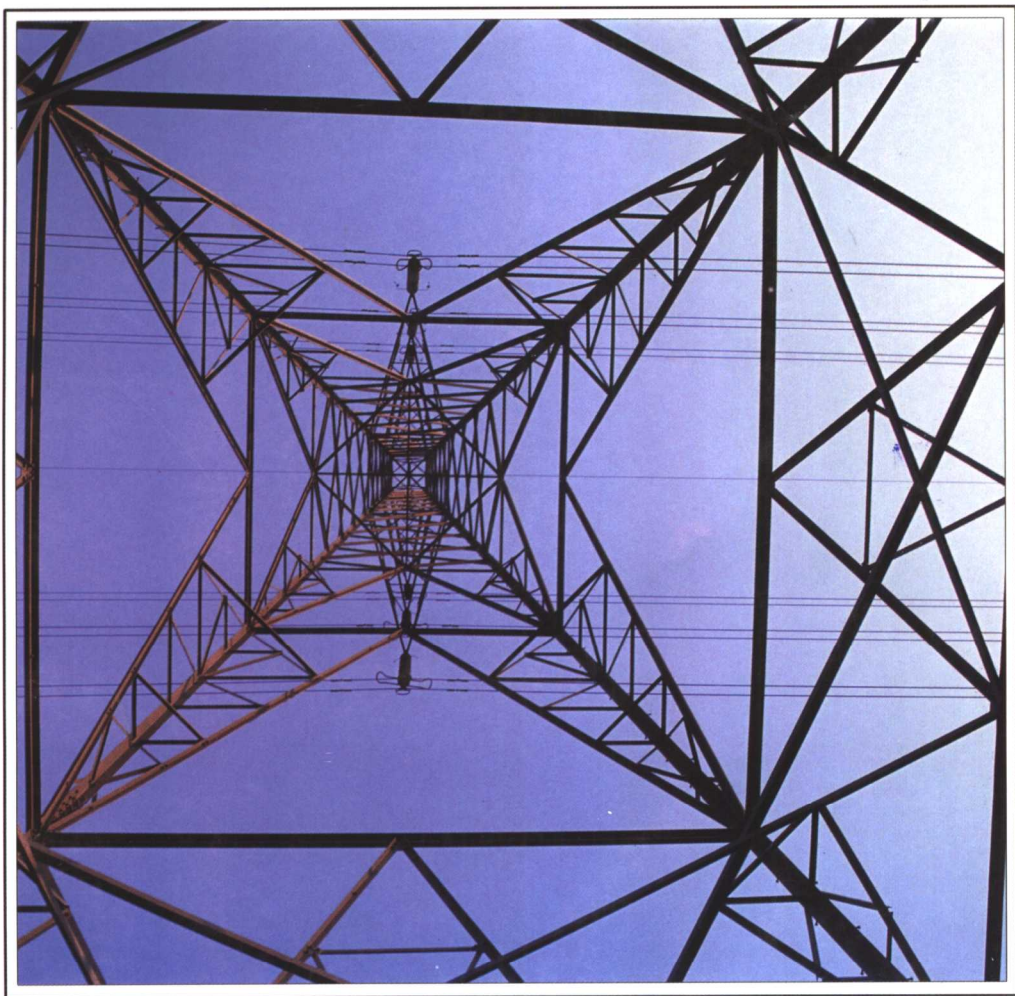


维修电工

技能培训与鉴定考试用书

(高级)

主编 张志远



山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn

维修电工

技能培训与鉴定考试用书

WEIXIU DIANGONG JINENGPEIXUN
YU JIANDINGKAOSHI YONGSHU

(高级)

主 编 张志远

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: 山东汶上新华印刷有限公司

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

TM · 57

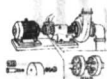
定价: 28.00 元

编委主任 刘同森

编委副主任 温希忠 潘国平 赵中波

编委委员 王磊 张志远 刘峰善

郭增



维修电工技能培训与鉴定考试用书(高级)编者

主 编 张志远

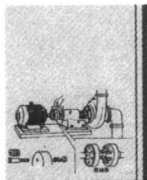
副主编 毕海 宋明学 郭增

参编人员 李凤荣 吕学新 李海勇

张东升 邓铁成 王宏玉

刘峰善 杜伟

审 稿 阎伟 周照君



前 言

本教材是为了满足广大技工和有志青年系统地学习维修电工专业课程而编写的辅导用书,目的在于指导和帮助他们较系统地了解本专业的最新发展动向、全面地学习相关的专业理论知识,帮助他们掌握和提高维修电工专业的操作技能,成为“知其然,亦知其所以然”的复合型技能人才。

