

Figure 1: 把这个图,还有 CMRR 记下来

关于噪声

Power Spectral Density(功率谱密度)

在固定的频率间隔 df 中获得的噪声功率

单位: $\frac{V^2}{Hz}$ 或者 $\frac{V}{\sqrt{Hz}}$

信噪比(SNR)

$$SNR = 20 \log_{10} \left(\frac{\text{rms of signal}}{\text{rms of noise}} \right)$$

rms:信号的有效值

电压白噪声(单个电阻热噪声)

$$E_r = \sqrt{4RkT\Delta f}$$

• k:玻尔兹曼常数

- R:电阻值
- T:热力学温度
- Δf :带宽

电流白噪声密度

可以乘以正负端的电阻转换为电压

白噪声

在所有频率上的幅度都是一样的

噪声带宽

4. 噪声等效带宽 (NEB)

噪声等效带宽 (NEB) 是指与运放的实际频率响应曲线下的面积相等的理想带宽。

计算公式:

$$NEB = 1.57 \times \frac{GBW}{\text{Noise Gain}}$$

- **Noise Gain** 是运放的闭环增益。

例子:

- 如果 GBW 为 1 MHz, Noise Gain 为 $\times 100$:

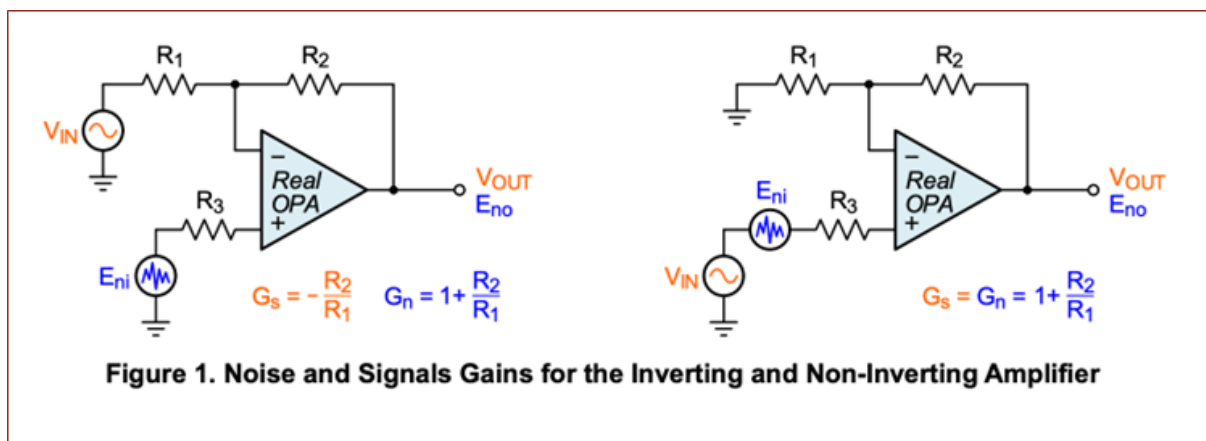
$$NEB = 1.57 \times \frac{1 \text{ MHz}}{100} = 15.7 \text{ kHz}$$

$$NEB = n \times \frac{GBW}{\text{Noise Gain}}$$

n :放大器阶数对应的经验常数

GBW:增益带宽, 一般为固定指标 Noise Gain:放大器对正端等效噪声的增益(不一定是信号增益)

