

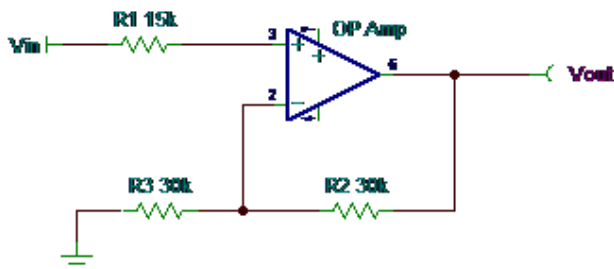
运算放大器的输入电容 (Cin) ——小心它影响了系统带宽

作者：Mister Lei

输入电容 Cin 不像运放的 Vos，噪声等参数那么直观。当我们用一颗运放来搭建线路时，除了提前考虑稳定性的问题很难说出它到底会对我们使用带来哪些影响，然而它却被标注在每一份规格书中，可见它的重要性。本文就来分享一个由 Cin 带来的很少被关注到的问题。

选用一颗新的运放做一个设计或者作替代料时，很多工程师会对运放的 GBW 进行测试，以保证在实际通带内的有效信号能被完美的放大。

我们对一颗 GBW=10MHz 的运放进行测试，利用信号发生器，接入 Vpp 约 100mV 左右的正弦波信号到 Vin（输入输出不饱和），调节 Vin 的频率，查看输入输出信号，输出理论 pk-pk 是 $V_{out}=2V_{in}$



