

---

## 运算放大器的重要指标

### 1. 运算放大器的静态输入指标

#### 1.1. 输入失调电压 $V_{IO}$ (input offset voltage)

输入电压为零时，将输出电压除以电压增益，再加上负号，即为折算到输入端的失调电压。亦即使输出电压为零时在输入端所加的补偿电压。 $V_{IO}$  是表征运放内部电路对称性或者反映了输入级差分对管的失配程度，一般  $V_{os}$  约为 ( 1 ~ 10 ) mV，高质量运放  $V_{os}$  在 1mV 以下。

#### 1.2. 输入失调电压温漂

在规定工作温度范围内，输入失调电压随温度的变化量与温度变化量之比值。该参数是指  $V_{os}$  在规定工作范围内的温度系数，是衡量运放温度影响的重要指标。一般情况下约为 ( 10 ~ 30 )  $\mu\text{V}/\text{摄氏度}$ ，高质量的可做  $<0.5\mu\text{V}/\text{C}$ (摄氏度)。

#### 1.3. 输入失调电流 $I_{IO}$ (input offset current)

在零输入时，差分输入级的差分对管基极电流之差， $I_{IO} = |I_{B1} - I_{B2}|$ 。用于表征差分级输入电流不对称的程度。通常， $I_{os}$  为 ( 0.5 ~ 5 ) nA，高质量的可低于 1nA。

#### 1.4. 输入失调电流温漂

在规定工作温度范围内，输入失调电流随温度的变化量与温度变化量之比值。它是指  $I_{IO}$  在规定工作范围内的温度系数，也是衡量运放受温度影响的重要指标，通常约为 ( 1 ~ 50 ) nA/C，高质量的约为几个 pA/C。

#### 1.5. 输入偏置电流 $I_B$ (input bias current)

运放两个输入端偏置电流的平均值，确切地说是运算放大器工作在线性区时流入输入端的平均电流。用于衡量差分放大对管输入电流的大小。

---

## 1.6. 最大差模输入电压 (maximum differential mode input voltage)

运放两输入端能承受的最大差模输入电压,超过此电压时,差分管将出现反向击穿现象。平面工艺制成的 NPN 管,其值在 5V 左右,横向 PNP 管的  $V_{idmax}$  可达 +——30V 以上。

## 1.7. 最大共模输入电压 (maximum common mode input voltage)

在保证运放正常工作条件下,共模输入电压的允许范围。共模电压超过此值时,输入差分对管出现饱和,放大器失去共模抑制能力。

## 2. 运算放大器的动态技术指标

### 2.1. 开环差模电压放大倍数 (open loop voltage gain)

运放在无外加反馈条件下,输出电压与输入电压的变化量之比。

### 2.2. 差模输入电阻 $R_{id}$ (input resistance)

输入差模信号时,运放的输入电阻。为运放开环条件下,从两个差动输入端看进去的动态电阻。

### 2.3. 共模输入电阻 $R_{ic}$ (common mode input resistance)

它定义为运放两个输入端并联时对地的电阻。对于晶体管作输入级的集成运放来说, $R_{ic}$  通常比  $R_{id}$  高两个数量级左右。采用场效应管,输入级运算放大器  $R_{ic}$  和  $R_{id}$  数值相当。

