

■ 职业资格培训教材

用户通信终端维修员

(中级)

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

ZHIYE ZIGE PEIXUN JIAOCAI



中国劳动社会保障出版社

内 容 简 介

本书是中级用户通信终端维修员的职业资格培训、社会力量办学培训用书。

本书详细介绍了中级用户通信终端维修员必须掌握的知识和技能。内容涉及中级用户通信终端维修员的基础知识、专业基础知识、专业知识与技能,包括电子技术基础知识、计算机基础知识、数字移动通信基础知识、常用维修仪器简介、GSM手机原理与维修、GSM手机常见故障的检修方法、常用仪器与维修卡的使用、GSM手机故障的维修等。

本书的编写面向中级用户通信终端维修员的工作实际,是用户通信终端维修员知识和技能培训的必备教材,也是各级各类职业技术学校用户通信终端维修专业师生的培训教材,还可供从事用户通信终端维修工作的有关人员参考。

◇ 责任编辑 李 明

◇ 封面设计 陈 明

◇ 封面设计 陈 明

◇ 封面设计 陈 明

ISBN 7-5045-4847-2



9 787504 548474 >

ISBN 7-5045-4847-2 定价: 17.50元

■ 职业资格培训教材

用户通信终端维修员

(中级)

主 编 李延廷
副主编 李焕英
编 者 李延廷 李焕英 冯光丽
王 鹤 蔡东升
主 审 崔进水

图书在版编目(CIP)数据

用户通信终端维修员：中级/劳动和社会保障部教材办公室组织编写. —北京：中国劳动社会保障出版社，2005

职业资格培训教材

ISBN 7-5045-4847-2

I. 用… II. 劳… III. 通信设备：终端设备—维修—技术培训—教材 IV. TN914

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 020564 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码：100029)

出 版 人：张梦欣

*

北京外文印刷厂印刷装订 新华书店经销

787 毫米×960 毫米 16 开本 10.75 印张 1 插页 268 千字

2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月第 1 次印刷

印数：4000 册

定价：17.00 元

读者服务部电话：010-64929211

发行部电话：010-64911190

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010-64911344

前 言

《劳动法》和《职业教育法》明确规定，在全社会实行学历文凭和职业资格证书并重的制度。在国家劳动和社会保障行政管理部门的大力倡导下，取得职业资格证书已经成为劳动者就业上岗的必备前提；同时，作为对劳动者职业能力的客观评价，已经为人力资源市场供求双方普遍接受。取得职业资格证书不但是广大从业人员、待岗人员的迫切需要，而且已经成为各级各类普通教育院校、职业技术教育院校毕业生追求的目标。

开展职业资格培训，教材建设十分重要。为此，劳动和社会保障部教材办公室、中国劳动社会保障出版社组织编写了《职业资格培训教材》，用于规范和引导职业资格培训教学。《职业资格培训教材——用户通信终端维修（中级）》即是其中的一本。

职业资格培训教材的主要特点是：

1. 最大限度地体现技能培训的特色。教材以最新《国家职业标准》（简称《标准》）为依据，以职业技能鉴定要求为尺度，以满足本职业对从业人员的要求为目标。凡《标准》中要求的技能和有关知识，均作了详细的介绍。

2. 以岗位技能需求为出发点，按照“模块式”教材编写思路，确定教材的核心技能模块，以此为基础，得出完成每一个技能训练单元所需掌握的工艺知识、设备（工具）知识、相关知识和技能、专业知识、基础知识，并根据培训教学的基本规律，按照基础知识、专业知识和操作技能的次序组成教材的结构体系。

3. 服务目标明确。从教学形式上，主要服务于教育系统、劳动社会保障系统培训机构或社会力量办学所举办的各种类型的培训教学，也适用于各级各类职业技术学校举办的中短期培训教学，以及企业内部培训的教学。

4. 在强调实用性、典型性的前提下，充分重视内容的先进性，尽可能地反

映与本职业相关联的新技术、新工艺、新设备、新材料、新方法。

本书由李延廷、李焕英、冯光丽、王鹤、蔡东升编写，李延廷主编，李焕英副主编；崔进水主审。

编写《职业资格培训教材》是一项探索性的事业，尽管参与编写的专家已经为此付出了艰苦的努力，但是由于缺乏可以借鉴的成功经验，加之时间仓促，存在缺点和不足实所难免，恳切希望广大读者提出宝贵意见和建议，以便今后修订，逐步完善。

