

## 不用按钮的电子门铃

● 郭书龙

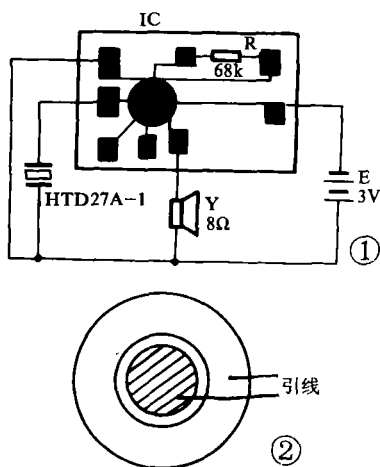
这里介绍一种颇有特色的电子门铃，它没有普通门铃所需的按钮。客人来访时，用手轻轻敲击房门，室内的门铃就会奏出轻快的电子乐曲。

图①是这种敲击式电子门铃的电原理图，门铃芯片 IC 可用 HY-100 (HY-1) 型音乐集成电路，其内部已集成了功率放大器，因此不必外接三极管就能直接驱动扬声器发声。

IC 的触发端与电源正极之间接有一压电陶瓷片 HTD27A-1。压电陶瓷片固定在房门上，当有人敲门时，压电陶瓷片受到机械振动，由于压电效应，它的两端就会输出感应电压，从而触发 IC 工作，使扬声器播放出悦耳的电子音乐声。

压电陶瓷片的外形和结构见图②，它有两个电极，一个电极是由铜质圆形底板组成，在上面覆盖一层压电陶瓷层，再在陶瓷层上镀上一层银膜作为另一个电极。使用时，需要从两极上焊出两根多股软引线。焊前应先剥头搪锡，焊接速度要快，焊点要小。如焊接速度慢，极易损坏镀银层。安装时，可在铜底板背面涂些环氧树脂胶，把它粘在房门背面离地高 1.5 米左右，因为这是一般人的敲门位置，这样可提高灵敏度。

Y 可用 2 或 2.5 英寸动圈式扬声器。电源 E 可用两节五号电池。它们与 IC 同装在一个小塑料盒内，一个新颖的电子门铃就制作好了。



## 集成运算放大器应用技巧(四)

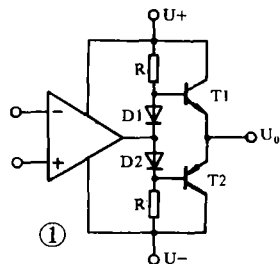
第四讲：集成运放使用技巧(二)

● 张国华

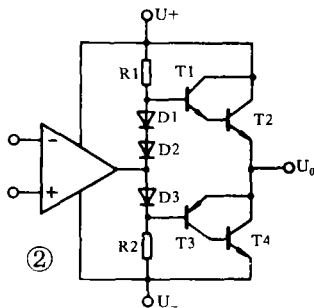
### 五、输出功率扩展

集成运放受自身功耗的限制，其输出功率是有限的。一般情况下 ( $\pm 15V$  供电) 其输出电压摆幅  $U_{OPP}$  为  $\pm 12 \sim 13V$ 、输出电流幅值为  $\pm 10mA$ ，输出功率仅百毫瓦级。而许多应用场合要求放大器能输出更大的功率，甚至驱动如低速力矩马达这样的负载。

最简单的扩展输出功率办法是在运放的输出端串接一级互补推挽功放电路，如图 1 所示。电路中二极管  $D_1$ 、 $D_2$  和电阻  $R$  为互补功放级提供偏置，使它工作在甲乙类以消除交越失真 (如互补

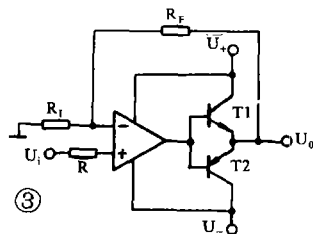


功放级工作在乙类，则自运算放大器输出的电压信号不管是正或负，均需超过晶体管  $T_1$  或  $T_2$  输入特性曲线约 0.6V 的死区才能使晶体管导通，在此之前晶体管截止、输出电压为零。因此，运算放大器输出的正弦信号在  $\pm 0.6V$  以内，即“过零”时，将在互补功放级输出端造成信号的失真，通常称之为交越失真。这时的输出电流可提高到几百毫安，如果要求更大的输出功率，可采用复合管组成互补或准互补电路如图 2 所示，这时的输出电流可达到安培级。



引入功率扩展级时，一般的设计均使互补电路工作在甲乙类以克服交越失真。由图 1、图 2 电路可见，偏置电路所用元件较多，且一般很难准确计算其工作点，往往

须经调试才能最终确定偏置电阻的阻值。实际上,由于运算放大器极少有开环工作的,大多数情况下均引入负反馈、特别是深负反馈下工作,这时只要自互补功放级的输出端向运放输入端引回负反馈如图3所示,互补功放级完全可以省去偏置电路工作在乙类状态,且不会因晶体管输入特性的死区造成输出波形失真。这是因为运算放大器有几十万倍以上的高增益,故一般情况下引入负反馈后均能构成深负反馈,利用深负反馈能将包围电路内部的非线性影响减少  $1+AF$  倍 ( $A$  为运放的开环增益,  $F$  为电路的反馈系数,一般有  $AF \gg 1$ ) 的特点使功放级



