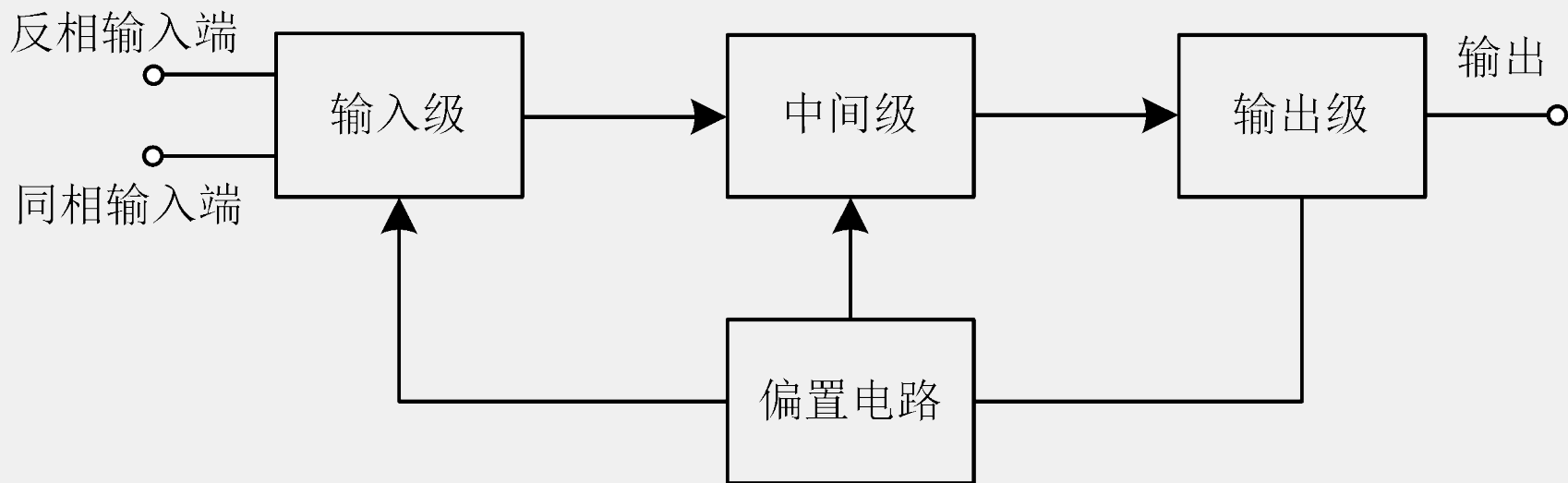


第3章

集成运算放大器 及其应用

3.1 概述

3.1.1 集成运放的结构特点和分类



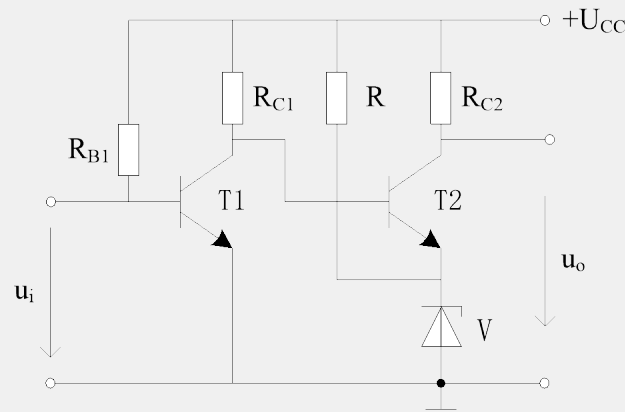
集成运放内部电路结构框图

- ❖ (1) 输入级：输入级是提高运算放大器质量的关键部分。要求其输入电阻高，为了能减小零点漂移和抑制共模干扰信号，输入级都采用具有恒流源效果的差动放大电路，也称差动输入级。
- ❖ (2) 中间级：中间级的主要作用是提供足够大的电压放大倍数，故也称电压放大级。要求中间级本身具有较高的电压增益，为了减少前级的影响，还应具有较高的输入电阻。另外，中间级还应向输出级提供较大的驱动电流，并能根据需要实现单端输入双端差动输出，或双端差动输入单端输出。
- ❖ (3) 输出级：输出级的主要作用是输出足够的电流，以满足负载的需要，同时还需要有较低的输出电阻和较高的输入电阻，以起到将放大级和负载隔离的作用，输出级一般由射极输出器组成，以降低输出电阻，提高带负载能力。
- ❖ (4) 偏置电路：偏置电路的作用是为各级提供合适的工作电流，一般由各种恒流源电路组成。