### 2.4. 共模抑制比 (common mode rejection ratio)

与差分放大电路中的定义相同,是差模电压增益与共模电压增益之比,常用分贝数来表示。

$$K_{CMR}=20\lg(A_{vd} / A_{vc}) \text{ (dB)}$$

它是衡量输入级差放对称程度及表征集成运放抑制共模干扰信号能力的参数。其值越大

---

越好。通常 KCMR 约为 ( 70 ~ 100 ) 分贝 , 高质量的可达 160 分贝。

## 2.5. - 3dB 带宽 (—3dB band width)

运算放大器的差模电压放大倍数 下降 3dB 所定义的带宽 。 其值愈大愈好。

## 2.6. 单位增益带宽 (BWG)(unit gain band width)

下降到 1 时所对应的频率, 定义为单位增益带宽 。 与晶体管的特征频率  $f_T$  相类似。

## 2.7. 转换速率 (压摆率)(slew rate)

又称为上升速率, 反映运放对于快速变化的输入信号的响应能力。运放转换速率定义为, 运放接成闭环条件下, 将一个大信号 ( 含阶跃信号 ) 输入到运放的输入端, 从运放的输出端测得运放的输出上升速率。由于在转换期间, 运放的输入级处于开关状态, 所以运放的反馈回路不起作用, 也就是转换速率与闭环增益无关。转换速率对于大信号处理是一个很重要的指标, 对于一般运放转换速率  $SR \leq 10V/\mu s$ , 高速运放的转换速率  $SR > 10V/\mu s$ 。这用于大信号处理中运放选型。SR 越大, 表示运放对高速变化的输入信号的响应能力越好。信号幅值愈大, 频率愈高, 要求集成运放的 SR 愈大。目前的高速运放最高转换速率 SR 达到  $6000V/\mu s$ 。

## 2.8. 等效输入噪声电压 $V_n$ (equivalent input noise voltage)

输入端短路时, 输出端的噪声电压折算到输入端的数值。这一数值往往与一定的频带相对应。

## 2.9. 开环带宽

开环带宽定义为, 将一个恒幅正弦小信号输入到运放的输入端, 从运放的输出端测得开环电压增益从运放的直流增益下降 3db ( 或是相当于运放的直流增益的 0.707 ) 所对应的信号频率。这用于很小信号处理。

---

## 2.10. 单位增益带宽 GB

单位增益带宽定义为，运放的闭环增益为 1 倍条件下，将一个恒幅正弦小信号输入到运放的输入端，从运放的输出端测得闭环电压增益下降 3db（或是相当于运放输入信号的 0.707）所对应的信号频率。单位增益带宽是一个很重要的指标，对于正弦小信号放大时，单位增益带宽等于输入信号频率与该频率下的最大增益的乘积，换句话说，就是当知道要处理的信号频率和信号需要的增益以后，可以计算出单位增益带宽，用以选择合适的运放。这用于小信号处理中运放选型。

## 2.11. 全功率带宽 BW

全功率带宽定义为，在额定的负载时，运放的闭环增益为 1 倍条件下，将一个恒幅正弦大信号输入到运放的输入端，使运放输出幅度达到最大（允许一定失真）的信号频率。这个频率受到运放转换速率的限制。近似地，全功率带宽=转换速率/ $2\pi V_{op}$ （ $V_{op}$  是运放的峰值输出幅度）。全功率带宽是一个很重要的指标，用于大信号处理中运放选型。

## 2.12. 建立时间

建立时间定义为，在额定的负载时，运放的闭环增益为 1 倍条件下，将一个阶跃大信号输入到运放的输入端，使运放输出由 0 增加到某一给定值所需要的时间。由于是阶跃大信号输入，输出信号达到给定值后会出现一定抖动，这个抖动时间称为稳定时间。稳定时间+上升时间=建立时间。对于不同的输出精度，稳定时间有较大差别，精度越高，稳定时间越长。建立时间是一个很重要的指标，用于大信号处理中运放选型。

## 2.13. 等效输入噪声电压

等效输入噪声电压定义为，屏蔽良好、无信号输入的运放，在其输出端产生的任何交流无规则的干扰电压。这个噪声电压折算到运放输入端时，就称为运放输入噪声电压（有时也用噪声电流表示）。对于宽带噪声，普通运放的输入噪声电压有效值约 10~20 $\mu$ V。

---

## 2.14. 差模输入阻抗（也称为输入阻抗）

差模输入阻抗定义为，运放工作在线性区时，两输入端的电压变化量与对应的输入端电流变化量的比值。差模输入阻抗包括输入电阻和输入电容，在低频时仅指输入电阻。一般产品也仅仅给出输入电阻。采用双极型晶体管做输入级的运放的输入电阻不大于 10 兆欧；场效应管做输入级的运放的输入电阻一般大于 10<sup>9</sup> 欧。

## 2.15. 共模输入阻抗

共模输入阻抗定义为，运放工作在输入信号时（即运放两输入端输入同一个信号），共模输入电压的变化量与对应的输入电流变化量之比。在低频情况下，它表现为共模电阻。通常，运放的共模输入阻抗比差模输入阻抗高很多，典型值在 10<sup>8</sup> 欧以上。

## 2.16. 输出阻抗

输出阻抗定义为，运放工作在线性区时，在运放的输出端加信号电压，这个电压变化量与对应的电流变化量的比值。在低频时仅指运放的输出电阻。这个参数在开环测试。