等实用维修技术;第三篇汽车空调系统的检修与故障排除。

本书取材新颖,内容实用,条理清楚,图文并茂,可作为高级汽车维修电工、高级汽车空调维修工技术等级培训教材和自学用书,也可供汽车驾驶员、技术管理人员以及有关专业的广大师生阅读参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

高级汽车维修电工培训教材/张美娟等主编. —北京:电子工业出版社, 2003.1

汽车维修行业工人技术等级培训教材

ISBN 7-5053-8139-3

I. 高… II. 张… III. 汽车—电工—技术培训—教材 IV. U463.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第097890号

责任编辑:夏平飞 祁祯 特约编辑:郭茂威

印 刷:北京李史山胶印厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×980 1/16 印张:23 字数:517千字

版 次:2003年1月第1版 2003年1月第1次印刷

印 数:5000册 定价:33.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010) 68279077

前 言

为加强职业技能鉴定工作,加快推行职业资格证书制度,促进劳动者素质的提高,2000年12月8日,劳动和社会保障部对此提出了《关于大力推进职业资格证书制度建设的若干意见》,意见内容对我们组织班子编写《汽车维修行业工人技术等级培训教材》提供了具有指导作用的出版依据。

电子工业出版社教育部认定的“国家教材出版基地”,本着为企业完成培训,开展岗位培训,逐步使所有从事国家规定职业(工种)的职工达到相应职业资格要求,现根据《交通行业工人技术等级标准》中的五个汽车维修工种相对应的《职业技能鉴定规范》的培训大纲,按各工种初、中、高三技术等级划分,编写了一套《汽车维修行业工人技术等级培训教材》,分别是《(初级、中级、高级)汽车维修工培训教材》,《(初级、中级、高级)汽车维修电工培训教材》,《(初级、中级、高级)汽车维修漆工培训教材》,《(初级、中级、高级)汽车维修钣金工培训教材》,《(初级、中级、高级)汽车检测工培训教材》,共计15分册。

本书共分三篇:第一篇电子技术基础,主要介绍了晶体管放大电路、脉冲数字电路、汽车电器设备维修检测仪器等;第二篇汽车电子控制系统,重点介绍了现代汽车电子控制系统的结构、工作原理、使用维护、检测以及故障诊断与排除技能等实用维修技术;第三篇汽车空调系统的检修与故障排除。

本书取材新颖,内容实用,条理清楚,图文并茂,可作为高级汽车维修电工、高级汽车空调维修工技术等级培训教材和自学用书,也可供汽车驾驶员、技术管理人员以及有关专业的广大师生阅读参考。

本书由张美娟、廖学军、王库房主编,其中第一篇第一、第二章由王学梅编写,第一篇第三章、第二篇第一、第五、第六、第七章、第二章第八、第十、第十二节由廖学军编写;第二篇第二章三~七节、第三章一~三节、第九章、第三篇由张美娟编写;第二篇第二章第九、第十一节、第三章四~七节、第四、第八章由王库房编写。参加资料收集、整理、翻译的人员还有潘文起、李天顺、骆雨、谢亚莉、张伯民、刘纯学、朱维红、张胜利、黄引贤、高润生、李林侠、程飞、雷志强、王君芳、界文智、冯伟萍等。在编写本书时,我们参阅和引用了一些文献资料,在此对这些文献资料的作者表示诚挚的谢意。

限于编者的水平,书中难免有错误和缺点,恳请广大读者批评指正。

编者

《汽车维修行业工人技术等级培训教材》 编审委员会

主任：刘浩学

委员：龙凤丝 秦 川 董元虎 马强骏 伍少初

王生昌 张美娟 廖学军 王库房 赵春奎

罗金佑 赵社教 陆永良

目 录

第一篇 电子技术基础

第一章 晶体管放大电路	1
第一节 低频电压放大电路	1
第二节 多级放大器	3
第三节 反馈与振荡电路	5
第四节 直流与集成运算放大器	9
第五节 功率放大器	13
第二章 脉冲数字电路	16
第一节 脉冲数字电路基本概念及二进 制数	16
第二节 电容器的充放电及 RC 电路	17
第三节 基本逻辑门电路	19
第四节 组合逻辑电路	22
第五节 集成触发器	25
第六节 时序逻辑电路	26
第七节 集成电路构成的脉冲单元电路	28
第三章 新型汽车检测仪	34
第一节 汽车专用信号模拟检测仪	34
第二节 汽车专用万用表	35
第三节 汽车专用示波器	39
第四节 汽车电控系统诊断检测仪	40
第五节 第二代随车电脑诊断系统 OBD-II 简介	44

