

电磁流量计：设计考虑和解决方案

作者：Colm Slattery和李可

当今有哪些工业领域使用流量计？

“若不能度量，则无法管理。”这是工业领域的一句口头禅，尤其适合于流量测量。简单说来，对流量监测的需求越来越多，常常还要求更高速度和精度的监测。有几个领域中，工业流量测量很重要，比如生活废弃物。随着人们越来越关注环境保护，为使我们的世界更干净卫生、污染更少，废弃物的处置和监测就变得非常重要。人类消耗着大量的水，随着全球人口增长，用水量会越来越大。流量计至关重要，既能监测生活废水，也是污水处理厂过程控制系统不可或缺的一部分。

流量计还被用于许多工业控制过程，包括化学/制药、食品饮料、纸浆造纸等。此类应用常常需要在有大量固体存在的情况下测量流量——大部分流量技术不能轻松胜任这一要求。

输送计量领域处理两方之间的产品转移和支付，需要高端流量计。实例之一是通过大型管道系统输送油品。在这种应用中，流量测量精度随时间的变化即便很微小，也可能导致某一方损失或获得重大利益。

电磁感应技术为什么非常适合液体流量测量？

对于液体流量测量，电磁流量计技术有多种优势。它的传感器一般是连接到管道中，其直径与管道直径一致，因而测量时不会干扰或限制介质的流动。由于传感器不是直接浸没在液体中，没有活动部件，因此不存在磨损问题。

电磁方法测量的是体积流量，这意味着测量对流体密度、温度、压力和粘度等参数的变化不敏感。一旦用水标定电磁流量计，就可以使用它来测量其他类型的导电流体，无需进一步标定。这是其他类型流量计所不具备的一个重要优势。

电磁流量计特别适合测量固液两相介质，例如泥浆等带悬浮泥土、固体颗粒、纤维或粘稠物的高导电率介质。它可用于测量污水、泥浆、矿浆、纸浆、化学纤维浆及其他介质。这使得它特别适合食品、制药等行业，利用它可测量玉米糖浆、果汁、酒类、药物、血浆及其他许多特殊介质。

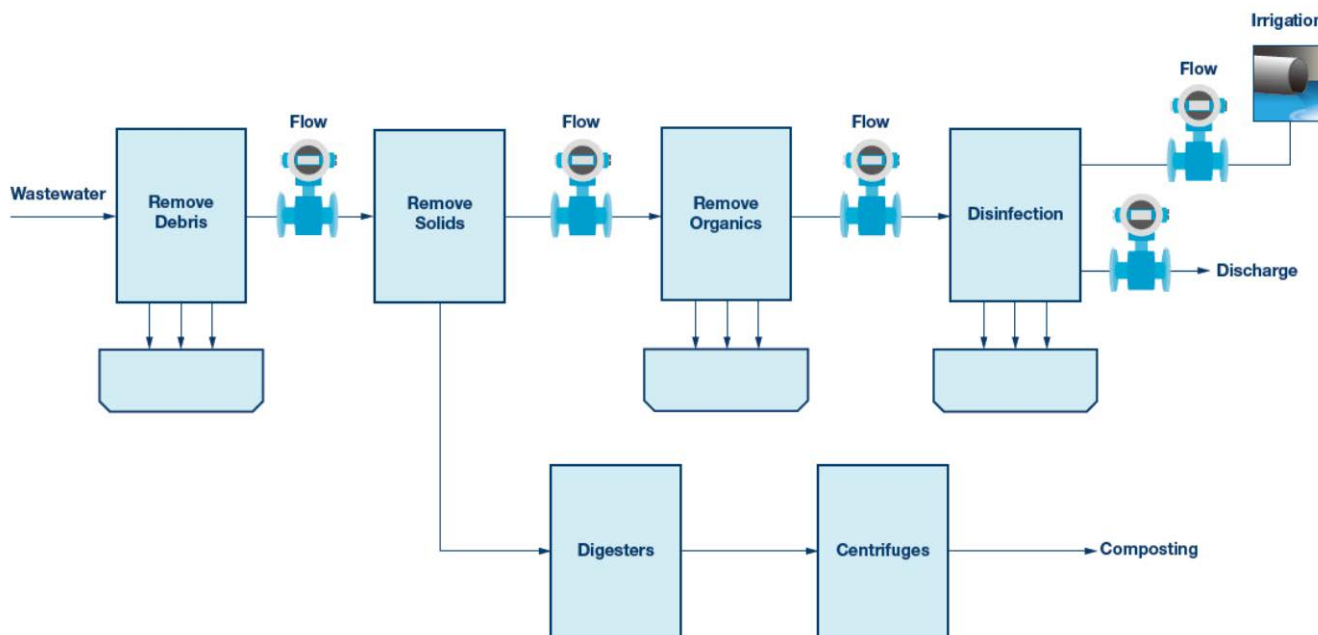


图1. 污水处理厂简图

电磁流量计的工作原理是什么？

电磁流量计的工作原理基于法拉第电磁感应定律。根据法拉第定律，当导电液体流经传感器的磁场时，一对电极之间就会产生与体积流量成正比的电动势，其方向与流向和磁场垂直。电动势幅度可表示为：

$E = kBDv$

其中，E 为感生电势，k 为常数，B 为磁通密度，D 为测量管的内径，v 为测量管内的流体在电极截面轴向上的平均速度。

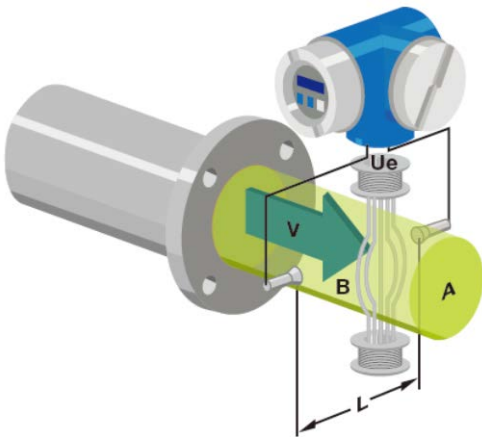


图2. 磁流量计工作原理

传感器输出范围是多少？

传感器提供差分输出。其灵敏度典型值为 150 μV/(mps)至 200 μV/(mps)。由于激励电流的方向不断交替，因而传感器输出信号幅度会加倍。对于 0.5 米/秒至 15 米/秒的流速测量范围，传感器输出信号幅度在 75 μV 至 4-6 mV 之间。图 3 显示了用恒流源激励且有流体流经传感器时的传感器输出信号。在传感器输出引线上捕捉到的示波器图显示，有一个电平非常低的信号位于较大共模电压上。紫色曲线对应正电极，红色曲线对应负电极。粉色曲线是将正负电极相减的数学计算通道。低电平信号位于较大共模电压之中。

传感器测量的传统方法是什么？

传统方法大致上是模拟式 — 具有高输入阻抗和高输入共模抑制性能的前置放大器用来应对传感器漏电流效应，然后是三阶或四阶模拟带通滤波器和采样保持级，最后是模数转换。典型模拟前端方法如图 4 所示。传感器输出信号首先经由仪表放大器放大。必须尽量放大目标信号，同时要避免不需要的直流共模电压引起放大器输出饱和。这通常会将第一级仪表放大器的增益限制在最多 10 倍。带通滤波器级进一步消除直流影响，并再次放大信号，然后进入采样保持电路 — 正是这个差值信号代表流速 — 随后送至模数转换器。