劳动和社会保障部教材办公室

目 录

基础知识部分

单元 1 电子技术基础知识	(1)
1.1 放大电路基础	(1)
1.2 功率放大器	(5)
1.3 反馈放大电路	(7)
1.4 滤波电路	(8)
1.5 振荡电路	(12)
1.6 锁相环路	(16)
1.7 集成电路	(17)
1.8 触发器	(19)
1.9 数/模转换器与模/数转换器 (D/A 与 A/D 转换器)	(22)
单元 2 计算机基础知识	(25)
2.1 计算机软件与硬件常识	(25)
2.2 计算机维护 and 保养常识	(29)
2.3 计算机防病毒基础知识	(31)

专业基础知识部分

单元 3 数字移动通信基础知识	(35)
3.1 数字移动通信基本技术	(35)
3.2 GSM 系统的结构组成	(38)
3.3 GSM 系统的频率配置及主要参数	(40)
3.4 GSM 系统的区域划分和编号	(42)
3.5 GSM 系统无线接口	(43)

3.6 GSM 系统的运行	(45)
单元 4 常用维修仪器简介	(47)
4.1 频谱分析仪	(47)
4.2 射频信号源	(48)
4.3 拆机软件维修仪	(49)
4.4 免拆机软件维修仪	(50)
4.5 全功能免拆机软件维修仪—BOX 王	(51)

专业知识部分

单元 5 GSM 手机原理与维修	(53)
5.1 SIM 卡及相关知识	(53)
5.2 手机电路识图方法	(54)
5.3 GSM 手机单元电路简析	(57)
5.4 GSM 手机工作流程	(98)
5.5 手机电路常用英文缩写	(100)
单元 6 GSM 手机常见故障的检修方法	(106)

操作技能部分

单元 7 常用仪器与维修卡的使用	(111)
7.1 超高频毫伏表的使用	(111)
7.2 频谱分析仪的使用	(112)
7.3 编程器的使用	(114)
7.4 摩托罗拉维修卡的使用	(117)
7.5 GSM 手机测试仪的使用	(121)
单元 8 GSM 手机的故障维修	(126)
8.1 BGA 封装芯片的焊接	(126)
8.2 GSM 手机不开机故障的维修	(126)

8.3 GSM 手机不入网故障的维修	(130)
8.4 GSM 手机外部接口部件故障维修	(133)
8.5 摩托罗拉 V998 型手机故障维修实例	(138)
8.6 诺基亚 8850 型手机故障维修实例	(147)
附图 1 摩托罗拉 V998 型手机元器件分布图 (A)	(158)
附图 2 摩托罗拉 V998 型手机元器件分布图 (B)	(159)
附图 3 摩托罗拉 V998 型手机主板实物图 (A)	(见插页)
附图 4 摩托罗拉 V998 型手机主板实物图 (B)	(见插页)
附图 5 诺基亚 8850 型手机元器件分布图 (A)	(160)
附图 6 诺基亚 8850 型手机元器件分布图 (B)	(161)
附图 7 诺基亚 8850 型手机电路板实物元件分布图 (A)	(162)
附图 8 诺基亚 8850 型手机电路板实物元件分布图 (B)	(163)
附录 国标与部分国外项目代号及图形符号新旧对照表	(164)

基础知识部分

单元 1 电子技术基础知识

1.1 放大电路基础

(1) 放大电路的基本概念

在各种电子设备和电子产品中，常常将微弱的信号加以放大。例如，从手机天线接收的信号只有微伏或毫伏数量级，必须通过放大才能推动受话器工作。能够实现电信号（含有信息的变化的电压、电流、功率）放大的电路称为放大电路，简称放大器。

所谓放大，从表面看是将信号的幅度由小变大，但是放大的本质是实现能量的控制。由于输入信号的能量很微弱，不足以推动负载，因此需要在放大电路中提供一个能源，由能量较小的输入信号控制这个能源使其输出较大的能量，并推动负载。这种小能量对大能量的控制作用就是放大作用。

1) 放大电路的分类 按放大电路输出回路与输入回路的公共端（指交流通路）的不同，可分为共射极放大电路、共集电极放大电路（射极跟随器）和共基极放大电路 3 种。前两种放大电路是低频小信号放大电路中最常见的基本电路，共基极放大电路则在高频放大器中广泛使用。

