

电子电气职业技能考核认证指南

电子电气职业技能上岗实训丛书

电子实用电路 应用技能 上岗实训

韩广兴 韩雪涛 吴 瑛 等编著

- ◆ 职业应用技术专业引导
- ◆ 职业技术知识重点讲解
- ◆ 职业技能实例图解演示
- ◆ 职业目标技能精典训练



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

电子电气职业技能考核认证指南



电子电气职业技能上岗实训丛书

电子实用电路应用 技能上岗实训

韩广兴 韩雪涛 吴 瑛 等编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书从基本的电子元器件和单元电路入手,系统地介绍了应用在电子产品中的各种基本电路的功能、结构,以及各种电子产品中单元电路的应用实例。

主要内容包括在各种电子产品中常用的半导体晶体管、各类放大器、振荡器、运算放大器、音频视频处理器、光电信号传输和处理电路、数字信号处理电路、电源电路的应用实例。

本书可作为从事电子产品制造业的各类岗位技术人员的培训教材,同时也适合于业务爱好者阅读。

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

电子实用电路应用技能上岗实训 / 韩广兴等编著. —北京: 电子工业出版社, 2008.6
(电子电气职业技能上岗实训丛书)
ISBN 978-7-121-06704-4

I. 电… II. 韩… III. 电子电路 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 069860 号

策划编辑: 谭佩香

责任编辑: 严 力

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 19 字数: 462 千字

印 次: 2008 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 5000 册 定价: 29.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

编委会名单

主 编 韩广兴

副主编 韩雪涛 吴 瑛

编 委 郭爱武 孟雪梅 李玉全 高瑞征

张丽梅 孙承满 韩雪冬 崔文林

郭海滨 张明杰 胡丽丽 贾立辉

刘秀东 吴 玮 路建歆 赵俊彦

韩 东 张湘萍 王 政 吴惠英

周 洋 张建平

网址: <http://www.taoo.cn> 联系电话: 022-83718162/83712667/83713312

地址: 天津市南开区津南产业园区天茂科技园 8 号楼 1 门 401 邮编: 300384

天津市长泰科技发展有限公司

图书联系方式: lan_peizhang@phei.com.cn

— 著者 —

2008 年 4 月

前 言

随着科学技术的发展,新技术、新产品、新工艺、新材料不断问世,新型电子产品得到了迅速普及,特别是家电、计算机、数码产品、手机已经成为人们生活、娱乐和工作中不可缺少的信息工具。近年来,我国已成为世界电子产品的制造基地,全球 80%的笔记本电脑都是在中国生产,形成了一个庞大的产业链。

中国的制造业水平已向国际标准靠拢。因而,电子产品的制造行业需要大批的、高素质的工人和技术人员,特别需要具有一技之长的技能型技术人员。他们决定着产品的质量 and 产品的技术水平,因此不断地提高加工制造技术人员的素质,不断加强实用型技能培训是培训技能性人才的良好途径。

电子电路的基本知识、单元电路实用方法和各种元器件及电路的应用技能是电子制造业中从事电子产品生产、制作、调试、检验等岗位的工人、技术人员不可缺少的从业基础,也是电子电路的入门基础。随着电子新科技的发展,电子产品的种类不断增多,传统产品不断更新换代,电路结构和工艺也越来越规范,这大大提高了产品研发、生产、调试、检验以及维修的技术要求。迅速普及电子电路应用和检测方面的基础知识,以及电子电路制作及应用技能成为电子产品开发、生产和制作实训的基本项目。

为了让读者能快速全面地了解各种单元电路以及应用在各种电子产品中成熟电路的功能、工作原理及应用特点,掌握电子元器件和基本电路的加工制造技术及应用调试技能。本书大量采用了电子产品生产厂家提供的原图,对原机型的电路图中不符合我国国家标准的图形未做改动,以便读者在识图时将电路板上的元器件与电路图上的元器件相对应。

本书从基本的单元电路入手,系统地介绍了应用在电子产品中的各种实用电路的结构、功能、主要元器件的特点、工作原理以及实用方法和数据参数。同时采用图解的方式,对单元电路及主要部件的外形、标记、特征形象地表现出来。此外,还对电路工作时关键点的信号波形,以图形、实物照片的形式表示出来,通俗易懂、简洁明了。

