

用于 LTC2377-20 的 DC 精密驱动器

可实现 2ppm 线性度 - 设计要点 1032

Guy Hoover

引言

随着模数转换器 (ADC) 的分辨率和采样率持续上升, 其模拟输入的驱动电路 (而不是模数转换器本身) 日益成为决定整个电路精度的限制因素。首先, 驱动电路必须能够缓冲输入信号并提供增益。此外, 还必须能够进行电平转换或将单端信号转换为全差分信号, 以满足 ADC 的输入电压范围和共模要求。所有这些都必须在不给原始信号增加失真的情况下完成。

本“设计要点”介绍一种简单的 ADC 驱动器电路, 它将 $\pm 10V$ 单端输入信号转换为全差分信号, 能够以仅 2ppm 的综合线性度误差驱动 LTC[®]2377-20 20 位 SAR ADC。此外, 还分析了可提供更高输入阻抗和更低总体电源电流的选项。

电路说明

图 1 中的电路可以将 $\pm 10V$ 单端信号转换为 LTC2377-20 (U1) 所需的 $\pm 5V$ 全差分信号。

LTC2377-20 是一款 20 位、500ksps 的低功耗 SAR ADC, 具有 $\pm 0.5ppm$ 典型积分非线性 (INL)。 A_{IN} 的电压被 U4 缓冲, 其随后驱动 U5 电阻串, 充当精密分压器。U3 以 $-1/2$ 增益运行, 并驱动 U5 电阻串的中心, 以将 ADC 共模电压保持在 $V_{REF}/2$ 。

U3 和 U4 是 LT[®]1468A 低失调高线性运算放大器。U5 是 LT5400A 四通道匹配电阻网络, 其保证最高失配为 0.01%。U5 中的匹配电阻值非常重要, 因为任何失配都会导致电路出现失调和满量程误差。出于此原因, 以及其极低的电压系数, 所以请不要使用分立电阻器来代替 LT5400A。R4 为 U3 的输出提供 $1/4$ 标度移位。R1 和 R2 构成分压器, 这给 U3 的同相输入端施加了 $V_{REF}/2$ 的偏置电压。

△、LT、LTC、LTM、Linear Technology 和 Linear 徽标是 Linear Technology Corporation 的注册商标。所有其他商标均属各自所有人所有。

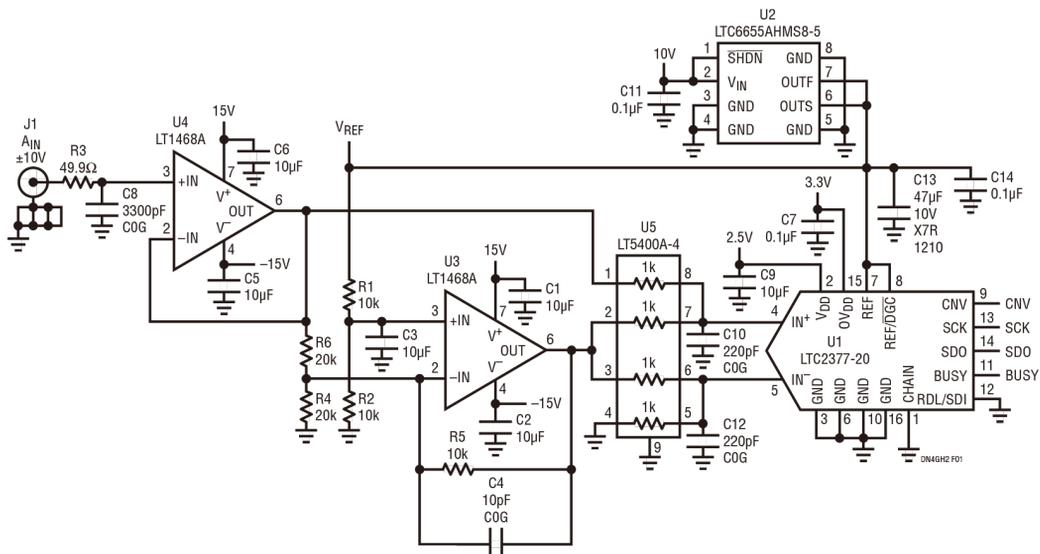


图 1. $\pm 10V$ 输入范围、20 位、500ksps 数据采集系统具有 2ppm INL

R5 和 R6 将反相放大器 U3 的增益设置为 -0.5。C10、C12 和 U5 电阻器组合形成 ADC 输入端的 1.4MHz 滤波器。此外, U5 的引脚 1 和引脚 8 之间的电阻器有助于将 U4 输出与 ADC 从保持模式进入采样模式时会出现的电荷高峰隔离开来。由于 LTC6655A-5 (U2) 能够快速从转换期间 REF 引脚上发生的瞬变中稳定下来, 且本身的噪声很低, 因而被选作该电路的基准。

电路性能

该电路的典型交流性能包括 -123.5dB 的 THD 和 102.7dBFS 的 SNR、500ksps 采样速率, 以及 100Hz 输入信号。您可以在图 2 的 FFT 中查看此性能。THD 和 SNR 的性能接近于 LTC2377-20 数据手册中的典型值, 表明在使用此驱动器时性能下降很小。