维修电工高级知识与技能部分是在维修电工中级部分基础上编写而成的,当中的部分章节内容与中级部分的内容有一定的衔接关系,请读者学习时参阅。

本书采用了一般教材的结构,以章为单位,每章设有理论知识和技能训练两部分内容,特别突出了专业技能的训练要求和考核标准。全书共分七章,第一、二章由济南技术学院张志远编写;第三章由济南技术学院郭增编写;第六章和第五章的一、二节由济南技术学院毕海编写;第四、七章和第五章的三、四节由山东劳动职业技术学院宋明学编写;全书图片的绘制和修改由济南技术学院李凤荣完成;习题部分由多人共同完成。编写过程中还得到了济南技术学院吕学新、李海勇邓铁成、王宏玉和将军集团张东升的大力协助。全书由张志远统稿。

由于本书所涉及的知识内容较多,且专业知识的更新速度较快,编者在编写的过程中参阅了大量的相关教材、教辅参考书、专业文章及技术资料、图片等文献,在此向原作者致以衷心的感谢。如有不敬之处,恳请见谅!

全书由山东劳动职业技术学院阎伟和周照君审阅,提出了宝贵的修改意见,在此表示诚挚的感谢。

由于作者水平有限,加之时间仓促,书中不妥和错漏之处,恳请广大同行和读者给予批评指正。

编 者

9



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 _{2N} 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。

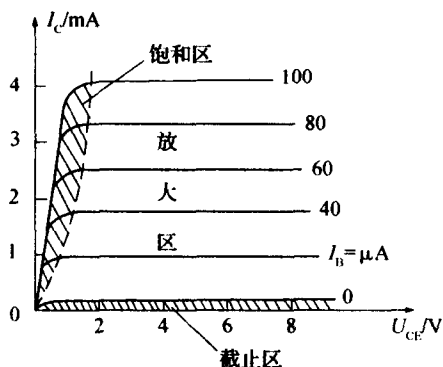


图 1-1 三极管的输出特性曲线及三个工作区

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。

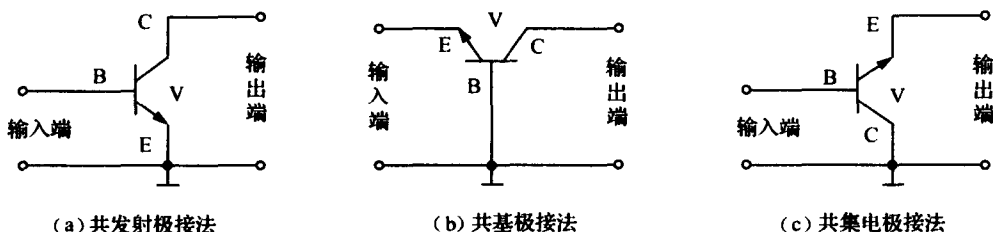


图 1-2 三极管的三种基本连接形式

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

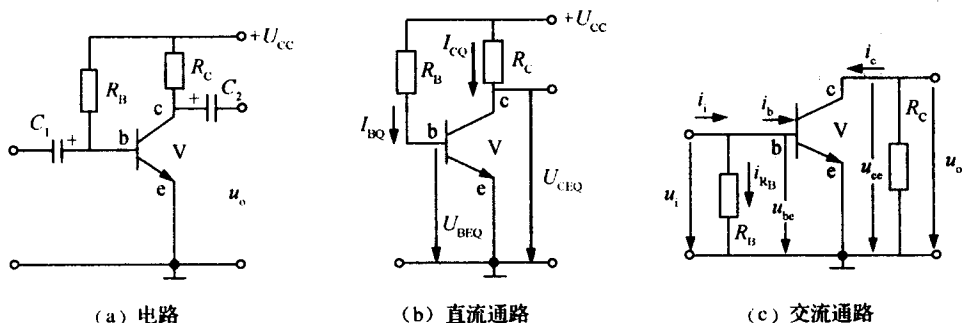


图 1-3 共发射极放大电路的直流通路和交流通路

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, $R_b = 400\text{k}\Omega$, $R_c = 3\text{k}\Omega$, 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