为了便于学习,作者专门制作了配套的 VCD 系列教学光盘,既适合教师教学,也适合学员自学。读者如果有需要可按以下地址单独邮购。学员通过学习与实践可以参加职业资格认证考试,可获得国家统一的职业资格证书。在教学中或在职业资格认证考试方面有什么问题,可直接与我们联系。

网址: <http://www.taoo.cn>, 联系电话: 022-83718162 / 83715667 / 83713312,

地址: 天津市南开区华苑产业园区天发科技园 8 号楼 1 门 401, 邮编: 300384

天津市涛涛多媒体技术有限公司

图书联系方式: tan_peixiang@phei.com.cn

编著者

2008 年 4 月

目 录

第 1 章 晶体管放大器及其应用	1
1.1 晶体管的结构和工作原理	1
1.1.1 晶体管特性曲线	1
1.1.2 晶体管放大器的工作原理	5
1.2 晶体管放大器的基本结构和特点	5
1.2.1 基本晶体管放大器单元电路	5
1.2.2 多级晶体管放大器单元电路	7
1.2.3 驱动晶体管放大器单元电路	11
1.2.4 直流晶体管放大器单元电路	14
1.3 晶体管电压放大器	17
1.3.1 晶体管电压放大器的结构	17
1.3.2 晶体管电压放大器应用实例	18
1.4 晶体管电流放大器	18
1.4.1 晶体管电流放大器的结构	18
1.4.2 晶体管电流放大器应用实例	19
1.5 晶体管驱动放大器	20
1.5.1 晶体管驱动放大器的结构	20
1.5.2 晶体管驱动放大器应用实例	20
1.6 晶体管宽频带电压放大器	22
1.6.1 晶体管宽频带电压放大器的结构	22
1.6.2 晶体管宽频带电压放大器应用实例	23
1.7 晶体管音频功率放大器	23
1.7.1 晶体管音频功率放大器的结构	23
1.7.2 晶体管音频信号放大器应用实例	30
第 2 章 晶体管振荡器及其应用	31
2.1 晶体管振荡器	31

2.1.1	晶体管振荡器电路工作原理	32
2.1.2	晶体管振荡器电路的结构特点	33
2.1.3	收音机中的本机振荡电路	37
2.1.4	电视机中的本机振荡器	41
2.1.5	收音机中的偏磁振荡器	42
2.2	载波振荡器	43
2.2.1	载波振荡器的结构	43
2.2.2	载波振荡器应用实例	43
第3章	高频放大器及其应用	45
3.1	高频放大器	45
3.1.1	高频小信号调谐放大器的基本结构	47
3.1.2	高频小信号调谐放大器应用实例	48
3.2	高频信号发射和接收机	49
3.2.1	高频信号发射电路	49
3.2.2	高频信号接收电路	50
3.3	FM/AM 收音机的高频放大电路	52
3.3.1	FM/AM 收音机的高频放大电路的结构	52
3.3.2	FM/AM 收音机的高频放大电路应用实例	53
3.4	天线放大器	53
3.5	有线电视系统的高频放大器	57
3.5.1	干线放大器和用户(支线)放大器的结构	57
3.5.2	干线放大器和用户(支线)放大器应用实例	57
3.6	卫星接收机的高频放大器	68
3.6.1	卫星接收机的高频放大器的结构	68
3.6.2	卫星接收机的高频放大器应用实例	80
3.7	射频调制器	82
3.7.1	U 段射频调制器	82
3.7.2	V 段射频调制器	84
第4章	运算放大器及其应用	85
4.1	运算放大器	85
4.1.1	运算放大器的基本结构	85
4.1.2	运算放大器的特性	86

4.2	由运算放大器构成的直流放大器	87
4.2.1	直流放大器的结构	87
4.2.2	运算放大器应用实例	87
4.3	加减运算器	88
4.3.1	加法运算电路	88
4.3.2	减法运算电路	88
4.4	电压比较放大器	89
4.4.1	电压比较放大器的结构	89
4.4.2	电压比较放大器应用实例	90
4.5	传感器及接口电路	91
4.5.1	传感器及接口电路的结构	91
4.5.2	传感器及接口电路应用实例	94
4.6	锯齿波信号产生器	100
4.6.1	锯齿波信号产生器的结构	100
4.6.2	锯齿波信号产生器应用实例	101
4.7	运算放大器的典型应用实例	102
4.7.1	宽带运算放大器	102
4.7.2	低输出阻抗运算放大器	102
4.7.3	电流放大器	103
4.7.4	高输出电压放大器	103
4.7.5	电压放大器	104
第 5 章	音频信号处理电路	105
5.1	话筒放大器和卡拉 OK 电路	105
5.1.1	话筒信号放大器	105
5.1.2	混响和回音信号处理电路	105
5.2	音频信号处理电路	105
5.2.1	音频信号处理电路的基本功能	105
5.2.2	音频信号处理电路的结构	107
5.2.3	立体声音频信号处理电路	111
5.2.4	降噪处理电路	111
5.2.5	环绕声信号处理电路	111
5.3	数字音频信号处理电路	118
5.3.1	数码音响信号的编码和解码技术	118

