

高性能模拟前端中的运算放大器设计

摘自：电子工程专辑

高速转换系统，尤其是电信领域的转换系统，允许模数转换器(ADC)输入信号为 AC 耦合信号(通过利用变压器、电容器或两者的组合)。但对于测试和测量行业而言，前端设计并非如此简单，这是因为除提供 AC 耦合能力之外，该应用领域通常要求输入信号与 DC 耦合。设计可提供良好脉冲响应和 low 失真性能($\geq 500\text{MHz}$ 的 DC 频率)的有源前端充满挑战。本文就适用于高速数据采集的高性能 ADC 使用的模拟前端提供几种设计思想和建议。

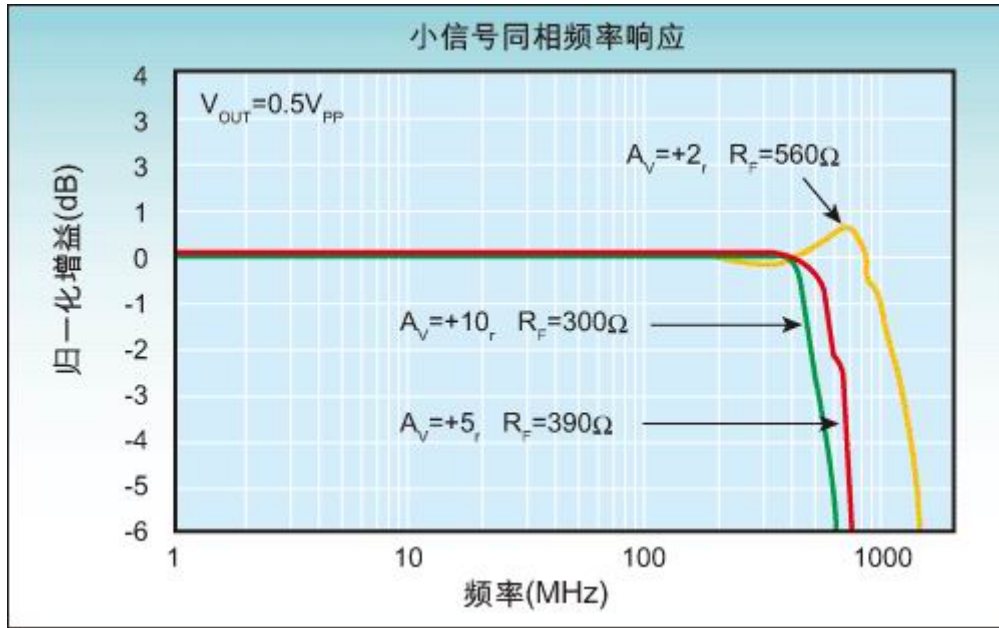


图 1: LMH6703 频响。

使用差分放大器是将高频模拟信号与 ADC 的输入相连的首选方法。因此，需要选择的第一个器件就是差分输出运算放大器。选择这类器件时，主要有两个考虑因素：增益带宽积和从外部电压设置运算放大器的共模输出电压的能力。这是因为驱动 ADC 输入的信号放大器将共模输出电压(VCMO)设置在最适合的 ADC 范围内是很重要的。如果不能满足这些条件，ADC 的性能会随着放大器的 VCMO 和 ADC 的最佳输入共模电压间不一致程度的增加而大幅降低。