工作在乙类,这样电路设计和调试大大简化,也不会产生令人担心的乙类交越失真(例如当  $A \geq$

$10^5$ ,  $F \approx 0.03$  时,互补管  $0.5V$  的死区在输出端所造成的影响小于  $0.15mV$ )。

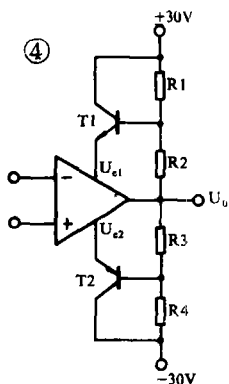
引入功率扩展级后,功放管的选择要考虑管耗,必要时应加散热片。晶体管与散热片之间除必要时加绝缘措施外,建议采用导热硅脂涂覆的办法减小热阻,以利散热。

## 六、输出电压扩展

由于常规运算放大器的电源电压均为  $\pm 15V$ ,故其输出电压摆幅一般不超过  $\pm 12 \sim 13V$ 。对于某些应用场合需要较大的输出电压摆幅时,可以采用如图4所示电路扩展常规运放的输出电压范围。

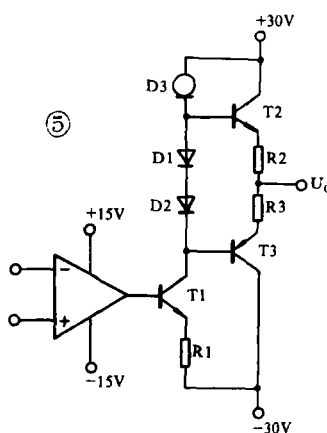
要扩大运放的输出电压范围必然要提高电源电压,而常规运放受内部集成晶体管击穿电压的限制,一般不允许超过  $\pm 16 \sim \pm 18V$ 。图4电路中采用  $\pm 30V$  供电,但真正加到运放上的电源电压为晶体管  $T_1$ 、 $T_2$  发射极间的电压。由于  $R_1=R_2=R_3=R_4$ ,静态(输入、输出电压均为零)时,  $T_1$ 、 $T_2$  基极间电压为  $\pm 15V$ ,因而  $T_1$ 、 $T_2$  发射极间,亦即加在运算放大器电源端间的电压约为  $\pm 14.3V$ 。

这个电路的特点是当输出电压随输入信号变化时,运算放大器的电源电压是浮动的。当  $U_O = +24V$



时,有  $U_{b1} = +27V$ 、 $U_{e1} \approx +26.3V$ ;  $U_{b2} = -3V$ 、 $U_{e2} \approx -2.3V$ 。反之当  $U_O = -24V$  时,有  $U_{b1} = +3V$ 、 $U_{e1} \approx +2.3V$ ;  $U_{b2} = -27V$ 、 $U_{e2} \approx -26.3V$ 。也就是说,当输出电压变化时,运算放大器正、负电源之间的电位差 ( $U_{e1} - U_{e2}$ ) 恒等于  $28.6V$  左右。但输出电压的摆幅可以扩展到  $\pm 24V$  以上。值得注意的是,运算放大器电源电压浮动时,相对静止的输入端电位,就相当于电源电压不变,输入端引入了同样变化幅度的共模输入电压。因此这时运算放大器电源电压的浮动范围必须小于它所允许的共模输入电压范围。对于图4电路,运放电源电压的浮动范围为  $\pm 12V$ ,故  $\mu A741$ 、LM324 等第二代集成运放均可胜任。

图5是增大输出电压摆幅的另外一种方案,它实际上是在运算放大器的输出端再外接一级由晶体管



$T_1$  组成的共射放大,并驱动  $T_2$ 、 $T_3$  组成的互补推挽功放电路。附加级的电源电压高于运算放大器的电源电压。这个方案不仅增大了输出电压的摆幅,而且也增大了正、负向的输出电流。

## 七、多级放大器级联反馈电路

实际控制系统中往往需要由好几级放大器或集成运放串接组成控制电路,大多数情况下这倒不一定是因为一级运放的放大倍数不够,而是因为控制系统对放大器的要求除了增益外,还要求有足够的带宽和稳定裕度。而用一级运放组成的高增益放大器(例如闭环增益大于  $10^3$ ),往往在带宽、稳定性等方面满足不了系统的要求。因此,每级运算放大器的闭环增益都不能太大,以保证能有足够大的反馈深度 ( $1+AF \gg 1$ )。通常的设计原则是每级运放的闭环增益最大不应超过几百倍。

