

机械工业技师考评培训教材

电工

技师培训教材

机械工业技师考评培训教材编审委员会 组编
姜平 主编

第2版



机械行业首套技师培训教材



按照技师考评要求编写



集教材与试题库于一体



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

机械工业技师考评培训教材

电工技师培训教材

第2版

机械工业技师考评培训教材编审委员会 组编

姜平 主编



机械工业出版社

本书系统介绍了电工技师必须掌握的理论及其应用知识,主要内容分为教材和试题两大部分,内容丰富,涉及面较广。教材部分的主要内容有:电子技术基础、电机、晶闸管变流技术、自动控制系统的的基本知识、直流调速系统、交流调速系统与变频器应用技术、可编程控制器技术和机床数控技术。试题部分的主要内容有:试题库和三套试卷样例。书后附有试题库答案,供读者参考。

本书主要用作电工技师考评培训教材,也可作为电工高级技师考评培训和电工高技能人才培养的参考教材,还可供企业技师考评及职业技能鉴定部门在命题时参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工技师培训教材/姜平主编;机械工业技师考评培训教材编审委员会组编. —2版. —北京:机械工业出版社,2017.6

机械工业技师考评培训教材

ISBN 978-7-111-56541-3

I. ①电… II. ①姜…②机… III. ①电工技术-技术培训-教材 IV. ①TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第070654号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:王振国 责任编辑:王振国

责任校对:肖琳 封面设计:陈沛

责任印制:李昂

三河市国英印务有限公司印刷

2017年6月第2版第1次印刷

148mm×210mm·14.75印张·442千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-56541-3

定价:49.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

前 言

本书是原机械工业技师考评培训教材《维修电工技师培训教材》的修订版。第1版教材自2001年10月出版发行以来,社会反映良好,已成为全国通用电工技师培训教材之一。

随着2015版《国家职业分类大典》和最新国家职业标准的颁布,为了适应工业生产中现代电气控制技术的不断发展和技师培训与考评新形势的要求,需要对原书做出相应的修订和补充。

此次修订主要依据电工技师岗位实际要求,注重提升解决实际问题的职业技能,保持了原书的特点和风格,在内容上力求简明精练、通俗易懂,实用性和通用性强,努力保持理论知识的系统性,便于理解、掌握和应用,以满足全国各地技师培训和职业技能鉴定的需要。

本书内含教材和试题两大部分,内容较为丰富,编排上详略得当,既便于组织集体培训,也易于个人自学。本书不仅可以用作电工技师考前培训教材,也可作为电工高级技师考评培训和高技能人才培训的参考教材,还可供企业技师考评及职业技能鉴定部门在命题时参考。使用本书时,各地可以根据当地技师、高级技师培训和职业技能鉴定的情况,对培训内容进行适当的增减。

本书由姜平先生任主编,陈德玉先生等参加了编写,由叶猛先生任主审,沈峰、周刚两位先生参加了审稿。在此次修订过程中,得到了许多企业和读者的关心和帮助,也参考了大量的书籍和资料,在此一并致谢。

电工是理论与操作技能并重的一个特殊工种,在其实际操作中离不开理论的指导。因此,学习和掌握丰富的理论知识,坚持理论联系实际,培养一定的逻辑判断和思维能力,提高实际操作技能水平,对每一位电工来说是至关重要的。为此,我们希望本书能满足广大读者的要求,给广大读者带来帮助,成为大家的良师益友,并衷心感谢广大读者对本书的厚爱。

