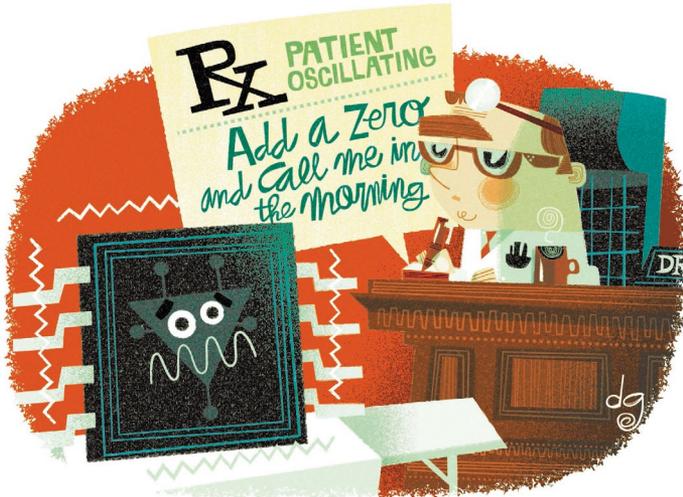


非常见问题解答—第122期 关于电压反馈型电阻的真相

作者：Tina Collins



问：

我的全差分电压反馈型放大器的稳定性似乎受反馈电阻值很大影响— R_f/R_G 比始终正确，到底发生了什么？

答：

信号需要增益时，放大器是首选组件。对于电压反馈型和全差分放大器，反馈和增益电阻之比 R_f/R_G 决定增益。一定比率设定后，下一步是选择 R_f 或 R_G 的值。 R_f 的选择可能影响放大器的稳定性。

放大器的内部输入电容可在数据手册规格表中找到，其与 R_f 交互以形成传递函数中的一个极点。如果 R_f 极大，此极点将影响稳定性。如果极点发生的频率远高于交越频率，则不会影响稳定性。不过，如果通过 $f = 1/(2\pi R_f C_{in,amp})$ 确定的极点位置出现在交越频率附近，相位裕量将减小，可能导致不稳定。

图1的示例显示小信号闭环增益与ADA4807-1电压反馈型放大器频率响应的实验室结果，采用同相增益为2的配置，反馈电阻为499 Ω 、1 k Ω 和10 k Ω 。数据手册建议 R_f 值为499 Ω 。

小信号频率响应中的峰化程度表示不稳定性。 R_f 从499 Ω 增加至1 k Ω 可稍微增加峰化。这意味着 R_f 为1 k Ω 的放大器具有充足的相位裕量，且较稳定。 R_f 为10 k Ω 时则不同。高等级的峰化意味着不稳定性（振荡），因此不建议。

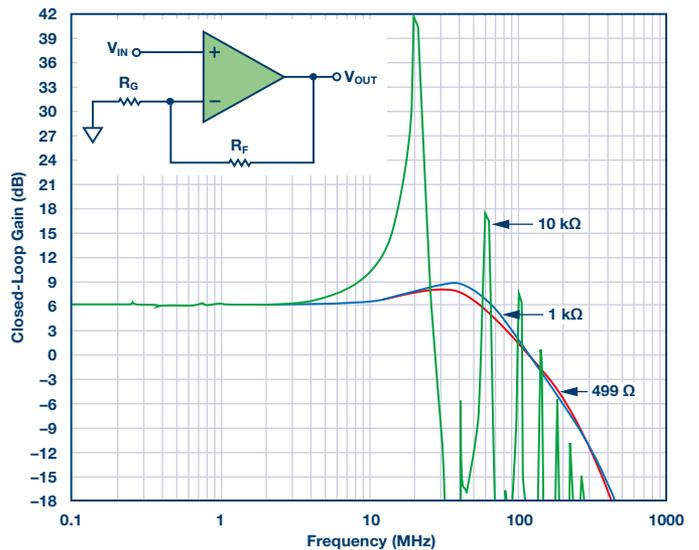


图1. 使用不同反馈电阻的实验室结果。 $V_S = \pm 5 V$ ， $V_{OUT} = 40 mV p-p$ ， $R_{LOAD} = 1 k\Omega$ ，针对499 Ω 、1 k Ω 和10 k Ω 的 R_f 值

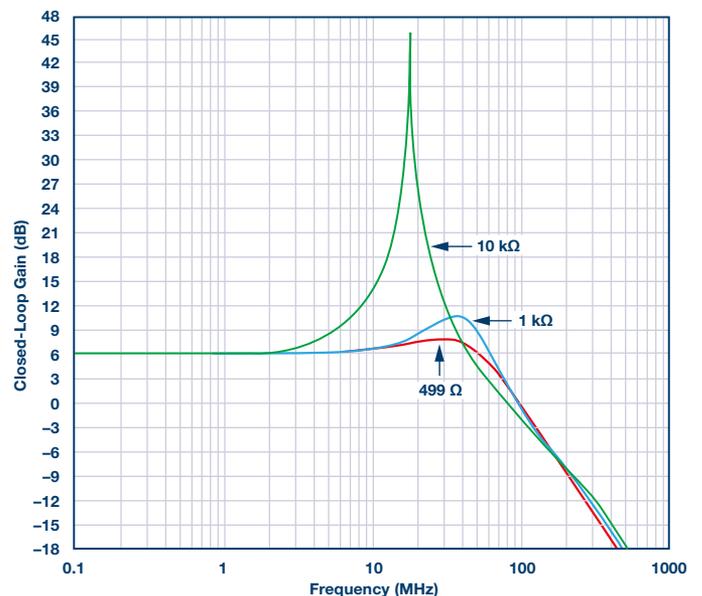


图2. 使用ADA4807 SPICE模型的模拟结果。 $V_S = \pm 5 V$ ， $G = 2$ ， $R_{LOAD} = 1 k\Omega$ ，针对499 Ω 、1 k Ω 和10 k Ω 的 R_f 值。