第二篇 汽车电子控制系统

第一章 汽车电子控制系统	47
第一节 汽车电子控制系统的组成、原理与 应用	47
第二节 电控单元	54
第三节 汽车电子控制系统故障自诊断	61

第二章 传感器及其检测	66
第一节 空气流量传感器	66
第二节 进气管压力传感器	73
第三节 发动机转速及曲轴位置传感器	76
第四节 节气门位置传感器	81
第五节 温度传感器	84
第六节 氧传感器	87
第七节 爆震传感器	89
第八节 车身高度传感器	91
第九节 减速度与横向加速度传感器	92
第十节 转向扭矩传感器	94
第十一节 碰撞传感器	95
第十二节 车速传感器	99
第三章 汽车发动机集中控制系统	101
第一节 电控汽油喷射系统	101
第二节 电控点火系统	106
第三节 怠速控制系统	117
第四节 发动机进气控制	124
第五节 发动机排放控制	126
第六节 柴油机电子控制	131
第七节 发动机电子控制装置的故障 诊断与检修	134
第四章 电控自动变速器的检修	145
第一节 电控自动变速器的电子控制 系统	145
第二节 电控自动变速器的常见故障与 原因分析	149
第三节 电控自动变速器的检修程序	151
第四节 自动变速器电控系统的故障 诊断与检修实例	153
第五章 电控防抱死制动和驱动	

防滑系统的检修	161	第四节 汽车电子仪表及其检修	287
第一节 ABS 系统电控装置的组成与控制原理	161	第三篇 汽车空调系统检修与故障排除	
第二节 ASR 系统电控装置的组成与工作原理	169	第一章 汽车空调系统的组成和工作原理	292
第三节 ABS/ASR 系统电控装置的检修	177	第一节 汽车空调系统的组成及类型	292
第六章 电控行驶与转向系统的检修	190	第二节 汽车空调制冷系统	294
第一节 电控巡航控制系统的检修	190	第三节 汽车空调采暖系统	295
第二节 电控悬架系统的检修	197	第四节 汽车空调通风系统	298
第三节 电控动力转向系统的检修	209	第五节 汽车空调净化系统	299
第七章 汽车视听系统的检修	215	第二章 汽车空调系统的控制与调节	302
第一节 汽车视听系统概述	215	第一节 汽车空调制冷系统的温度控制	302
第二节 汽车视听系统的主要组成	218	第二节 汽车空调车内送风的控制与调节	306
第三节 汽车视听系统的检修	224	第三节 汽车空调运行工况控制	320
第四节 汽车导航系统的原理、组成与使用	235	第四节 汽车空调运行保护控制	322
第八章 电控安全与防盗报警系统的检修	239	第三章 汽车空调系统检修技术	327
第一节 安全气囊系统概述	239	第一节 轿车空调制冷压缩机的检修	327
第二节 装备有安全带收紧器的安全气囊系统	249	第二节 轿车空调储液干燥器、热交换器及膨胀阀的检修	330
第三节 新型智能安全气囊系统	251	第三节 轿车空调控制系统检修	332
第四节 安全气囊系统的故障诊断与检修	252	第四节 客车空调独立式加热器的检修	336
第五节 电控门锁系统概述	257	第五节 客车空调其他部件检查与调整	338
第六节 遥控车门系统	261	第六节 客车空调控制系统检修	339
第七节 防盗点火锁系统	264	第四章 汽车空调系统故障诊断与排除	342
第八节 中央门锁及防盗报警系统的检修实例	267	第一节 轿车空调系统常见故障诊断与排除	342
第九章 其他电子控制装置	275	第二节 客车空调系统常见故障诊断与排除	348
第一节 汽车前照灯电子控制电路	275	第三节 电脑控制全自动空调系统故障诊断与排除	353
第二节 汽车电子闪光器及转向灯	281	第四节 汽车空调检修后的性能检验	362
第三节 电子式间歇刮水器和电子式电喇叭	284		

第一篇 电子技术基础

第一章 晶体管放大电路

第一节 低频电压放大电路

一、概述

1. 晶体管放大电路的作用

放大电路是利用三极管电流放大原理,把微弱的电信号转变为较强的电信号。把向放大电路提供输入信号的电路或设备称为信号源,把接收放大电路输出电信号的元器件或电路称为放大电路的负载。

2. 放大电路的基本要求

- (1) 有一定的放大倍数;
- (2) 非线性失真要小;
- (3) 工作要稳定,不能自激;
- (4) 具有一定的通频带;
- (5) 要有合适的输入电阻和输出电阻。