由于本书内容较多,涉及面较广,加之作者水平有限,因此书中难免存在不足和错误之处,恳请专家和广大读者批评指正。

编者

目 录

前言

| | |
|-------------------------|----|
| 第一章 电子技术基础 | 1 |
| 第一节 模拟电子电路 | 1 |
| 一、晶体管放大电路 | 1 |
| 二、正弦波振荡器 | 7 |
| 三、集成运算放大器 | 9 |
| 四、直流稳压电路 | 15 |
| 第二节 数字电子电路 | 17 |
| 一、逻辑函数的化简 | 18 |
| 二、集成逻辑门电路 | 20 |
| 三、组合逻辑电路 | 22 |
| 四、集成触发器 | 23 |
| 五、时序逻辑电路 | 24 |
| 六、数字显示电路 | 26 |
| 七、555 集成定时器 | 28 |
| 八、A-D 与 D-A 转换器 | 31 |
| 第三节 电力电子器件 | 38 |
| 一、电力晶体管 | 38 |
| 二、电力场效应晶体管 | 41 |
| 三、绝缘栅双极型晶体管 | 42 |
| 四、电力电子器件的选用和保护 | 44 |
| 第二章 电机 | 47 |
| 第一节 直流电机 | 47 |
| 一、直流电机的结构与工作原理 | 47 |
| 二、直流电机的电枢绕组 | 49 |

| | |
|---------------------------|-----------|
| 三、直流电机的电枢反应 | 51 |
| 四、直流电机的换向 | 52 |
| 五、直流电动机的基本特性 | 53 |
| 六、直流电动机的起动、制动及调速 | 56 |
| 第二节 交流电机 | 59 |
| 一、三相异步电动机的定子绕组及变极原理 | 59 |
| 二、三相异步电动机的基本特性 | 63 |
| 三、三相异步电动机的起动、制动及调速 | 67 |
| 第三节 测速发电机 | 68 |
| 一、交流测速发电机 | 69 |
| 二、直流测速发电机 | 71 |
| 第四节 旋转变压器 | 75 |
| 一、旋转变压器的结构与工作原理 | 75 |
| 二、正余弦旋转变压器的工作方式 | 77 |
| 三、线性旋转变压器 | 79 |
| 四、正余弦旋转变压器的技术指标 | 80 |
| 第五节 伺服电动机 | 81 |
| 一、交流伺服电动机 | 81 |
| 二、直流伺服电动机 | 85 |
| 第六节 步进电动机 | 88 |
| 一、反应式步进电动机的结构与工作原理 | 88 |
| 二、步进电动机的技术指标 | 92 |
| 第三章 晶闸管变流技术 | 95 |
| 第一节 可控整流电路 | 95 |
| 一、三相桥式全控整流电路 | 95 |
| 二、带平衡电抗器的双反星形可控整流电路 | 101 |
| 第二节 斩波器与交流调压器 | 105 |
| 一、斩波器 | 105 |
| 二、交流调压电路 | 108 |
| 第三节 逆变电路 | 110 |
| 一、有源逆变电路 | 111 |
| 二、无源逆变电路 | 114 |

| | |
|----------------------------------|------------|
| 第四节 晶闸管中频电源装置及其调试 | 127 |
| 一、KGPS—100—1.0 型晶闸管中频装置 | 127 |
| 二、KGPS—100—1.0 型晶闸管中频装置的调试 | 134 |
| 第四章 自动控制系统的基本知识 | 136 |
| 第一节 自动控制系统的基本概念 | 136 |
| 一、自动控制理论简介 | 136 |
| 二、自动控制常用术语 | 137 |
| 三、自动控制系统的分类 | 137 |
| 四、开环和闭环控制系统 | 138 |
| 五、自动控制系统的组成 | 141 |
| 第二节 自动控制系统的性能要求与指标 | 142 |
| 一、自动控制系统的性能要求 | 142 |
| 二、自动控制系统的性能指标 | 143 |
| 第三节 自动控制的基本规律与调节器 | 147 |
| 一、比例控制与比例调节器 | 147 |
| 二、积分控制与积分调节器 | 150 |
| 三、比例积分控制与比例积分调节器 | 151 |
| 四、比例积分微分控制与比例积分微分调节器 | 153 |
| 五、调节器的应用 | 155 |
| 第五章 直流调速系统 | 160 |
| 第一节 电动机调速系统概述 | 160 |
| 第二节 有静差直流自动调速系统 | 162 |
| 一、转速负反馈有静差直流调速系统 | 162 |
| 二、电压负反馈直流调速系统 | 166 |
| 三、带电流正反馈环节的电压负反馈直流调速系统 | 167 |
| 四、带电流截止负反馈环节的转速负反馈直流调速系统 | 168 |
| 第三节 无静差直流自动调速系统 | 170 |
| 一、转速单闭环无静差直流调速系统 | 170 |
| 二、转速与电流双闭环直流自动调速系统 | 171 |
| 第四节 可逆直流调速系统 | 175 |
| 一、可逆调速系统的基本概念 | 175 |