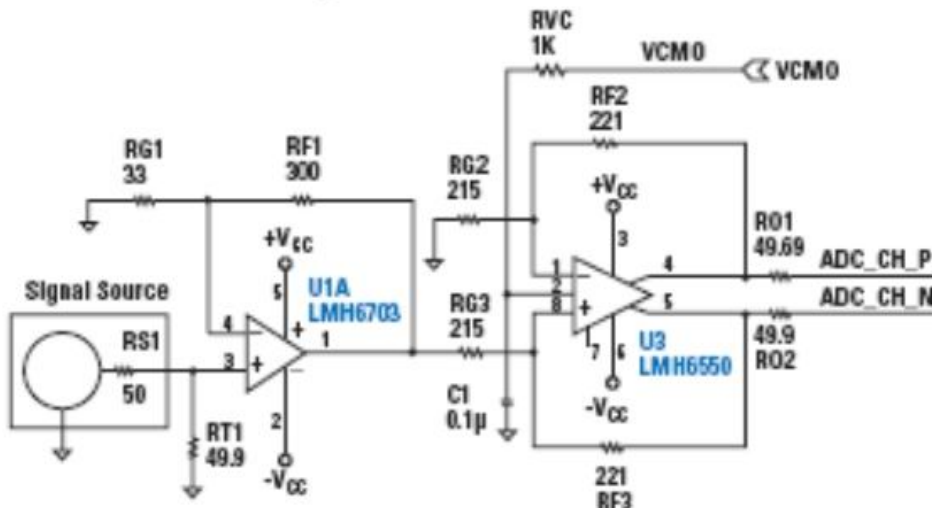


图 2：二级放大器电路图。

图 3：带有扩展 AC 信号性能的系统频响。

如果增益设置为 10 且带宽为 500MHz，则由图 1 得到 300 欧姆的推荐反馈电阻(RF1)。

$$A_v = 1 + (R_f / R_g)$$

因此 RG1(增益电阻)可选为 33 欧姆。图 2 是 LMH6703 和一个差分放大器一起使用的电路实例。

除了需要具有合适的 DC 信号通道的固定增益级别的系统，该应用还需要一个 AC 耦合模式。这是因为 DC 信号通道通常受到输入放大器所产生的增益带宽的限制。对于数据采集器件或需要很宽的输入带宽和低失真的通信通道而言，我们需要采用 AC 信号通道。这可将输入频率上限扩展到 DC 信号通道容量以外。

解决办法有很多种，选择哪种方法在很大程度上取决于最小的输入频率以及所需的高频性能。对于高频下 ($\geq 200\text{MHz}$) 的最高 AC 性能而言，平衡/非平衡变压器为实现单端-差分转换提供了解决方案，因为增加的信号失真很少。其折衷在于平衡/非平衡变压器是有损耗器件，会小幅(-1~2dB)削弱信号，并且它们的低频性能很差。通过使用单刀 RF 继电器来将单端输出信号从前置放大器切换到差分放大器或平衡/非平衡转换电路中，可以将平衡/非平衡耦合信号通道插入图 3 所示的电路中。还需要另一个单刀双掷 RF 继电器来将平衡/非平衡变压器和差分放大器的输出转发到 ADC 输入中。

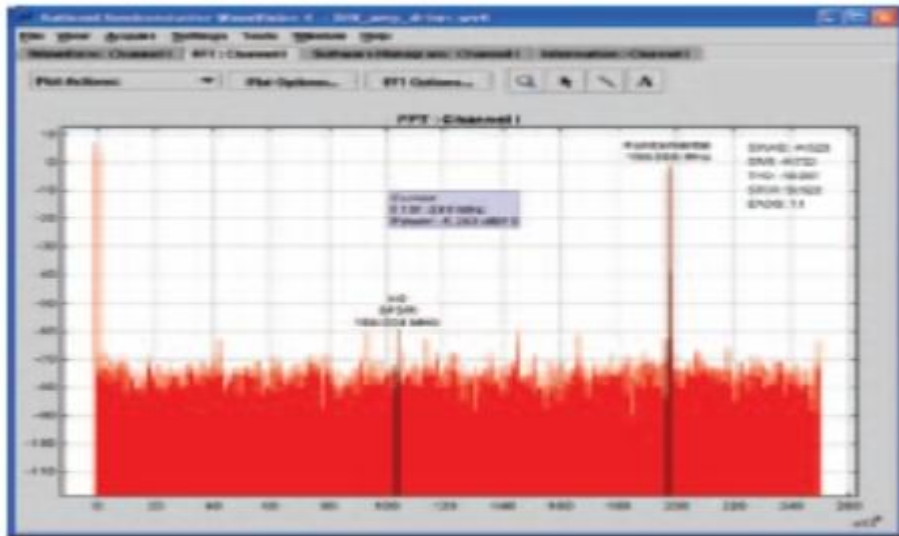


图 4：198 MHz 正弦波(由高速差分输出运算放大器发送、由 ADC08D500 以 500 MSPS 的速率进行采样的)的 FFT 图。

该电路很适于高端测试和测量设备。但是，对于成本敏感的应用，RF 信号继电器的成本造成了系统预算的负担，特别是在需要多个通道的情况下。因此低速系统选择可用于 AC 耦合和 DC 耦合模式的差分输出运算放大器会很有利，从而去除了平衡/非平衡转换电路。特别适合于该任务的放大器开始逐渐出现，并在逐渐提高带宽和 THD 方面的性能。

对于 8 位 1GSPS 的转换器而言，在 500MHz 下能够提供-50dB THD 值的、最小带宽为 1GHz 的差分放大器是很适合的。利用可以极大缩短前端设计时间的现成的运算放大器元件，可以从高速 ADC 获取较好的动态性能。在频率上限处，放大器引起的 SINAD 损耗不超过 3~4dB。图 4 展示了 198MHz 输入信号(由宽带差分输出放大器进行缓冲，再由 8 位 ADC 以 500MSPS 的速率进行采样)的 FFT。该图表明该放大器在该频率下具有很低的 2 阶和 3 阶谐波失真，使得 ADC 采集到的信号的噪声与失真数值，能与从专用 AC 耦合信号通道获得的性能相当。

本文小结

放大器的性能在不断得到提升，以提高带宽并降低 THD。随着 ADC 进入 GSPS 范围，我们就需要能够与这

些转换器接口的放大器。通过消除电路通道不仅能够降低系统成本，而且不会牺牲系统的性能，并允许设计者以较低的成本实现较高的性能，同时缩短了前端电路的设计时间。