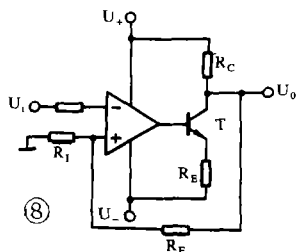
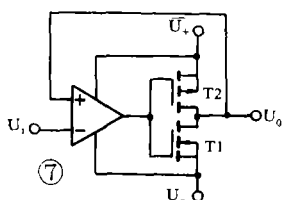
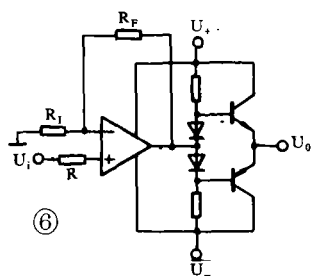
对多级放大器串联电路,当需要引入负反馈时应遵循的原则是:

1. 因为引入负反馈后能改善其被包围电路的性能,故在可能情况下应尽可能让负反馈包围更多的电路。如图6所示的带功放级的电路,因互补功放级增益近似为1,故不管负反馈自互补级引回(图3)、或自运放输出端引回(图6),其总增益基本相同。但后者与图

3 电路相比,因互补功放级未被反馈包围,其输出、零位、稳定性、漂移、波形失真等均不如前者,故应按图 3 设计电路。

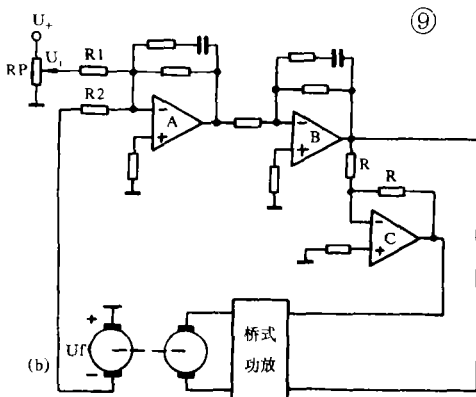
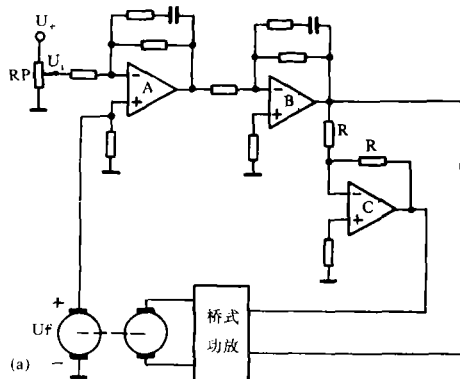
2. 如图 7 所示,

运放与 CMOS 共源放大电路 (N 沟道 MOS 管 T1 作共源放大, P 沟道 MOS 管 T2 作 T1 的负载) 串接组成电压跟随器时,由于 CMOS 共源放大输出与输入反相,故组成电压跟随器时反馈必须接到运放的同相端才能构成负反馈。图 8 所示集成运放与共射电路串接时,同样因共射电路输出与输入反相,故自输出端引回负反馈时,集成运放原同相端相对级联的输出端已变成反相关系,故反馈电阻  $R_F$  须引至运放同相输入端才能构成负反馈,而运放的反相输入端相对两级串联电路已变成同相端,在设计电路时必须注意这点。



3. 当控制电路只需引入一个主反馈时,可以采用电压综合 (串联反馈) 或电流综合 (并联反馈) 两种方式,如图 9(a)、(b) 所示。这是一个速度控制系统 (低速转台), 给定信号来自电位器 RP, 图 9(a) 中信号电压自运放 A 反相端输入, 经运放 A、B 两级放大后, 与经反相器 C 输出组成的差动信号控制桥式功放电路驱动低速力矩马达使转台转动。与马达同轴连接的高精度测速电机给出与电机转速成正比的速度信号 (测速电压  $U_f$  正比于电机转速), 作为反馈电压送至运放 A 的同相输入端形成串联反馈。为实现负反馈, 测速电压  $U_f$  的正端接运放 A 的同相端以实现信号相减。当测速电压  $U_f$  与输入电压  $U_i$  相等时, 系统平衡, 转台以恒速转动。改变给定电压  $U_i$  即可调节转台的转速。通过测量  $U_f$  的值即可显示转台的转速。

图 9(b) 中采用的是电流综合方式, 即给定电压  $U_i$  和反馈电压  $U_f$  都送至运放 A 的反相输入端形成并联



反馈。当输入电流  $U_i/R_1$  与反馈电流  $-U_f/R_2$  平衡时转台达到恒速, 调节  $U_i$  即可改变转台的转速。为实现负反馈, 反馈电流应自运放 A 反相端流入测速电机, 故此时应将测速电机绕组的负端通过  $R_2$  接运放 A 反相端。

两种方案中因图 9(a) 采用串联反馈有极高的输入阻抗, 故优于图 9(b) 电路。

4. 当控制电路需要引入两个以上的负反馈, 如位置、速度、加速度等负反馈时, 则只能采用电流综合、即并联反馈方式如图 10 所示, 才能实现多信号并联综合。这是因为一般反馈信号源 (传感器) 的输出信号都是相对地的电压信号, 只有一个主反馈时, 输入信号和反馈信号可以共地与放大器输入端串成回路相减; 而当有两个以上的反馈信号时, 因无法共地串在一起相减, 故只能采用并联反馈形式, 通过各自的输入电阻将电压信号转化为电流信号, 在运放的输入端进行电流综合。

