

图书在版编目 (CIP) 数据

维修电工技能培训与鉴定考试用书(高级)/张志远主编. 济南:山东科学技术出版社,2006  
ISBN 7 - 5331 - 4534 - 8

I. 维... II. 张... III. 电工—维修—职业技能鉴定—自学参考资料 IV. TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 101358 号

## 维修电工技能培训与鉴定考试用书 (高级)

主编 张志远

---

出版者:山东科学技术出版社  
地址:济南市玉函路16号  
邮编:250002 电话:(0531)82098088  
网址:www.lkj.com.cn  
电子邮件:sdkj@sdpress.com.cn

发行者:山东科学技术出版社  
地址:济南市玉函路16号  
邮编:250002 电话:(0531)82098071

印刷者:汶上县新华印务有限公司  
地址:汶上县爱国路40号  
邮编:272501 电话:(0537)7212822

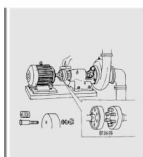
---

开本:787mm×1092mm 1/16  
印张:18  
版次:2006年9月第1版第1次印刷

---

ISBN 7 - 5331 - 4534 - 8  
定价 28.00 元

TM · 57



# 目 录

第一章 电子技术 .....	1
第一节 模拟电子技术 .....	1
第二节 数字电子技术 .....	13
第三节 电子技术基本操作 .....	36
第二章 电气测量技术 .....	42
第一节 电桥 .....	42
第二节 电子仪器与测量 .....	50
第三节 传感器技术 .....	68
第三章 电机维修技术 .....	85
第一节 中、大型电机的基本结构及绕组形式 .....	85
第二节 电机转子平衡 .....	93
第三节 中、大型电机的故障检修 .....	97
第四章 电力电子技术 .....	112
第一节 电力电子基础 .....	113
第二节 晶闸管整流电路 .....	122
第三节 晶闸管直流调速系统 .....	131
第四节 通用变频器的使用技术 .....	138
第五章 复杂机械设备电气安装、调试与维修 .....	159
第一节 龙门刨床的电气控制线路 .....	159
第二节 龙门刨床电气控制线路的故障检修 .....	171
第三节 经济型数控机床的基本知识 .....	179
第四节 数控车床的基本操作及故障诊断 .....	183
第六章 机械设备电气线路的测绘 .....	194



第一节 复杂机械设备电气线路的测绘	194
第二节 电气设备修理工艺的编制	204
第七章 单片机和 PLC 使用技术	210
第一节 MCS - 51 单片机技术	210
第二节 单片机指令系统	214
第三节 FX <sub>2N</sub> PLC 功能指令	232
第四节 状态转移指令	240
附录	254
一、国家职业标准——维修电工	254
二、高级维修电工试题库(理论知识和技能)	261
三、试题库答案	277
参考文献	279



# 第一章 电子技术

## 【培训重点】

1. 多级放大电路和直流放大电路的分析。
2. 集成运算放大电路的分析计算。
3. 稳压电路的分析。
4. 卡诺图化简。
5. 组合逻辑电路的分析和设计方法。
6. 触发电路和时序电路的分析。
7. 电子技术基本操作。

## 【培训难点】

1. 集成运算放大电路的分析计算。
2. 触发电路和时序电路的分析。

## 第一节 模拟电子技术

### 一、放大电路基础及应用

#### 1. 三极管的输出特性及工作状态

##### (1) 三极管的输出特性

三极管的输出特性是指当三极管的基极电流  $I_B$  一定时,三极管的集电极电流  $I_C$  与射极电压  $U_{CE}$  之间的关系曲线,如图 1-1 所示。根据三极管的输出特性曲线,可以看出三极管的三个工作区域——截止区、放大区和饱和区。这三个区对应着三极管的三种工作状态。

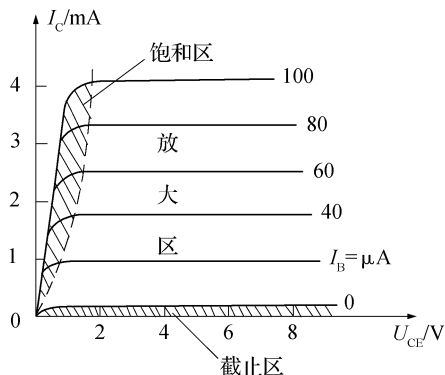


图 1 - 1 三极管的输出特性曲线及三个工作区

当发射结和集电结全部反偏时,三极管处于截止状态;当发射结正偏,集电结反偏时,三极管处于放大状态;当发射结和集电结全部正偏时,三极管处于饱和状态。

## (2) 晶体三极管的基本连接方式

三极管放大电路分别有两个端点与外电路连接组成输入/输出回路,但三极管只有三个极,必须有一个极作为输入/输出回路的公共端点。这样三极管就有三种不同的连接方式,即共发射极、共基极、共集电极连接组态。共发射极接法是以基极为输入端,集电极为输出端,发射极作为输入、

输出两个回路的公共端点的放大电路;共基极接法是以发射极为输入端,集电极为输出端,基极为输入、输出两个回路的公共端点的放大电路;共集电极接法是以基极为输入端,发射极为输出端,集电极为输入、输出两个回路的公共端点的放大电路,如图 1 - 2 所示。