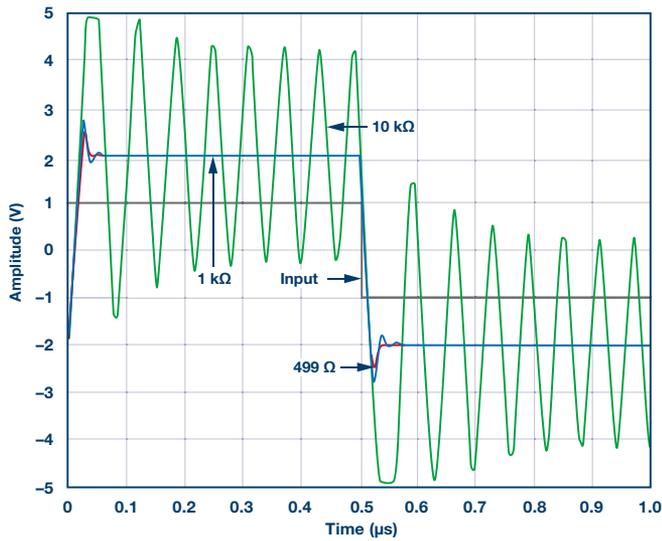


图3. 使用ADA4807 SPICE模型的脉冲响应模拟结果。
 $V_S = \pm 5\text{ V}$, $G = 2$, $R_{LOAD} = 1\text{ k}\Omega$, 针对 $499\ \Omega$ 、 $1\text{ k}\Omega$ 和 $10\text{ k}\Omega$ 的 R_F 值

在实验室中验证电路不是检验潜在不稳定性的强制步骤。图3显示使用SPICE模型的模拟结果，采用相同的 R_F 值 $499\ \Omega$ 、 $1\text{ k}\Omega$ 和 $10\text{ k}\Omega$ 。结果与图1一致。图3显示了时域内的不稳定性。通过在 R_F 两端放置反馈电容给传递函数添加零点，可以去除图4所示的不稳定性。

R_F 的选择存在权衡，即功耗、带宽和稳定性。如果功耗很重要，且数据手册建议反馈值无法使用，或需要更高的 R_F 值，可选择与 R_F 并联放置反馈电容。此选择产生较低的带宽。

为电压反馈型和全差分放大器选择 R_F 时，需要考虑系统要求。如果速度不重要，反馈电容有助于稳定较大的 R_F 值。如果速度很重要，建议使用数据手册中推荐的 R_F 值。忽略 R_F 与稳定性、带宽和功率的关系可能妨碍系统，甚至阻碍系统实现完整性能。

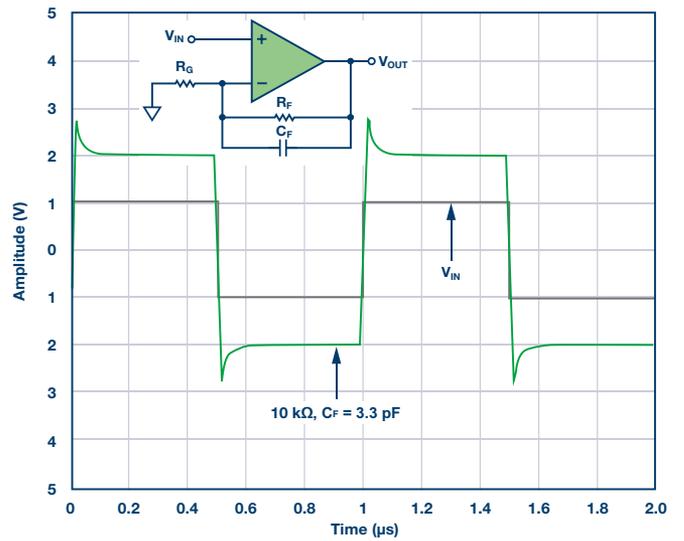


图4. 脉冲响应仿真结果，使用 3.3 pF 反馈电容 C_F 。
 $V_S = \pm 5\text{ V}$, $G = 2$, $R_F = 10\text{ k}\Omega$, $R_{LOAD} = 1\text{ k}\Omega$ 。

参考文献

Jung, Walter G. [运算放大器应用手册](#)。
 ADI公司，2002。

指南MT-033. [电压反馈型运算放大器的增益和带宽](#)。

指南MT-044. [运算放大器开环增益和开环增益非线性](#)。

指南MT-059. [补偿输入电容对电流电压转换器所用电压反馈和电流反馈型运算放大器的影响](#)。



Tina Collins[Tina.Collins@analog.com]是马萨诸塞州威明顿市线性产品和技术部门的应用工程师。她的主要兴趣是高速放大器的模拟和混合信号设计。Tina于2001年加入ADI。2013年成为应用工程师前，她主要从事高速放大器的开发和测试。Tina于2001年获得佛罗里达大学电气工程学士学位，2010年获得东北大学电气工程硕士学位。