按场效应管接地方式可分为共源极放大电路、共漏极放大电路和共栅极放大电路 3 种。

按工作状态可分为甲类、乙类和丙类放大电路 3 种。

按工作频率可分为直流放大电路（0 ~ 20 Hz）、低频放大电路（20 Hz ~ 100 kHz）、高频放大电路（100 kHz ~ 300 MHz）、超高频放大电路（300 MHz 以上）和图像放大电路（0 ~ 4 MHz）5 种。

按其放大对象可分为电压放大电路、电流放大电路和功率放大电路 3 种。

按其输入信号的强弱可分为小信号放大电路和大信号放大电路（功率放大电路）2 种。

2) 放大电路主要性能指标 放大电路的技术指标是用以定量描述电路有关技术性能的参数。测试时通常在放大电路的输入端输入一个正弦测试电压，然后测量电路中的有关电量。测试放大电路技术指标的电路框图如图 1—1 所示。以下各项技术指标在输出电压和输出电流基本是正弦波，即输出信号没有明显失真的情况下才有意义。

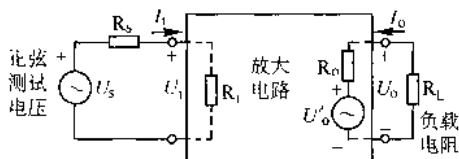


图 1—1 测试放大电路技术指标的电路框图

①放大倍数(增益) 电压放大倍数(电压增益)为放大电路的输出信号电压与输入信号电压之比,即:

$$A_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i}$$

电流放大倍数(电流增益)为放大电路的输出信号电流与输入信号电流之比,即:

$$A_i = \frac{\dot{I}_o}{\dot{I}_i}$$

功率放大倍数(功率增益)为放大器的输出功率与输入功率之比。

②输入电阻 输入电阻是放大电路对信号源呈现的负载效应,其定义为从放大电路的输入端看进去的等效电阻,如图 1—1 所示。在中频段可等效一个纯电阻 R_i ,其数值等于外加正弦输入电压与相应输入电流之比,即:

$$R_i = \frac{\dot{U}_i}{\dot{I}_i}$$

它描述了放大电路对信号源索取电流的大小,是一个动态电阻。通常希望放大电路的输入电阻越大越好。

③输出电阻 输出电阻的定义为从放大电路的输出端看进去的等效电阻,如图 1—1 所示。在中频段可等效一个纯电阻 R_o 。当输入信号短路($\dot{U}_i = 0$,但保留 R_o)且输出端负载开路($R_L = \infty$)时,其数值等于外加正弦输出电压与相应输出电流之比,即

$$R_o = \frac{\dot{U}_o}{\dot{I}_o} \Big|_{\substack{\dot{U}_i = 0 \\ R_L = \infty}}$$

它反映了放大器带负载的能力。通常,希望放大电路的输出电阻越小越好。

④通频带 放大电路的极间电容和放大电路中的电抗元件使放大电路放大倍数随着信号频率的变化而变化,当频率升高或降低到一定程度时放大倍数都将减小,只有在中间一定的频率范围内放大倍数才基本不变。通常,把电压放大倍数变化量不超过最大值的 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 的频率范围定义为通频带,并用 BW 表示。通频带越宽,表明放大电路对频率变化具有越强的适应能力。

3) 对电子线路中所用符号的规定 通常,用大写字母、大写下脚标表示直流量,如 I_B 、 U_{BE} ;用大写字母、小写下脚标表示交流量的有效值,如 I_b 、 U_{be} ;用大写字母上而加一点、小写下脚标表示正弦相量,如 $\dot{I}_b$ 、 $\dot{U}_{be}$;用小写字母、小写下脚标表示交流分量的瞬时值,如 i_b 、 u_{be} ;用小写字母、大写下脚标表示总的瞬时值,如 i_B 、 u_{BE} 。

4) 放大电路的基本分析方法 放大电路在未加信号即 $u_i = 0$ 时的工作状态称为静态。这时,电路中没有交流量。静态分析是指确定放大电路的静态值,即电路中的直流电压和直流电流。这些直流量在三极管输入、输出特性曲线上各自对应一个点,称为静态工作点,简称 Q 点。静态工作点处的基极电流、基极与发射极之间的电压分别用 I_{BQ} 、 U_{BEQ} 表示,集电极电流、集电极与发射极之间的电压分别用 I_{CQ} 、 U_{CEQ} 表示。