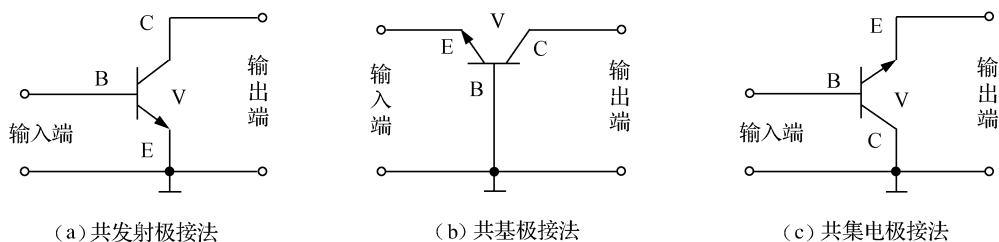


图 1 - 2 三极管的三种基本连接形式

## 2. 对放大电路的要求

- (1) 要有一定的放大能力。
- (2) 放大电路的非线性失真要小。
- (3) 放大电路要有合适的输入电阻和输出电阻,一般要求放大电路的输入电阻大些好,输出电阻小些好。
- (4) 放大电路的工作要稳定。

## 3. 共发射极放大电路的分析

如图 1 - 3(a)所示,共发射极放大电路主要由三极管 V,基极偏置电阻  $R_B$ ,集电极电源  $U_{CC}$ 、负载  $R_c$ ,耦合电容  $C_1$  和  $C_2$  组成。

放大电路容易产生严重的失真,造成失真的最根本原因是三极管的发射结具有单向导电性和三极管输入特性曲线的起始段是非线性的。模拟放大电路设置静态工作点的目的是为了减小其波形失真。影响模拟放大电路静态工作点稳定的主要因素是工作环境的温度。为了理解放大电路的性能,要对放大电路进行定量分析。

### (1) 直流通路和交流通路

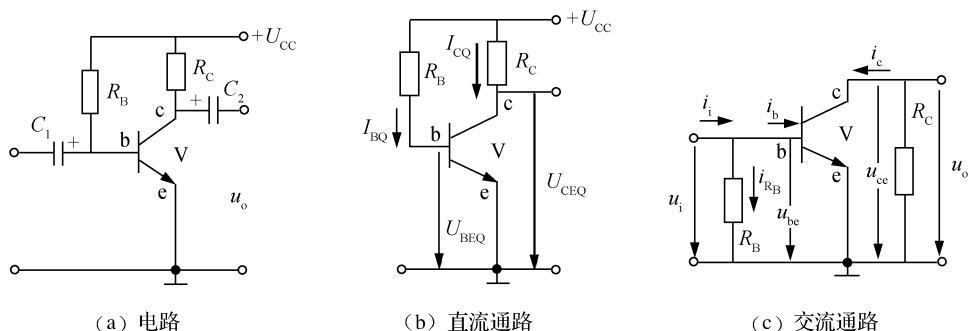


图 1-3 共发射极放大电路的直流通路和交流通路

直流通路就是放大电路的直流等效电路。画直流通路时,把含电容器的支路全部断开,其他不变,如图 1-3(b)所示。交流通路是放大电路的交流等效电路。画交流通路时,将电容器短路成一直线,电源内阻很小,也可视为对交流短路,画交流通路时,将电源也简化成直线,如图 1-3(c)所示。

## (2) 近似估算法

近似估算法就是利用电路中已知的各参数,应用电路常识,用数学方程式近似计算的方法求解。分析小信号放大电路采用近似估算法较为简便,常用来估算放大电路的静态工作点、输入电阻、输出电阻和放大倍数等。

① 近似估算静态工作点。近似估算静态工作点时用直流通路,由图 1-3(b)的直流通路可得

$$U_{CC} = I_{BQ}R_B + U_{BEQ} \quad (1-1)$$

整理得

$$I_{BQ} = \frac{U_{CC} - U_{BEQ}}{R_B} \approx \frac{U_{CC}}{R_B} \quad (1-2)$$

三极管的  $U_{BEQ}$  很小(0.几伏),与电源电压相比,可忽略不计。

根据三极管的电流关系,可得

$$I_{CQ} \approx \beta I_{BQ} \quad (1-3)$$

由集电极回路可得

$$U_{CC} = I_{CQ}R_C + U_{CEQ} \quad (1-4)$$

经整理得

$$U_{CEQ} = U_{CC} - I_{CQ}R_C \quad (1-5)$$

【例题 1-1】如图 1-4 所示为一个 NPN 型三极管组成的单级放大电路,求:

① 如果直流电源  $U_{CC}$  为 12V,  $R_b = 400k\Omega$ ,  $R_c = 3k\Omega$ , 晶体管的  $\beta = 80$ , 试求电路的静态电流  $I_{BQ}$ ,  $I_{CQ}$  及电压  $U_{CEQ}$ 。

② 在调整放大器的静态工作点时,往往不必更改其他参数,只要在基极偏置电路上接一

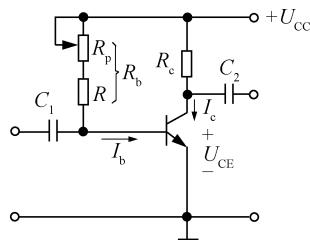


图 1-4 某单级放大电路



个电位器  $R_p$  和限流电阻  $R$  通过改变  $R_p$  值来改变  $R_b$  的阻值就可以了。试求要把放大器的管压降调整到  $U_{CEQ} = 2.4V$  ,电阻  $R_b$  应选多大?

③若把放大器的集电极静态电流调整到  $I_c = 1.6mA$  , $R_b$  应选多大阻值?