3. 共发射极放大电路的组成

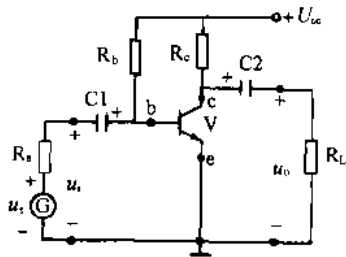


图 1-1-1 共发射极放大电路

如图 1-1-1 所示。晶体三极管 V 是电路的核心,起电流放大作用。电源 U_{cc} 用于保证发射结正偏,集电结反偏,使三极管处于放大状态;此外还可提供能量,一般为几伏至十几伏。集电极电阻 R_c 将三极管的电流放大作用转换为电压放大作用。电阻 R_b 为晶体三极管基极偏置电阻,使晶体三极管工作在放大区域。耦合电容 C_1 、 C_2 起隔直流通交流的作用。

二、放大电路的工作原理

放大电路的工作状态分静态和动态。静态是指无交流信号输入时,电路中的电压、电流都不变(直流)的状态。动态是当放大电路有信号输入时,电路中的电压、电流随输入信号

做相应变化的状态。

(一) 静态

1. 直流通路

它是只允许直流电流通过的路径。由于电容器具有隔直通交的作用,画直流通路时要把电容器开路(拿掉)。共发射极放大电路的直流通路如图 1-1-2 所示。

2. 静态工作点 Q

它是指放大器在静态时晶体三极管各极的电压、电流值(主要是指 I_b 、 I_c 、 U_{ce})。它们可以用输入特性曲线和输出特性曲线上的点(Q)来表示,如图 1-1-3 所示。为了强调说明,加注下标 Q 来表示静态工作点,即 I_{bQ} 、 I_{cQ} 、 U_{ceQ} 。

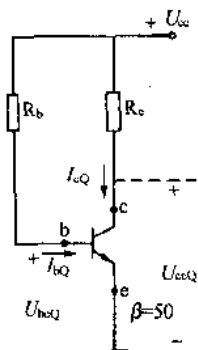


图 1-1-2 共发射极放大电路的直流通路

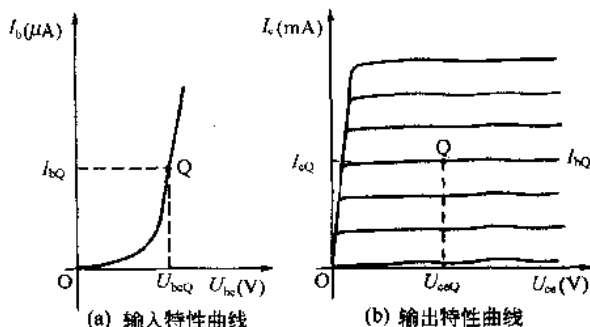


图 1-1-3 放大电路的静态工作点

从图 1-1-2 直流通路中可计算出 $I_{bQ} = \frac{U_{cc} - U_{beQ}}{R_b}$ 。因为 U_{beQ} 很小(硅管约 0.7V, 锗管为 0.2~0.3V), 一般 $U_{cc} \gg U_{beQ}$, 所以上式可改写为: $I_{bQ} = \frac{U_{cc}}{R_b}$ 。

由于晶体三极管的放大作用,静态时 $I_{cQ} = \beta I_{bQ}$ 。

在集电极直流回路中, R_c 两端电压与三极管集-射极电压之和等于电源电压 U_{cc} , 则:

$$U_{ceQ} = U_{cc} - I_{cQ} R_c$$

设置静态工作点的目的是为了避开输入特性曲线上起始部分的死区,预先给基极提供一定的偏流,以保证在输入信号的整个周期内,输出和输入波形一致而不产生非线性失真。

(二) 动态

在静态基础上,给放大电路加上输入信号 u_i ,则电路工作在放大状态(即动态)。由于设置了静态,使输入信号工作于近似线性区,输入基极电压 $U_{be} = U_{beQ} + u_i$,波形如图 1-1-4 所示。由图可见,动态都是在静态的基础上叠加了一个交流信号。

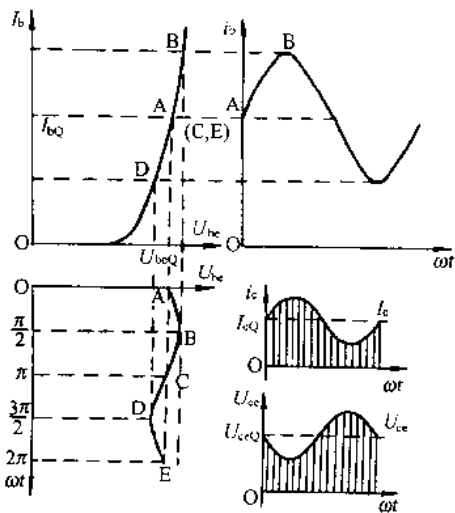


图 1-1-4 放大器动态示意图

1. 交流通路

它是放大电路的交流等效电路,是指动态时,放大电路的输入回路和输出回路的交流电流流通的路径。画交流通路时,电容 C_1 、 C_2 和电源 U_{cc} 可看成对交流短路。如图 1-1-5 所示。计算放大电路的放大倍数、输入电阻、输出电阻、交流电量时用交流通路。

