

设计要点

在单端应用中采用一个差分 I/O 放大器

设计要点 473

Glen Brisebois

引言

低电压 SiGe 和 BiCMOS 工艺的近期发展使非常高速的放大器设计和生产成为现实。由于这些工艺是低电压型，因此大多数放大器设计均采用差分输入和输出，旨在恢复并最大限度地增加总输出信号摆幅。由于许多低电压应用都是单端，所以问题也就随之而来了：“我怎样才能单端应用中使用差分 I/O 放大器？”以及“这种用法的含意是什么？”。本设计要点将阐述某些实际含意，并用具 3GHz 增益带宽的 LTC[®]6406 差分 I/O 放大器来展示具体的单端应用。

背景

传统的运算放大器具有两个差分输入和一个输出。增益在名义上为无穷大，但是借助从输出至负“反相”输入的反馈优点保持了控制。输出不会变至无穷大，而是差分输入保持为零（被“无穷大”所除，本身就是这样）。传统运放应用的实用性、种类和优点均有文献记载，而且似乎是“取之无尽”。但对于全差分运算放大器，人们就并未给予充分的探究。

图 1 示出了具有 4 个反馈电阻器的差分运算放大器。在该场合中，差分增益在名义上依然是无穷大，并且利用反馈来使输入协调一致，但这并不足以确定输出电压。原因是共模输出电压可以是任意数值，而且，由于反馈是对称的，因此仍会产生一个“零”差分输入电压。于是，对于任何全差分 I/O 放大器而言，始终存在著另一个用于确定输出共模电压的控制电压。这就是 V_{OCM} 引脚的用途所在，同时也解释了全差分放大器至少为 5 引脚（不包括电源引脚）器件而非 4 引脚器件的原因。差分增益公式为 $V_{OUT(DM)} = V_{IN(DM)} \cdot R_2/R_1$ 。在内部强制共模输出电压至施加在 V_{OCM} 引脚上的电压。一项最终观测结论是將不再存在单个反相输入：两个输入都是反相和同相（这取决于所考虑的输出）。为了进行电路分析，采用传统方式给输入标

注了“+”和“-”，而且一个输出领受一个“非门”符号，将其表示为“+”输入的反相输出。

熟悉传统运放的人们都知道：同相应用在同相输入端上存在著接近 $G\Omega$ 甚至 $T\Omega$ 的固有高输入阻抗。但是，就图 1 所示的全差分运算放大器来说，存在著至两个输入端的反馈，因而不存在高阻抗节点。幸运的是该难点是可以克服的。

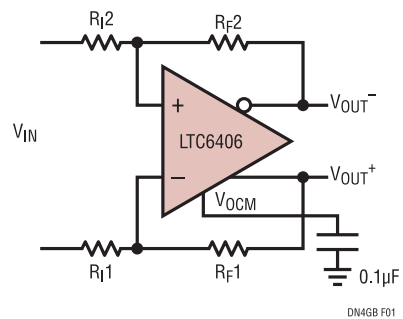


图 1：全差分 I/O 放大器示出了两个输出和一个附加的 V_{OCM} 引脚

全差分运算放大器的简单单端连接

如图 2 所示，LTC6406 被连接成一个单端运放。仅对其中一个输出进行反馈，而且只有一个输入接收反馈。另一个输入现在为高阻抗。LTC6406 在该电路中运作良好，而且仍然提供了一个差分输出。不过，一项简单的假想实验揭示了这种配置的其中一个不利面。假设所有输入和输出均位于 1.2V（包括 V_{OCM} ）。现在设想一下，将 V_{OCM} 引脚电压再向上驱动 0.1V。由于 V_{OUT+} 必须保持与 V_{IN} 相等，因此唯一能够移动的输出就是 V_{OUT-} 了，于是，为了将共模

LT、LT、LTC、LTM、Linear Technology、Linear 标识和 μ Module 是凌力尔特公司的注册商标。所有其他商标均为其各自拥有者的产权。

输出调高 100mV，放大器不得不使 V_{OUT-} 输出总共上调 200mV。由于一个 100mV V_{OCM} 移动，导致了一个 200mV 的差分输出移动。这表明的事实是：围绕一个全差分放大器的单端反馈将引入一个数值为 2 的噪声增益(从 V_{OCM} 引脚至“开路”输出)。为了消除该噪声，简单的做法就是不要使用该输出，从而形成一种全单端应用。或者，您也可以使用两个输出，由此承担的代价是噪声略有增加。

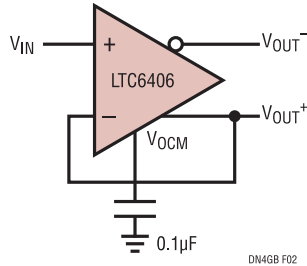


图 2：反馈仅为单端。该电路很稳定，具有一个类似传统运算放大器的高阻抗输入。闭环输出(在该场合中是 V_{OUT+})为低噪声。输出最好以单端的方式从闭环输出获得，并提供一个 1.2GHz 的 3dB 带宽。开环输出 (V_{OUT-}) 具有一个数值为 2 的噪声增益(从 V_{OCM})，但能够保持优良的工作特性至大约 300MHz，当超过该频率时，它将具有显著的通带纹波。