放大电路在加上输入信号时的工作状态称为动态。动态分析是指在已设置合适的静态工作点的前提下,分析加上交流输入信号时的工作状态,估算放大电路的各项动态技术指标,如电压放大倍数、输入电阻、输出电阻等。

放大电路分析的过程是先静态分析后动态分析。静态分析的对象是直流成分，动态分析的对象是交流成分。

(2) 单级放大电路

1) 共射极放大电路 一个实用的放大器看起来比较复杂，但实际上是由一些基本放大电路组成的。其中，共射极放大电路是应用最广泛的一种，如图 1—2a 所示，因输入信号 u_i 是通过 $C1$ 与三极管的 $b-e$ 端构成输入回路，输出信号 u_o 是通过 $C2$ 经三极管的 $c-e$ 端构成输出回路，而输入回路与输出回路以发射极为公共端，故称为共射极放大电路。

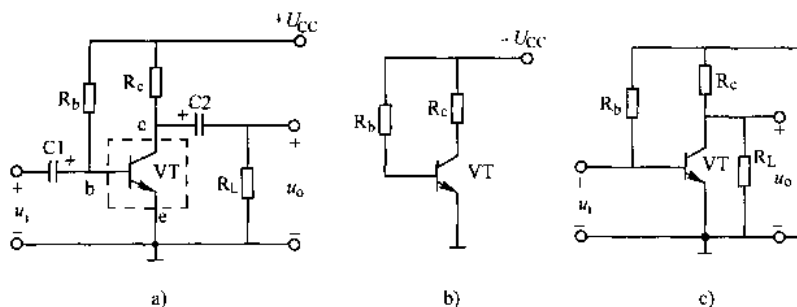


图 1—2 共射极放大电路

a) 电路图 b) 直流通路 c) 交流通路

①各元件的作用 三极管 VT 起电流放大作用，是放大电路的核心元件。当三极管的基极加上交变电压 u_i 以后，工作在放大区的三极管的集电极电流 $I_c \approx \beta I_b$ (β 为三极管的电流放大倍数)。

直流电源 U_{CC} 的作用，一是为整个电路提供能源，二是通过 R_b 给发射结提供正向偏置电压，通过 R_c 给集电结提供反向偏置电压，以满足三极管放大的外部条件。

R_b 是基极偏置电阻，其作用是给三极管提供合适的偏置电流 I_b 。改变 R_b 将使基极电流变化，这对放大器影响很大，因此它是调整放大器工作状态的主要元件。

R_c 是集电极电阻，其作用一方面通过 R_c 给集电结提供反向偏置电压，另一方面将电流放大作用转换成电压放大的形式。

$C1$ 、 $C2$ 是耦合电容器，分别接到输入端和输出端。它们的作用一方面利用电容器的隔直特性，阻隔直流电流向信号源和负载的流动，使信号源和负载不受直流电流的影响；另一方面利用电容器的通交流特性，沟通输入端与输出端之间的交流通路。通常，耦合电容器 $C1$ 、 $C2$ 的电容量从几微法到几十微法。

在放大电路中通常把电路的公共端用“ $\perp$ ”标出，作为电路的参考点。

②静态分析 在静态 (即 $u_i = 0$) 时，将电容器视为开路，电感器视为短路，形成直流通路，如图 1—2b 所示。按照直流通路的电路结构可求出电路的静态工作点。

由输入回路 $U_{CC} \rightarrow R_b \rightarrow$ 三极管基极 $\rightarrow$ 三极管发射极 $\rightarrow$ 地，列方程：

$$U_{CC} = R_b \cdot I_{BQ} + U_{BEQ}$$

则

$$I_{BQ} = \frac{U_{CC} - U_{BEQ}}{R_b}$$

通常， U_{BEQ} 的变化范围很小，可近似认为硅管为 $0.6 \sim 0.8$ V，锗管为 $0.1 \sim 0.3$ V。

由于 $U_{CC} \gg U_{BEQ}$ ，则

$$I_{BQ} \approx \frac{U_{CC}}{R_b}$$

由放大电路的输出回路 $U_{CC} \rightarrow R_c \rightarrow$ 三极管集电极 $\rightarrow$ 三极管发射极 $\rightarrow$ 地, 列方程:

