

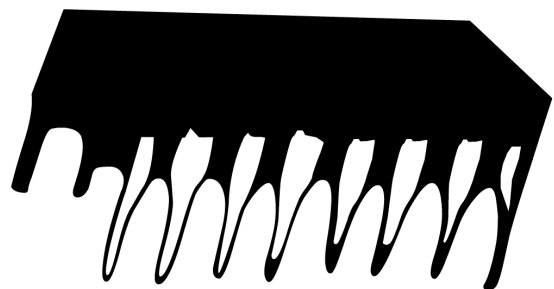
第四章 集成运算放大电路

集成放大电路的特点及组成部分

集成运放的偏置电路

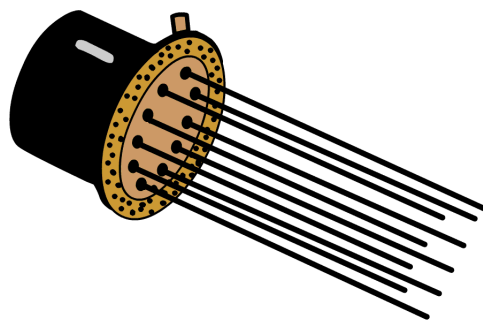
集成运放的主要技术指标

集成电路的外形



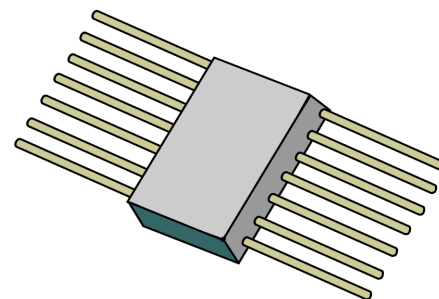
(a)

(a) 双列直插式



(b)

(b) 圆壳式



(c)