当输入 Vin 调节为 400kHz 时，示波器所测波形如图 1（通道 1 黄色是输入，通道 2 绿色是输出，以下同），输出波形 Vpp 非常标准。

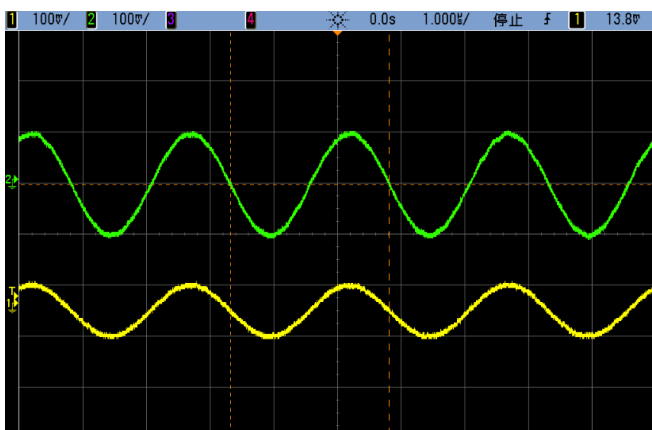


图 1. 输入 Vin=400kHz

当输入 Vin 为 1MHz 时，示波器波形如图 2，输出峰峰值远大于理论值。

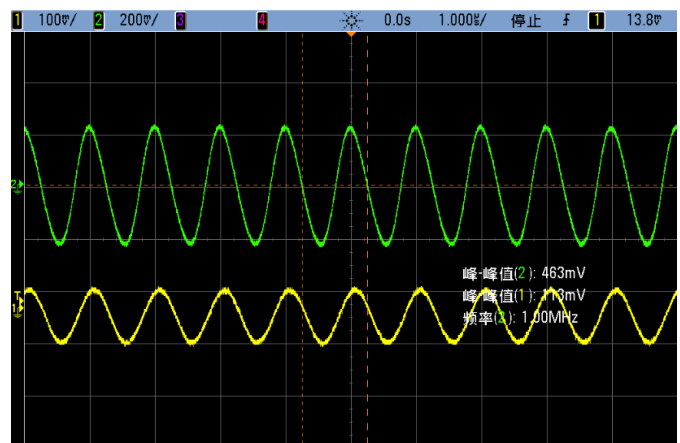


图 2. 输入 Vin=1MHz

试想，如果有效信号是 1MHz，我们选用的这颗 GBW=10MHz 的运放竟然都无法达到标准输出。

继续增加频率，测量 -3dB 点的波形（输出幅度衰减到理论值的 0.707 倍），示波器波形如图 3，此时输入信号频率是 3.7MHz。

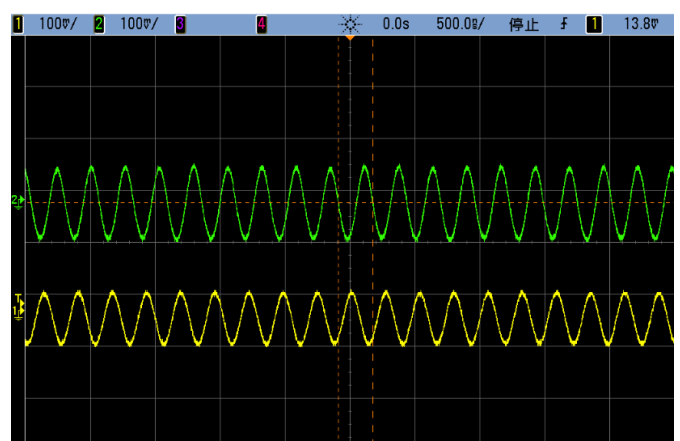


图 3. -3dB 波形

遇到这样的问题第一步就是审查运放的带宽，下图 4 是所用运放的幅频特性曲线。

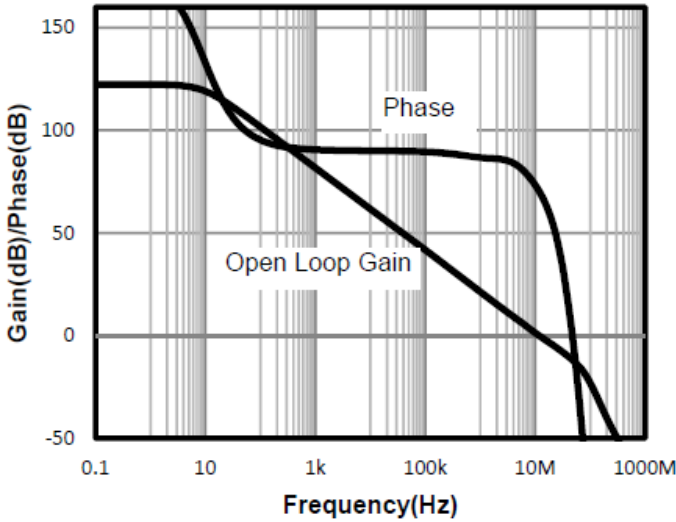


图 4.Open-Loop Gain and Phase

按照 $GBW=10\text{MHz}$ 来算， $\text{Gain}=2\text{V/V}$ 下的 $\text{Bandwidth}=5\text{MHz}$ ，而 3.7MHz 远小于这个值，很像是线路中有一个低通滤波器的作用才导致频点前移。而 1MHz 处于 Gain 的 peak 区域，就会导致输出幅值比理论值大很多。

可以通过 FFT 来分析频域上的组成，如图 5，发现输出有 750kHz 左右的较大谐波。

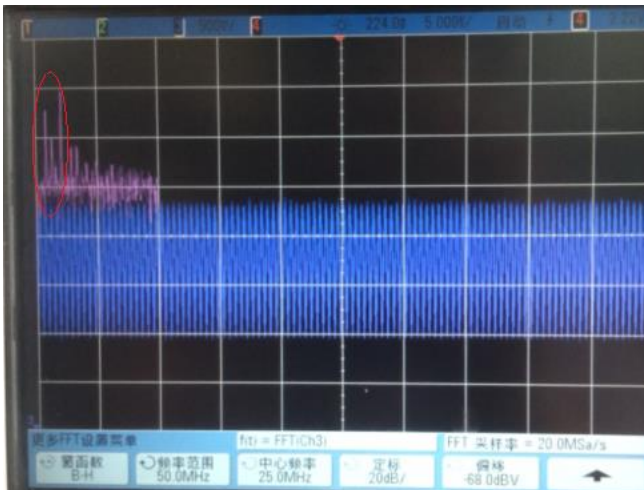


图 5.输出 FFT

为了找到这个 LPF (Low Pass Filter)，不得不怀疑线路中的各种容性器件或者寄生电容，同时查看这颗运放的规格书发现它的 Differential C_{in} 比较大，有 7pF (需要说明的是，很多运放为了达到较低的噪声， C_{in} 普遍会做的比较大)，结合反向端的 $30\text{k}\Omega$ 电阻