| | |
|--|------------|
| 二、 $\alpha = \beta$ 配合控制的有环流可逆调速系统 | 178 |
| 三、逻辑无环流可逆调速系统 | 181 |
| 第六章 交流调速系统与变频器应用技术 | 189 |
| 第一节 绕线转子异步电动机串级调速系统 | 189 |
| 一、串级调速原理 | 190 |
| 二、低同步晶闸管串级调速系统 | 192 |
| 第二节 三相交流异步电动机变频调速系统 | 195 |
| 一、变频调速的基本原理与基本控制方式 | 195 |
| 二、变频器的分类与特点 | 197 |
| 三、脉宽调制 (PWM) 型变频器 | 200 |
| 四、脉宽调制型变频调速系统简介 | 203 |
| 第三节 通用变频器应用技术 | 205 |
| 一、三菱 FR - E740 系列通用变频器简介 | 206 |
| 二、通用变频器的安装与接线 | 206 |
| 三、变频器的使用方法 | 208 |
| 四、通用变频器的使用注意事项 | 222 |
| 第七章 可编程序控制器技术 | 225 |
| 第一节 概述 | 225 |
| 一、PLC 及其特点 | 225 |
| 二、PLC 的基本结构 | 226 |
| 三、PLC 的工作原理 | 228 |
| 四、PLC 的编程语言 | 231 |
| 五、PLC 的发展趋势 | 232 |
| 第二节 FX 系列 PLC 简介 | 233 |
| 一、FX 系列 PLC 的型号和基本技术性能 | 233 |
| 二、FX 系列 PLC 内部的可编程元件 | 239 |
| 三、FX 系列 PLC 的指令系统 | 245 |
| 第三节 PLC 程序设计 | 258 |
| 一、PLC 程序设计的基本规则 | 259 |
| 二、PLC 程序设计的一般方法与步骤 | 260 |
| 三、基本环节的 PLC 程序设计举例 | 260 |

| | |
|---|------------|
| 第四节 PLC 综合应用 | 270 |
| 一、多种液体混合装置的 PLC 控制 | 270 |
| 二、交通信号灯的 PLC 控制 | 272 |
| 三、物料运送装置的 PLC 控制 | 275 |
| 四、机械手的 PLC 控制 | 279 |
| 第八章 机床数控技术 | 286 |
| 第一节 概述 | 286 |
| 一、数控技术与数控机床 | 286 |
| 二、数控机床的组成和工作原理 | 286 |
| 三、数控机床的分类 | 288 |
| 四、数控机床的有关功能规定 | 291 |
| 五、数控机床的特点及其发展趋势 | 294 |
| 第二节 插补原理 | 295 |
| 一、插补方法 | 295 |
| 二、直线插补 | 297 |
| 三、圆弧插补 | 300 |
| 第三节 数控机床的位置检测装置 | 303 |
| 一、概述 | 303 |
| 二、感应同步器 | 304 |
| 三、磁栅 | 305 |
| 四、光栅 | 308 |
| 五、旋转编码器 | 311 |
| 第四节 数控机床的伺服驱动系统 | 317 |
| 一、概述 | 317 |
| 二、步进电动机伺服驱动系统 | 317 |
| 三、交直流伺服电动机伺服驱动系统 | 322 |
| 第五节 经济型数控系统简介 | 325 |
| 一、概述 | 325 |
| 二、经济型数控系统的硬件结构 | 326 |
| 三、经济型数控系统的软件结构 | 334 |
| 试题库 | 336 |
| 一、判断题 试题 (336) 答案 (425) | 336 |

| | | | | |
|---------------|----------|----------|-------|------------|
| 二、选择题 | 试题 (357) | 答案 (426) | | 357 |
| 三、计算题 | 试题 (395) | 答案 (428) | | 395 |
| 四、简答题 | 试题 (403) | 答案 (441) | | 403 |
| 五、读图与作图题 | 试题 (406) | 答案 (455) | | 406 |
| 考核试卷样例 | | | | 411 |
| 参考文献 | | | | 460 |