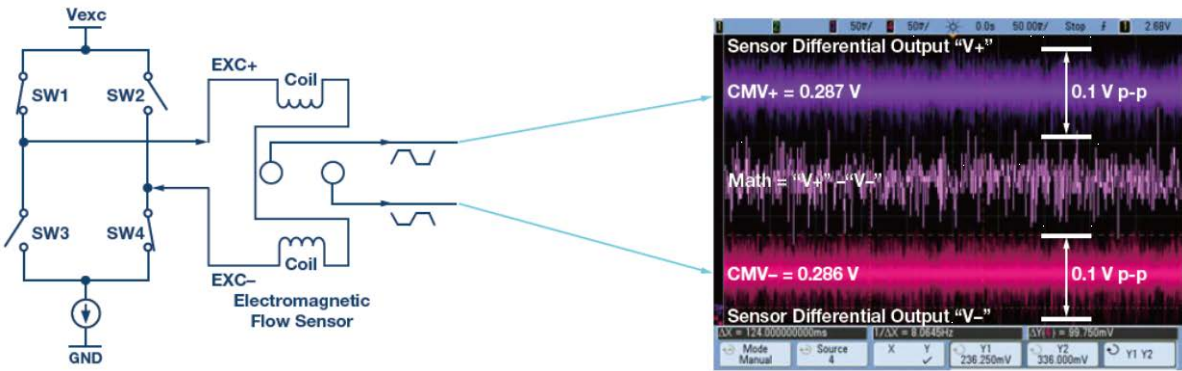


图3. 电磁流量传感器的输出信号

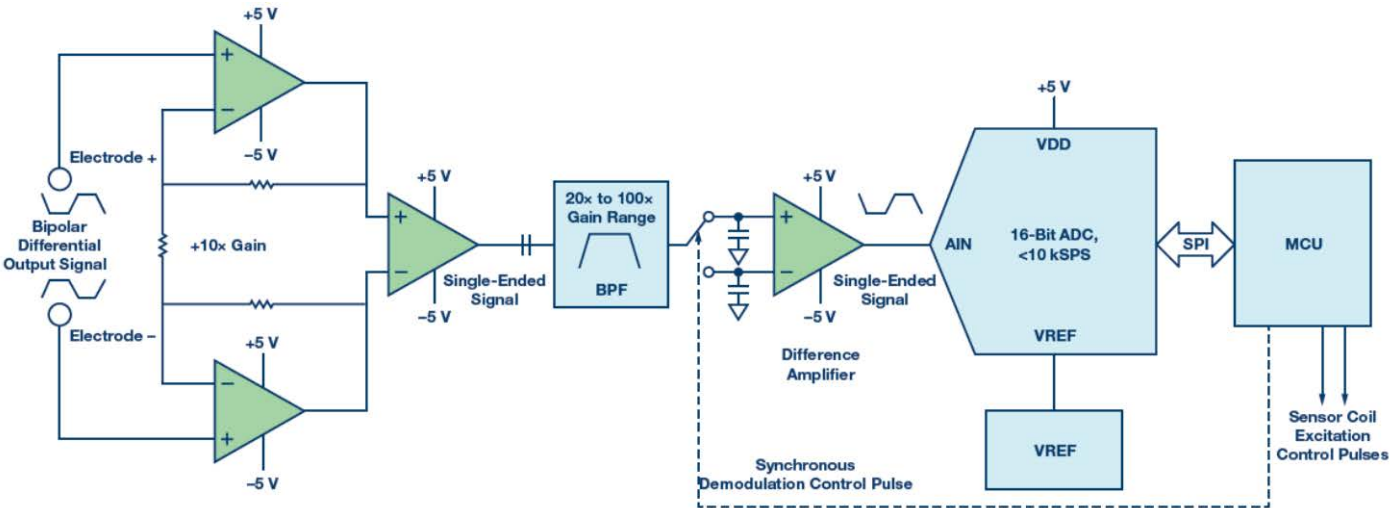


图4. 传统模拟前端方法

影响电磁流量计架构变化的市场趋势有哪些？

有多种行业趋势在呼唤新架构。其中之一是对数据日益增加的需求。对于液体，监测除流量外的其他属性的能力正在变得越来越有价值。例如，为了确定液体中可能有哪些污染物，或者为了确定液体是否有适合特定应用的正确密度/粘度。增加这种诊断能力有许多此类要求和好处。利用传统模拟方法是无法轻松获取此类信息的，因为大部分传感器信息会在同步解调阶段中丢失。

另外，制造工艺持续要求提高生产力和效率。例如在液体投注/灌装应用中，增加的灌装节点越来越多；制造工艺规模的扩大，灌装速度的提高，要求更快速、更精确的流量监测。

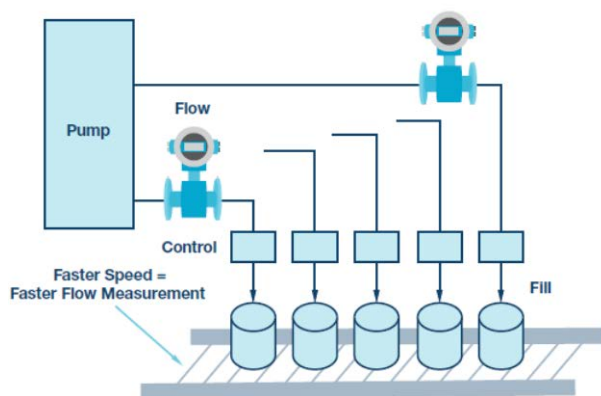


图 5. 液体投注/灌装

传统上利用机械或称重技术来确定灌装过程中要添加的正确液体量，或生产工艺中的精确灌装量。这些方式往往非常昂贵，而且难以扩展。为了满足这种需求，流量计（尤其是针对液体的电磁流量计）已成为首选技术。

新的电磁流量计架构是什么样子？

过采样方法大大简化了模拟前端设计。模拟带通滤波器和采样保持电路不再需要。电路中的前置放大器仅有一级仪表放大器——在我们的例子中是 AD8220 JFET 输入级轨到轨输出仪表放大器，它可以直接连接到高速 Σ - Δ 转换器。

对于模拟前端，重要的是什么，它如何影响我的设计？

放大器和 ADC 是此类应用中最重要两个模块。第一级放大器有几项关键要求。

一个要求是共模抑制比（CMRR）。液体电解质中的离子会发生定向运动，因此，电极与流体之间会产生电势，这就是所谓极化。如果两个电极完全一致，电极上的电势应彼此相等。不同金属的极化电压在数百毫伏到 ± 2 伏之间不等。这是出现在传感器输出端和前置放大器输入端的直流共模电压。前置放大器是抑制此共模电压的关键。