解:

①忽略  $U_{BEQ}$  ,有

$$I_{BQ} \approx \frac{U_{CC}}{R_b} = \frac{12}{400 \times 10^3} = 30(\mu A)$$

$$I_{CQ} \approx \beta I_{BQ} = 80 \times 30 = 2.4(mA)$$

$$U_{CEQ} = U_{CC} - I_{CQ}R_c = 12 - 2.4 \times 3 = 4.8(V)$$

②

$$I_{CQ} = \frac{U_{CC} - U_{CEQ}}{R_c} = 3.2(mA)$$

则

$$I_{BQ} \approx \frac{I_{CQ}}{\beta} = \frac{3.2}{80} = 40(\mu A)$$

$$R_b \approx \frac{U_{CC}}{I_{BQ}} = \frac{12}{40 \times 10^{-6}} = 300(k\Omega)$$

③

$$I_{BQ} \approx \frac{I_{CQ}}{\beta} = \frac{1.6}{80} = 20(\mu A)$$

$$R_b \approx \frac{U_{CC}}{I_{BQ}} = \frac{12}{20 \times 10^{-6}} = 600(k\Omega)$$

②近似估算电路的输入电阻、输出电阻和电压放大倍数。从放大电路的输入端看进去的电阻就是放大器的输入电阻  $R_i$  ,是  $R_b$  和  $r_{be}$  的并联值。小功率三极管共发射极联接并工作在低频小信号时 ,可用经验公式:

$$r_{be} = 300 + (1 + \beta) \frac{26mV}{I_{EQ}(mA)} \quad (1-6)$$

放大器的输入电阻可近似为

$$R_i \approx r_{be} \quad (1-7)$$

从放大器的输出端看进去的电阻就是放大器的输出电阻  $R_o$  ,是三极管的集—射等效电阻  $r_{ce}$  和集电极负载电阻  $R_c$  的并联。集—射等效电阻很大 ,而  $R_c$  相对来说较小 ,所以放大电路的输出电阻可近似为

$$R_o \approx R_c \quad (1-8)$$

③估算放大电路的电压放大倍数  $A_{Uo}$ 。放大电路输出电压变化量(交流成分) $u_o$ (或有效值)与输入电压变化量(交流成分) $u_i$ (或有效值)之比 ,称为电压放大倍数 ,用  $A_U$  表示。可得

$$A_U = u_o/u_i \text{ 或 } A_U = U_o/U_i \quad (1-9)$$

同理 ,电流放大倍数和功率放大倍数分别为

$$A_I = i_o/i_i \text{ 或 } A_I = I_o/I_i \quad (1-10)$$

$$A_P = u_o i_o/u_i i_i \text{ 或 } A_P = U_o I_o/U_i I_i \quad (1-11)$$

由于放大器的输出端在空载和带负载时其输出电压有所变化 ,所以对放大器的放大

倍数也就有一定的影响。

输出端不带负载时的电压放大倍数为

$$A_U = \frac{u_o}{u_i} = \frac{i_c R_C}{i_b r_{be}} = - \frac{\beta R_C}{r_{be}} \quad (1-12)$$

输出端带负载  $R_L$  时,交流等效负载  $R'_L = R_L // R_C$ ,输入信号电压不变,所以电压放大倍数变为

$$A_U = \frac{u_o}{u_i} = - \frac{i_c R'_L}{i_b r_{be}} = - \frac{\beta R'_L}{r_{be}} = - \beta \frac{R_L // R_C}{r_{be}} \quad (1-13)$$

公式(1-13)中的负号说明共发射极放大电路具有反相(倒相)作用。放大电路带负载时放大器的电压放大倍数会降低,且负载电阻越小(负载越大),电压放大倍数下降得就越多。

(3)图解分析法 分析放大电路的静态工作点和电压放大倍数时还常用到图解分析法,该方法是通过作图的办法确定静态工作点,并可形象地观察输入信号和输出信号的动态工作情况。

在集电极回路中,有  $U_{CE} = U_{CC} - I_C R_C$ ,可以在  $I_C$  和  $U_{CE}$  坐标系中画出这条直线(直流负载线)。

设  $U_{CE} = 0$ ,则  $I_C = U_{CC} / R_C$ ,在纵坐标中定出  $N$  点。

设  $I_C = 0$ ,则  $U_{CE} = U_{CC}$ ,在横坐标上定出  $M_1$  点。

联接  $M_1 N$  两点就是所求直线,如图 1-5 所示。

分析图 1-5 可知:

①当电源电压一定时,静态工作点  $Q$  在直流负载线上的位置由静态的基极偏置电流  $I_{BQ}$  决定,而  $I_{BQ}$  又由基极偏置电阻  $R_B$  决定。 $R_B$  增大, $I_{BQ}$  减小, $Q$  点沿直流负载线下移; $R_B$  减小,则  $I_{BQ}$  增大, $Q$  点沿直流负载线上移。由此可见,选择合适的  $Q$  点,可以通过调节基极偏置电阻来实现。

②当其他条件不变时,集电极负载电阻  $R_C$  减小, $N$  点上移,静态工作点从原来的  $Q$  点右移到  $Q_C$  点;若  $R_C$  增大,则  $N$  点下移,静态工作点  $Q$  左移。

另外,如果其他条件不变,只改变电源电压,直流负载线将向右(或左)平移。如图 1-5 中  $M_2 N_2$  所示为电源电压降低为 15V 的情况。

放大电路若不设置合适的静态工作点会引起信号失真,但若静态工作点位置不合适,也会造成失真。如果点  $Q$  的位置定得太高,输入信号放大后,其正半周可能会进入饱和区,造成输出电压波形负半周被部分切割,这种因三极管饱和而引起的失真称为饱和失真,如图 1-6 所示中的  $Q_A$  点。如果静态工作点  $Q$  的位置定得太低,当输入信号经过三极管放大后,其负半周可能会进入截止区,造成输出电压的正半周被部分切割,这种因三极管截止而引起的失真称为截止失真,如图 1-6 所示中的  $Q_B$  点。它们都是由于三极管的工作状态离开了线性放大区进入非线性的饱和区、截止区所造成的,都称为非线性失