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ}$$

$$U_{CC} = I_{CQ} \cdot R_c + U_{CEQ}$$

则

$$U_{CEQ} = U_{CC} - I_{CQ} \cdot R_c$$

③动态分析 静态工作点确定以后, 如果电路参数、静态工作点和输入信号幅度都可以使三极管始终工作在放大区, 放大电路在输入交流电压 u_i 作用下, 在输出端就会获得基本不失真的放大的输出电压 u_o 。

共射极放大电路的交流通路如图 1—2c 所示。放大电路在静态时各点的电压和电流的数值均不变化。当输入正弦交流信号 u_i 时, 放大电路中三极管的各极电压和电流都围绕各自的静态值基本上按正弦规律变化。电路中产生交流分量分别为 i_b 、 i_c 、 u_{ce} , 相当于在直流流量上叠加的增量, 成为交、直流并存的状态。放大电路在动态工作时, 各极的电压与电流的关系为:

$$u_{BE} = U_{BEQ} + u_i$$

$$i_B = I_{BQ} + i_b$$

$$i_C = I_{CQ} + i_c$$

$$u_{CE} = U_{CEQ} + u_{ce} = U_{CC} - R_c (I_C + i_c)$$

由于 u_{CE} 的直流分量 U_{CE} 不能通过耦合电容器 C_2 , 而交流成分 u_{ce} 能通过 C_2 且无损耗, 因此 $u_o = u_{ce} = -i_c R_c$ 。

通过上式可知电路具有电压放大作用, 式中负号表示输入 u_i 与输出 u_o 的相位相反。

2) 共集电极放大电路 共集电极放大电路如图 1—3a 所示。从图中可以看出, 集电极输入回路与输出回路公共端, 因此称为共集电极放大电路。又因输出信号由发射极输出, 此电路又称为射极输出器或电压跟随器。

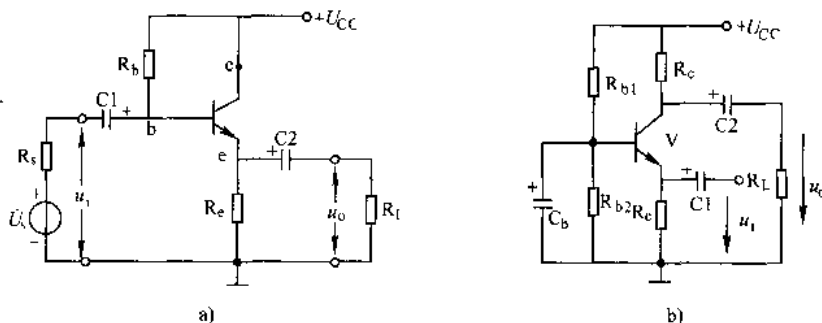


图 1—3 共集电极和共基极放大电路

a) 共集电极放大电路 b) 共基极放大电路

共集电极放大电路的主要特点为电压增益小于 1, 但接近于 1; 电流增益较大; 输出电压与输入电压同相位; 输入电阻大, 输出电阻小。

3) 共基极放大电路 共基极放大电路如图 1—3b 所示。由图中可以看出, 输入电压 u_i 加在发射极与基极之间, 输出电压 u_o 从集电极和基极两端输出, 基极是输入回路和输出回

路的公共端，因此称为共基极放大电路。

共基极放大电路的主要特点为电流增益小于 1，但接近于 1；电压增益较高；输入电压与输出电压同相；输入电阻小。

4) 三种组态放大电路的性能比较 放大电路三种基本组态的比较，见表 1—1。

表 1—1 放大电路三种基本组态比较

特性 组态	电流增益	电压增益	功率增益	输入电阻	输出电阻	输出、 输入电压 相位关系	频率响应	用 途
共射极放 大电路	高	高	高	中	中	反相	高频较差	低频放大电路的输入 级、中间级和输出级
共基极放 大电路	低	高	中	低	高	同相	好	高频放大电路、宽频带 放大电路和恒流源电路
共集电极 放大电路	高	低	中	高	低	同相	较好	多级放大电路的输入 级、输出级和中间隔离级

共射极放大电路同时具有较大的电压放大倍数和电流放大倍数，输入电阻值和输出电阻值适中，适用于对输入电阻、输出电阻和频率响应没有特殊要求的地方。因此，共射极放大电路广泛用于低频电压放大电路的输入级、中间级和输出级。