第一章 电子技术基础

培训目标 掌握各种典型电子电路的功能、工作原理、性能指标及相关应用知识；掌握电力电子器件的分类、工作原理、特性和主要参数及其使用与保护知识；培养和提高分析、排除电子电路故障的能力。

电子技术是有关电子器件、电子电路及其应用的技术科学。电子电路中的电信号有两大类：模拟信号和数字信号。所谓模拟信号，是指模拟各种物理量及其实际变化的电压和电流。模拟信号在时间上和幅度上都是连续变化的，其波形是平滑的。而所谓数字信号，则是指在时间上和幅度上是离散的、不连续的电压和电流。电子电路根据其工作信号的不同，可分为模拟电子电路和数字电子电路两大类。随着半导体制造技术的不断发展，电子技术又产生了新的分支——电力电子技术。电力电子技术是以各种大功率的电力电子器件为核心，并应用于电力技术领域的电子技术。在工业上应用的各种电子电路，都是根据现场实际需要，对一些典型电子电路进行有目的的选择、组合、改进而来的，因此掌握电子技术，首先必须掌握各种电子元器件的主要特性及其各种典型的电子电路。本章简明归纳和总结了常见的各种典型电子电路，并对其中某些电路进行了较为详细的介绍和分析。

第一节 模拟电子电路

模拟电子电路，通常包括放大、运算、滤波、比较、波形变换、功率放大、稳压等电路，其常用的电子器件，有二极管、稳压二极管、晶体管、场效应晶体管和各種模拟集成电路。各种模拟电子电路，具有各自的电路功能，均有其相应的应用场合。

一、晶体管放大电路

晶体管放大电路的基本组成条件，是晶体管应工作于放大区而且信号

能不失真地输入和输出。各种晶体管放大电路都是利用晶体管的电流放大特性，在输入信号的作用下，将直流电源的能量转变为输出信号的能量，因此它们都存在输出电压、输出电流和输出功率，而各种放大电路的差异主要是其侧重点有所不同。放大电路的特点是电路中同时存在直流分量和交流分量，而且晶体管是非线性器件。因此，分析放大电路时，主要采用的是图解法和微变等效电路法等分析方法。图解法是一种借助于晶体管特性曲线，进行作图求解的分析方法，适用于分析输入信号幅值较大（如功率放大器）、频率较低以及无反馈的放大电路，但它不能用来求取放大电路的某些技术指标，如输入电阻 R_i 、输出电阻 R_o 等。而微变等效电路法，则是一种近似计算的分析方法，即在一定条件下用线性模型代替晶体管，然后用分析线性电路的方法，来分析放大电路的各项参数和指标，因此它适用于分析输入信号幅值较小的电压放大电路。常用的放大电路，有电压放大电路、差动放大电路和功率放大电路等。

1. 电压放大电路

电压放大电路一般工作在小信号状态，其输入信号多为毫伏级的交流电压信号，而电路各处电流也较小。电压放大电路的着重点是电压放大性能，即要求电压放大倍数足够大、输出波形不失真、工作稳定。电压放大器的主要性能指标，有电压放大倍数 A_u 、输入电阻 R_i 和输出电阻 R_o 等。

(1) 设置静态工作点 由晶体管的输入和输出特性可知，为使晶体管在放大交流信号的全过程中始终工作在特性曲线的线性部分，以不失真地放大信号，必须通过直流工作电源配合适当的电阻，来满足晶体管放大状态时发射结正偏、集电结反偏的外部条件，这称为设置静态工作点。设置静态工作点的典型电路有固定偏置放大电路和射极偏置放大电路，如图 1-1 所示。其中，射极偏置放大电路，利用直流负反馈的自动调节作用，可以稳定晶体管的静态工作点，因而实际应用较为广泛。