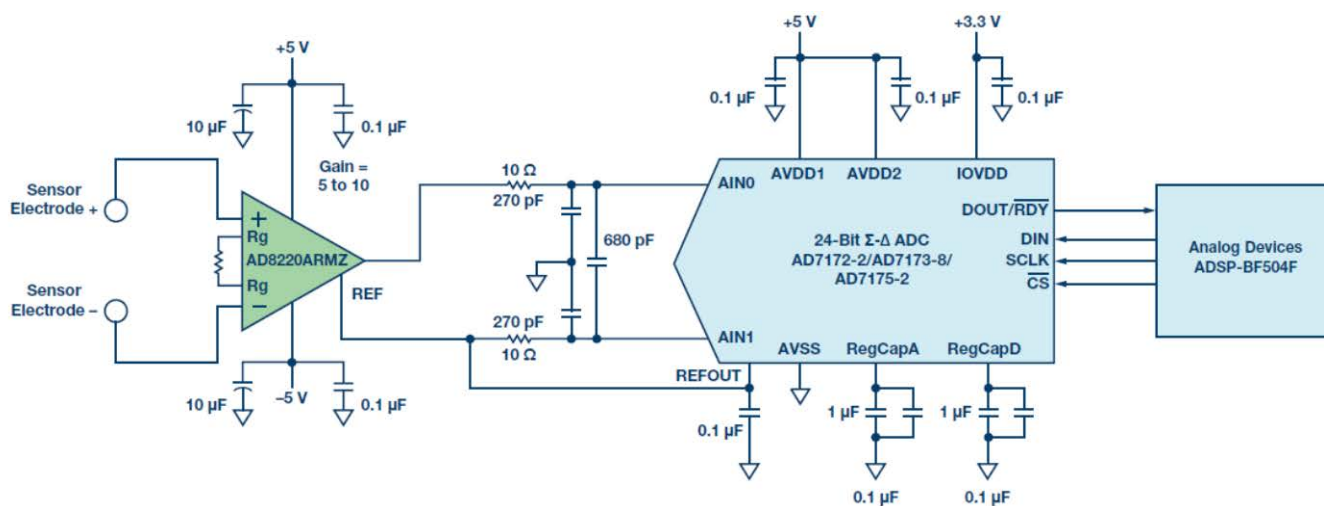


图 6. 采用 AD8220 和 AD717x-x 的过采样架构模拟前端

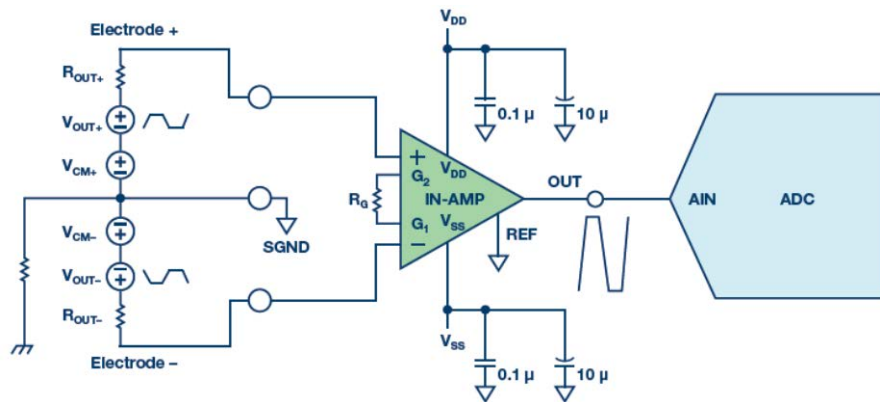


图 7. 前置放大器的共模抑制

表 1. 共模抑制对实际流速的影响

共模抑制比	共模抑制比与抑制后的共模直流失调和噪声			
	120 dB	100 dB	80 dB	60 dB
0.28V 共模直流	0.28 μ V	2.8 μ V	28 μ V	280 μ V
0.1 V 共模噪声	0.1 μ V	1 μ V	10 μ V	100 μ V
共模噪声转换为 175 μ V/(mps)传感器的流速	0.0006 mps	0.006 mps	0.06 mps	0.6 mps

表 2. 放大器输入阻抗对流速的影响

传感器输出阻抗 (GΩ)	放大器输入阻抗 (GΩ)	对 1 mps 减小的信号幅度 (μ V)	可重复性 (%)	读数误差 (%)
10	10	87.50	0.065%	0.196%
10	100	15.91	0.051%	0.154%
10	1000	1.73	0.049%	0.148%
10	10,000	0.17	0.049%	0.147%

100 dB 共模抑制比会将 0.3 伏直流共模衰减到 3 微伏，后者作为直流失调出现在放大器输出端，可通过校准予以消除。理想情况下，传感器上的共模电压保持不变，但实际上，它会随时间而变化，并且会受到液体质量或温度等其他因素的影响。共模抑制比越高，对连续后台校准的需求就会越少，流量稳定性也越高。

电极的金属材料与电解质液体接触。液体电解质与电极之间的摩擦会产生较高频率的交流共模电压。虽然幅度通常很小，但交流共模表现为完全随机的噪声，更难抑制。这就要求前置放大器不仅具有良好的直流共模抑制比，而且要有出色的较高频率共模抑制比。AD8220 放大器在直流到 5 千赫兹范围内具有出色的共模抑制比。对于 AD8220 B 级，直流到 60 赫兹范围的最小共模抑制比为 100 dB，5 千赫兹以下为 90 dB，能够很好地将共模电压和噪声抑制到微伏水平。当共模抑制比为 120 dB 时，0.1 伏峰峰值降低到 0.1 微伏峰峰值。表 2 显示了较差的 CMRR 对输出传感器信号的影响。

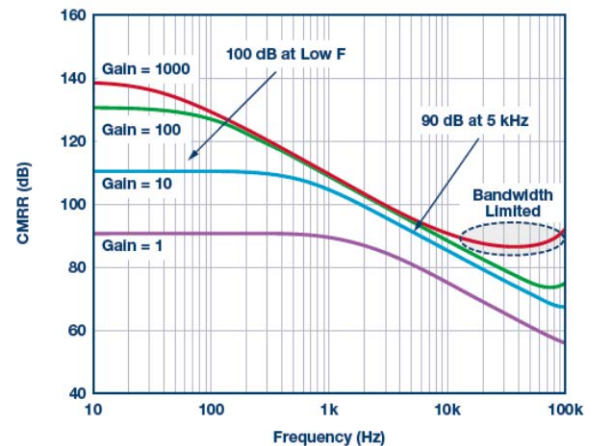


图 8. AD8220 直流和交流共模抑制效应

前置放大器级的低漏电流和高输入阻抗是又一重要参数,因为电磁流量传感器的输出阻抗可能高达 GΩ。放大器的高输入阻抗可防止传感器输出过载,避免信号幅度减小。放大器的漏电流应足够低,这样当它流经传感器时,不会成为一个显著的误差源。AD8220 的最大输入偏置电流为 10 pA,输入阻抗为 1013 Ω,因此它能支持电磁流量传感器的广泛输出特性。表 2 列出了前置放大器输入阻抗对 10 GΩ 高输出阻抗传感器的影响。

