

用于数据采集的超高性能差分输出可编程增益仪表放大器

作者: Reem Malik和Sandro Herrera

数据采集系统和可编程逻辑控制器(PLC)需要多功能的高性能模拟前端,以便与各种传感器进行接口,来精确、可靠地测量信号。根据传感器具体类型和待测电压/电流幅度的不同,信号可能需要放大或衰减,从而匹配模数转换器(ADC)的满量程输入范围,以供进一步的数字处理和反馈控制。

数据采集系统的典型电压测量范围是从 $\pm 0.1\text{ V}$ 到 $\pm 10\text{ V}$ 。通过选择正确的电压范围,用户间接的更改系统增益,使模数转换器(ADC)输入端的采样电压幅度最大,进而最大程度地提高信噪比(SNR)和测量精度。在典型的数据采集系统中,需要衰减的信号与需要放大的信号分别通过不同的信号路径进行处理,这通常导致系统设计更为复杂,需要额外的器件,并且占用更多的电路板空间。在同一信号路径中实现衰减和放大的解决方案一般使用可编程增益放大器和可变增益放大器,但这些放大器往往不能提供许多工业和仪器仪表应用所需的高直流精度和温度稳定性。

有一种方法可以构建一个强大的模拟前端,以便在单一信号路径中实现衰减和放大,并且提供差分输出来驱动高性能模数转

换器,如图1所示,将一个可编程增益仪表放大器(PGIA),如AD8250(增益为1、2、5或10)、AD8251(增益为1、2、4或8)或AD8253(增益为1、10、100或1000)等,与一个全差分漏斗(衰减)放大器,如AD8475等级联。该解决方案简单灵活,具有高速特性,并提供出色的精度和温度稳定性。

上述可编程增益仪表放大器提供 $5.3\text{ G}\Omega$ 差分输入阻抗和 -110 dB 总谐波失真(THD),非常适合与各种传感器接口。当增益为10时,AD8250的保证特性包括: 3 MHz 带宽、 $18\text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 电压噪声、 685 ns 的 0.001% 建立时间、 $1.7\text{ }\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 失调漂移、 $10\text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 增益漂移以及 90 dB 共模抑制比(DC至 50 kHz)。精密直流性能与高速能力的结合,使得这些放大器非常适合具有多路复用输入的数据采集应用。

AD8475是一款高速、集成精密电阻的全差分漏斗放大器,提供0.4或0.8倍的精密衰减、共模电平转换、单端差分转换及输入过压保护等功能。这个易于使用、完全集成的精密增益模块采用 $+5\text{ V}$ 单电源供电时,可以处理最高 $\pm 10\text{ V}$ 的信号电平。因此,它能使工业电平信号与低压、高性能、采样速率高达 4 MSPS 的16位和18位逐次逼近(SAR)型ADC的差分输入范围匹配。