共集电极放大电路具有输入电阻高、输出电阻低的特点，在各种电路中广泛应用，可以作为多级放大电路的输入级、输出级和中间隔离级。在要求输入电阻很高的放大电路中用作输入级，可以减小对信号源的衰减，有利于信号的传输；利用共集电极的输出电阻很低的特点，用作输出级（与负载连接），可以实现输出电压不随负载变动的目的；也可以将其接在中间级，利用它的输入电阻高的特点，提高前级的电压放大倍数；利用它的输出电阻低的特点，用作中间级可减小后级对前级的影响，从而提高前后两级的放大倍数，隔离级间的相互影响，使前、后级得到更好的配合。由于共集电极放大电路具有一定的功率增益，也用于功率放大电路的输出级。

共基极放大电路的突出特点是具有很低的输入电阻，使三极管结电容的影响不显著，因而频率响应特性好。它常用于高频放大电路和宽频带放大电路，由于它的输出电阻高，共基极放大电路还可以作为恒流源电路。

1.2 功率放大器

功率放大器的作用是将已经放大的电压信号再进行功率放大，向负载提供所需的足够大的功率，这种输出足够大功率的放大电路称为功率放大器，简称功放。

(1) 功率放大器的要求与分类

1) 功率放大器的要求

①在电路功能上要求向负载提供尽可能大的功率信号。输出功率是指负载获得的信号功率，是输出的交流电压与电流有效值的乘积。因此，要求功率放大器不但要输出大的信号电压，而且要输出大的信号电流。

②具有较高的效率。功率放大器的效率是输出功率与直流电源提供的直流功率之比。在输出功率比较大的情况下，效率问题尤为突出。功率放大器本质上是能量变换器，负载上所获得的信号功率是由直流电源通过放大器件转换而来的。若功率放大器的效率不高，不仅造

成能量的损失，而且在转换过程中，电路元器件都要消耗能量并转换成热量，造成电路中的元器件温度升高。

③尽量减小失真。由于功率放大器既要输出大幅值的电压，又要输出大幅值的电流，因此，功放三极管工作在大信号状态，其峰值使功放管的工作状态接近饱和或截止状态，不可避免地会产生非线性失真，而且输出功率越大非线性失真越严重。所以，为满足性能的要求，输出功率应是在规定的非线性失真范围内的最大输出功率。

2) 功率放大器分类 按与末级负载间的耦合方式，功放可分为阻容耦合、直接耦合和变压器耦合 3 种形式。为减小功放的体积、降低成本，目前功率放大器的发展趋势是采用无输出变压器结构。由于变压器、大电容器无法集成，因此集成功率放大器均采用直换耦合方式。下面主要介绍采用直接耦合方式的互补对称式功率放大电路和高频功率放大电路。

功率放大器按工作频率可分为低频功率放大器和高频功率放大器。

按三极管在放大过程集电极电流导通时间可分为甲类、乙类（含甲乙类）和丙类功率放大器，如图 1—4 所示。电流导通时间的一半称为电流导通角，用 θ 表示。甲类状态是指在信号的整个周期内三极管都处于放大状态，也就是说三极管始终处于导通状态。三极管的导通角为 π 。甲类功放三极管管耗大，效率低，理想的能量转换效率只有 50%。前面介绍的放大器都属于甲类放大器。乙类放大状态是指三极管工作在零偏置状态，在信号的整个周期内，三极管只有半周期处于放大状态，另半个周期处于截止状态。也就是说，放大器只放大半个信号，三极管的导通角为 $\pi/2$ 。单个乙类放大器的使用没有实际价值，可以用互补对称电路分别完成正负半周的放大，再将输出信号组合起来，以达到完整放大信号的目的，这种放大器又称乙类推挽功率放大器。乙类功放三极管管耗接近于零，理想效率为 78.5%。丙类放大状态是指三极管静态时处于反向偏置状态，只有在输入信号的幅值超过晶体管的导通电压时，才能输出余弦脉冲信号。它的导通角小于半个周期大于 $1/4$ 个周期，效率可达到 80% 以上。