3.1.2 集成运放的主要性能指标

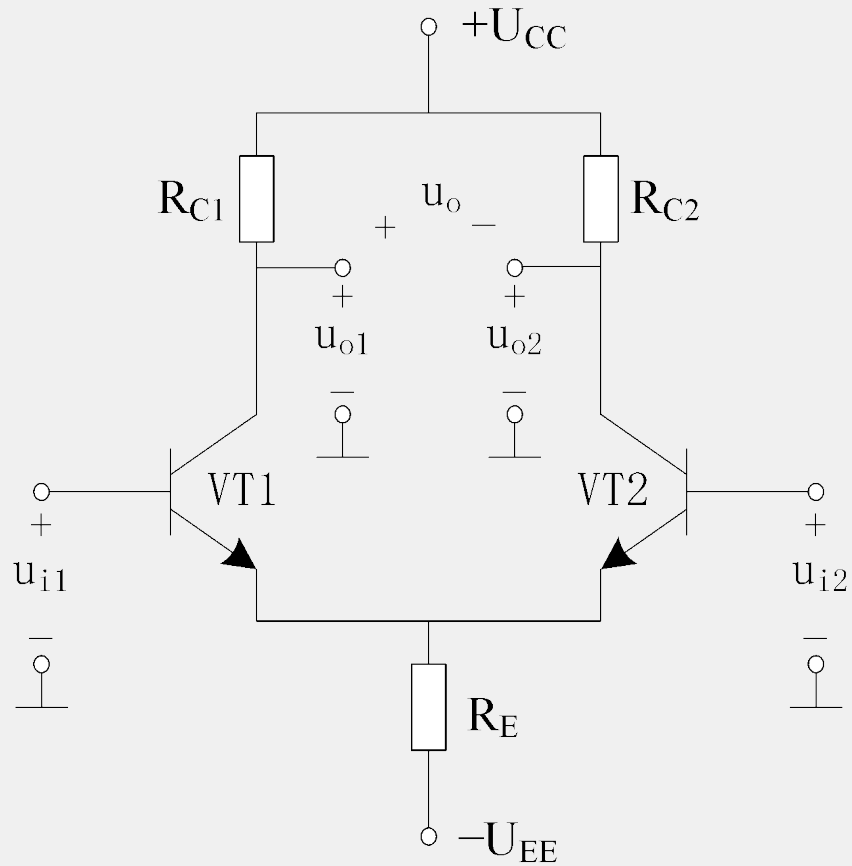
- ❖ 1. 极限参数
 - ❖ 供电电压范围、功耗、工作温度范围、最大差模输入电压、最大共模输入电压
- ❖ 2. 电气参数
 - ❖ 输入失调电压、输入失调电流、输入偏置电流、零点漂移、开环差模电压放大倍数、开环共模电压放大倍数、差模输入电阻、差模输出电阻、最大输出电压、共模抑制比

3.2 直接耦合放大器



- ❖ 1.前后级静态工作点相互影响
- ❖ 在阻容耦合放大器中，由于电容的隔直作用，各级的静态工作点是相互独立的。而直接耦合放大器，前级的输出端与后级的输入端直接相连，因此前后级的静态工作点就会互相影响、互相牵制，使电路设计和调试比较困难。图中的电阻 R 和稳压管 V 是为了保证前、后级均有合适的静态工作点而设置的。
- ❖ 2.零点漂移
- ❖ 一个理想的直接耦合放大器，当输入信号为零时，其输出电压应保持不变。但实际上，将直接耦合的多级放大器输入端短接后，测其输出电压时，它并不一定保持恒定，而是缓慢地、无规则地变化着，会偏离原来的起始值上下飘动，这种现象称为“零点漂移”（简称“零漂”）。