如图1所示,AD825x和AD8475配合工作,构成一个灵活的高性能模拟前端。表1列出了可以实现的增益组合,具体取决于输入和输出电压范围要求。

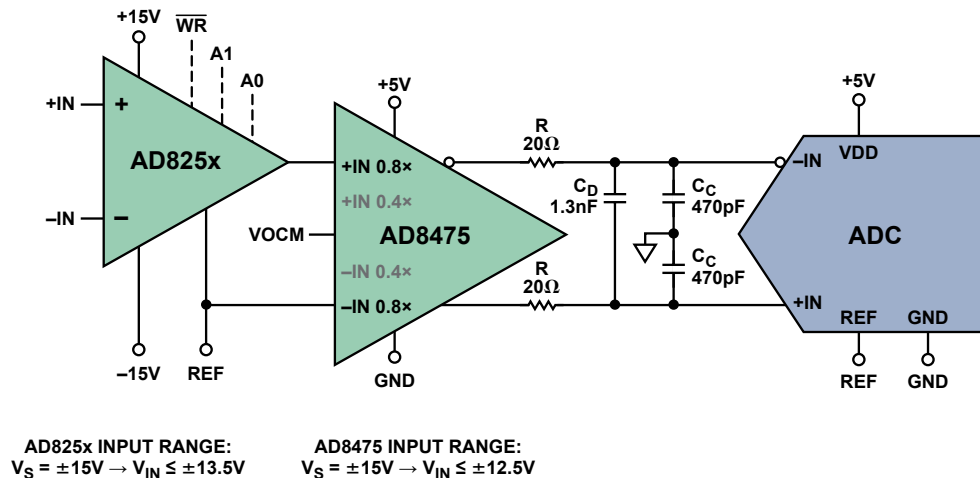


图1. 使用AD825x PGIA和AD8475差分输出漏斗放大器的数据采集模拟前端

表1. AD8475与AD8250、AD8251或AD8253组合可以实现的输入电压范围和增益

数据采集仪器测量范围(V)	峰峰值电压(V)	ADC每路输入的最大电压(V)	整体系统增益	AD825x增益	AD8475增益	ADC输入端的峰峰值电压	AD825x输入电压限值(保护ADC)	
±10	20	4.096	0.4	1	0.4	8	10.24	AD8250增益
±5	10	4.096	0.8	2	0.4	8	5.12	
±2	4	4.096	2	5	0.4	8	2.048	
±1	2	4.096	4	10	0.4	8	1.024	
±5	10	4.096	0.8	1	0.8	8	5.12	
±2.5	5	4.096	1.6	2	0.8	8	2.56	
±1	2	4.096	4	5	0.8	8	1.024	
±0.5	1	4.096	8	10	0.8	8	0.512	
±10	20	4.096	0.4	1	0.4	8	10.24	AD8251增益
±5	10	4.096	0.8	2	0.4	8	5.12	
±2.5	5	4.096	1.6	4	0.4	8	2.56	
±1	2	4.096	3.2	8	0.4	6.4	1.28	
±5	10	4.096	0.8	1	0.8	8	5.12	
±2.5	5	4.096	1.6	2	0.8	8	2.56	
±1	2	4.096	3.2	4	0.8	6.4	1.28	
±0.5	1	4.096	6.4	8	0.8	6.4	0.64	
±10	20	4.096	0.4	1	0.4	8	10.24	AD8253增益
±1	2	4.096	4	10	0.4	8	1.024	
±0.1	0.2	4.096	40	100	0.4	8	0.1024	
±0.01	0.02	4.096	400	1000	0.4	8	0.01024	
±5	10	4.096	0.8	1	0.8	8	5.12	
±0.5	1	4.096	8	10	0.8	8	0.512	
±0.05	0.1	4.096	80	100	0.8	8	0.0512	
±0.005	0.01	4.096	800	1000	0.8	8	0.00512	

能力：输入电压范围和带宽

采用±15 V电源供电时，AD825x系列PGIA的最大输入电压范围约为±13.5 V(AD8250和AD8251提供最高超过电源轨13 V的额外过压保护)。在本应用中，对PGIA输入电压范围的有效限制由ADC输入的满量程电压范围和从传感器到ADC的信号路径增益设置。例如，18位2 MSPS PulSAR ADC AD7986采用2.5 V单电源供电，典型基准电压为4.096 V，其差分输入支持最高±4.096 V的电压(输入电压0 V至4.096 V和4.096 V至0 V)。如果模拟前端的总增益设置为0.4，即AD825x的增益为1，AD8475的增益为0.4，则系统可以处理的输入信号最大幅度为±10.24 V。

为了确定系统所需的增益设置组合，应考虑ADC (VFS)的满量程输入电压以及传感器预计会提供的最小/最大电流或电压电平。

$$GAIN_{SYSTEM} = GAIN_{AD825x} \times GAIN_{AD8475}$$
$$V_{INmax} = \frac{V_{FS(ADC)}}{GAIN_{SYSTEM}}$$

就其精度和功能水平而言，该模拟前端的速度和带宽极为出色。该电路的速度和带宽由下列因素共同决定：

- AD825x建立时间：对于10 V输出电压跃迁，AD8250的0.001%(16位)建立时间为615 ns。
- AD825x压摆率：AD825x的压摆率在20 V/μs到30 V/μs之间，具体取决于增益设置。AD8475的压摆率为50 V/μs，因此系统受限于AD825x的压摆率。
- 抗混叠滤波器(AAF)截止频率：该滤波器由用户定义，用于限制ADC输入端的信号带宽，防止混叠，并提高信号链的信噪比(详情参阅放大器和ADC的数据手册)。
- ADC采样速率：AD8475可以驱动最高4 MSPS的18位分辨率转换器。

许多数据采集和过程控制系统需要测量压力、温度和其它低频输入信号，因此前端放大器的直流精度和温度稳定性对于系统性能至关重要。许多应用使用多个传感器，这些传感器以轮询方式多路复用连接到放大器输入端。通常而言，轮询频率远大于目标信号的带宽。当多路复用器从一个传感器切换到另一个传感器时，放大器输入端经历的电压变化是未知的，因此设计必须考虑最差情况——满量程电压跃迁。放大器必须能够在所分配的切换时间内从该满量程跃迁完成建立，该建立时间还必须短于ADC采集信号所需的建立时间。

(continued on Page 23)