(2) 基本放大电路 利用晶体管的 3 种基本接法可以构成 3 种基本放大电路。3 种基本放大电路及其主要特点见表 1-1。

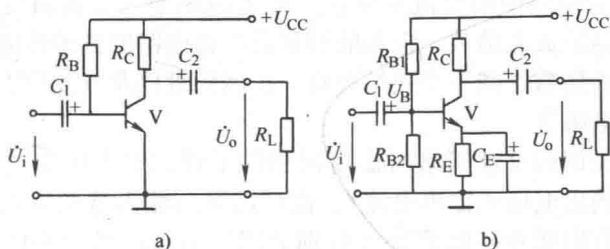


图 1-1 电压放大电路

a) 固定偏置放大电路 b) 射极偏置放大电路

表 1-1 3 种基本放大电路

| 电路名称 | 共发射极电路 | 共集电极电路 | 共基极电路 |
|---------------------------------------|--|--|---|
| 电路形式 | | | |
| 静态工作点 (I_B 、 I_C 、 U_{CE}) | $I_B = I_C / \beta$ $I_C \approx I_E = (U_B - U_{BE}) / R_E$ $U_{CE} \approx U_{CC} - I_C (R_C + R_E)$ 其中: $U_B = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} U_{CC}$ | U_B 、 I_C 、 I_B 同左 $U_{CE} = U_{CC} - I_C R_E$ | 同共发射极电路 |
| A_u | $-\beta \frac{R'_L}{r_{be}}$ 其中: $R'_L = R_C // R_L$ $r_{be} = 300 + (1 + \beta) \frac{26\text{mV}}{I_E (\text{mA})}$ | $\beta \frac{R'_L}{r_{be} + \beta R'_L} \approx 1$ 其中: $R'_L = R_E // R_L$ $r_{be} = 300 + (1 + \beta) \frac{26\text{mV}}{I_E (\text{mA})}$ | $\beta \frac{R'_L}{r_{be}}$ 其中: $R'_L = R_C // R_L$ $r_{be} = 300 + (1 + \beta) \frac{26\text{mV}}{I_E (\text{mA})}$ |
| R_i | $R_{B1} // R_{B2} // r_{be}$ | $R_{B1} // R_{B2} // [r_{be} + (1 + \beta) R'_L]$ | $r_{be} / (1 + \beta)$ |
| R_o | R_C | $\frac{R_{B1} // R_{B2} // R_S + r_{be}}{1 + \beta} // R_E$ | R_C |
| 特点 | 属于反相放大电路, 电压放大倍数较大, 输入电阻和输出电阻较为适中 | 属于同相放大电路, 具有电压跟随特性, 电压放大倍数小于并接近 1, 输入电阻较大, 输出电阻较小 | 属于同相放大电路, 电压放大倍数与共射极电路基本相同, 输入电阻较小 |
| 应用场合 | 多级低频电压放大器的输入级、中间级和输出级 | 多级低频电压放大器的输入级和输出级 | 宽频带放大器 |

(3) 放大电路中的交流负反馈 放大电路引入交流负反馈, 虽然会降低放大电路的放大倍数, 但却能够显著改善电路的其他性能, 如稳定放大电路的放大倍数、减小非线性失真、扩展频带以及改变放大电路的输入电阻及输出电阻等。

由于负反馈的反馈网络对输出回路的采样, 有电压和电流之分 (分别用于稳定输出电压或输出电流), 而反馈量与输入量在输入回路中的连接方式, 又有串联和并联之分 (分别适用于输入信号源为低内阻或高内阻), 故负反馈共有 4 种类型, 即电压串联负反馈、电压并联负反馈、电流串联负反馈、电流并联负反馈。