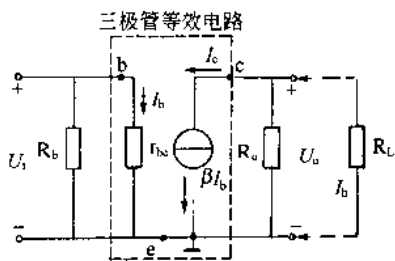


图 1-1-5 共发射极放大电路的交流通路

2. 放大电路的输入电阻、输出电阻和放大倍数

(1) 三极管的输入电阻 r_{be} : 对小功率三极管在共发射极接法,且工作在低频小信号时,用常用公式 $r_{be} = 300 + (1 + \beta) \frac{26}{I_{cQ}}$ (Ω) [其中 β 为三极管电流放大倍数; I_{cQ} (mA) 为静态发射极电流; 26mV] 近似估算。

(2) 放大电路的输入电阻 R_i : $R_i = R_b \approx r_{be}$

(3) 放大电路的输出电阻 R_o : $R_o \approx R_c$

(4) 放大电路的放大倍数 A_u :

$$\text{放大器空载时 } A_u = -\beta \frac{R_c}{r_{be}}$$

$$\text{放大器有载时 } A_u = -\beta \frac{R'_L}{r_{be}} \quad \left(\text{式中: } R'_L = \frac{R_c R_L}{R_c + R_L} \right)$$

以上是近似估算法对放大电路的分析,但这种方法也有不足之处,它难以判断所设的静态工作点是否合适,放大电路在工作过程中是否会出现非线性失真,动态工作范围为多少。而采用图解分析法就可以解决这些问题。图解分析法是利用晶体三极管的输入、输出特性曲线,采用作图的方法来求得静态工作点、输入、输出波形、放大倍数等。

第二节 多级放大器

一、多级放大器的组成

多级放大电路是由两个或两个以上的单级放大电路组成,级与级间的连接方式叫耦合。

常用的耦合方式有阻容耦合、变压器耦合和直接耦合等。对耦合方式的要求如下：

- (1) 保证前级的电信号顺利地传输给后级。
- (2) 耦合电路对前、后级放大电路的静态工作点没有影响。
- (3) 电信号在传输过程中失真要小,级间传输效率要高。

在低频交流电压放大电路中,主要采用阻容耦合方式,在功率放大电路中,一般采用变压耦合方式,在直流放大电路中常采用直接耦合方式。

二、多级放大器的放大倍数

图 1-1-6 所示为两级放大器的方框图,从图中可知,前级放大器对后级来说是信号源,它的输出电阻就是信号源的内阻;而后级放大器对前级来说是负载,它的输入电阻就是信号源的负载电阻。

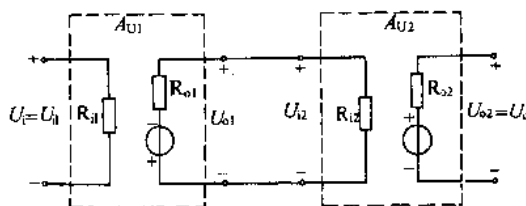


图 1-1-6 两级放大器的方框图

1. 电压放大倍数

第一级放大器的电压倍数为 $A_{U1} = \frac{U_{o1}}{U_{i1}}$

第二级放大器的电压倍数为 $A_{U2} = \frac{U_{o2}}{U_{i2}}$

两级放大器的电压倍数为 $A_U = \frac{U_o}{U_i} = \frac{U_{o2}}{U_{i1}} = A_{U1} A_{U2}$

同理,若由 n 个单级放大器构成了多级放大器,它的总电压放大倍数应是

$$A_U = (-1)^n A_{U1} A_{U2} A_{U3} \cdots A_{Un}$$

2. 多级放大器的输入、输出电阻

多级放大器的输入电阻就是第一级放大器的输入电阻,即 $R_i = R_{i1}$ 。

多级放大器的输出电阻就是它最后一级的输出电阻,即 $R_o = R_{on}$ 。

如图 1-1-7 所示的两级阻容耦合放大器及其等效电路中,其输入、输出电阻为:

$$R_i = R_{i1} = R_{b1} // R_{b2} // r_{be1}$$

$$R_o = R_{o2} = R_{c2}$$

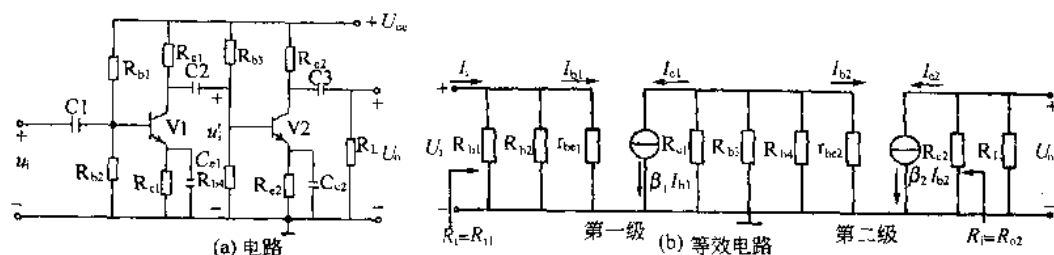


图 1-1-7 两级阻容耦合放大器

第三节 反馈与振荡电路

一、反馈电路

1. 反馈的定义

反馈是指将放大电路的输出量（电压或电流）的一部分或全部，经过一定的元件或网络（反馈网络）回送到输入端，这一回送信号（反馈信号）和外加输入信号共同参与对放大器的控制作用。如果回送到输入端的反馈信号与原来外加输入信号相位相反，则削弱了原来的输入信号，这种反馈称为负反馈。反之，若反馈信号与外加输入信号相位相同，加强了原输入信号，这种反馈称为正反馈，正反馈用于振荡电路。

2. 反馈的判别方法

判别的方法可根据电路中有无反馈通路来确定，即首先看它的输出与输入回路之间有没有联系的元件（反馈元件）。若输出量经过反馈元件回送一定的信号（反馈信号）影响放大器的净输入，则存在反馈，否则没有。如图 1-1-8 所示， R_f 接在输出和输入端之间，输出信号通过它送回到输入端而影响输入信号，形成反馈通路，因此该电路是带有反馈的放大电路。

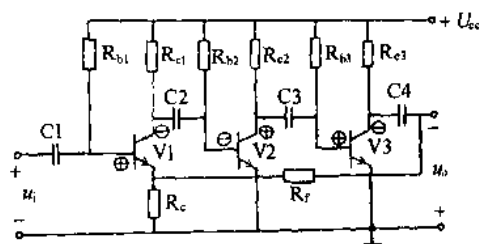


图 1-1-8 反馈放大电路

3. 反馈放大器的分类

(1) 按反馈极性分有正反馈和负反馈两种。可用瞬时极性判别，从输入端开始 + 或 -，经放大反馈回送到输入端的极性和原输入信号极性相比较。如果极性相反，则为负反馈；如果极性相同，则为正反馈。

(2) 按反馈信号的组成成分有直流反馈和交流反馈。直流反馈的反馈信号只是直流成分，起稳定静态工作点的作用；交流反馈信号只有交流成分，用以改善放大电路的动态性能，一般两种反馈是同时存在的。

(3) 按反馈网络从输出端的取样分有电压反馈和电流反馈。电压反馈的反馈信号取自输出电压 U_o ，并与输出电压成正比；电流反馈的反馈信号取自输出电流 I_o ，并与输出电流成正比。判别方法是将放大电路输出端 (U_o) 假想交流短路 (令 $U_o = 0$) 观察反馈是否存在，若存在为电流反馈，不存在为电压反馈。

(4) 按输入端求和方式分有串联反馈和并联反馈。若反馈信号是和输入信号在输入回路中相串联的 (以电压形式相加)，则为串联反馈；若反馈信号和输入信号在输入回路中相并联的 (以电流形式相加)，则为并联反馈。下面列出四种类型负反馈电路方框图，如图 1-1-9 所示。