5.3.2	数字音频信号处理电路的结构	123
5.3.3	数字音频信号处理电路应用实例	128
5.4	数码环绕功放电路	134
5.4.1	数码环绕功放的整机构成	134
5.4.2	数字音频信号处理电路 (IC601)	135
5.4.3	A/D 转换器	136
5.4.4	PWM 处理和数字功放	136
第 6 章	电源电路	139
6.1	电源电路的种类和特点	139
6.1.1	电源电路的种类和应用	139
6.1.2	变压器降压整流式串联稳压电源的结构	139
6.1.3	开关电源稳压电路的结构	140
6.1.4	快速充电电路的结构	143
6.2	电脑电源电路	143
6.2.1	电脑电源电路的结构	143
6.2.2	电脑电源电路应用实例	147
6.3	影碟机电源电路	154
6.3.1	影碟机电源电路结构	154
6.3.2	影碟机电源电路应用实例	155
6.4	电脑显示器电源电路	170
6.4.1	电脑显示器电源电路的结构	170
6.4.2	电脑显示器电源电路应用实例	178
6.5	液晶电视机电源电路	188
6.5.1	液晶电视机电源电路的结构	188
6.5.2	液晶电视机电源电路应用实例	190
6.6	打印机电源电路	194
6.6.1	打印机电源电路的结构	194
6.6.2	打印机电源电路应用实例	195
6.7	示波器电源电路	198
6.7.1	示波器电源电路结构	198
6.7.2	示波器电源电路应用实例	198

第 7 章 光收发电路的功能和结构	201
7.1 激光器件的结构、功能和应用	201
7.1.1 激光器件的种类、特点	201
7.1.2 典型激光器件结构特点	202
7.2 光电路耦合器件	204
7.2.1 光电路耦合器件的基本电路	204
7.2.2 光电路耦合器件应用实例	205
7.3 有线电视系统	209
7.3.1 光缆传输在有线电视 (CATV) 系统中的应用	209
7.3.2 数字光缆传输系统的基本构成	210
7.4 光发送机	212
7.4.1 光发送机的功能特点	212
7.4.2 光发送机的基本结构	213
7.5 光接收机	214
7.5.1 光接收机的功能特点	214
7.5.2 光接收机的基本结构	217
第 8 章 实用数字脉冲单元电路	221
8.1 脉冲信号产生电路	221
8.1.1 脉冲信号与数字信号的关系	221
8.1.2 脉冲信号产生电路的结构	221
8.1.3 脉冲信号产生电路应用实例	223
8.2 数字逻辑单元电路	226
8.2.1 反相器 (非门) 电路	226
8.2.2 触发器电路	229
8.3 双稳态和单稳态电路	234
8.3.1 多谐振荡器	234
8.3.2 双稳态电路	237
8.3.3 单稳态电路	243
8.4 计数器和分频器	249
8.4.1 计数器电路的应用	249
8.4.2 计数器电路的基本构成	250
8.4.3 计数器的实用电路	254

8.5	数码显示驱动电路	257
8.5.1	LED 驱动电路	257
8.5.2	液晶显示驱动电路	258
8.5.3	荧光数码显示驱动电路	260
第 9 章	数字信号处理电路	261
9.1	数字脉冲电路的结构、特点	261
9.1.1	数字电路的种类及应用	261
9.1.2	数字信号处理电路应用实例	262
9.2	A/D、D/A 转换电路	267
9.2.1	A/D、D/A 转换电路的结构	267
9.2.2	A/D、D/A 转换电路应用实例	281
9.3	存储器电路	288
9.3.1	帧存储器电路的结构	288
9.3.2	存储器电路应用实例	290
9.4	数字信号传输电路	292
9.4.1	数字信号传输电路的结构	292
9.4.2	数字信号传输电路应用实例	292