2. 多级放大器

实际应用中的放大器, 大多是由若干个单级放大器组成的多级放大器。各级放大器之间的耦合形式主要有阻容耦合、变压器耦合和直接耦合 3 种。

(1) 电压放大倍数 多级 (n 级) 放大器的电压放大倍数为各级放大器的电压放大倍数之积, 即 $\dot{A}_u = \dot{A}_{u1} \dot{A}_{u2} \cdots \dot{A}_{un}$ 。其中, \dot{A}_{u1} 、 \dot{A}_{u2} 、 \dot{A}_{un} 分别为第一级、第二级、第 n 级放大器的电压放大倍数。

(2) 输入电阻和输出电阻 多级放大器的输入电阻就是考虑了后级影响后的第一级的输入电阻, 即 $R_i = R_{i1}$ 。多级放大器的输出电阻就是考虑了所有前级影响后的末级的输出电阻, 即 $R_o = R_{on}$ 。

例 1-1 如图 1-1b 所示, $R_{B1} = 33\text{k}\Omega$, $R_{B2} = 10\text{k}\Omega$, $R_E = 1.5\text{k}\Omega$, $R_C = 3.3\text{k}\Omega$, $R_L = 5.1\text{k}\Omega$, $+U_{CC} = +12\text{V}$, 晶体管 $\beta = 50$, 试确定晶体管的静态工作点, 并估算放大器的电压放大倍数 \dot{A}_u 、输入电阻 R_i 、输出电阻 R_o 。

解 晶体管的静态工作点

$$U_B = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} U_{CC} = \frac{10\text{k}\Omega}{33\text{k}\Omega + 10\text{k}\Omega} \times 12\text{V} = 2.79\text{V}$$

$$I_C \approx I_E = \frac{U_B - U_{BE}}{R_E} = \frac{2.79\text{V} - 0.7\text{V}}{1.5\text{k}\Omega} = 1.39\text{mA}$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{1.39\text{mA}}{50} = 27.8\mu\text{A}$$

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C (R_C + R_E) = 12\text{V} - 1.39\text{mA} \times (3.3\text{k}\Omega + 1.5\text{k}\Omega) = 5.33\text{V}$$

放大器的微变等效电路如图 1-2 所示。

$$r_{be} = 300\Omega + (1 + \beta) \frac{26\text{mV}}{I_E(\text{mA})} = 300\Omega + (1 + 50) \times \frac{26\text{mV}}{1.39\text{mA}} \approx 1.25\text{k}\Omega$$

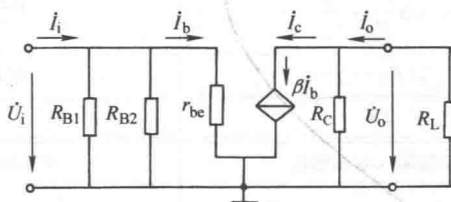


图 1-2 微变等效电路

$$\text{电压放大倍数 } \dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = -\beta \frac{R_C // R_L}{r_{be}} = -50 \times \frac{3.3\text{k}\Omega // 5.1\text{k}\Omega}{1.25\text{k}\Omega} \approx -80$$

$$\text{输入电阻 } R_i = R_{B1} // R_{B2} // r_{be} = 33\text{k}\Omega // 10\text{k}\Omega // 1.25\text{k}\Omega \approx 1.25\text{k}\Omega$$

$$\text{输出电阻 } R_o = R_C = 3.3\text{k}\Omega$$

3. 差动放大电路

为了放大缓慢变化的信号及直流信号，放大电路一般采用直接耦合的方式。为减小直接耦合放大电路的零点漂移，通常应选用高稳定度的电源和温度稳定性好的元器件，而在电路结构上最为有效的抑制零漂的方法，则是采用差动放大电路。差动放大电路有 4 种接法，即双端输入双端输出、双端输入单端输出、单端输入双端输出和单端输入单端输出。差动放大电路 4 种接法的工作情况见表 1-2。