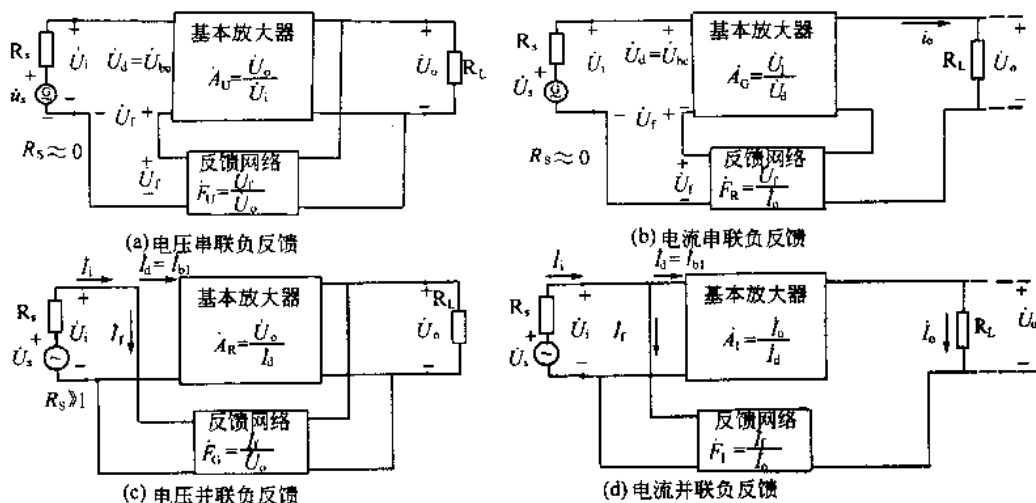


图 1-1-9 负反馈电路四种类型

4. 反馈放大器的组成

反馈放大器由增益为 A 的基本放大电路和反馈系统为 F 的反馈网络两部分组成的。图 1-1-10 所示就是由基本放大电路和反馈网络组成的一个闭环反馈系统。图中 X_i 表示输入量， X_f 表示反馈量， $X_d = X_i - X_f$ 为净输入量， X_o 表示输出量。

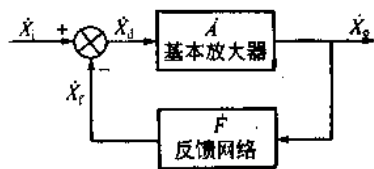


图 1-1-10 反馈放大器方框图

5. 反馈放大器的一般分析方法

反馈放大器方框图如图 1-1-10 所示。

(1) 开环放大倍数 (增益) A 又称基本放大器的放大倍数或者是说未考虑反馈影响时放大器的放大倍数。它是指输出量与净输入量 (信号) 之比，即 $A = \frac{X_o}{X_d}$ 。

(2) 反馈系数 $\dot{F}$ 是指反馈量与输出量之比, 即 $\dot{F} = \frac{\dot{X}_f}{\dot{X}_0}$ 。它表示反馈网络从输出量中取多大比例的量反馈到输入端。

(3) 闭环放大倍数 A_f 是指反馈放大器的输出量与输入量之比, 即 $A_f = \frac{\dot{X}_0}{\dot{X}_i}$ 。

由图 1-1-10 可看出 $\dot{X}_i = \dot{X}_d + \dot{X}_f$, 上式可化为:

$$A_f = \frac{\dot{X}_0}{\dot{X}_d + \dot{X}_f} = \frac{\dot{A}}{1 + \dot{A} \dot{F}}$$

此式是反馈放大器的基本关系式, 它表明了闭环放大倍数 A_f 与开环放大倍数 A 的关系, 当 $|1 + \dot{A} \dot{F}| \gg 1$ 即为深度负反馈, 上式可简化为 $A_f = \frac{1}{\dot{F}}$ 。

此式说明, 深度负反馈放大电路的闭环放大倍数只与反馈系数有关, 而与基本放大器无关。

6. 负反馈的作用

负反馈能提高放大电路的稳定性, 能扩展通频带, 能改善非线性失真, 串联负反馈使输入电阻增大, 并联负反馈使输入电阻减小, 电压负反馈使输出电阻减小, 电流负反馈使输出电阻增大。但负反馈会使放大倍数降低。

二、振荡电路

振荡器是一种能量转换装置, 它无须外加信号就能自动地把直流电能转换成具有一定频率、一定振幅、一定波形的交流信号, 这种现象称为自激振荡, 这种装置称为自激振荡器, 简称振荡器或波形发生器。

振荡器可分为两大类: 一类是正弦波振荡器, 其输出波形是正弦波。如各种频率的正弦波信号发生器、载波振荡器等。另一类是非正弦波振荡器, 其输出波形是非正弦波, 包含丰富的谐波, 如方波、锯齿波、三角波等。

(一) 正弦波振荡器的振荡条件及基本组成

1. 正弦波振荡器的振荡条件

(1) 相位条件 振荡电路中必须有一个由放大器和正反馈网络构成的反馈环, 要保证反馈到放大器输入端的电压相位与原输入电压相位一致, 形成正反馈。

(2) 幅度条件 为了持续振荡, 稳定输出, 反馈到放大电路输入端的电压不得低于输入电压。

2. 正弦波振荡器的基本组成

正弦波振荡器由放大器和反馈网络两部分组成。它必须包含放大、正反馈、选频和稳幅四个环节。

选频网络由 RC 元件组成,称 RC 正弦波振荡器;选频网络由 LC 元件组成,称 LC 正弦波振荡器。一般用 RC 振荡器产生低频信号,用 LC 振荡器产生高频信号。