第 1 章 晶体管放大器及其应用

1.1 晶体管的结构和工作原理

如图 1-1 所示为两种晶体管结构及其电路符号简图，一种是由两个 N 型区域，中间一个 P 型区域隔开的 NPN 型晶体管；另一种是有两个 P 型区域，中间一个 N 型区域隔开的 PNP 型晶体管。

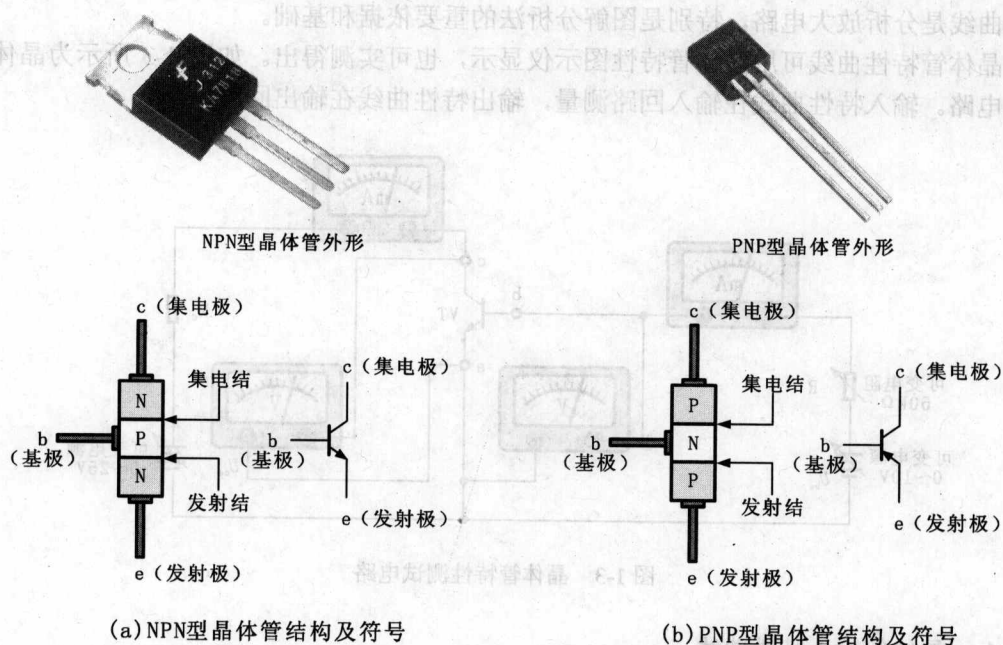


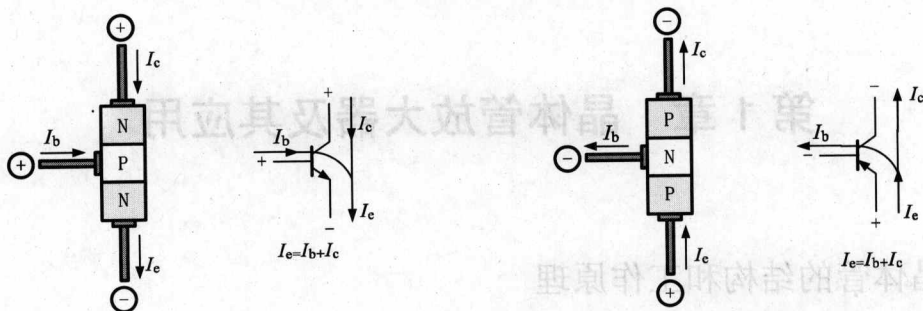
图 1-1 晶体管结构及其电路符号

连接基极 (b) 和发射极 (e) 区域的 PN 结，称为基极-发射极结，简称发射结。连接基极 (b) 和集电极 (c) 区域的 PN 结，称为基极-集电极结，简称集电结。

如图 1-2 所示为晶体管中的电流流动方向，从图中可以看出发射极电流 I_e 为集电极电流 I_c 和基极电流 I_b 的总和，即： $I_e = I_c + I_b$ 。

1.1.1 晶体管特性曲线

晶体管的特性曲线是指晶体管各极的电压与电流之间的关系曲线，它从外部直观地表达出晶体管内部的物理变化规律，反映出晶体管的性能。晶体管特性曲线分为输入特性曲线和输出特性曲线。