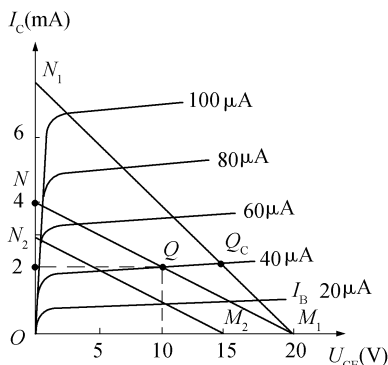


图 1-5 图解分析静态工作情况

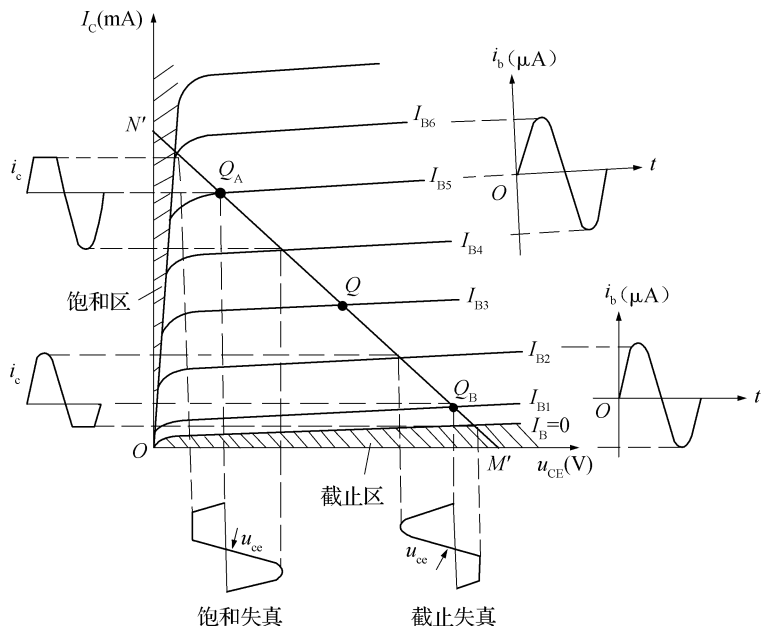


图 1 - 6 静态工作点的选择与波形失真的关系

真。一般可把静态工作点设置得高些,但放大器直流能量消耗较大。如果输入信号幅度较小,可将静态工作点设置得低一些,但必须保证不产生失真和有一定的电压放大倍数。

## 二、集成运算放大器

### 1. 集成运算放大器的组成

集成运放是一种级间采用直接耦合方式的多级放大电路,具有电压增益高、输入电阻大、输出电阻小和工作点漂移小等特点。

(1)集成运放的组成框图 通常是由输入级、中间级、输出级和偏置电路四部分组成,如图 1 - 7 所示。

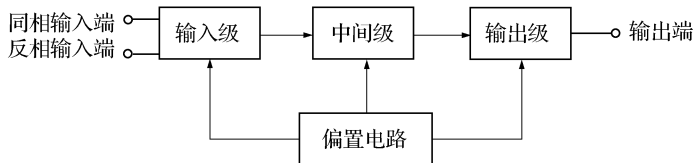


图 1 - 7 集成运放的组成和原理框图

输入级提供同相和反相两个输入端,输入电阻大、放大倍数大。为了抑制零点漂移,输入级常采用差动放大电路。为了提高电压放大倍数,中间级一般采用有源负载的共发射极放大电路。输出级除了要有一定幅度的信号电压和信号电流外,还应具有一定的保护功能。为了提高电路驱动负载的能力,输出级一般采用互补对称输出电路。偏置电路具有为各级提供所需要的稳定的静态工作电流的作用。

(2)集成运算放大器的分类 集成运放分为通用型和特殊型(专用型)两大类,其中通用型集成运放按主要参数由低到高分为通用 I 型、通用 II 型和通用 III 型,特殊型集成运放又分为阻抗型、高精度型、宽带型、低功耗型、高速型和高压型等。

(3)集成电路外形 集成电路的封装有陶瓷双列直插、塑料双列直插、陶瓷扁平、金属圆形等多种,有的还带有散热器,如图 1-8 所示。集成运算放大器是一种线性集成电路,是一种高放大倍数的多级直接耦合放大电路,广泛应用于各种实用的线性或非线性电路中。

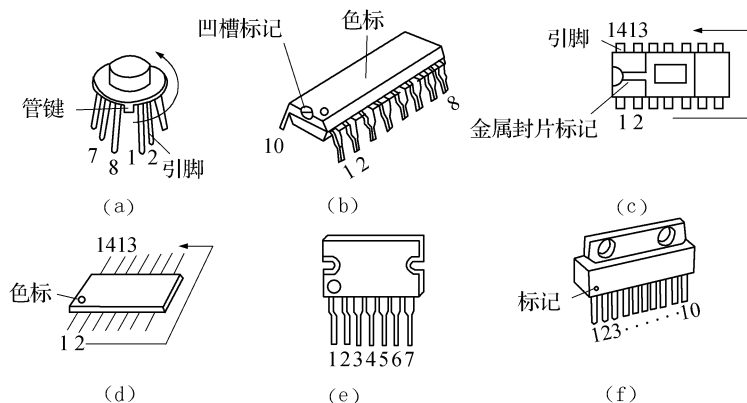


图 1-8 部分集成电路外形

(4)集成运放的代表符号 集成运放的代表符号如图 1-9 所示。输入端“+”表示同相输入端,“-”表示反相输入端。但要注意,集成运放的引出端不止三个,这是习惯画法,不影响分析电路。