3.3 差动放大电路



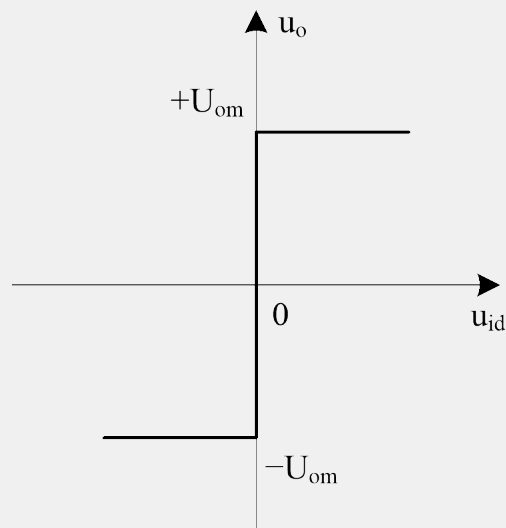
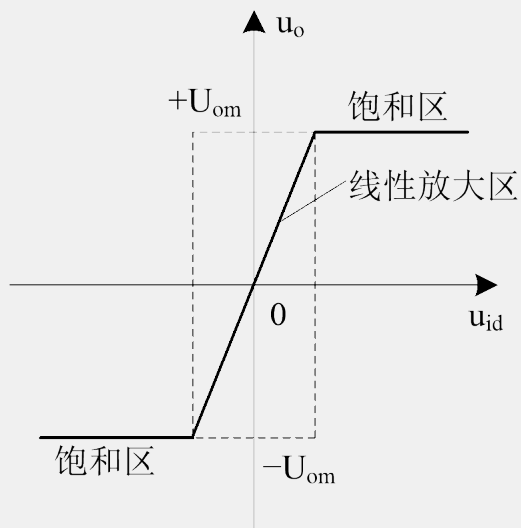
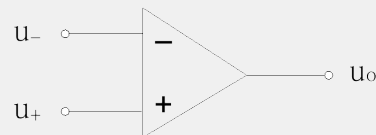
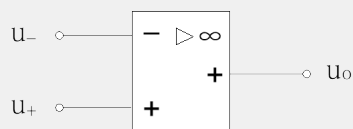
❖ 差动放大电路也称为差分放大电路。典型的差动放大电路是由两个特性相同的晶体管VT1和VT2组成的理想对称电路，对称位置上的电阻元件参数也相同。电路采用正、负两个电源供电，晶体管VT1和VT2的发射极经同一反馈电阻RE接至负电源。由于典型的差动放大电路在结构上对称性，因而它们的静态工作点也必然相同。整个电路有两个输入端（两管的基极）和两个输出端（两管的集电极）。静态（ $u_{i1}=u_{i2}=0V$ ）时，两管的偏流由通过RE供给，由于电路完全对称，两个晶体管集电极电位相等，所以输出电压 $u_o=0V$ 。可见，输入信号为零时，输出信号也为零。

差动放大电路工作原理

- ❖ 差模信号
- ❖ 差动放大电路中两个晶体管的基极信号电压 u_{i1} 、 u_{i2} 大小相等、相位相反，即，这样的信号称为“差模信号”，用 u_{id} 表示， u_{id} 在数值上等于两输入信号的差值。这种输入方式为“差模输入”。
- ❖ 共模信号
- ❖ 温度变化时，电源电压波动等引起的零点漂移折合到放大电路输入端的漂移电压，相当于在差模放大电路的两个输入端同时加了大小和极性完全相同的输入信号，即，将这种大小和极性完全相同的信号称为“共模信号”，用 u_{ic} 表示。这种输入方式为“共模输入”。
- ❖ 比较输入
- ❖ 差动放大电路的两个输入信号，既非共模，也非差模，他们的大小和相对极性是任意的，这种输入常作为比较放大来运用，在控制测量系统中是常见的。