可以计算出这个 RC 组成的 LPF 频率竟然就是接近 750kHz ，显然这不是巧合。

为了验证这个问题，将线路中的 R2 和 R3 同时减小 10 倍到 $3\text{k}\Omega$ (需要保持 Gain 不变)，尝试将截止频率后移，FFT 后发现谐波消失了，如图 6。

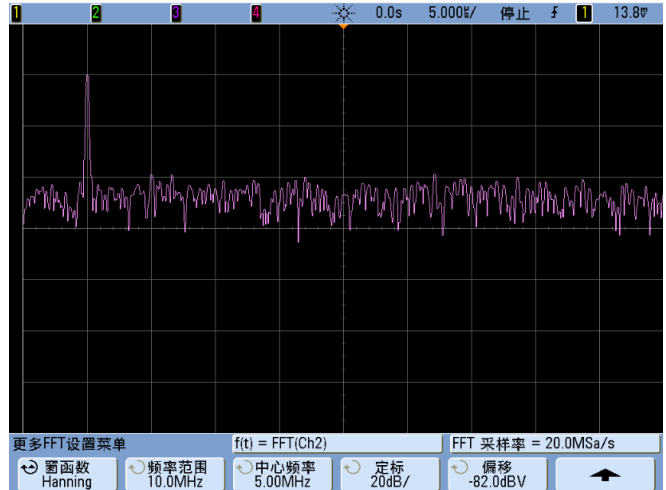


图 6.修改阻值后的输出 FFT

然后我们来查看 $V_{in}=1\text{MHz}$ 时的输出波形，如图 7，已经非常接近理论输出幅度。

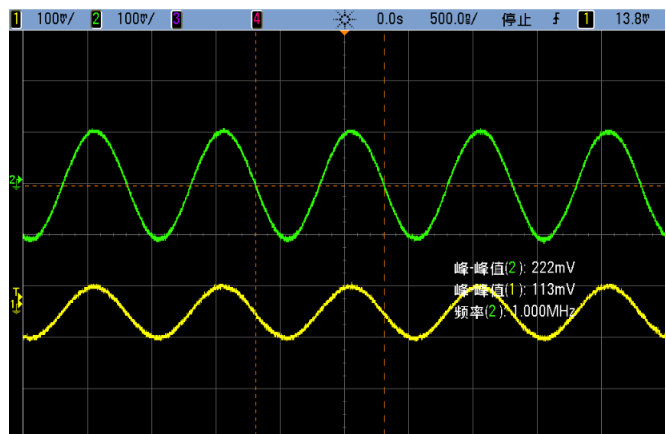


图 7.修改阻值后输入 $V_{in}=1\text{MHz}$

同样继续增加输入信号的频率，测量修改电阻后-3dB 点的波形，如图8，此时频率约 5MHz，符合运放的标称值 ($BW=10\text{MHz}/2$)。

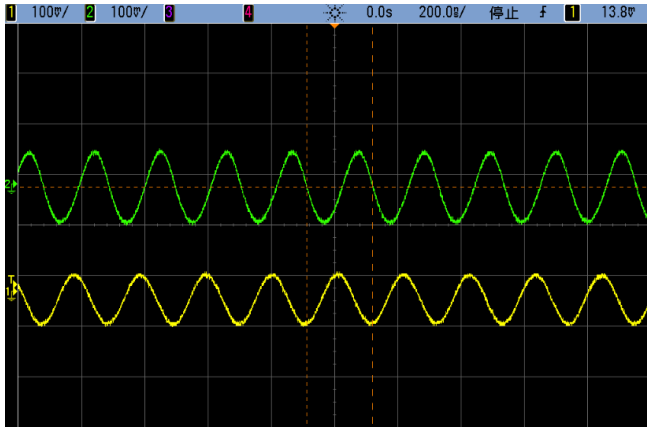


图 8.修改阻值后-3dB 波形

总的来说，选择合适的运算放大器用于你的系统这本来就不是件容易的事情，特别是在你的产品中尝试新的物料，为了少走弯路，不要放过考察每一个参数，包括文中提到的 C_{in} 。

关于文章有任何疑问或者其他需求，可以联系 lei.xiansheng@3peakic.com.cn。

3PEAK 专注于高端，高性能模拟信号链 IC 产品，拥有全系列的运算放大器，相信总有一款适合您的系统。更多详情，欢迎登陆：www.3peakic.com.cn