提高电力线监控应用的系统级性能和可靠性

Lluis Beltran Gil，应用工程师

背景知识

对于许多应用，监控电力线意味着使用电流互感器和电阻分压网络，以便感测三相及零序的电流和电压，如图1所示。AD7606B具有高输入阻抗，可以直接连接传感器，并且它提供了所需的全部内建输入模块，从而简化了数据采集系统设计。

AD7606B在片内集成8个独立的信号链，即使采用5 V单电源供电（数字接口电压Vdrive不计），仍可接受±10 V或±5 V的真正双极性模拟输入信号。因此，无需使用外部驱动运算放大器和外部双极性电源。

每个通道都由21 V模拟输入箝位保护电路、具备5 MΩ输入阻抗的电阻可编程增益放大器、一阶抗混叠滤波器和16位SAR ADC组成。此外，还可包含一个过采样率高达256的数字均值滤波器，以及一个低温漂2.5 V基准电压源，用于帮助构建完整的电力线数据采集系统。

除了提供完整的模拟信号链之外，AD7606B还提供许多校准和诊断功能，以改善系统级性能和可靠性。

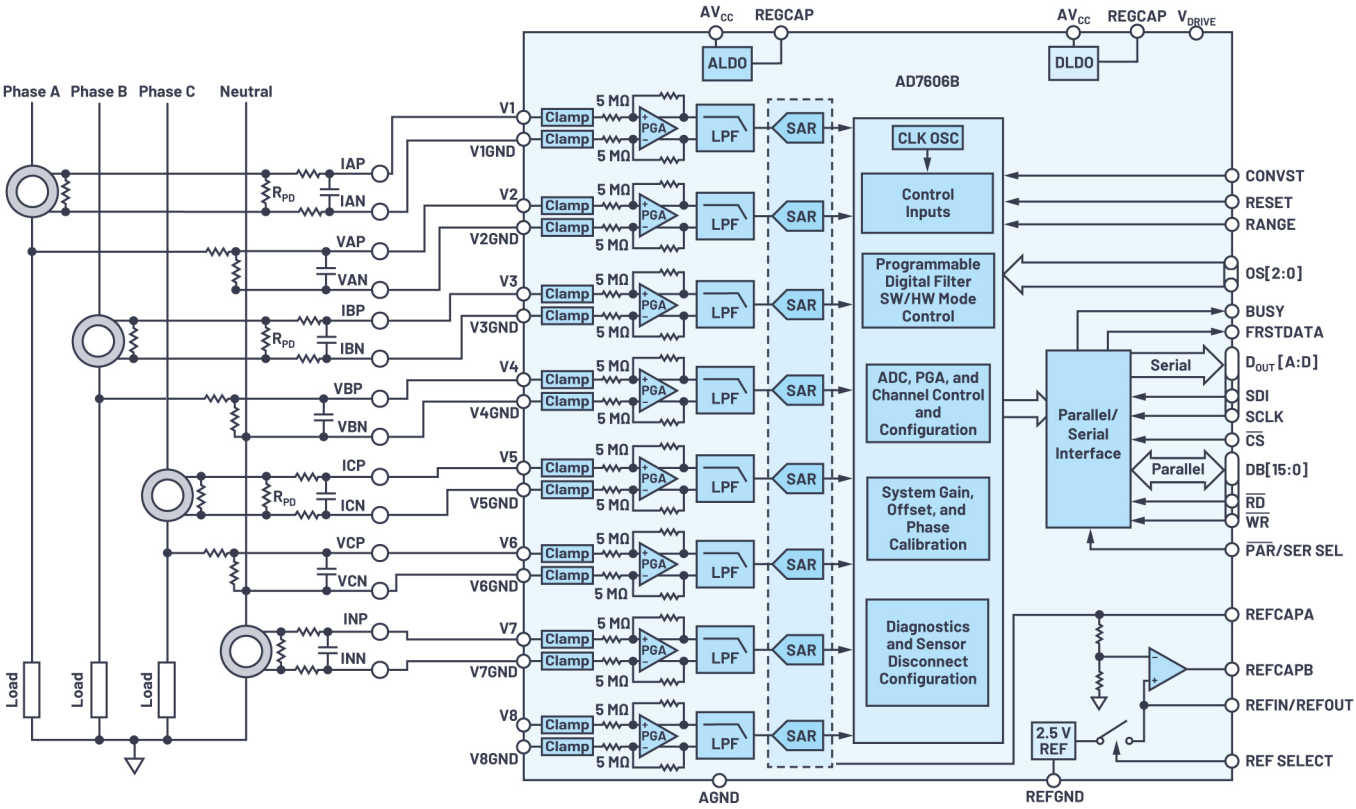

图1. 典型的电力线监控应用中的AD7606B。

直接传感器接口

与AD7606不同，AD7606B的输入阻抗已提高到5 MΩ，使其可以直接与多种传感器接口，从而获得两个好处：

- 降低外部串联电阻（例如，滤波或电阻分压网络）导致的增益误差。
- 当传感器断开时，所看到的偏移量会减小，可以轻松实现传感器断开检测功能。

外部电阻造成的增益误差

进行工厂修整时，会严格控制PGA的R_{FB}和R_{IN}（一般为5 MΩ），确保准确设置AD7606B的增益。但是，如图1所示，如果在前端放置一个外部电阻，那么实际增益与理想的修整R_{FB}/R_{IN}值之间会存在偏差。