最后, 0.1 赫兹至 10 赫兹范围的 1/f 噪声设置应用的噪底。当增益配置为 10 时,AD8220 折合到输入端的电压噪声约为 0.94 μV p-p, 它能分辨 6 毫米/秒的瞬时流速和小于 1 毫米/秒的累计流速。

如何选择 ADC，对应用而言哪些方面比较重要？

过采样方法既带来了挑战,也对 ADC 模块提出了更高的性能要求。由于没有后级模拟滤波器有源增益级,所以仅有一小部分的 ADC 输入范围获得使用。过采样和平均本身不等于性能的显著提高,因为各传感器周期需要完全建立下来才能用于流量计算。此外,需要从这些有限的数据点获得足够多的模数转换样本,从而在固件处理过程中消除意外毛刺。

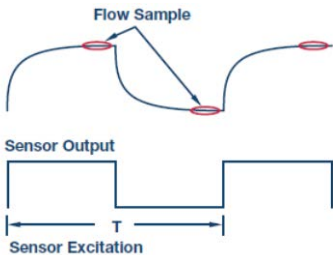


图9. 流量信号采样

过采样架构一般要求 ADC 数据速率大于 20 kSPS，越快越好。这与实际流量测量没有明确关系。由于不存在模拟带通滤波器, ADC 输入端会直接看到传感器原始输出。这种情况下,

传感器的上升沿未经滤波, 因此 ADC 在上升沿和下降沿期间须具有足够高的分辨率, 以便足够准确地捕捉这些边沿。

流量计的精度本身可通过瞬时流量测量或累计流量测量来确定。流量计标准采用累计流量技术 — 测量长时间 (比如 30 或 60 秒) 内某一水量的平均流量。通过这种测量 (而非瞬时流量测量) 可确定系统精度为±0.2%。瞬时流量适合需要实时流速的应用场合。它对电子器件的精度要求要高得多。理论上, 为了分辨 5 毫米/秒的瞬时流量,ADC 需要在一个激励周期 (约 600 样本的后置 FIR 滤波器) 内实现 20.7 位的峰峰值分辨率。这可通过模拟前端来实现。

AD7172-2 提供低输入噪声和高采样速度的完美组合, 特别适合电磁流量应用。采用 2.5 V 外部基准电压源时, AD7172-2 的典型噪声低至 0.47μV p-p。这意味着, 最终流量结果的刷新速率可以达到 50 SPS, 而不需要增加外部放大级。图 10 显示了采用 AD7172-2 的过采样前端电路的噪声曲线。

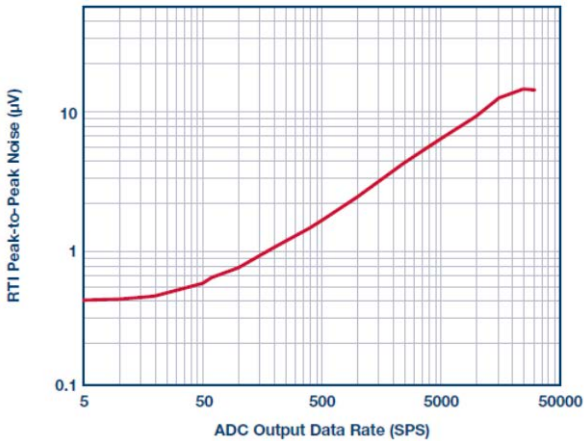


图10. 采用 AD8220 和 AD7172-2 的过采样架构的折合到输入端噪声测试结果

表 3. 模拟前端和 ADC 的噪声预算

灵敏度为 175 μV/(mps)的传感器的流速分辨率	该分辨率下传感器输出的信号幅度	模拟前端的折合到输入端噪声预算	过采样模拟前端增益为 10 时的 ADC 噪声预算
10 毫米/秒	3.5 μV p-p	1.75 μV p-p	5.8 μV p-p/19.7 位*
5.4 毫米/秒	1.89 μV p-p	0.95 μV p-p	3.2 μV p-p/20.6 位*
5 毫米/秒	1.75 μV p-p	0.88 μV p-p	2.9 μV p-p /20.7 位*

*数据来自一个 FIR 滤波器周期和一次瞬时流量计算。

表 4. 不同传感器激励频率下的测量精度比较

激励频率 (赫兹)	6.25	12.5	25	50	100	200	400
采用 AD7172-2	0.12%	0.12%	0.13%	0.16%	0.19%	0.24%	0.33%
采用最接近的竞争产品	0.13%	0.15%	0.19%	0.25%	0.33%	0.46%	0.64%
差距	12%	22%	47%	57%	77%	89%	95%

如何获得更快的响应以满足业界对更高效率的需求？

提高传感器激励频率可以提高流量测量的系统更新速率。这种情况下，传感器输出的建立时间会缩短，因而可用于平均的样本数会减少。使用更低噪声的 ADC，可以进一步降低折合到传感器输出端的噪声。采用同样的前端驱动器 AD8220，其增益配置为×10，可以比较更高更新速率下该模拟前端与主要竞争产品的性能。表 4 和图 11 显示了与最接近的竞争产品相比，ADI 器件在更高系统更新速率下取得的优势。

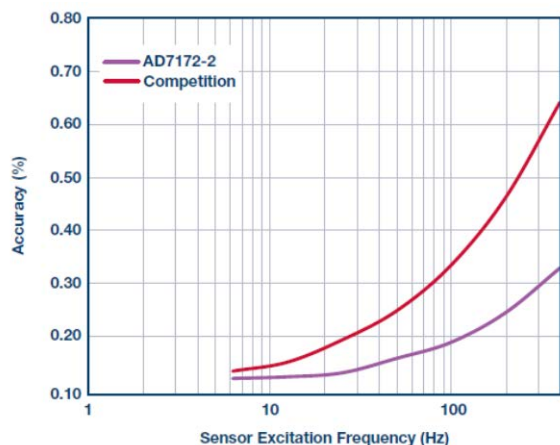


图 11. 不同传感器激励频率下的测量精度比较

仪表放大器能否直接驱动 ADC，我怎样才能确定？

一般而言，这取决于仪表放大器的驱动能力和 ADC 的输入结构。许多现代精密 ADC 是基于开关电容架构。片内采样保持器呈现为上游放大器的瞬态负载，它必须能让开关电容输入建立，以便实现精确采样。

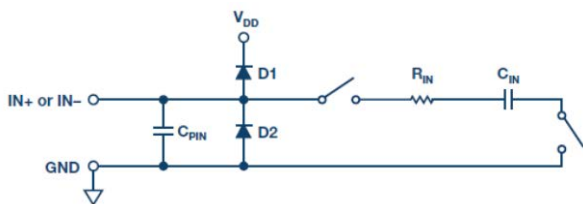


图 12. 等效模拟输入电路

下式可用来检查放大器能否驱动 ADC。

$$BW = 1 / (2\pi \times (1 / (2 \times MCLK) - T)) \times \ln [(FS - CMV) / (FS \times Error)]$$