(c) 扁平式

集成电路的外形

一、集成运算放大器的组成

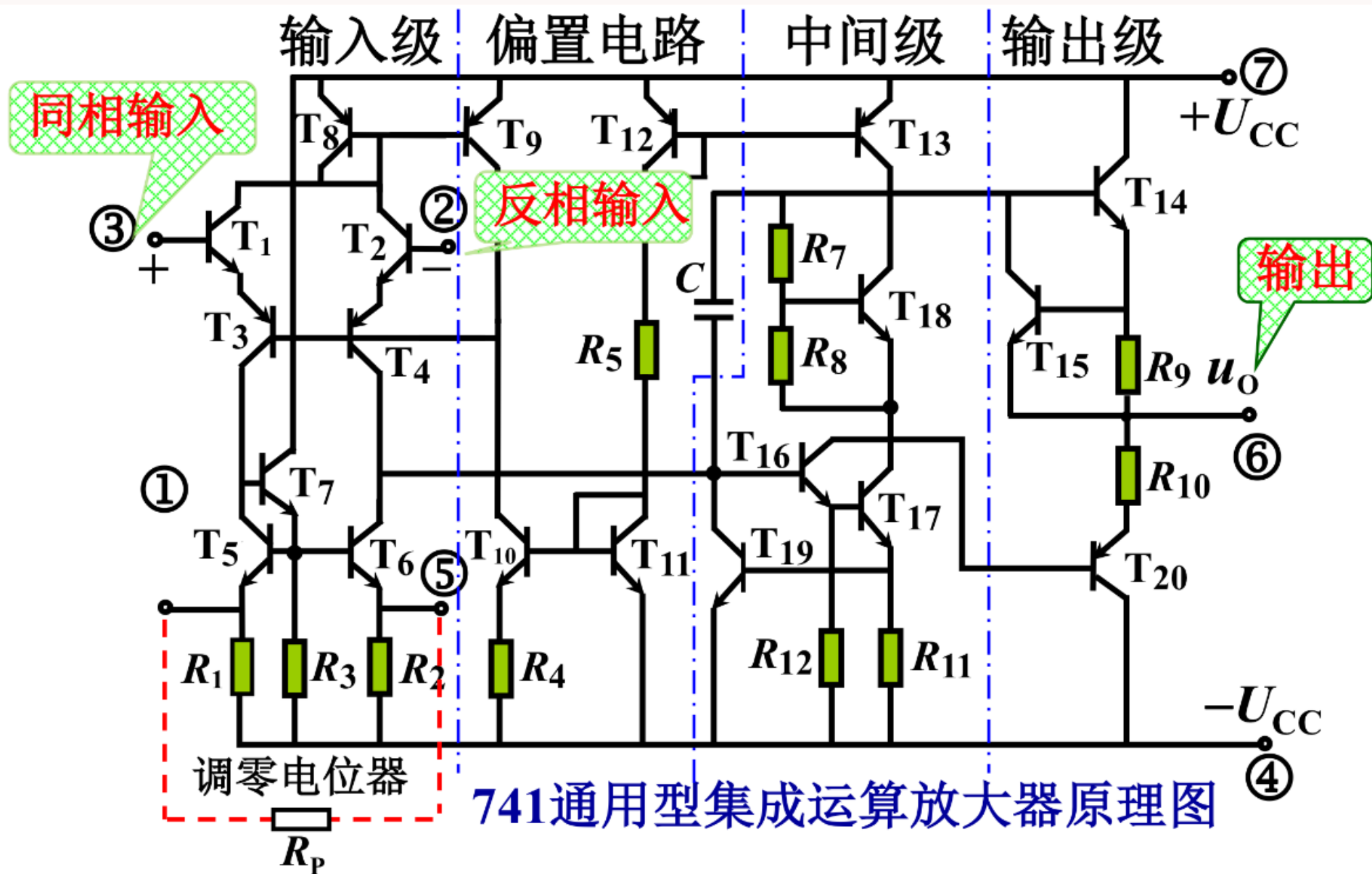


集成运算放大器的组成

● 特点：

- ①输入级采用差分放大电路， K_{CMR} 和 r_i 很高。
- ②中间级采用多级共射电路，起电压放大作用。
- ③输出级采用互补对称放大电路和共集放大电路， r_o 很小，带负载能力很强。
- ④直接耦合的多级放大电路，电压放大倍数很高。
- ⑤体积小、重量轻、功耗低、可靠性高。

第四章：集成运算放大电路



偏置电路

向各放大级提供合适的偏置电路，确定各级静态工作点。

一、镜像电流源(电流镜)

基准电流

$$I_{REF} = \frac{V_{CC} - U_{BE1}}{R}$$

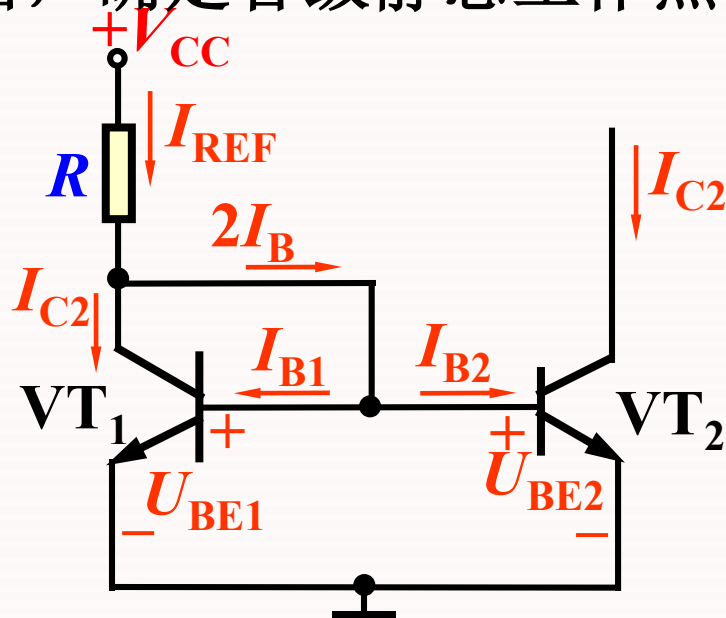
由于 $U_{BE1} = U_{BE2}$, VT_1 与 VT_2 参数基本相同, 则