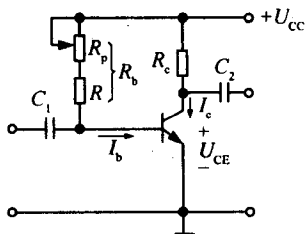


图 1-4 某单级放大电路



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_v 。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_v 表示。可得

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

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状态。

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。

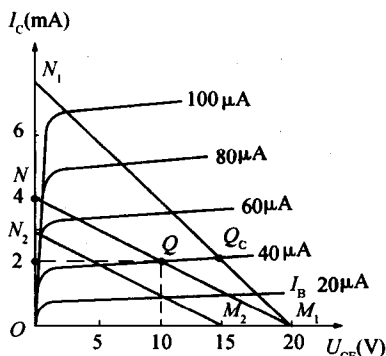


图 1-5 图解分析静态工作情况

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

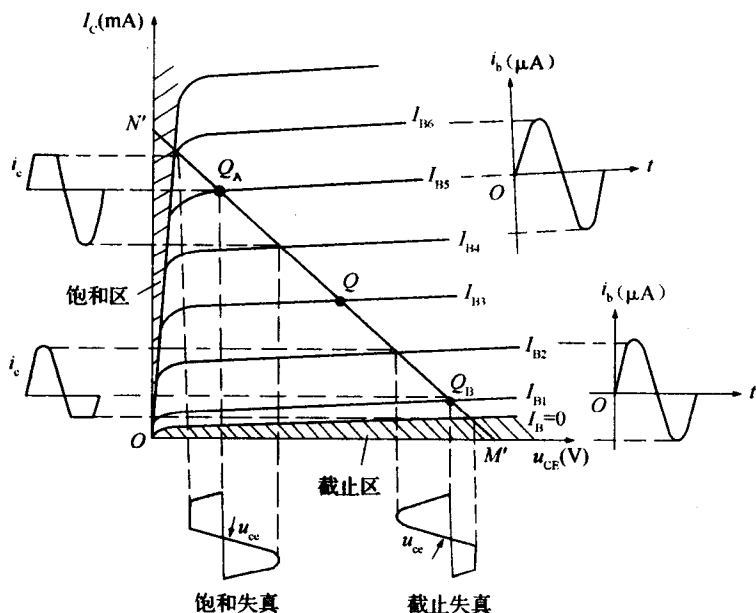


图 1-6 静态工作点的选择与波形失真的关系

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。

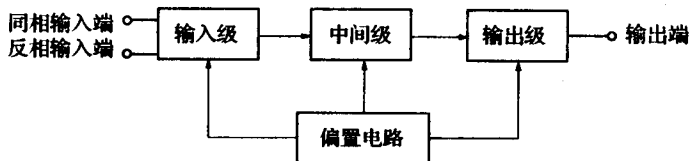


图 1-7 集成运放的组成和原理框图

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,输入级常采用差分放大电路。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。