其中：

BW 为放大器驱动 ADC 所需的最小带宽。

$MCLK$ 为 ADC 调制器时钟频率（单位为赫兹）。

T 为短路相位时间（单位为秒）。

FS 为 ADC 满量程输入范围（单位为 V）。

CMV 为 ADC 输入范围的共模电压（单位为 V）。

$Error$ 为 ADC 采样的建立误差。

例如，AD7172-2 的调制器频率为 2 兆赫兹，短路相位时间为 10 ns，满量程输入范围为 5 V，共模电压为 2.5 V，建立误差为 1 ppm。由此得到 BW 值为 8.7 兆赫兹，这就是当 AD7172-2 处于无缓冲模式时，驱动放大器需要的带宽。它超过 1.7 兆赫兹——AD8220 及许多精密仪表放大器的增益带宽积能力。AD7172-2 的两个 ADC 模拟输入上均集成真正的轨到轨精密单位增益缓冲器。它设计用来在全频率范围驱动 AD7172-2 输入级，降低客户的设计复杂度和风险。缓冲器提供高输入阻抗，典型输入电流仅 5 nA，使得高阻抗信号源可以直接连接到模拟输入。缓冲器全面驱动 ADC 内置开关电容采样网络，简化了模拟前端电路要求，而每个缓冲器的典型功耗仅有 0.87 mA。每个模拟输入缓冲器放大器均完全斩波，就是说，这会使缓冲器的失调误差漂移和 1/f 噪声最小。

如何产生磁场？

通过线圈施加恒定电流，从而在测量管道内部产生磁场；线圈安装在管道外部附近，常常成对存在，并且互相串联。线圈通常是数百匝铜线，因此在驱动器电路看来，其是一个较大电感。线圈电感通常在数十到数百毫亨左右，另外还有 50 Ω 到 100 Ω 的直流串联电阻。在每个周期内，通过断开和闭合 H 电桥上不同的开关对，驱动器电路改变激励电流方向，因而磁场也改变方向。为了消除噪声，交替频率一般是电力线频率的整小数倍。驱动器电路包括一个恒流源和一个 H 电桥，受微处理器控制。

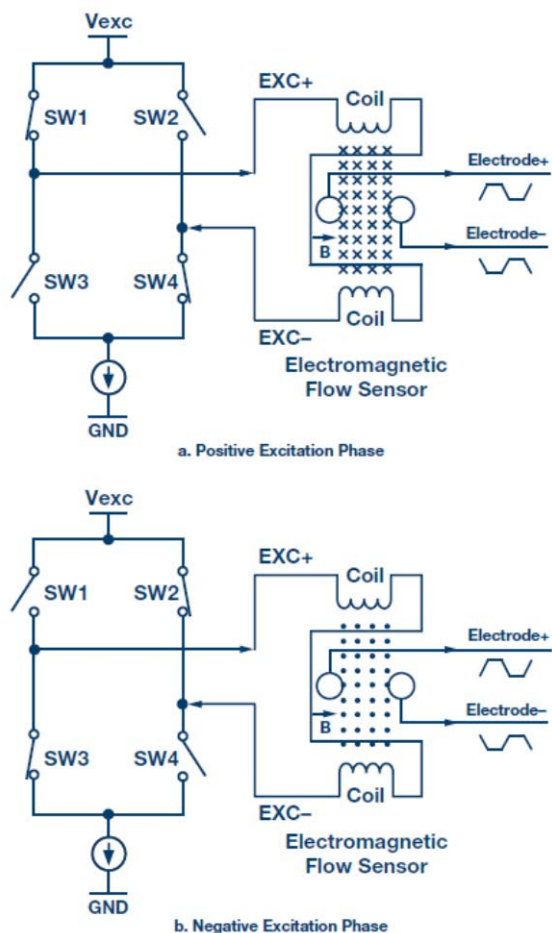


图 13. 磁场产生

功耗是否重要？

是的。电磁流量计的激励电流可能相当大，从针对较小直径管道的 50 毫安到针对较大直径管道的 500 毫安或 1 安培不等。恒流电路若采用线性稳压电路，可能会消耗大量功耗和电路板面积。

与线性稳压恒流电路相比，开关模式电源可节省功耗。如图所示，ADP2441 配置为恒流源输出模式。1.2 V ADR5040 输出电压由两个电阻分压至 150 mV。此 150 mV 电压施加于 ADP2441 电压跟踪引脚，使得电压反馈引脚也保持在 150 mV。当在反馈引脚上使用一个 0.6 Ω 电流设置电阻时，ADP2441 便会将其输出电流调节到预设电流 I_{SET} 水平。通过调整连接到 ADP2441 反馈引脚的电流设置电阻值，便可调节恒流源。

表 5. 推荐开关稳压器

推荐 ADI 开关稳压器	效率
ADP2441	200 mA 输出时为 90% (@12 V)，最高支持 1 A
ADP2360	10 mA 输出时为 90%，最高支持 50 mA

该驱动级设计有何其他优势？

它有显著的面积优势。电磁流量传感器驱动电路，也称为激励电路，通常与信号调理电路（1 千伏基本隔离一般足够）相隔离。常规电磁流量变送器普遍使用光耦合器隔离。光耦合器的可靠性往往很差，而且尺寸相当大。ADuM7440 数字隔离器集高速 CMOS 和单片空芯变压器技术于一体，在一个 16 引脚小型 QSOP 封装中提供四个独立隔离通道。

与采用光耦合器、线性稳压恒流源、通孔封装的分立场效应管 H 电桥的常规方案相比，使用数字隔离方法不仅可节省功耗，还能节约 80% 以上的电路面积。

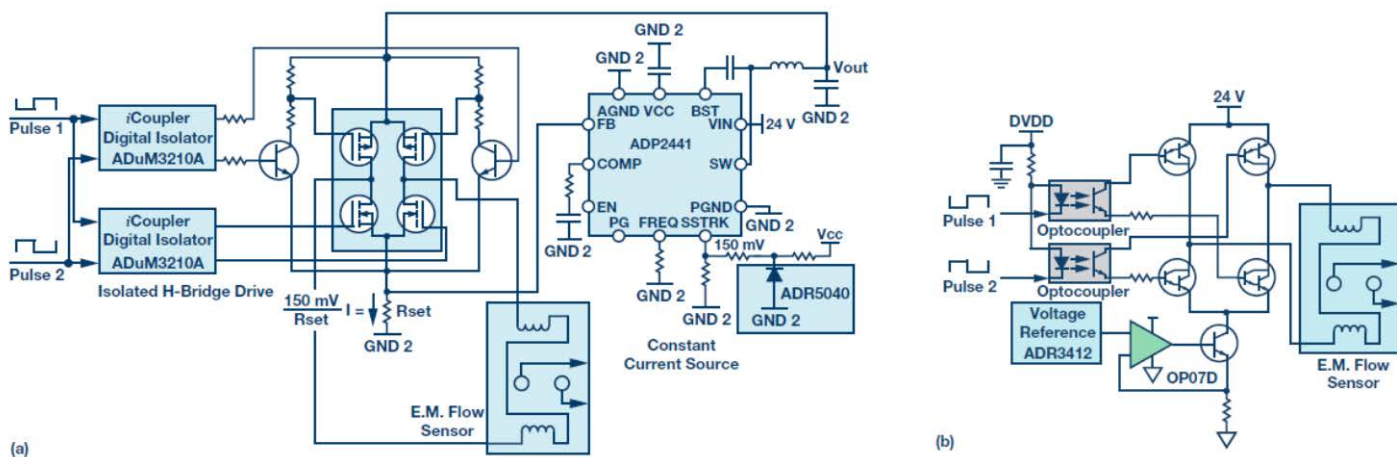


图 14 (a). 利用开关电源和Coupler®驱动隔离 H 电桥
(b). 利用线性调节电流源和光耦合器驱动隔离 H 电桥

如何计算流速？

在数字域中交流流量信号仍需要滤波和同步解调。图 15 说明算法如何在数字域中实现同步解调。数字信号处理器发出控制信号 1 和 2，这是一对互补逻辑信号，用于电磁流量传感器线圈激励。