$$I_{B1} = I_{B2} = I_B; I_{C1} = I_{C2} = I_C$$

$$I_{C2} = I_{C1} = I_{REF} - 2I_B = I_{REF} - 2 \frac{I_{C2}}{\beta}$$

所以 $I_{C2} = I_{REF} \frac{1}{1 + 2/\beta}$ 当满足 $\beta \gg 2$ 时, 则

结构简单, 具有一定的温度补偿作用, 温度稳定性好。



二、比例电流源

由图可得

$$U_{BE1} + I_{E1}R_1 = U_{BE2} + I_{E2}R_2$$

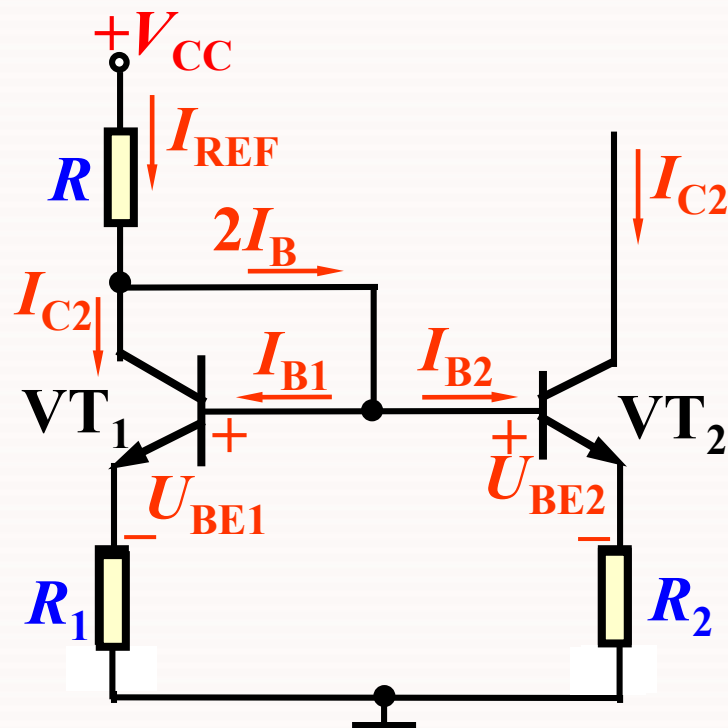
由于 $U_{BE1} \approx U_{BE2}$ ，则

$$I_{E1}R_1 \approx I_{E2}R_2$$

忽略基极电流，可得

$$I_{C2} \approx \frac{R_1}{R_2} I_{C1} \approx \frac{R_1}{R_2} I_{REF}$$

两个三极管的集电极电流之比近似与发射极电阻的阻值成反比，故称为比例电流源。



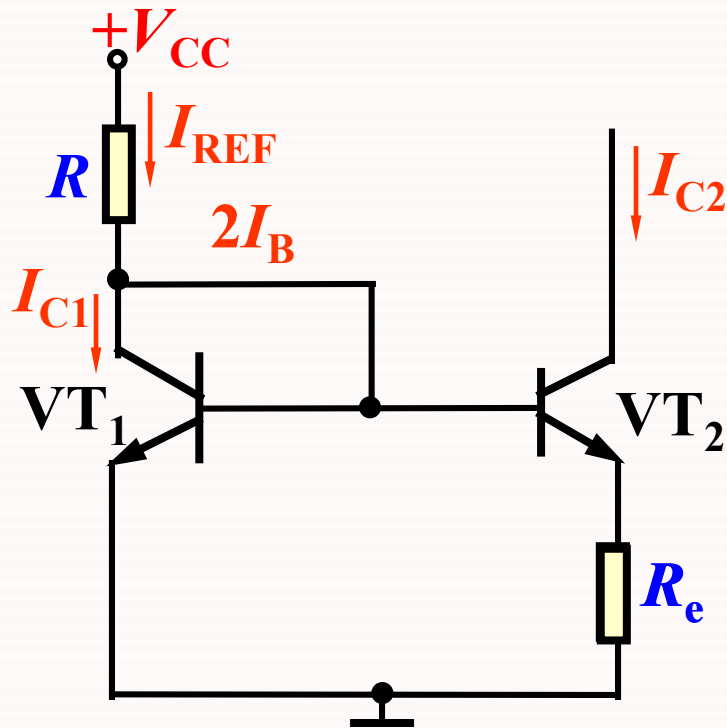
三、微电流源

在镜像电流源的基础上接入电阻 R_e 。

$$I_{C2} \approx I_{E2} = \frac{U_{BE1} - U_{BE2}}{R_e}$$

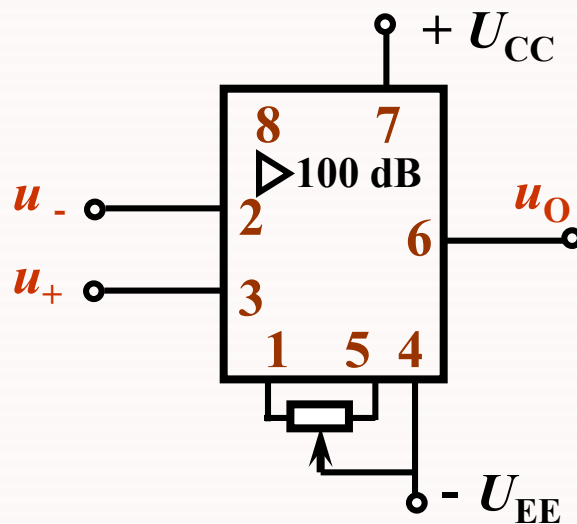
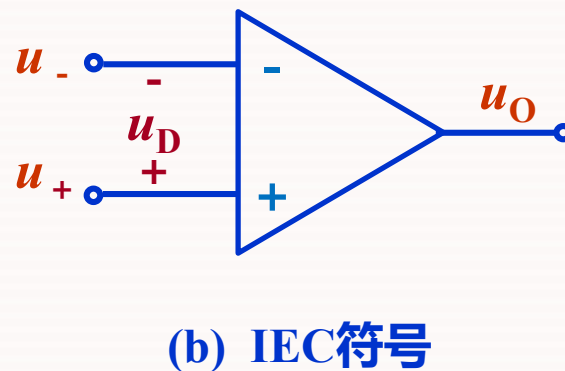
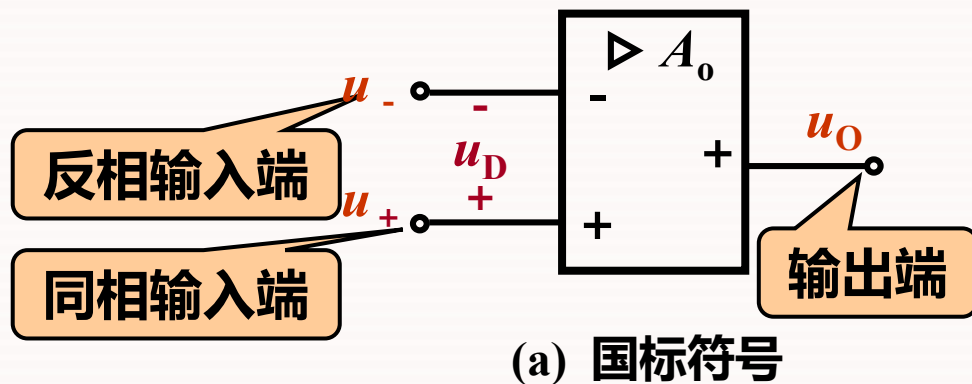
式中($U_{BE1} - U_{BE2}$)只有几十毫伏，甚至更小，因此只用几千欧的电阻，就可得到几十微安的输出电流 I_{C2} 。