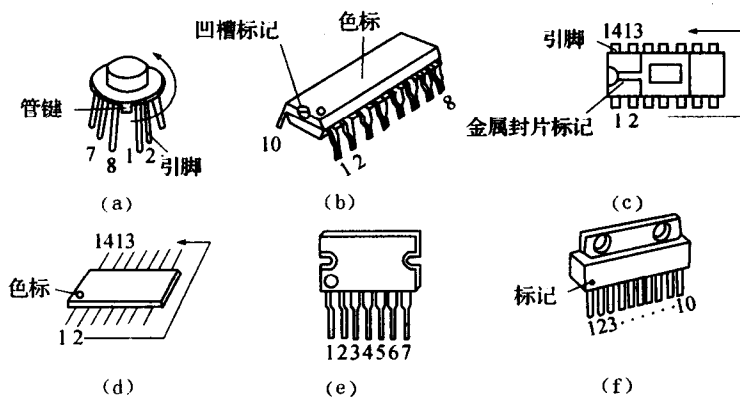


图 1-8 部分集成电路外形

(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。

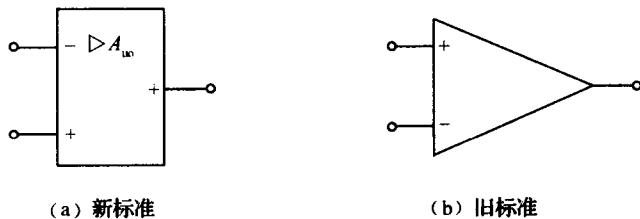


图 1-9 集成运放的图形符号

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。

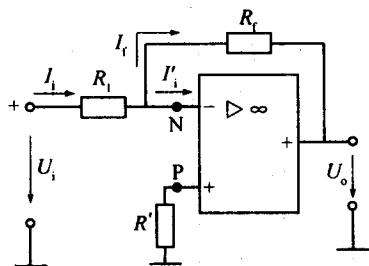


图 1-10 反相比例运算放大电路

因为

$$U_p = U_N, I_- = I_+ = 0$$

所以

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

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。

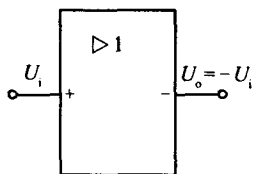


图 1-11 反相器

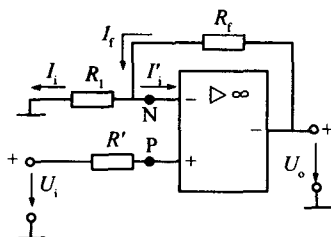


图 1-12 同相比例运算放大电路图

(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

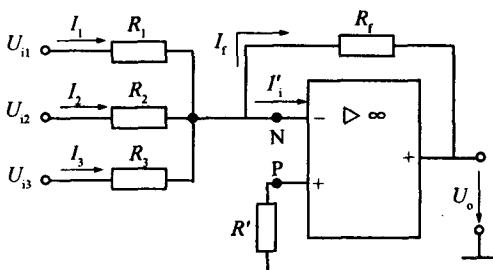


图 1-13 反相加法运算放大电路

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' 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

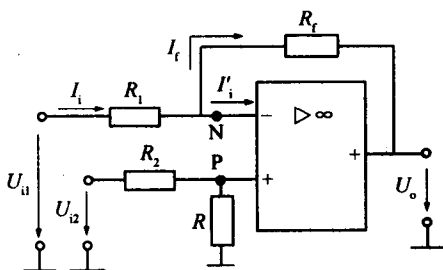


图 1-14 差动输入式减法运算电路



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。

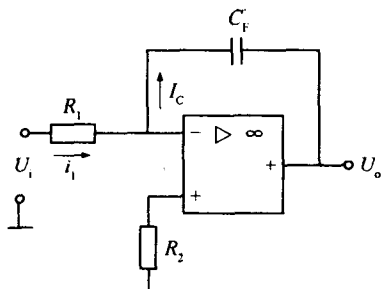


图 1-15 积分运算电路

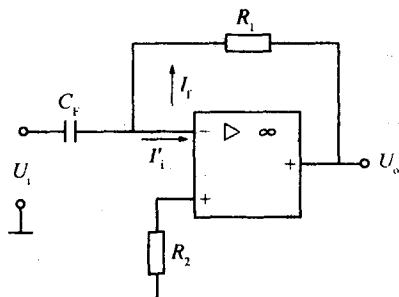


图 1-16 微分运算电路

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:

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

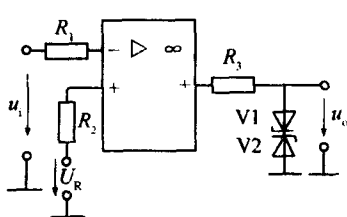
$$u_+ < u_- \text{ 时, } u_o = u_{o-} \quad (1-22)$$

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。

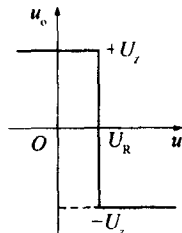
电压比较器的功能:比较两个电压的大小(用输出电压的高或低电平,表示两个输入电压的大小关系)。

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