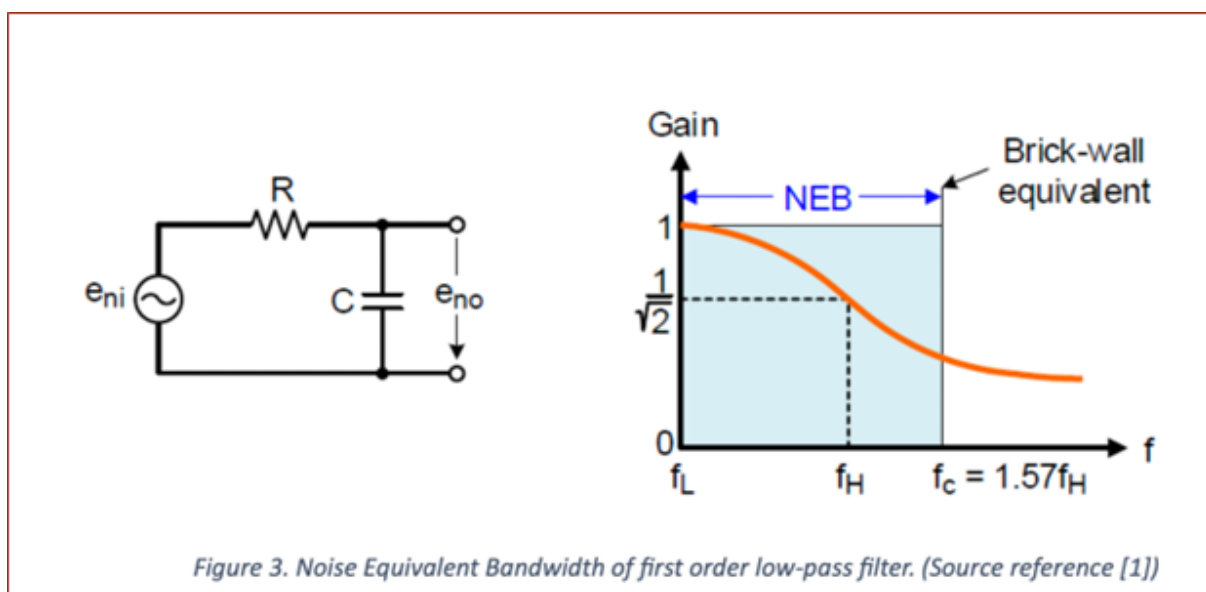
都认为噪声信号接在非反向输入端, Noise Gain可以认为是把实际信号设为 0, 单独对噪声的增益.



白噪声等效带宽 (Noise Equivalent Bandwidth, NEB) 是一个用来衡量系统或电路对噪声信号“通过能力”的概念。它表示一个理想的矩形滤波器（带宽恒定、增益平坦、带外完全衰减）能通过与实际系统相同总量白噪声功率的带宽范围。

Figure 2: 白噪声 NEB 的关键:能量上等效

Δf 就是运放的 NEB ($n \times f_H$)

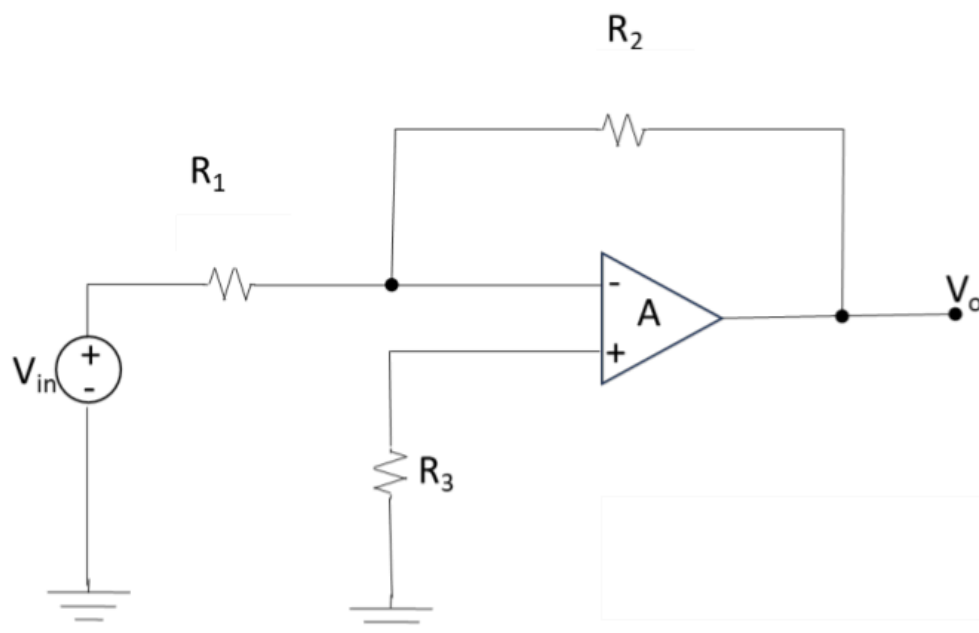


$$f_H = \frac{GBW}{G_n}$$

G_n : 噪声增益

GBW: 噪声等效带宽

关于总噪声的计算



组成部分

- 由于 R_1, R_2 和 R_3 的热噪声 $E_r = \sqrt{4RkT\Delta f}$
- 运放电流噪声: 找到输入端, $E_{nn} = R_1 \parallel R_2 \times i_{nw} \sqrt{NEB}$
- 运放电压噪声: $E_n = e_{nw} \sqrt{NEB}$
- 求解输入噪声: $E_{in} = \sqrt{E_{R_1 \parallel R_2}^2 + E_{R_3}^2 + E_{opampv}^2 + E_{opampi}^2}$
- 输出噪声: $E_{no} = E_{ni} \times G_n$ (G_n 是噪声增益)