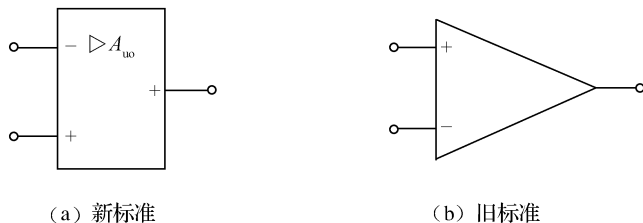


图 1-9 集成运放的图形符号

## 2. 基本比例运算放大电路

将输入信号按比例放大的电路,称为比例运算电路。按输入信号加在哪个输入端又分为反相比例运算放大电路和同相比例运算放大电路。

(1)反相比例运算放大电路 图 1-10 所示为反相比例运算放大电路图,属于电压并联负反馈放大器。

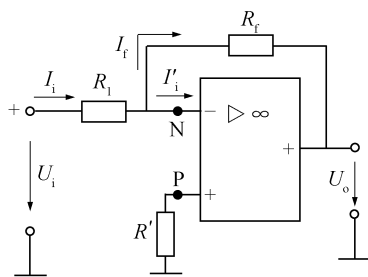


图 1-10 反相比例运算放大电路

因为  $U_p = U_N, I_- = I_+ = 0$

所以  $I_i = (U_N - U_o)/R_f = -U_o/R_f = I_f$        $U_o = \frac{-R_f}{R_1}U_i$

则闭环电压放大倍数为

$$A_{uf} = U_o/U_i = -R_f/R_1 \quad (1-14)$$

反相比例运算放大电路的特点如下：

①反相比例运算放大电路由于存在“虚地”，因此它的共模输入电压为零，即它对集成运放的共模抑制比要求低。

②输入电阻低  $r_i = R_1$ 。因此对输入信号的负载能力有一定的要求。

③输出电压与输入电压存在着反相比例关系，实现了对反相端输入信号的反相比例运算功能，故称为反相比例运算放大电路。

当  $R_1 = R_f$  时  $U_o = -U_i$ ，没有电压放大作用，负号只是说明把输入信号倒了一次相位。图 1-11 表示反相器。

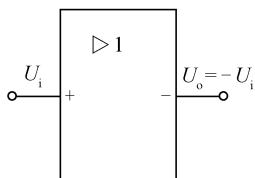


图 1-11 反相器

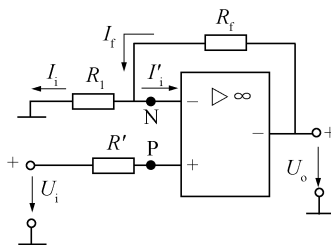


图 1-12 同相比例运算放大电路图

(2)同相比例运算放大电路 图 1-12 所示为同相比例运算放大电路图，属于电压串联负反馈放大器。

因为  $U_i = U_p = U_N, I_- = I_+ = 0$

所以  $U_N = \frac{R_1}{R_1 + R_f}U_o, U_o = (1 + \frac{R_f}{R_1})U_i$

可得闭环电压放大倍数为

$$A_{uf} = U_o/U_i = 1 + R_f/R_1 \quad (1-15)$$

改变  $R_f/R_1$  的比值即可改变  $U_o$  的值，输入、输出电压的极性相同。

同相比例运算放大电路的特点如下：

①输入电阻高。

②由于  $U_i = U_p = U_N$ （电路共模输入信号高），因此集成运放的共模抑制比要求高。

### 3. 集成运算放大器的应用

利用集成运算放大器配合外部反馈网络，可以灵活地实现各种数学运算和信号的处理、变换及比较等。集

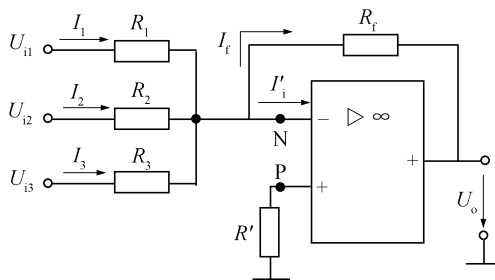


图 1-13 反相加法运算放大电路

成运算放大器实现的基本运算有比例、加法、乘法和除法。

### (1) 集成运放的线性应用

① 加法运算电路。图 1-13 所示为反相加法运算放大电路图。

根据“虚断”的概念,有

$$I_f = I_1 + I_2 + I_3$$

输入端经过  $R_f$  接地,  $N$  为“虚地”点,则

$$I_1 = U_{i1}/R_1, I_2 = U_{i2}/R_2, I_3 = U_{i3}/R_3, I_f = (U_N - U_o)/R_f$$

则电路输出电压与输入电压的关系为

$$U_o = -R_f \left( \frac{U_{i1}}{R_1} + \frac{U_{i2}}{R_2} + \frac{U_{i3}}{R_3} \right) \quad (1-16)$$

若  $R_1 = R_2 = R_3 = R$ , 则

$$U_o = -\frac{R_f}{R} (U_{i1} + U_{i2} + U_{i3}) \quad (1-17)$$

分析可知,输出电压正比于各输入电压之和,且相位相反,所以这种电路称为反相加法比例运算电路。

如果  $R_f = R$ , 则

$$U_o = - (U_{i1} + U_{i2} + U_{i3}) \quad (1-18)$$

可见,输出电压等于各输入电压之和,完成了信号的加法运算。负号表示输出电压与输入电压相位相反。

它的特点与反比例电路相同。它可以十分方便地通过改变某一电路的输入电阻,来改变电路的比例关系,而不影响其他电路的比例关系。

② 减法运算电路。减法运算电路是指输出电压与多个输入电压的差值呈比例的电路,常用差动输入方式来实现,如图 1-14 所示。

根据“虚断”和“虚短”的概念,若  $R = R_f, R_1 = R_2$ , 则可推导出以下关系

$$U_o = \frac{R_f}{R_1} (U_{i2} - U_{i1}) \quad (1-19)$$

输出电压正比于两个输入电压之差,实现了差值运算,又常被称为差动输入比例运算电路。

若  $R_f = R_1$ , 则  $U_o = U_{i2} - U_{i1}$  (1-20)