表 1-2 差动放大电路 4 种接法的工作情况

| 电路名称 | 双端输入双端输出 | 双端输入单端输出 |
|------|----------|----------|
| 电路形式 | | |

(续)

| 电路名称 | 双端输入双端输出 | 双端输入单端输出 |
|----------------|--|---|
| \dot{A}_{ud} | $-\beta \frac{R_C // \frac{R_L}{2}}{R_S + r_{be}}$ | $-\beta \frac{R_C // R_L}{2(R_S + r_{be})}$ |
| R_i | $2(R_S + r_{be})$ | $2(R_S + r_{be})$ |
| R_o | $2R_C$ | R_C |

| 电路名称 | 单端输入双端输出 | 单端输入单端输出 |
|----------------|--|---|
| 电路形式 | | |
| \dot{A}_{ud} | $-\beta \frac{R_C // \frac{R_L}{2}}{R_S + r_{be}}$ | $-\beta \frac{R_C // R_L}{2(R_S + r_{be})}$ |
| R_i | $2(R_S + r_{be})$ | $2(R_S + r_{be})$ |
| R_o | $2R_C$ | R_C |

4. 功率放大电路

功率放大电路（简称功放）是用来获得足够的输出信号功率，以驱动实际负载或执行元件。在功率放大电路中，功放管处于大信号工作状态，甚至是接近于极限状态，其电压和电流在较大范围内变化，输出信号容易产生非线性失真，功放管也较易损坏。对功率放大电路的主要要求是具有较大的输出功率、较高的效率、较小的信号失真以及电路工作稳定。功率放大电路主要有甲类和乙类等几种功放类型。乙类功率放大器的效率高于甲类功率放大器，理论上其效率最大值为 78.5%。常见的无变压器互补型乙类功率放大器主要有 OTL、OCL 和 BTL 功率放大电路等，如图 1-3 所示。

在理想情况下 3 种功率放大电路的最大输出功率分别为

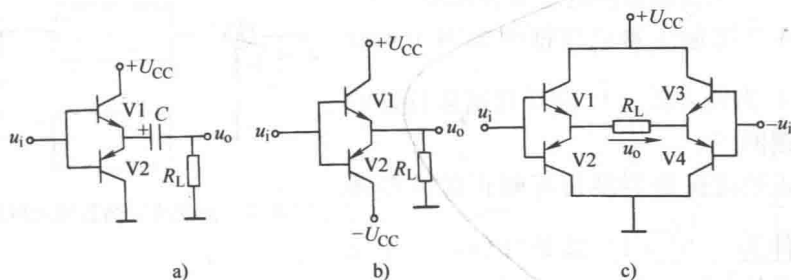


图 1-3 功率放大电路的工作原理

a) OTL 功放 b) OCL 功放 c) BTL 功放

$$\text{OTL 功放}(U_{CC} \text{ 单工作电源}): P_{OM} = \frac{U_{CC}^2}{8R} \quad (1-1)$$

$$\text{OCL 功放}(\pm U_{CC} \text{ 双工作电源}): P_{OM} = \frac{U_{CC}^2}{2R} \quad (1-2)$$

$$\text{BTL 功放}(U_{CC} \text{ 单工作电源}): P_{OM} = \frac{U_{CC}^2}{2R} \quad (1-3)$$

由式 (1-1) ~ 式 (1-3) 可知, BTL 功放的电源利用率较高。从理论上讲, 在同样的电源下, BTL 功放的输出功率是 OTL 功放的 4 倍。

在实际的功率放大电路中, 应设置适当的静态工作点, 使功放管工作在甲乙类状态, 这样既可以保证较高的能量转换效率, 又可以解决交越失真问题。

二、正弦波振荡器

正弦波振荡器的功能是将直流电变换为具有一定频率和幅值的正弦交流电, 它在测量、控制、通信等许多领域中都得到了广泛应用。按振荡器中选频网络的不同, 正弦波振荡器可分为 LC 正弦波振荡器、RC 正弦波振荡器和石英晶体振荡器。LC 正弦波振荡器可以产生高频正弦波信号, 其输出正弦波信号的频率可达 1000MHz 以上; RC 正弦波振荡器可产生较低频率范围 (如 1Hz ~ 1MHz) 的正弦波信号; 石英晶体正弦波振荡器, 利用石英晶体谐振器的品质因数很高、且谐振频率很精确和很稳定的特性, 可获得很高的频率稳定度。