采用微电流源电路，可以不用太大的电阻就可获得小的电流。



微电流源

运算放大器的符号



集成运算放大器的图形符号、引脚和外部接线图

集成运放的主要技术指标

一、开环差模电压增益 A_{od}

一般用对数表示，定义为

$$A_{od} = 20\lg \left| \frac{\Delta U_o}{\Delta U_- - \Delta U_+} \right|$$

单位：分贝

理想情况 A_{od} 为无穷大；
实际情况 A_{od} 为 100 ~ 140 dB。

二、输入失调电压 U_{IO}

定义： 为了使输出电压为零，在输入端所需要加的补偿电压。

一般运放： U_{IO} 为 $1 \sim 10 \text{ mV}$ ；

高质量运放： U_{IO} 为 1 mV 以下。

三、输入失调电压温漂 α_{UIO}

定义：
$$\alpha_{UIO} = \frac{dU_{IO}}{dT}$$

一般运放为 每度 $10 \sim 20 \mu\text{V}$ ；

高质量运放低于每度 $0.5 \mu\text{V}$ 以下；

四、输入失调电流 I_{IO}

定义：当输出电压等于零时，两个输入端偏置电流之差，即

$$I_{IO} = |I_{B1} - I_{B2}|$$

一般运放为几十~一百纳安；高质量的低于 1 nA。

五、输入失调电流温漂 α_{IO}

定义：

$$\alpha_{IO} = \frac{dI_{IO}}{dT}$$

一般运放为 每度几纳安；高质量的每度几十皮安。

六、输入偏置电流 I_{IB}

定义：输出电压等于零时，两个输入端偏置电流的平均值。

$$I_{IB} = \frac{1}{2}(I_{B1} + I_{B2})$$

七、差模输入电阻 r_{id}

定义： $r_{id} = \frac{\Delta U_{Id}}{\Delta I_{Id}}$ 一般集成运放为几兆欧。

八、共模抑制比 K_{CMR}

定义： $K_{CMR} = 20 \lg \left| \frac{A_{od}}{A_{oc}} \right|$

多数集成运放在 80 dB 以上，高质量的可达 160 dB。

九、最大共模输入电压 U_{Icm}

输入端所能承受的最大共模电压。

十、最大差模输入电压 U_{Idm}

反相输入端与同相输入端之间能够承受的最大电压。

十一、-3 dB带宽 f_H

表示 A_{od} 下降 3 dB 时的频率。一般集成运放 f_H 只有几赫至几千赫。

十二、单位增益带宽 BW_G

A_{od} 降至 0 dB 时的频率，此时开环差模电压放大倍数等于 1。

十三、转换速率 S_R

额定负载条件下，输入一个大幅度的阶跃信号时，输出电压的最大变化率。单位为 $V / \mu s$ 。

在实际工作中，输入信号的变化率一般不要大于集成运放的 S_R 值。

其他技术指标还有：最大输出电压、静态功耗及输出电阻等。

电压传输特性

$$u_O = f(u_D)$$

线性区

$$\begin{aligned} u_O &= A_o u_D \\ &= A_o (u_+ - u_-) \end{aligned}$$

饱和区

正饱和电压：

$$u_O = +U_{OM} \approx +U_{CC}$$

负饱和电压：

$$u_O = -U_{OM} \approx -U_{EE}$$