这种电路称为减法运算电路。由于信号电压同时从同相输入端和反相输入端输入,电路存在共模电压,为了保证运算精度,要选用共模抑制比高的集成运放电路。

③ 积分和微分电路。若把反比例运算放大器中的反馈电阻用反馈电容  $C_f$  替代,就构成了积分运算电路,如图 1-15 所示,它可实现积分运算及产生三角波形等。积分运

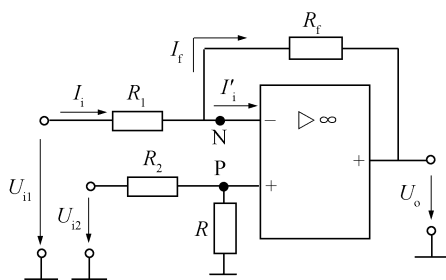


图 1-14 差动输入式减法运算电路

算的输出电压与输入电压呈积分关系。它是利用电容的充放电来实现积分运算的,如在输入端输入矩形脉冲,则输出电压的波形就是一个锯齿波。

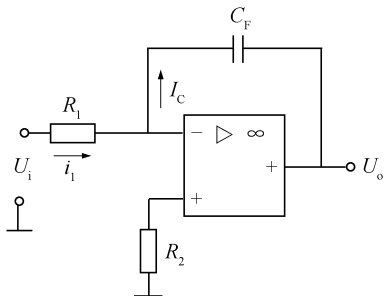


图 1 - 15 积分运算电路

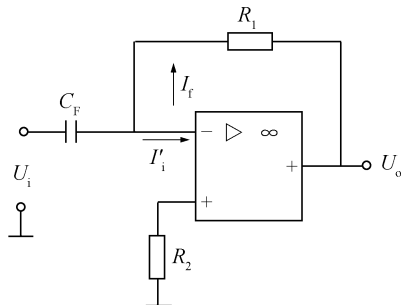


图 1 - 16 微分运算电路

若将积分运算电路中的电阻  $R_1$  和反馈电容  $C_F$  调换位置就成为微分运算电路,如图 1 - 16 所示。微分是积分的逆运算,它的输出电压与输入电压呈微分关系。RC 微分电路的作用是把矩形脉冲信号变换为尖脉冲信号。

(2)集成运放的非线性应用 集成运放工作在非线性状态的标志是电路处于开环工作状态,或者引入正反馈。理想集成运放的开环电压放大倍数趋于无穷大,只要两个输入端之间存在微小的电压差,就能使输出电压饱和,正向饱和接近于正电源电压值,负向饱和迫近于负电源电压值。所以说非线性区域内输出电压只有两个状态:

$$u_+ > u_- \text{ 时 } u_o = u_o^+ \quad (1 - 21)$$

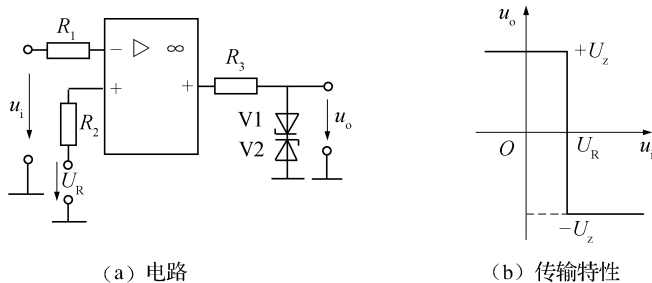
$$u_+ < u_- \text{ 时 } u_o = u_o^- \quad (1 - 22)$$

集成运放在非线性应用时,两个输入端的电位可以不相等,“虚短”的概念不再成立,但集成运放的输入电阻很高,“虚断”的概念仍然成立。集成运放的非线性在数字电子技术中应用广泛,如电压比较器就是一个典型的例子。

电压比较器的功能:比较两个电压的大小(用输出电压的高或低电平,表示两个输入电压的大小关系)。

电压比较器的作用:它可用作模拟电路和数字电路的接口,还可以用作波形产生和变换电路等。

把参考电压和输入信号分别接至集成运放的同相和反相输入端,就组成了简单的电压比较器,如图 1 - 17(a)所示。 $u_i$  由反相端输入,两只稳压管起限幅作用,当  $u_i > U_R$  时,



(a) 电路

(b) 传输特性

图 1 - 17 带限幅电路的单门限电压比较器

$u_o = U_Z$  ;当  $u_i < U_R$  时  $\mu_o = +U_Z$ 。它的传输特性如图 1 - 17(b)所示。

图中的曲线表明 输入电压由低逐渐升高经过  $U_R$  时  $\mu_o$  将从高电平变为低电平。相反 ,当输入电压由高逐渐降低时  $\mu_o$  将从低电平变为高电平。

### 三、稳压电源电路

交流电压经过整流、滤波后变换成比较平滑的直流电 ,但不够稳定 ,还需要接入直流稳压电路 ,来保证输出电压稳定。稳压电路就是当电网电压波动或负载发生变化时 ,能使输出电压保持稳定的电路。常见的电路有硅稳压管稳压电路、串联型稳压电路两种形式 ,另外还有集成稳压器。