(a) NPN型晶体管电流流动方向

(b) PNP型晶体管电流流动方向

图 1-2 晶体管的电流方向

从使用角度讲，了解晶体管特性曲线比了解其内部物理变化过程更重要。因为晶体管特性曲线是分析放大电路，特别是图解分析法的重要依据和基础。

晶体管特性曲线可用晶体管特性图示仪显示，也可实测得出。如图 1-3 所示为晶体管实测电路。输入特性曲线在输入回路测量，输出特性曲线在输出回路测量。

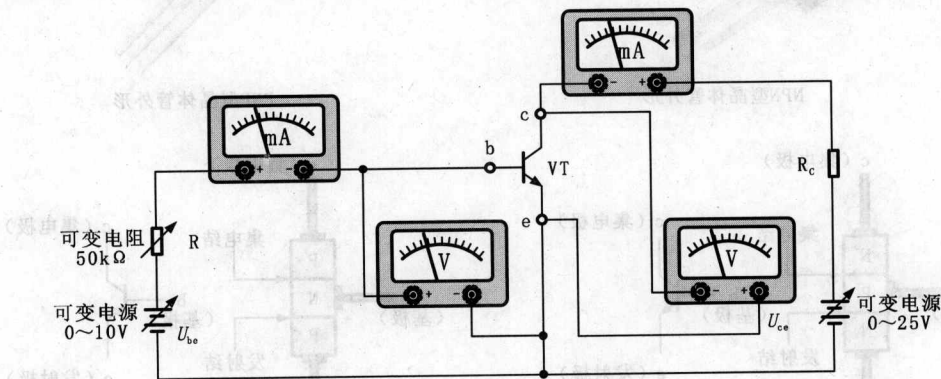


图 1-3 晶体管特性测试电路

1. 晶体管输入特性曲线

输入特性曲线是指当集电极-发射极之间的电压 U_{ce} 为某一常数时，输入回路中的基极电流 I_b 与加在基极-发射极间的电压 U_{be} 之间的关系曲线。即：

$$I_b = f(U_{be}) \Big|_{U_{ce}=\text{常数}}$$

图 1-4 所示为实测 3DG4 晶体管的输入特性曲线。由图中左下部曲线可以看出，晶体管输入特性曲线与二极管正向伏安特性曲线是一样的，因为晶体管输入特性实际上就是发射结的正向伏安特性。不同的只是存在一个 U_{ce} 电压，这个电压只影响 I_b 的大小，不影响 I_b 与 U_{be} 之间的变化关系。

在晶体管内部， U_{ce} 的主要作用是保证集电结反偏。当 U_{ce} 很小，不能使集电结反偏时，这时晶体管完全等同于二极管。当 U_{ce} 使集电结反偏后，集电结内电场就很强，能将扩散到基极区域的自由电子中的绝大部分拉入集电极区域。这样与 U_{ce} 很小（或不存在）相比，