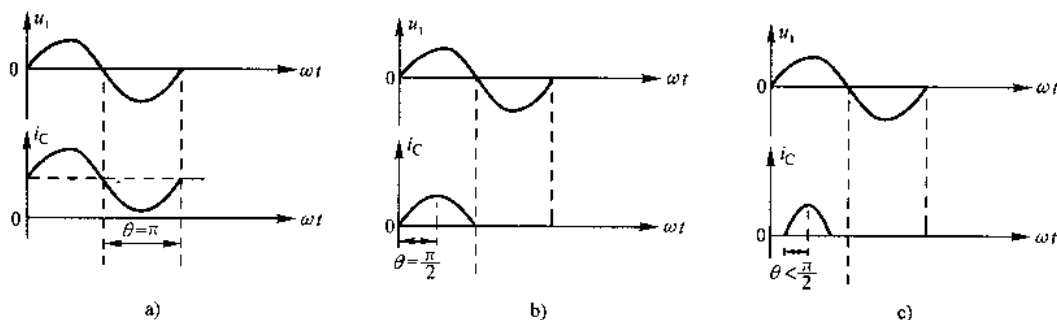


图 1—4 三极管的导通角和工作状态

a) 甲类状态 b) 乙类状态 c) 丙类状态

(2) 乙类功率放大电路

乙类功率放大电路实际上都工作在甲乙类状态，这是因为乙类放大电路会出现严重的交越失真。交越失其现象是由功率管的零偏置引起的。为了克服交越失真，给功率管设置一个很小的静态偏压，使其工作在微导通状态，即电路工作在甲乙类。因这一静态工作电流很小，在电路分析中常常忽略。从宏观上，甲乙类放大电路按乙类工作状态来分析。下面以乙类双电源互补对称功率放大电路为例来说明。

双电源互补对称功率放大电路又称无输出电容电路, 简称 OCL (Output Capacitor Less), 如图 1—5 所示。该电路采用正、负双电源, 三极管采用 NPN 和 PNP 型, 管子的特性、参数对称。将 VT1、VT2 的发射级连在一起, 直接与输出端的负载电阻 R_L 相连。二极管 V1、V2 分别给互补管 VT1、VT2 的发射结设置一个很小的静态偏压, 使其处在微导通状态。

静态 (即 $u_i = 0$) 时, VT1、VT2 微导通, I_{B1Q} 、 I_{B2Q} 很小, I_{C1Q} 与 I_{C2Q} 也很小, 它们在负载电阻 R_L 上的电流大小相等, 方向相反, U_E 电位等于零。

当 $u_i \neq 0$ 时, 在输入信号的正半周, VT1 管发射结正向偏置导通, VT2 管发射结反向偏置截止, VT1 的 i_{e1} 供给负载电流; 在输入信号的负半周, VT1 管发射结反向偏置截止, VT2 管发射结正向偏置导通, VT2 的 i_{e2} 供给负载电流; 由于 VT1、VT2 交替导通, 电流方向如图 1—5 所示, 在负载上得到一个完整的正弦波。

(3) 高频功率放大电路

在通信系统中, 高频功率放大电路主要用在发射机的末级, 用于放大发射射频信号, 以便弥补信号在传输过程中的衰减。在发射机末端采用高频功率放大电路对信号进行处理, 使其获得足够高的输出功率和效率。高频功率放大电路原理图如图 1—6 所示。在该电路中, 三极管主要起开关控制作用, 其任务是按照输入信号的变化规律, 把直流能量转换为交流能量; 谐振回路 (由 C 和 L 组成) 起选择基波信号、滤除谐波成分及与后级电路相匹配的作用。基极电源 E_b 为三极管设置合适的工作状态, 它通常是反向偏置, 保证三极管工作在丙类状态, 集电极电源 E_c 是功率放大电路的能量。

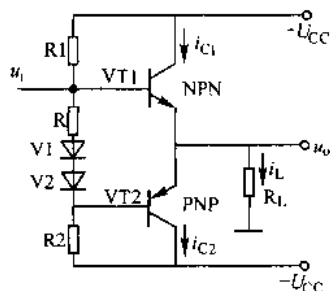


图 1—5 OCL 功率放大电路原理图

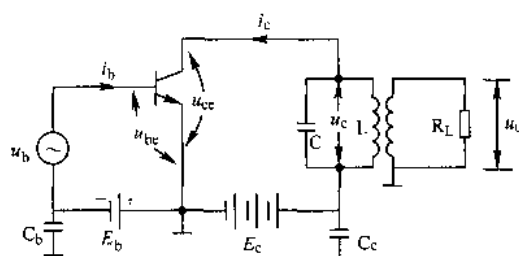


图 1—6 高频功率放大电路原理图

高频功率放大电路的原理是: 当输入信号 u_b 加在三极管 b、e 之间时, 由于 E_b 使三极管处于反向偏置, 只有在信号正半周 u_b 值大于三极管的导通电压时, 输出端才会有输出信号, 因此三极管的基极电流 i_b 和集电极电流 i_c 均为余弦脉冲电流。余弦脉冲电流是非正弦信号, 其中包含直流分量、基波分量和各次谐波分量。为保证输出电压相对于输入电压不失真, 应使谐振回路的谐振频率等于输出信号的中心频率, 利用谐振回路的选频特性选出基波, 抑制谐波, 获得不失真的输出电压。