振荡器的起振过程:当振荡器接通电源的瞬间,电路中出现一个电冲击,这个电冲击激起的信号中包含了频率从 $0 \rightarrow \infty$ 的各种谐波分量,但其中只有满足振荡条件的特定频率才能经过放大 $\rightarrow$ 正反馈 $\rightarrow$ 放大的过程,正反馈将使输出信号振幅逐渐增大,形成振荡,其他频率的信号则不满足振荡条件而被淹没,这就是自激振荡器的起振过程。

(二) 常见振荡器简介

1. 变压器反馈式振荡器

电路如图 1-1-11 所示,其中 C、L 作为选频网络,电路类似于调谐放大器,但无需外加输入信号,而是通过变压器耦合把输出信号反馈到输入端。一般满足幅度起振平衡条件是没问题的,关键是相位平衡条件,即要求是正反馈。从图中标的瞬时极性可知,满足正反馈要求,可以产生振荡。

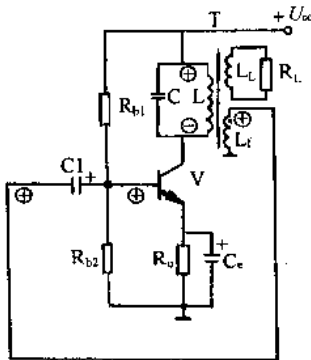
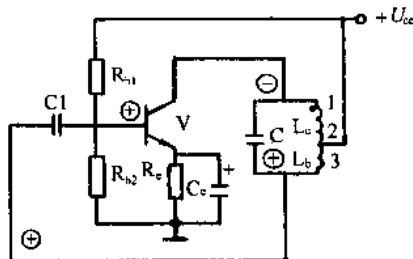
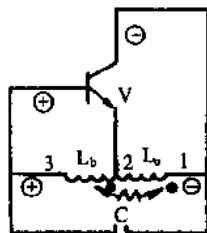


图 1-1-11 变压器反馈式振荡器



(a) 电路图



(b) 等效电路

图 1-1-12 电感三端式振荡器

2. 电感三端式振荡器

电感三端式振荡器又称哈特莱振荡器,是一种应用比较广泛的振荡电路,如图 1-1-12 所示。

从交流等效电路可见,由 L_b 、 L_c 、 C 所组成的振荡器回路有三个端点,它们分别连接至晶体管的三个电极,而且是利用电感 L_b 产生反馈电压,故称电感三端式振荡器。其瞬时极性满足相位平衡条件,振荡频率为:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{(L_b + L_c + 2M)C}} = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

3. 电容三端式振荡器

电容三端式振荡器又称考毕兹振荡器,电路如图 1-1-13 所示。

从交流等效电路可见,从振荡回路引出三个端点,它分别与晶体管三个电极相连接,利用 C_b 产生反馈电压,故称电容三端式振荡器。其瞬时极性满足相位平衡条件,振荡频率为:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC_b C_c / (C_b + C_c)}}$$

4. RC 桥式振荡器

LC 振荡器一般用于要求振荡频率较高的电子设备中,若要求产生的振荡频率较低,如几十千赫以下,一般用 RC 振荡器。

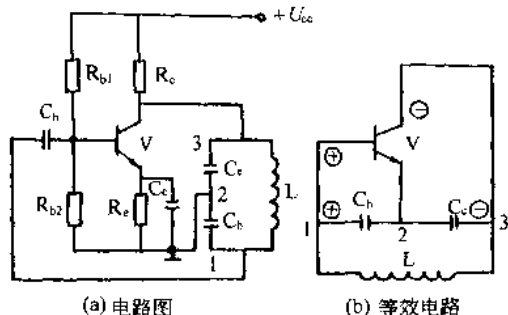


图 1-1-13 电容三端式振荡器

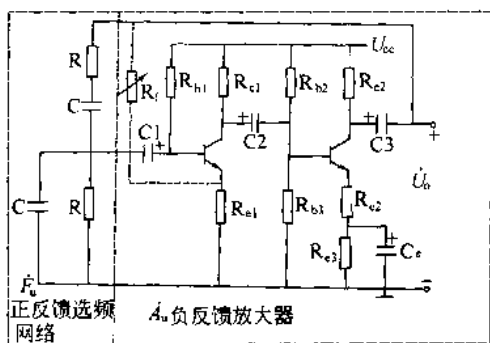


图 1-1-14 RC 桥式振荡器

如图 1-1-14 所示为 RC 桥式振荡器,它是由 RC 串并联电路构成的选频网络和负反馈放大器组成。调节 R 值和 C 值就可以改变振荡器输出信号的频率。其振荡频率为:

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

桥式振荡器的输出电压稳定,波形失真小,频率调节方便。因此在低频标准信号发生器中都用它构成振荡器。

第四节 直流与集成运算放大器

一、直流放大器

用来放大缓慢变化的信号或某个直流量变化的放大电路就是直流放大器。直流放大器只能采用直接耦合的方式,把前级的输出端直接接到后级的输入端,如图 1-1-15 所示。

直接耦合电路存在的问题:各级的直流工作点相互牵制、相互影响。由于级间直接耦合,即使输入信号为零,但受环境温度等影响引起工作点的漂移会逐级放大,结果输出端也会出现无规则的缓慢变化的电压,即所谓零点漂移现象。

(一) 前级与后级静态工作点的相互影响问题

为解决直接耦合对静态工作点带来的影响,可采取以下措施。

- (1) 在发射极串入电阻 R_e ;
- (2) 在发射极串入一个或几个二极管;

- (3) 在发射极串入稳压管;
- (4) 采用 PNP 管和 NPN 管组成互补耦合电路。

(二) 零点漂移现象

在直流放大器中,为了抑制零漂移,可采用热敏元件进行温度补偿、电流负反馈等措施,而最有效的方法是利用具有对称结构的差动放大器。

1. 差动放大器

图 1-1-16 是用两个极性相同的三极管组成的最简单的差动放大器。信号由两个基极输入、两集电极输出,电路结构对称,它们的静态工作点相同。

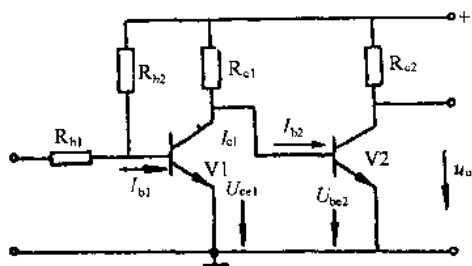


图 1-1-15 直接耦合两级放大电路

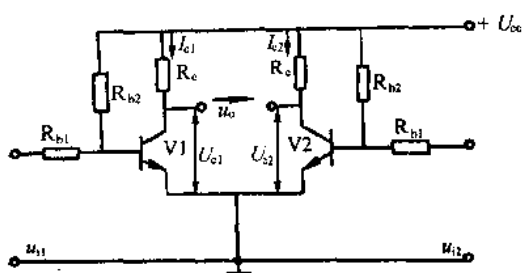


图 1-1-16 差动放大原理电路

静态时,输入信号等于零,由于两管对称,电流相等,集电极电位也相等,即 $I_{c1} = I_{c2}$ 、 $U_{c1} = U_{c2}$,故输出端电压 $U_0 = U_{c1} - U_{c2} = 0$,静态时输出电压为零。当温度或电源电压升高时,两管都产生零点漂移,两管的集电极电流都增大,集电极电位都下降,并且两管的变化量相等,即 $\Delta I_{c1} = \Delta I_{c2}$ 、 $\Delta U_{c1} = \Delta U_{c2}$ 输出电压 $u_0 = \Delta U_{c1} - \Delta U_{c2} = 0$,即由温度或电源电压变化引起的零点漂移被有效地抑制了。实际上这种对称差动放大电路对两管所产生的同向漂移(不管是什么原因引起的)都具有抑制作用,这是它的特殊优点。

2. 差动放大电路对信号的放大作用

在有信号输入时,对称差动放大电路的工作情形可分为下面三种输入类型来分析。

(1) 共模输入

如果两管基极输入的信号大小相等、极性相同,即 $u_{i1} = u_{i2}$,这样的输入称为共模输入。在共模输入信号的作用下,如果两管完全对称,显然两管集电极电位变化相同,因而输出电压等于零。即差动放大器对共模信号没有放大能力,其实温度、电源电压等变化引起的零点漂移和其他干扰信号都可以视作共模信号。

差动放大电路抑制共模信号能力的大小也反映出它对零点漂移的抑制水平。所以在高质量的直流放大电路中第一级总是采用差动放大电路。

(2) 差模输入

如果两管基极输入的信号大小相等、极性相反,即 $u_{i1} = -u_{i2}$,这样的输入称为差模输入。差模输入使两管的 I_c 一增一减,相应两管的集电极电位一减一增。例如 $u_{i1} > 0$ 、 $u_{i2} < 0$, u_{i1} 使 V1 管集电极电流增大 ΔI_{c1} 、集电极电位降低 ΔU_{c1} ; u_{i2} 使 V2 管的集电极电流减小