I_b 增大了。因此, U_{ce} 并不改变特性曲线的形状, 只使曲线下移一段距离。

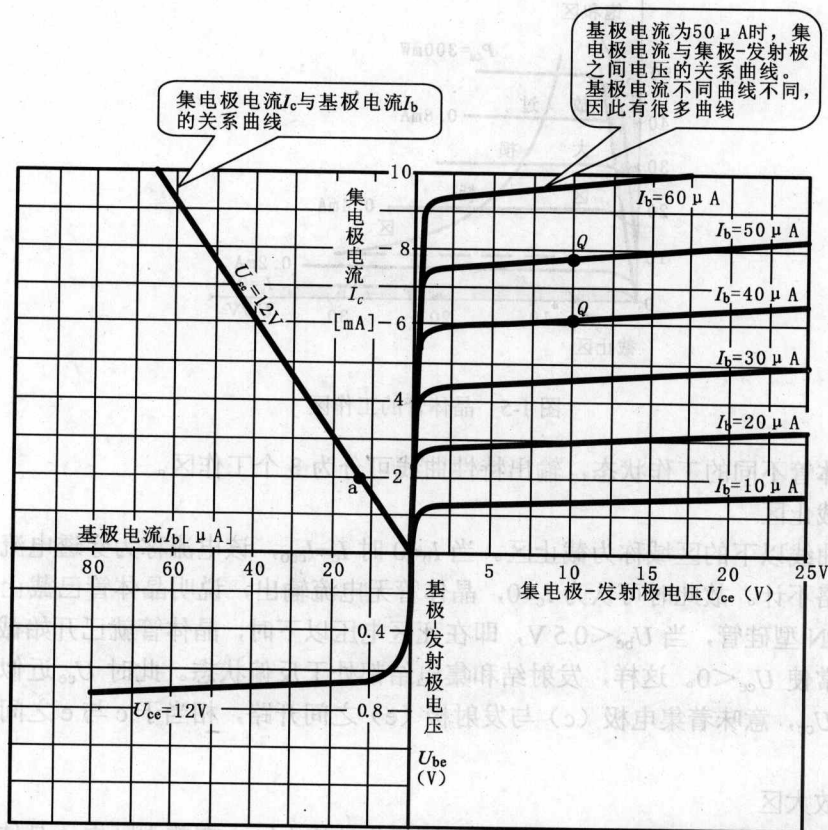


图 1-4 晶体管(发射极接地)静特性曲线

事实上, 对于硅管, 当 $U_{ce} \geq 1 V$ 时, 集电结就已经反偏了。若再增大 U_{ce} , 只要 U_{be} 不变, 则 I_b 基本不变。即 $U_{ce} > 1 V$ 以后的输入特性曲线基本上与 $U_{ce} = 1 V$ 的特性重合, 因此, 通常将 $U_{ce} = 1 V$ 输入特性曲线作为晶体管的输入特性曲线, 图 1-4 中 $U_{ce} = 12 V$ 。

与二极管伏安特性一样, 晶体管输入特性曲线中也存在一段死区及死区电压。硅管的死区电压约为 $0.5 V$, 锗管的死区电压约为 $0.2 V$ 。只有在 U_{be} 超过死区电压时, 晶体管才可以正常工作。正常情况下, NPN 型硅管的发射结电压 U_{be} 为 $0.6 \sim 0.7 V$, PNP 型锗管的 U_{be} 为 $-0.2 \sim -0.3 V$ 。

2. 晶体管输出特性曲线

输出特性曲线是指当基极电流 I_b 为常数时, 输出电路中集电极电流 I_c 与集电极-发射极间的电压 U_{ce} 之间的关系曲线, 即:

$$I_c = f(U_{ce}) \Big|_{I_b = \text{常数}}$$

因为 I_c 与 I_b 密切相关, I_b 不同, 对应不同的特性曲线, 所以晶体管输出特性曲线是一组曲线。如图 1-4 右上部分曲线和图 1-5 所示。

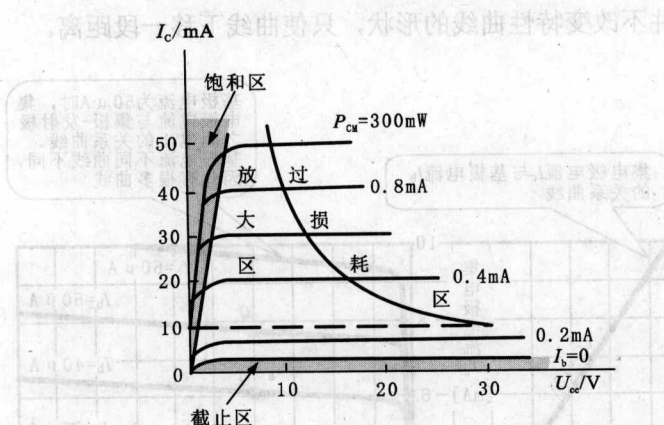


图 1-5 晶体管的工作区

根据晶体管不同的工作状态，输出特性曲线可分为 3 个工作区。

(1) 截止区

$I_b=0$ 的曲线以下的区域称为截止区。当 $I_b=0$ 时 $I_c=I_{ce0}$ ，该电流称为穿透电流，其值极小，通常忽略不计。故此时可认为 $I_c=0$ ，晶体管无电流输出，说明晶体管已截止。

对于 NPN 型硅管，当 $U_{be}<0.5\text{V}$ ，即在死区电压以下时，晶体管就已开始截止。为了可靠截止，常使 $U_{ce}<0$ 。这样，发射结和集电结都处于反偏状态。此时 U_{ce} 近似等于集电极电源电压 U_{cc} ，意味着集电极 (c) 与发射极 (e) 之间开路，相当于 c 与 e 之间的开关断开。