1.3 反馈放大电路

(1) 反馈的概念

将放大器的输出量 (电压或电流) 的一部分或全部, 按一定的方式通过反馈网络送回到输入回路中, 从而构成一个闭环系统, 使放大电路的输出量不仅受到输入信号的控制, 而且

也受到输出量的影响,这种连接方式就叫反馈。反馈放大电路框图如图 1—7 所示。图中的输入信号、输出信号和反馈信号分别用复数 X_i 、 X_o 、 X_f 表示,它们可能是电压量,也可能是电流量。上面一个方块表示放大网络,无反馈时放大网络的放大倍数用复数符号 $\dot{A}$ 表示,也称 A 为开环放大倍数。下面一个方块表示反馈网络,反馈系数用复数符号 $\dot{F}$ 表示。信号在放大网络中为正向传递,在反馈网络中为反向传递。信号传递的方向如图中箭头所示。图中的符号 $\otimes$ 表示求和环节,外加输入信号与反馈信号经过求和环节后得到净输入信号 X'_i ,再送回到放大网络。

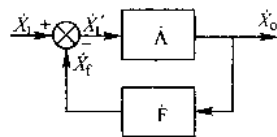


图 1—7 反馈放大电路框图

(2) 反馈的分类及作用

若引入反馈后,放大器的净输入信号削弱,该反馈为负反馈;反之,若引入反馈后,放大器的净输入信号加强,该反馈为正反馈。负反馈可改善放大电路的性能,正反馈主要应用在振荡电路中。

根据反馈信号本身的交、直流性质,可分为直流反馈和交流反馈。如果反馈信号中只包含直流成分,则称为直流反馈;若反馈信号中只包含交流成分,则称为交流反馈,在很多情况下,交、直流两种反馈兼而有之。

直流反馈的作用是稳定静态工作点,而对放大电路的各项动态性能(如放大倍数、通频带、非线性失真、输入及输出电阻等)没有影响。各种不同类型的交流负反馈对放大电路的各项动态性能产生不同的影响,是用以改善电路技术指标的主要手段。

根据反馈信号在放大电路输出端采样方式不同,可分为电压反馈和电流反馈。如果反馈信号与输出负载并联,反馈信号取自输出电压,即反馈信号与输出电压成正比,称为电压反馈。如果反馈信号与输出负载串联,反馈信号取自输出电流,即反馈信号与输出电流成正比,称为电流反馈。若在负反馈放大电路中引入电压反馈,可以使输出电压保持稳定,其效果是降低了电路的输出电阻;而在负反馈放大电路中引入电流反馈,可以使输出电流保持稳定,其效果是提高了电路的输出电阻。

根据反馈信号与放大电路在输入回路中求和形式不同,可分为串联反馈和并联反馈。如果反馈信号与输入信号在输入回路中以电压形式求和称为串联反馈;如果反馈信号与输入信号在输入回路中以电流形式求和称为并联反馈。在负反馈放大电路中引入串联反馈,可以增大输入电阻,而引入并联反馈可以减小输入电阻。

1.4 滤波电路

滤波电路又称滤波器。滤波电路的实质是选频,它能使有用频率的信号顺利通过,而使另一部分信号急剧衰减(即被滤掉)。在通信中常利用它进行信号的处理、数据的传送和抑制干扰。

允许信号通过的频率范围称为通带,不允许信号通过的频率范围称为阻带,通带和阻带的界限称为截止频率。

滤波器的种类很多,按其材料可分为 LC 滤波器、陶瓷滤波器、晶体滤波器和声表面波滤波器。由于陶瓷滤波器和声表面波滤波器容易小型化和集成,并且频率固定,因此常用于手机的射频和中频滤波。按其工作信号的频率范围可以分为低通滤波器(LPF)、高通滤波