如图 3 所示, 在采样速率为 500ksps 的情况下, 组合电路在整个 ±10V 输入信号范围内的典型线性性能为 +2ppm、-1.3ppm。线性度受 ADC 的 INL 和运算放大器 U4 的 CMRR 的限制。

ADC 输入端的合并失调, 包括源自 U4、U5 和 U1 的失调, 测量值为 +50μV。U3 的失调对该驱动器的失调没有任何影响。对 ADC 输入失调进行最坏情况分析通过加入 U1、U4 和 U5 的最大失调进行计算:

$$V_{OS(MAX)} = BZE(Max)U1 + V_{OS(MAX)}U4/2 + (V_{REF}/2 - V_{REF}/(2 + \Delta R/R(Max)U5))$$

$$V_{OS(MAX)} = 13ppm \cdot 10\mu V/ppm + 75\mu V/2 + (5/2 - 5/(2.0001)) \cdot 1E6\mu V$$

$$V_{OS(MAX)} = 292\mu V = 29.2ppm$$

LT1468A 的最大输入偏置电流为 ±40nA。对于需要更高输入阻抗的应用, 可以使用 LT1122A 替换 U4。LT1122A 是一种快速稳定的 JFET 输入运算放大器, 最大输入偏置电流为 75pA。在此电路中使用 LT1122A 之后, INL 为 +6ppm、-1.1ppm, 具体请参见表 1 中的运算放大器性能比较数据。

LTC2377-20 ADC 在采样率为 500ksps (全速率) 时, 典型电源电流为 4.2mA。LTC2377-20 在一次转换操作后自动断电, 直到下一次转换操作开始时才再次上电。这种自动关断功能可以降低 ADC 的功耗, 对于采样率极低的应用采样率可低至 1μA。

对于电源电流非常重要的低采样率应用, LT1468A 最高 5.2mA 的电源电流可能过高。对于这些应用, 可以使用 ±15V 时最大电源电流 500μA 的 LT1012A 皮安输入电流、微伏失调、低噪声运算放大器来代替 LT1468A。使用 LT1012A 采样率最高达 125ksps 时, 线性度可以达到 +0.9ppm、-0.5ppm, 具体请见表 1 中的运算放大器性能比较数据。采样率高于 125ksps 时, INL 性能开始下降, 这是因为运算放大器不能足够快速地稳定下来, 并准确驱动 ADC。

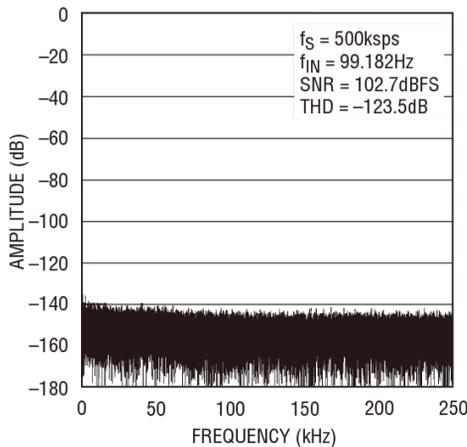


图 2. 组合电路 FFT

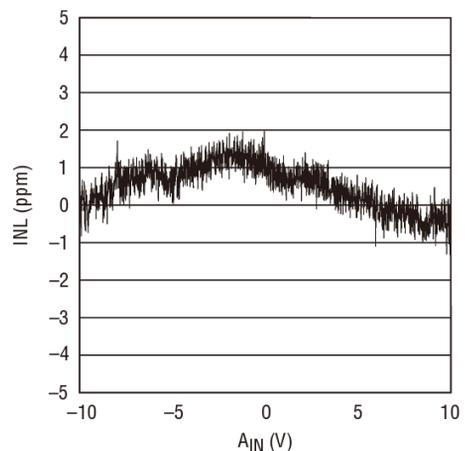


图 3. 线性度与输入电压的关系

结论

此处所示的 ADC 驱动器电路可以将 $\pm 10\text{V}$ 单端信号转换成用于 LTC2377-20 500ksps SAR ADC 的 $\pm 5\text{V}$ 全差分信号。组合电路性能达到 $50\mu\text{V}$ 失调、2ppm INL、102.7dBFS SNR，以及 123.5dB THD。该驱动器主要由两个 LT1468A 运算放大器和一个 LT5400A 匹配电阻阵列组成。此电路的其他版本使用 LT1122A 运算放大器来提供 75pA 的最大输入电流，或者在采样率降低时，使用 LT1012A 运算放大器来降低电源电流。Linear Technology 可提供该电路的演示板 DC2135。

表 1. 运算放大器性能比较

	最大值 V_{OS} (μV)	$\text{MAX } I_B$ (pA)	$\text{TYP } I_{SY}$ (mA)	$\text{MAX } f_s$ (ksps)	$\text{TYP } I_{NL}$ (ppm)
LT1468A	75	40,000	5.2	500	+2, -1.3
LT1122A	600	75	10	500	+6, -1.1
LT1012A	90	150	0.6	125	+0.9, -0.5

数据手册下载

www.linear.com/cn/LTC2377-20

如需应用支持，
请致电 4006 100 006

Linear Technology Corporation

1630 McCarthy Blvd., Milpitas, CA 95035-7417

(408) 432-1900 • 传真: (408) 434-0507 • www.linear.com

dn1032fa LT 0116 REV A • 美国印制



© LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION 2013