3.4 集成运放的理想模型

3.4.1 理想集成运放电压传输特性



3.4.2理想集成运放的性能指标

- ❖ 1.输入为零时，输出恒为零。
- ❖ 2.开环差模电压放大倍数 $A_{ud}=\infty$ 。
- ❖ 3.差模输入电阻 $r_{id}=\infty$ 。
- ❖ 4.差模输出电阻 $r_o=0$ 。
- ❖ 5.共模抑制比 $K_{CMR}=\infty$ 。
- ❖ 6.失调电压、失调电流及温漂为0。

3.4.3理想集成运放工作 在线性区的特点

❖ 集成运放应用广泛，其工作区域不是线性区，就是非线性区。在分析集成运放的应用电路时，用理想集成运放代替实际集成运放所带来的误差很小，在工程计算中是允许的。

1. 虚短

当集成运放工作在线性区时，它的输出信号与输入信号应满足 $u_o = A_{ud}(u_+ - u_-)$ ，由于 u_o 是有限的，而 A_{ud} 为无穷大，所以有 $u_+ - u_- = 0$ ，即

$$u_+ = u_-$$

2. 虚断

由于理想集成运放的差模输入电阻 r_{id} 为无穷大，所以运放的输入电流为零，即

$$i_+ = i_- = 0$$

3.4.4理想集成运放工作在非线性区的特点

3.4.5集成运放的正确使用

- ❖ 1.理想集成运放的输出电压 u_o 的特点
- ❖ 当集成运放的输入信号过大、开环工作或加正反馈时，由于 $u_{id} \neq 0$ ，且理想集成运放的电压增益为无穷大，所以输出电压就会趋向最大电压值。考虑到集成运放输出管内部饱和压降的影响，输出电压受到限制，只能达到电源电压的90%左右，称这样的输出电压为正、负饱和输出电压，即输出为正向饱和电压 $+U_{om}$ ，或负向饱和电压 $-U_{om}$ 。在非线性区内，虚短现象不复存在。
- ❖ 2.理想集成运放的输入电流特点
- ❖ 因为 $r_{id} = \infty$ ，所以 $i_+ = i_- = 0$ ，即虚短现象仍然存在。另外，集成运放工作在非线性区时 $u_+ \neq u_-$ ，其净输入电压 $u_+ - u_-$ 的大小取决于电路的实际输入电压及外接电路的参数。