单端跨阻抗放大器

如图 3 所示，LTC6406 被连接成一个具有 20kΩ 跨阻抗增益的单端跨阻抗放大器。BF862 JFET 用于缓冲 LTC6406 的输入，从而极大地减轻了其双极输入晶体管电流噪声的影响。现在，该 JFET 的 V_{GS} 被作为一个失调电压而引入，但它通常为 0.6V，因此该电路在采用单 3V 电源的情况下依然运作良好，而且该失调电压能够利用 10k 电位器来调整。图 4 示出了时域响应。20MHz 带宽测量的总输出噪声在 V_{OUT+} 上为 0.8mV_{RMS}，而在 V_{OUT-} 上为 1.1mV_{RMS}。采取差分方式时，跨阻抗增益则为 40kΩ。

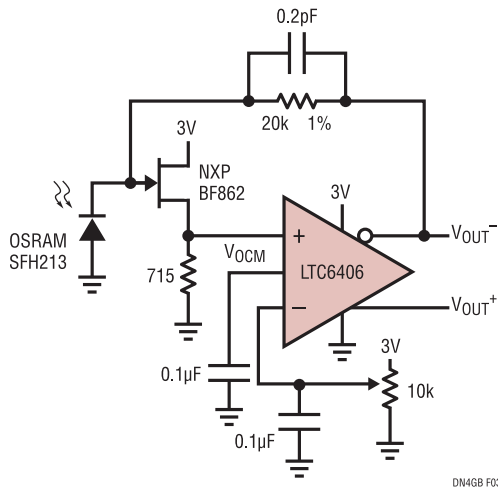


图 3：跨阻放大器。超低噪声 JFET 用于隔离 LTC6406 的电流噪声，对电位器进行微调，以在无负载至轻负载条件下提供 0V 差分输出。

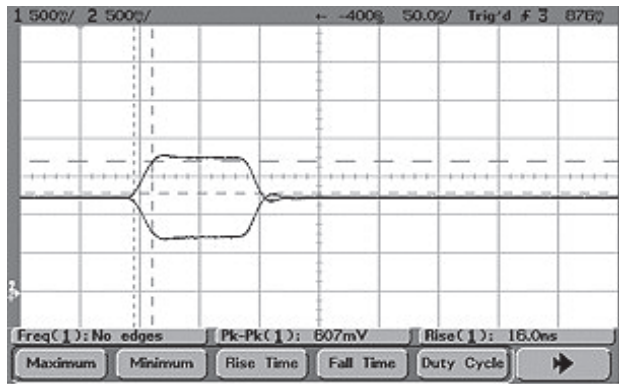


图 4：图 3 所示电路的时域响应，两个输出各具有 20kΩ 的 TIA 增益。上升时间为 16ns，表示一个 20MHz 带宽。

结论

诸如 LTC6406 等新型全差分运算放大器系列提供了前所未有的带宽。幸运的是，这些运放在单端应用和 100% 反馈应用中同样能够运行良好。

产品手册下载

www.linear.com.cn

如要获得更多资料或技术支持，请与我们的销售部或当地分销商联络，也可浏览我们的网址：www.linear.com.cn 或电邮到 info@linear.com.cn

凌力尔特有限公司
Linear Technology Corp. Ltd.
www.linear.com.cn
香港电话：(852) 2428-0303
北京电话：(86) 10-6801-1080
上海电话：(86) 21-6375-9478
深圳电话：(86) 755-8236-6088

艾睿电子亚太有限公司
Arrow Asia Pac Ltd.
www.arrowasia.com
香港电话：(852) 2484-2484
北京电话：(86) 10-8528-2030
上海电话：(86) 21-2893-2000
深圳电话：(86) 755-8836-7918

骏龙科技有限公司
Cyletech Technology Ltd.
www.cyletech.com
香港电话：(852) 2375-8866
北京电话：(86) 10-8360-7990
上海电话：(86) 21-6440-1373
深圳电话：(86) 755-2693-5811

派睿电子有限公司
Premier Electronics Limited
www.premierelectronics.com.cn
香港电话：(852) 2268-9888
北京电话：(86) 10-6260-8088
上海电话：(86) 21-6196-1388

好利顺电子香港有限公司
Nu Horizons Electronics Asia Pte Ltd.
www.nuhorizons.com
香港电话：(852) 3511-9911
北京电话：(86) 10-8225-1376
上海电话：(86) 21-6441-1811
深圳电话：(86) 755-3398-2850

dn473f 0210 142.8K • PRINTED IN CHINA


© LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION 2009