圈激励。在这两个信号的控制下，流经电磁流量传感器线圈的电流在每个周期都会反向，因而磁场方向和电极上的传感器输出也会反向。

表 6. H 电桥驱动级使用的主要器件比较

器件	数量	封装	面积(mm ²)
PC817B	2	DIP-4	63.24
TIP127, PNP 达林顿	2	TO-220	51.54
TIP22, NPN 达林顿	2	TO-220	51.54
总面积			333

器件	数量	封装	面积(mm ²)
ADUM7440ARQZ	1	QSOP-16	31
ZXMHC6A07N8	1	SOIC-8	31
MMBT3904LT1G	2	SOT-23	13.92
1SMA5917BT3G	1	SMA	13.55
总面积			89

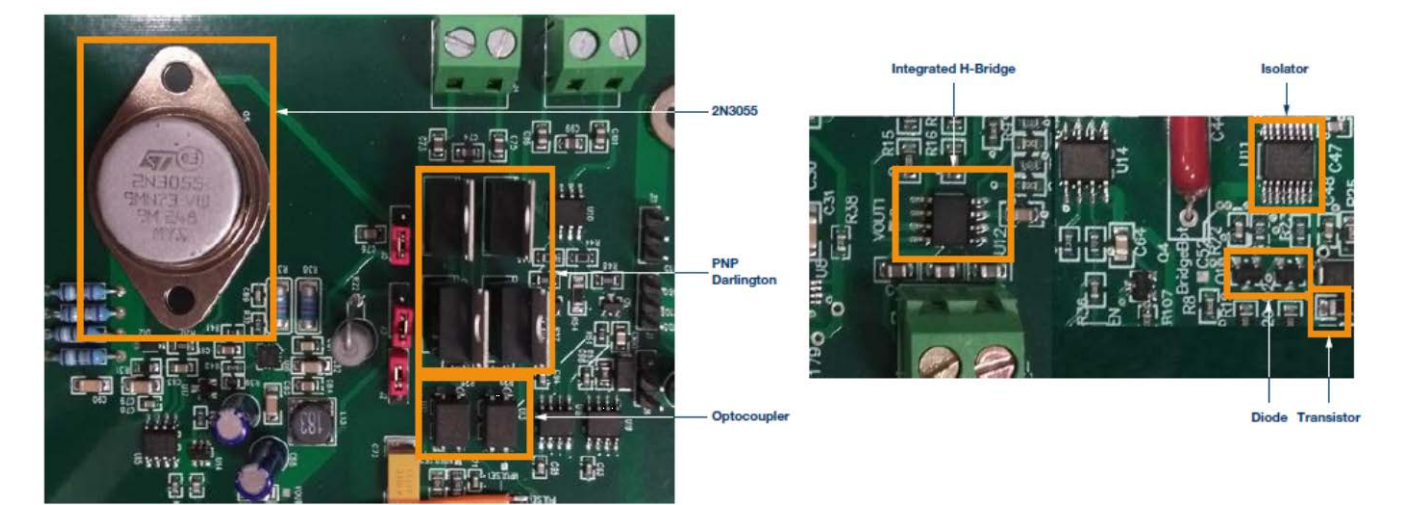


图 15. 光耦合器与数字隔离器设计的面积比较

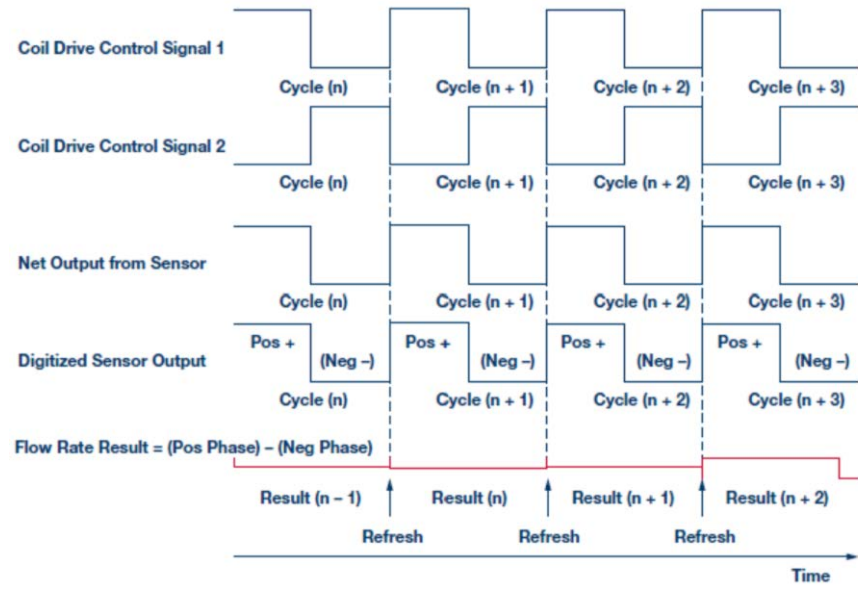


图 16. 数字域中的同步解调和流速计算

例如在第 n 个周期, 当 ADC 样本输入时, 数字信号处理器 (本例为 ADSP-BF504F) 知道控制信号 1 和 2 的时序与逻辑。这样, 数字信号处理器便可根据线圈驱动控制信号的逻辑状态将这些 ADC 样本安排到静态随机存储器的两个数组中。也就是说, 在正半周期获得的带时间戳样本归入一组, 在负半周期采集的样本归入另一组。随后, 每一组均经过 FIR (有限脉冲响应) 低通滤波器。滤波器截止频率设置为 30 赫兹, 允许有用信号通过, 但会抑制电力线频率干扰和高频噪声成分。图 17 显示了过采样前端设计中的 FIR 滤波器幅频曲线和模拟同步解调架构中的模拟带通滤波器幅频曲线。