(2) 放大区

在晶体管的输出特性曲线中，接近水平的部分是放大区，在放大区内，晶体管的工作特点是：发射结正偏，集电结反偏； $I_c=\beta I_b$ ，集电极电流与基极电流成比例。因此，放大区又称为线性区。

(3) 饱和区

特性曲线上升和弯曲部分的区域称为饱和区。当 $U_{ce}=U_{be}$ 时，即 $U_{cb}=0$ ，集电结电压为零。这样集电极区域收集扩散到基极区域的自由电子的能力大大减弱， I_b 对 I_c 的控制作用不复存在，晶体管的放大作用消失，晶体管的这种工作状态称为临界饱和；若 $U_{ce}<U_{be}$ ，则发射结和集电结都处在正偏状态，这时的晶体管为过饱和状态。

在过饱和状态下，因为 U_{be} 本身小于 1V，而 U_{ce} 比 U_{be} 更小，于是可以认为 U_{ce} 近似为零。这样集电极 (c) 与发射极 (e) 短路，相当于 c 与 e 之间的开关接通。

对于晶体管的输出特性曲线，以下 3 点应特别注意。

① 晶体管工作在放大区时，若改变 I_b 的大小， I_c 会随之改变，对应的曲线组平坦部分上、下移动。因此，改变 I_c 的唯一途径就是改变 I_b ，而这正是 I_b 对 I_c 的控制作用。

② 晶体管具有恒流特性。对应于不同 I_b 值的每一条输出特性曲线都经过原点。即 U_{ce} 等于零时， I_c 也等于零。增大 U_{ce} ，开始时 I_c 迅速上升。当 U_{ce} 达到某个数值后，若再增大 U_{ce} ， I_c 不会明显增加，这就是曲线平坦部分。这时 I_c 基本上恒定，不因 U_{ce} 变化而变化。这就是晶体管的恒流特性。

③ 晶体管电流放大作用能力的大小,反映在输出特性曲线平坦部分间隔的大小上。间隔大,即 ΔI_c 大,因而放大能力(即 β)也大。

1.1.2 晶体管放大器的工作原理

晶体管被当作放大器使用,就要使晶体管工作在输出特性曲线的放大区。如图 1-6 所示为晶体管当作放大器使用的正确偏压方式,两种晶体管都是发射结正向偏压,集电结反向偏压。

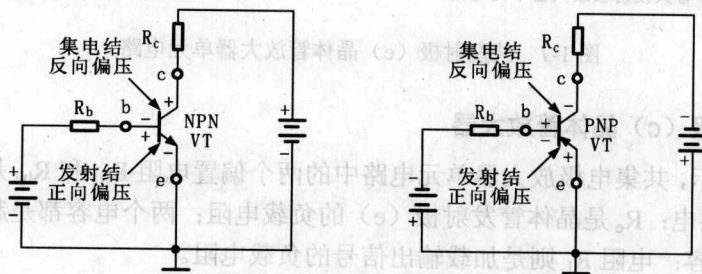


图 1-6 晶体管放大器的正确偏压方式

1.2 晶体管放大器的基本结构和特点

知道了晶体管放大器的工作状态,下面就先系统地了解一下晶体管放大器的基本结构和特点,然后再详细的进行分析。

1.2.1 基本晶体管放大器单元电路

由 NPN 型晶体管和 PNP 型晶体管构成的基本放大器单元电路各有三种,即:共发射极(e)放大器、共集电极(c)放大器和共基极(b)放大器,由具有放大作用的晶体管和电阻、电容连接组成。

1. 共发射极(e)晶体管放大器

如图 1-7 所示,共发射极放大器单元电路中电源是通过两个偏置电阻 R_{b1} 和 R_{b2} 给晶体管基极(b)供电;负载电阻 R_c 是通过电源给晶体管集电极(c)供电;两个电容都是起到通交流隔直流作用的耦合电容;电阻 R_L 则是加载输出信号的负载电阻。

NPN 型与 PNP 型晶体管放大器的最大不同之处在于供电电源:采用 NPN 型晶体管的放大器,供电电源是正电源送入晶体管的集电极(c);采用 PNP 型晶体管的放大器,供电电源是负电源送入晶体管的集电极(c)。

输入信号是加载到晶体管基极(b)和发射极(e)之间,而输出信号又是取自晶体管的集电极(c)和发射极(e)之间,由此可见发射极(e)为输入信号和输出信号的公共端,因而称共发射极(e)晶体管放大器,常用于晶体管电压放大器电路中。