#### 1. 硅稳压管稳压电路(并联型稳压电路)

图 1 - 18 所示为硅稳压管稳压电路。电阻  $R$  用来限制电流 ,使稳压管电流  $I_Z$  不超过允许值 ,另一方面还利用它两端电压升降使输出电压  $U_L$  趋于稳定。稳压管  $V$  反向并联在直流电源两端 ,使它工作在反向击穿区。经电容滤波后的直流电压通过电阻器  $R$  和稳压管  $V$  组成的稳压电路接到负载上 ,从而在负载上得到一个比较稳定的电压。这是直接利用稳压管工作电流的变化 ,并通过限流电阻的调压作用达到稳压的目的。在稳压电路中 ,稳压管  $V$  作为电压调整器件与负载并联 ,也常称此电路为并联型稳压电路。这种电路结构简单 ,调试方便 ,但是输出电压受稳压管限制不能任意调整 ,稳定性能差 ,只能应用在对要求不高的小电流稳压电路中。

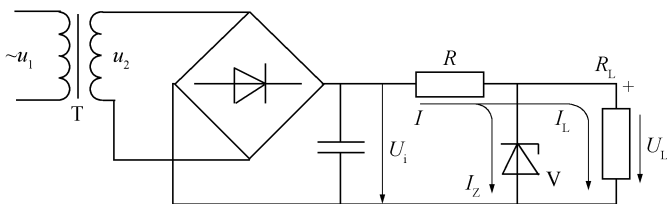


图 1 - 18 硅稳压管稳压电路

#### 2. 串联型稳压电路

串联型稳压电路也称为串联反馈式稳压电路 ,要由电源变压器、整流滤波电路、基准电压、取样电路、比较放大电路、调整器件等组成 ,原理如图 1 - 19 所示。其中比较放大电路应有较高的放大倍数来提高稳压精度。同时 ,稳定度要求较高的电路中常采用集成运

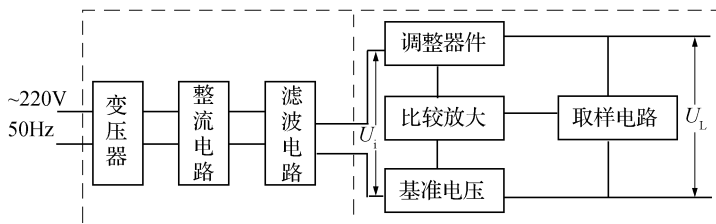


图 1 - 19 串联型稳压电路功能方框图

放作为比较放大电路。调整器件是稳压电路的核心环节,一般采用工作在放大状态的功率三极管。稳压电路输出的最大电流也主要取决于调整器件。

图 1-20 所示为带直流负反馈放大电路的稳压电路。 $V_2$  是调整管, $V_3$  是放大管。 $R_3$ 、 $R_4$  组成分压(取样)电路。电路的稳压过程为:如果输入电压  $U_i$  增大,或负载电阻  $U_L$  增大,输出电压  $U_L$  也增大,通过取样电路将这个变化加在  $V_3$  管的基极上使  $U_{B3}$  增大。 $U_Z$  是一个恒定值, $U_{BE3}$  增大,导致  $I_{B3}$  和  $I_{C3}$  增大, $R_1$  上电压增大,使调整管  $V_2$  基极电压减小,基极电流减小,管压降  $U_{CE2}$  增大,从而使输出电压保持不变。可表示为:

$$U_i \uparrow \rightarrow U_L \uparrow \rightarrow U_{B3} \uparrow \rightarrow U_{BE3} \uparrow \rightarrow I_{B3} \uparrow \rightarrow I_{C3} \uparrow \rightarrow U_{B2} \downarrow \rightarrow U_{BE2} \downarrow \rightarrow U_{CE2} \uparrow \rightarrow U_L \downarrow$$

同理,当输入电压  $U_i$  减小或负载电阻  $R_L$  减小,引起输出电压  $U_L$  减小时,三极管  $V_3$  的基极电压减小, $V_2$  的基极电压增大,从而使调整管管压降减小,维持输出电压不变。

### 3. 三端集成稳压器

(1)分类 按原理分为串联调整式、并联调整式及开关调整式三种。

按引出端数量分为三端集成稳压器和

多端稳压器,常见的三端稳压器如图 1-21 所示。所谓三端是指电压输入、电压输出和公共接地三端。三端稳压器可分为固定电压输出和可调电压输出两大类。每一类又可分为正极输出和负极输出两种。常用的 CW78 $\times\times$  系列是输出固定正电压的稳压器,W79 $\times\times$  系列是输出固定负电压的稳压器。三端不能调换使用。国家标准中,“W”表示稳压器,“78”表示输出固定正电压,“79”表示输出固定负电压。“ $\times\times$ ”用数字表示输出电压值(单位:V)。

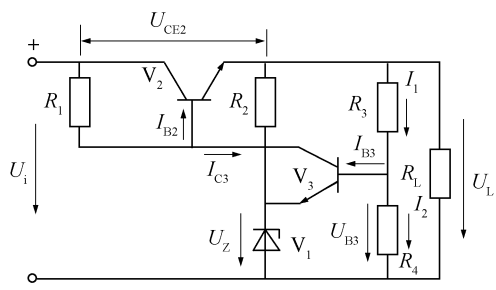


图 1-20 串联型稳压电源

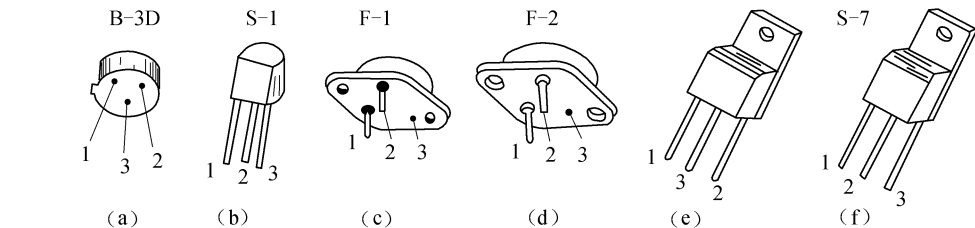


图 1-21 几种三端集成稳压器外形及封装

#### (2)主要参数

①最大输入电压  $U_{imax}$ 。指稳压器输入端允许输入的最大电压。要注意整流后的最大直流电压不能超过此值。

②最小输入输出压差  $(U_i - U_L)_{min}$ 。表示能保证稳压器正常工作所要求的输入电压与输出电压的最小差值。此参数与输出电压之和决定稳压器所需最低输入电压。如果输入电压过低,使输入输出压差小于  $(U_i - U_L)_{min}$ ,则稳压器输出波纹大,性能变差。