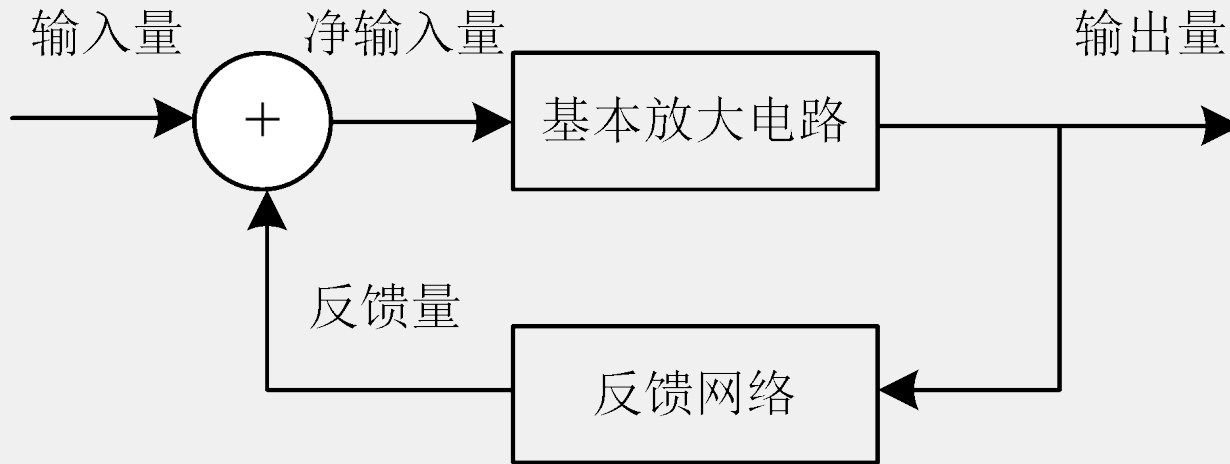
1. 调零与消除自励振荡

2. 集成运放的安全保护

3.5 负反馈放大电路

3.5.1 概述

3.5.2 反馈的概念



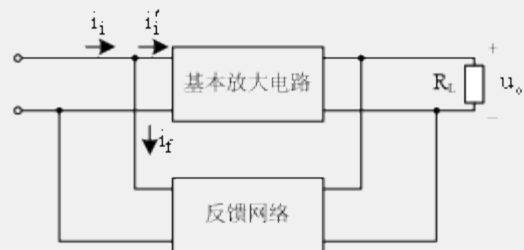
3.5.3 反馈的类型及判别

3.5.4 负反馈的四种组态

- ❖ 1. 正反馈和负反馈
- ❖ 2. 直流反馈和交流反馈
- ❖ 3. 串联反馈和并联反馈
- ❖ 4. 电压反馈和电流反馈



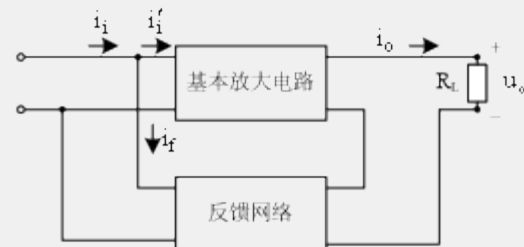
(a) 电压串联负反馈



(b) 电压并联负反馈



(c) 电流串联负反馈



(d) 电流并联负反馈

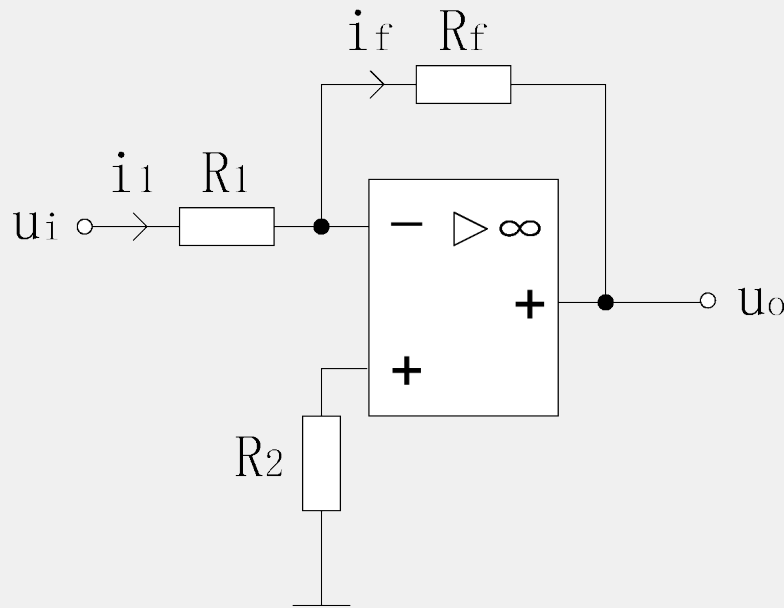
3.5.5 负反馈对放大电路性能影响

- ❖ 1. 提高放大倍数的稳定性
- ❖ 2. 扩展频带
- ❖ 3. 减小非线性失真
- ❖ 4. 抑制内部干扰和噪声
- ❖ 5. 改变输入电阻和输出电阻

3.6 集成运放在信号运算中的应用

3.6.1 比例运算电路

❖ 1. 反相比例运算电路



$$U_o = -\frac{R_f}{R_1} U_i$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/908056126072006072>