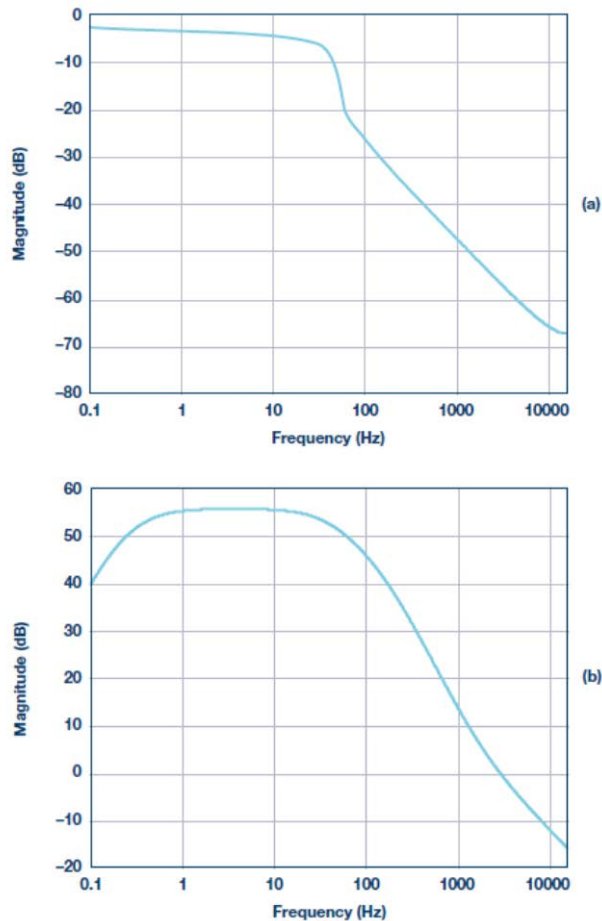


图 17 (a). 数字 FIR 低通滤波器幅频曲线
(b). 模拟带通滤波器幅频曲线

然后, 算法减去这两个平均值以获得一个与流速成正比的值。此值的单位为 LSB/(毫米/秒)。该值需要做进一步处理。最终流速计算如下:

$$\text{FlowRate (mps)} = \frac{\Delta \text{FlowRate} \times V_{REF}}{(2^N - 1) \times G \times \text{灵敏度}} \times K_T \times K_S - K_Z$$

其中:

$\Delta \text{FlowRate}$ 为从正负激励阶段中减去两个平均值的结果, 单位为 LSB。

V_{REF} 为 ADC 基准电压, 单位为 V。

N 为 ADC 分辨率位数。

G 为模拟前端增益。

$Sensitivity$ 为传感器的标称灵敏度, 单位为伏特/(毫米/秒)。

K_T 为变送器系数。

K_S 为传感器系数。

K_Z 为零点失调。

如何选择合适的处理器?

选择处理器是一个重要问题。业界越来越需要更高的处理能力, 用以支持更复杂的算法处理或增强的诊断/预测功能。另外, 提高电气和工业基础设施的能源效率已成为全球运动。客户要求以更低的功耗和更实惠的价格获得更高处理能力。

电磁流量计的数字滤波器可能需要大量处理能力。32 位 FIR 滤波器要消耗 80 MIPS。流速计算、外设通信驱动和数据通信分别需要 40 MIPS、32 MIPS 和 20 MIPS。这些相加的总和为 172 MIPS。本设计中, 上述任务由最高达到 400 MIPS 的数字信号处理器 ADSP-BF504F 完成。这样, 已经有将近 50% 的处理能力被占用, 其中还不包括多层协议堆栈、HART 通信、诊断、安全监控功能和液晶显示驱动。

表 7. MIPS 消耗

任务	MIPS
FIR 滤波器	80
计量数据处理	40
AD7172-2 数据存取	32
其它	20
总计	172

片内外设也很重要。数字信号处理器有多种功能要实现, 包括 SPI、UART、I²C 和脉冲输出通信。有 35 个 GPIO 可用于硬件控制和逻辑输入/输出, 例如控制液晶显示器、键盘输入、报警和诊断等。SRAM 存储器存储滤波器系数、SPI 数据通信、LCM 数据缓存、机器状态数据和内部状态标志。68 kB 片内静态随机存取存储器 (SRAM) 满足系统要求, 包括一个 32 kB L1 指令 SRAM/缓存和一个 32 kB L1 数据 SRAM/缓存。RS-485 和 HART 通信也需要存储器。ADSP-BF504F 的 4 MB 片内闪存可用来存储程序数据、滤波器系数和校准参数。

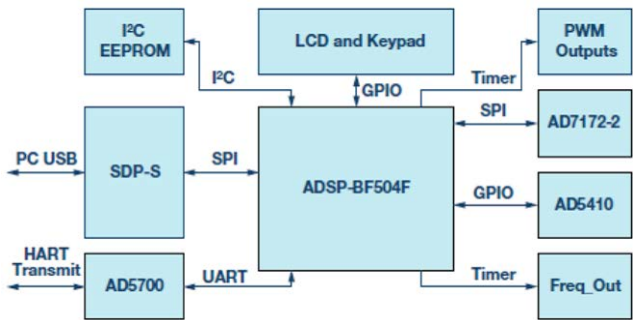


图 18. ADSP-BF504F 外设

未来对处理能力的需求会持续增加。未来满足这种要求，ADSP-BF70x Blackfin®处理器系列提供高性能 DSP，具有同类一流的 800 MMACS 处理能力，而功耗不足 100 mW。此系列由 8 款高性价比成员构成，搭载最高 1 MB 内置 L2 SRAM，使许多应用无需采用外部存储器，而第二种配置则提供可选的 DDR2/LPDDR 存储器接口。表 8 列出了 ADSP-BF7xx 系列的重要特性。

ADI 公司针对电磁流量计解决方案提供何种支持？

ADI 公司开发了一款系统级参考设计，用以支持电磁流量计完整信号链的原型开发。该系列配置灵活，可连接到任何类型的电磁流量传感器，施加适当的激励频率和电压即可产生磁场

（由 Blackfin 数字信号处理器控制），能够测量传感器输出，以及应用后处理滤波器和算法来计算流速。ADI 公司在真实的流量试验台环境中对设计进行标定（如图 19 所示），并将标定系数存储在非易失存储器中。支持单点或多点校准，通过多点线性化可实现更高的性能。这样做的结果表明：该模拟前端设计的性能可以达到领先高端流量计的要求。

相比传统架构，过采样架构有多方面重要优势。面积和成本均有显著节省 — 分别达到 50%和 20%。由于能够节省传感器信号并应用后处理，功耗也会降低，系统性能也得以增强。有关 ADI 参考设计的更多信息，请联系 cic@analog.com。

表 8. ADSP-BF70x Blackfin 处理器系列

通用器件	DSP 内核性能	片内存储器	外部存储器	主要连接选项	其它特性	封装
ADSP-BF700 ADSP-BF702 ADSP-BF704 ADSP-BF706	100 MHz 至 400 MHz	132 kB L1 SRAM/缓存 L2 SRAM 选项： 128 kB 256 kB 512 kB 1 MB	不适用	ePPI、Sport (2)、 四通道/双通道 SPI (3)、I ² C、 UART (2)、CAN 2.0 B (2)、 SD/SDIO/MMC (4 位) USB 2.0 HS OTG	OTP、 安全加速器、 数据完整性 (带 L1 奇偶校验 和 L2 ECC)、 WDT、RTC	QFN 88 引脚、 12 mm×12 mm
ADSP-BF701 ADSP-BF703 ADSP-BF705 ADSP-BF707	800 MMAC, 16 位 400 MMAC, 32 位	512 kB L2ROM	16 位 LPDDR DDR2	以上选项加上 SDIO/MMC/eMMC (8 位) 4 通道、12 位 ADC		BGA 184 引脚 12 mm × 12 mm 0.8 mm

