

## 1M 的运算放大器，配置为 $G=-1$ 的反向放大电路，信号带宽是多少？

作者：Frederic Li

我们在日常使用 VFA（电压反馈型放大器）时会遇到这样的问题，电路配置时的信号带宽是多少？是不是等于增益带宽积 ÷ 增益 ( $V_{out}/V_{in}$ )？本文将回答这个问题。

### 一、被误解的带宽

信号带宽 = 增益带宽积 / 噪声增益，这才是计算信号带宽的正确公式；

我们回到题目中的问题，那么答案是 500KHz，可能和你直觉的 1MHz 是不同的，我们将在下文具体解释；

### 二、概念解释

回到刚才的那个公式，我们会发现有一个参数叫做噪声增益，而我们通常设计电路时考虑的是自己设计输入的信号增益，而非噪声增益，这也是我们文章标题可能得出错误答案的根本原因。

#### 1. 噪声增益 (Noise Gain)

指出现在与运算放大器输入端串联的噪声源 (输入电压噪声) 或电压源 (输入失调电压) 上的增益；注意：噪声增益等同于同相放大器的信号增益是定义

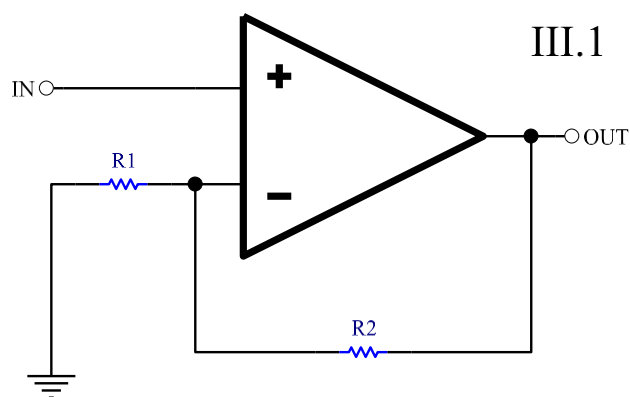
规定，由此可以进一步推出，同相和反相配置的放大器，其噪声增益是相同的，都为  $NG = 1 + \frac{R_2}{R_1}$ ，参考下文中 III.1 和 III.2 的配置图。

#### 2. 信号增益 (Signal Gain)

指连接反馈环路时施加于输入信号的增益，我们日常讨论的同相放大和反相放大电路，指的就是信号增益。

### 三、典型配置中的信号增益，噪声增益和带宽分析

#### 1. 同相放大配置



$$\text{信号增益} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \quad \text{噪声增益} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

如上图，为同相输入的放大器配置，其信号增益和

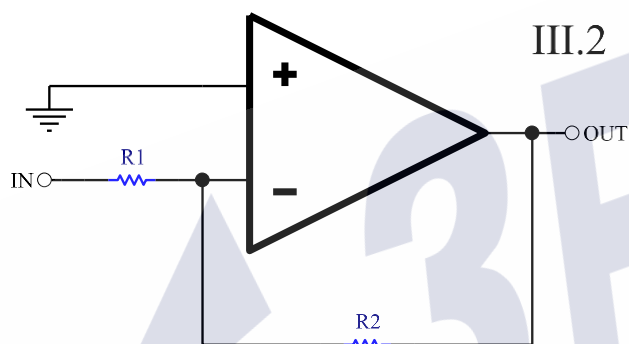
TD19041501\_1M 的运算放大器，配置为 G=-1 的反向放大电路，信号带宽是多少？

噪声增益相同；

如果设此放大器为 TP128X，其 GBP=7MHz，而  $R_2=R_1$ ，在不考虑其他因素的情况下，其  $BW=7\text{MHz} \div 2=3.5\text{MHz}$ ；

此外，还有一点需要注意，在这个计算出来的带宽频点（3.5MHz）上，已经出现了-3dB 的衰减，如果需要用到这个频点，需要在设计的时候额外留出裕量。

## 2. 反相放大配置



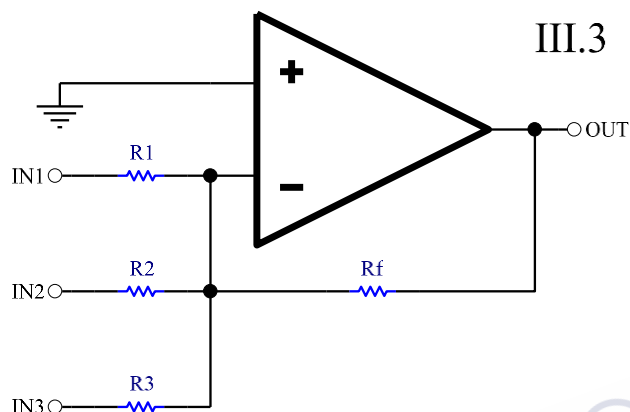
$$\text{信号增益} = -\frac{R_2}{R_1} \quad \text{噪声增益} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

如上图，为反相输入的放大器配置，其信号增益和噪声增益不同，这一点也是工程师经常被误解的一点；

如果设此放大器为 TP128X，其 GBP=7MHz，在不考虑其他因素的情况下，其  $BW=7\text{MHz} \div 2=3.5\text{MHz}$ ，而不是被误解的时候计算出来的  $BW=7\text{MHz} \div 1=7\text{MHz}$ ；

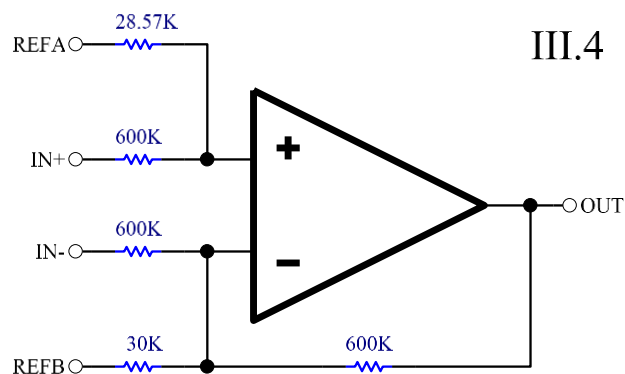
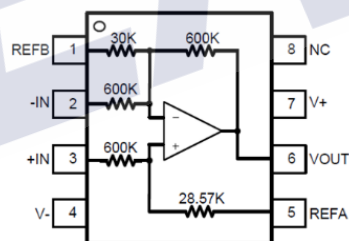
对于在带宽频点（3.5MHz）上，出现的-3dB 的衰减的考虑，参考同相放大器部分。

## 3. 加法器配置



$BW=GBP/N_G$ ，而  $N_G=1+R_f/(R_1//R_2//R_3)$ ，这样的结果可能和大多数工程师的直觉不符，要小的多，换言之，加法器是以牺牲了电路的有效带宽的前提下换取加法特性的。

## 4. 差分放大配置



如果给定此放大器的 GBP=10MHz，那么电路带宽是多少？

TD19041501\_1M 的运算放大器，配置为  $G=-1$  的反向放大电路，信号带宽是多少？

$BW=GBP/N_G$ ，而  $N_G=1+600K/(600K//30K)$ ，所以  $BW \approx 450KHz$ 。

## 四、总结

本文简单的讨论了带宽的计算方式；并分析了常见的放大配置中，带宽的具体计算方法，本文没有对相关概念进行展开探讨，关于深入的内容将在后续的文章中具体分析和讨论。

✦ *3PEAK* and the *3PEAK* logo are registered trademarks of *3PEAK INCORPORATED*. All other trademarks are the property of their respective owners.