③输出电压范围。指稳压器参数符合指标要求时的输出电压范围。



- ④最大输出电流  $I_{LM}$ 。指稳压器能够输出的最大电流值,使用时不允许超出此值。  
注意:三端集成稳压器引脚的排列顺序不尽相同,使用时要认清,按要求装上散热片。

## 第二节 数字电子技术

### 一、数字电路的特点与分类

#### 1. 数字信号及其特点

电信号通常分为模拟和数字两大类,数字信号的幅度变化只有两种:一是无(或小),二是有(或大),数字信号的幅值只在有或无(大或小)两种幅度之间变化,这就是数字信号的不连续性,也是数字信号的一个重要特点。另外,数字信号在时间上也是不连续的。在逻辑电路中有两种逻辑体制,一种是用“1”表示高电平,用“0”表示低电平,称正逻辑;另一种是用“1”表示低电平,用“0”表示高电平,称负逻辑。

#### 2. 数字电路的特点

脉冲信号是指在短时间内信号电压(或电流)突然变化的信号,脉冲电路就是产生(或变换)脉冲波形的电路。从广义角度上讲,数字电路也是一种脉冲电路,当数字信号幅值在“有”和“无”两种状态间快速转换时,电路将输出一系列矩形脉冲波。脉冲电路和数字电路两者之间主要区别是:脉冲电路主要用于产生和变换脉冲波形,而数字电路则将脉冲波形中有、无(或高、低)这两种状态分别代表二进制数中的“0”和“1”(负逻辑)。脉冲信号的波形有许多种,除矩形脉冲外,还有三角波、尖顶波等,而数字信号波形比较单一。所谓数字电路就是处理数字信号的电路。

(1)数字电路中只处理二进制中的“0”和“1”两种信号。“0”表示信号无,“1”表示信号有。电子电路中的元器件特别是三极管只工作在“有”信号和“无”信号两种状态,即数字电路中的三极管工作在开关状态,而模拟电路中的三极管工作在放大状态。

(2)数字电路中,用三极管的饱和状态与截止状态分别对应于数字信号中的“0”和“1”,可用三极管截止时输出的高电平表示数字信号的“1”状态,而用三极管饱和导通输出的低电平表示数字信号中的“0”状态。

(3)数字电路的研究对象是电路的输入和输出之间的逻辑关系,不能采用模拟电路的分析方法。分析数字电路的工具是逻辑代数,表达电路的功能主要用真值表、逻辑函数表达式及波形图等。

(4)由于数字信号只有“1”和“0”两种,所以对数字电路的工作要求就是能够可靠地区别信号“0”和信号“1”两种状态,因此对数字电路的精度要求不高,这利于对数字电路进行集成化,加上对数字信号的处理和运算都是相当复杂的过程,所以数字电路中都采用集成电路,且多是大规模集成电路(LSI)。

(5)数字电路是实现逻辑功能和进行各种数字运算的电路。数字信号在时间和数值上是不连续的,所以它在电路中只能表现为信号的有、无(或信号的高、低电平)两种状态。数字电路中用二进制数“0”和“1”来代表低电平和高电平两种状态,数字信号便可用



“0”和“1”组成的代码序列来表示。

### 3. 数字电路的分类

按逻辑功能来分,可分为组合逻辑电路,简称组合电路,如各种门电路,各种编译码器等;时序逻辑电路,简称为时序电路,如各种触发器、计数器、寄存器等。若按电路结构来分,可分成 TTL 型和 CMOS 型两大类。

## 二、数制

### 1. 进制

#### (1)十进制

- ①有 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 十个基本数码。
- ②运算时由低位到高位进位是“逢十进一”。
- ③每个数位的位置,称“权”,均是基数为“十”的某次幂。可采用“乘权相加法”。

如  $216.87 = 2 \times 10^2 + 1 \times 10^1 + 6 \times 10^0 + 8 \times 10^{-1} + 7 \times 10^{-2}$

#### (2)二进制

- ①只有 0 和 1 两个数码。
- ②运算时由低位到高位进位是“逢二进一”。也可以采用按权展开的方法。
- ③二进制数运算规则:

$$\begin{array}{cccc} 0+0=0 & 0+1=1 & 1+0=1 & 1+1=10 \\ 0 \times 0=0 & 0 \times 1=0 & 1 \times 0=0 & 1 \times 1=1 \end{array}$$

减法和除法,分别是加法和乘法的逆运算,运算规则类似于加法和乘法。

#### (3)十六进制

- ①有数字 0~9 和字母 A、B、C、D、E、F 共 16 个数码。
- ②十六进制的基数为十六,“逢十六进一”。每位十六进制数可用四位二进制数表示。

表 1-1 是十六进制数和二进制数对照表。

表 1-1 十六进制数和二进制数对照表

十进制数	二进制数	十六进制数	十进制数	二进制数	十六进制数
0	0000	0	8	1000	8
1	0001	1	9	1001	9
2	0010	2	10	1010	A
3	0011	3	11	1011	B
4	0100	4	12	1100	C
5	0101	5	13	1101	D
6	0110	6	14	1110	E
7	0111	7	15	1111	F