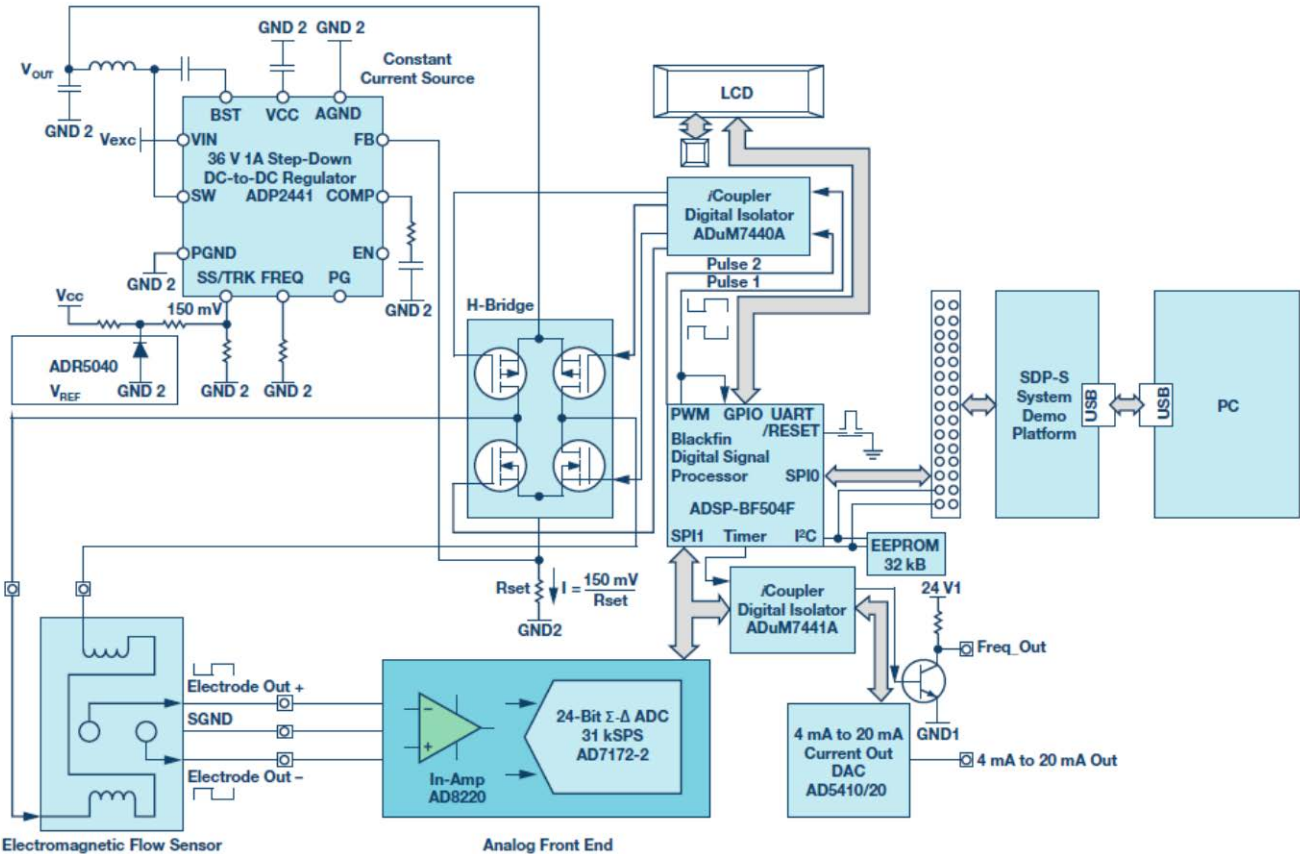


图 19. ADI 完整解决方案

您是否利用该设计测量过数据？

评估结果

该参考设计进行过测试，我们把它连接到流量标定试验台上的 25 毫米直径电磁流量传感器，介质为室温下的水。激励频率设置为 6.25 赫兹，在 0.5 米/秒到 2 米/秒范围内，基本误差为读数的±0.2%。测试结果数据如表 9 所示。

表 9. 采用 DN25 传感器的数字过采样演示板的校准结果

流速 (mps)	读数误差 (%)	可重复性 (%)
2.05	-0.14%	0.00%
1.01	0.03%	0.03%
0.49	0.07%	0.04%
0.21	0.42%	0.08%
0.10	1.15%	0.01%
0.05	2.74%	0.06%

总结

全世界有越来越多的环境法规要求监测和控制来自住宅、商业和工业的废弃物，尤以欧洲为甚。电磁流量技术是此类应用的首选技术。传统方法基本上是模拟方法，它有一些缺点，表现

在成本、面积、功耗、响应时间、有限的系统信息等方面。行业趋势是转向过采样方法。这给 ADC 要求带来了重大挑战，因为更新速率会提高 10 倍左右，但平均值的好处得不到利用，ADC 在高数据速率下的噪声要求需要进一步提高。另外还有功耗挑战需要解决。液体和管道直径均有很多类型，这就需要能够动态控制功耗，通过一种支持所有类型传感器需求的设计来将功耗降至最低。Blackfin 数字信号处理器集低功耗和高处理能力于一体，满足流量计应用的要求。它执行复杂的 FIR 滤波器算法来计算流速，同时具有领先的 800 MMACS 处理能力，而功耗不足 100 mW。完整设计相比于之前的技术大大简化，而且可节省成本、功耗和面积，优势众多。有关 ADI 参考设计的更多信息，请联系 <mailto:cic@analog.com>。

参考文献

Ardizzoni, John。“高速差分 ADC 驱动器设计指南”。*模拟对话*，第 43 卷，2009 年 5 月。

Walsh, Alan。“精密 SAR 模数转换器的前端放大器和 RC 滤波器设计”。*模拟对话*，第 46 卷，2012 年 12 月。

Colm Slattery 是 ADI 公司位于爱尔兰利默里克的自动化、能源与传感器业务部门的系统应用工程师。其关注的重点领域是过程控制，包括面向过程自动化市场的现场仪表和 PLC/DCS 控制器。Colm 毕业于利默里克大学，获得电子学学士学位。加入 ADI 之前，他曾任职于 Microsemi。



Colm Slattery
该作者的其它文章：
[电磁流量计可在工业应用中实现高精度](#)
《模拟对话》48-02，
2014 年 2 月

李可是 ADI 公司位于爱尔兰利默里克的自动化、能源与传感器业务部门的系统应用工程师。他于 2007 年在中国上海加入 ADI 公司，担任精密转换器产品线产品应用工程师。此前，他曾在安捷伦科技有限公司的化学分析集团担任过四年的研发工程师。他于 1999 年获得西安交通大学电子工程学士学位，并于 2003 年获得西安交通大学生物医学工程硕士学位。



李可
该作者的其它文章：
[电磁流量计可在工业应用中实现高精度](#)
《模拟对话》48-02，
2014 年 2 月