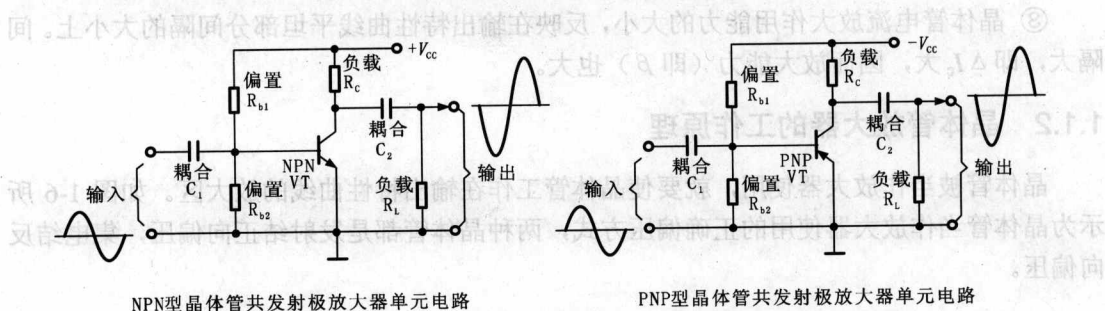


图 1-7 共发射极 (e) 晶体管放大器单元电路

2. 共集电极 (c) 晶体管放大器

如图 1-8 所示, 共集电极放大器单元电路中的两个偏置电阻 R_{b1} 和 R_{b2} 是通过电源给晶体管基极 (b) 供电; R_e 是晶体管发射极 (e) 的负载电阻; 两个电容都是起到通交流隔直流作用的耦合电容; 电阻 R_L 则是加载输出信号的负载电阻。

与共发射极 (e) 晶体管放大器一样, NPN 型与 PNP 型晶体管放大器的最大不同之处也是供电电源的不同。

由于晶体管放大器单元电路的供电电源的内阻很小, 对于交流信号来说 $+/-$ 极间的相当于短路。交流地等效于电源, 也就是说晶体管集电极 (c) 相当于接地。输入信号是加载到晶体管基极 (b) 和发射极 (e) 与负载电阻 R_e 之间, 也就相当于加载到晶体管基极 (b) 和集电极 (c) 之间, 输出信号取自晶体管的发射极 (e), 也就相当于取自晶体管发射极 (e) 和集电极 (c) 之间, 因此集电极 (c) 为输入信号和输出信号的公共端, 放大器可称为共集电极 (c) 晶体管放大器, 常用于晶体管电流放大器电路中。

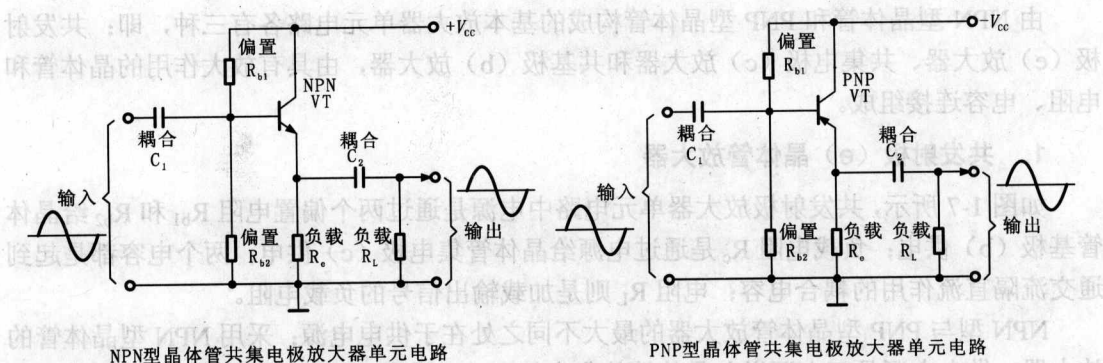


图 1-8 共集电极 (c) 晶体管放大器单元电路

3. 共基极 (b) 晶体管放大器

如图 1-9 所示, 共基极 (b) 晶体管放大器单元电路中的四个电阻都是为了建立静态工作点而设置的, 其中 R_c 还兼作集电极 (c) 的负载电阻; 电阻 R_L 则是加载输出信号的负载电阻; 两个电容 C_1 和 C_2 都是起到通交流隔直流作用的耦合电容; 去耦电容 C_b 是为了使基