R_{FILTER}越高，增益误差越大，这需要从控制器一侧补偿。但是，R_{IN}越高，相同R_{FILTER}产生的影响就越小。与AD7606具有1 MΩ输入阻抗不同，AD7606B具有5 MΩ阻抗，这意味着在没有任何校准的情况下，相同串联电阻(R_{FILTER})的增益误差会降低到约1/5，如图2所示。

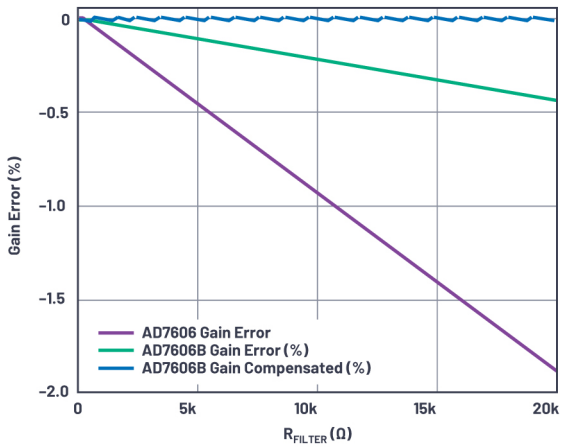

图2. 串联电阻导致的增益误差。

但是，通过在软件模式下使用AD7606B，系统增益误差可以基于每个通道自动进行片内补偿，因此完全无需再在控制器一侧实施任何增益校准计算。

传感器断开检测

传统上，将下拉电阻(R_{PD})与传感器（图1中所示的电流互感器）并联，用户可通过监测多个样本(N)的ADC输出代码是否重复小于20 LSBs，来检测传感器何时断开。

建议采用比传感器的源阻抗大得多的R_{PD}，将该并联电阻可能产生的误差减至最小。但是，R_{PD}越大，在传感器断开时生成的ADC输出代码也越大，这并非我们期望的结果。由于AD7606B的R_{IN}比AD7606大，对于给定的R_{PD}，如果传感器断开，ADC输出代码会降低（如图3所示），从而降低了误报的风险。

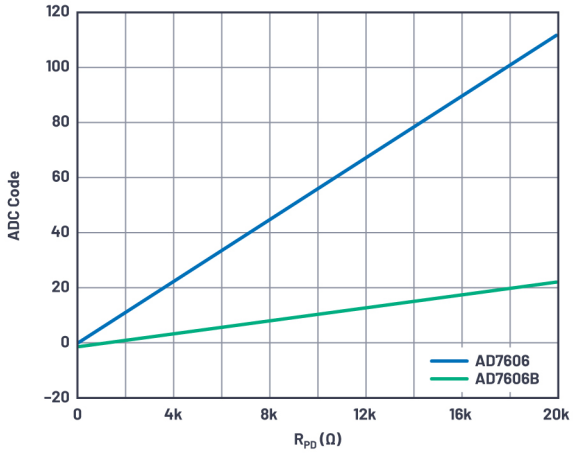

图3. 传感器与ADC的模拟输入断开连接时的偏置误差。

进入AD7606B的软件模式时，可以使用开路检测功能，从而无需后端软件来检测传感器断开情况。编程设置样本数量N（在图4的示例中，N = 3）之后，如果模拟输入保持由几个样本报告较小的直流值，算法会自动运行，并在模拟输入信号断开被判定为开路时，置一个标记位。

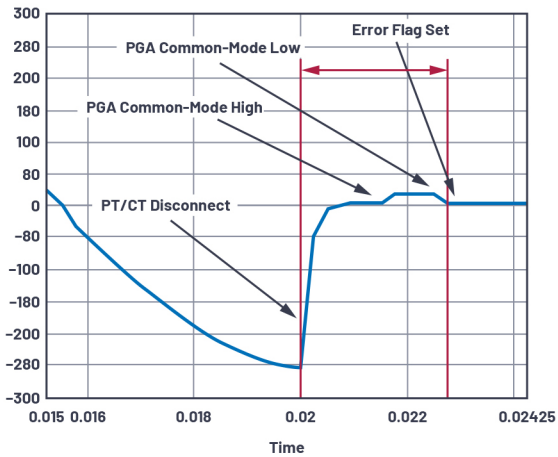

图4. 传感器断开检测。

系统级性能

系统失调校准

使用一对外部电阻时，如图1所示，它们之间出现任何不匹配都会导致产生偏移。传感器短接至地时，该偏移可以测量为ADC输出代码。然后，可以通过编程设置对应的通道偏移寄存器，在转换结果中增加或减去-128 LSBs至+127 LSBs偏移，以补偿系统偏移。

系统相位校准

CONVST引脚用于管理模数转换启动，以便同时在所有通道上触发该流程。但是，对于通过电流互感器(CT)测量电流同时通过分压电阻按比例缩小来测量电压的应用，存在电流和电压通道之间相位不匹配的情况。为了补偿这种不匹配，AD7606B可以延迟任何通道（相对延迟大一点儿的通道）上的采样时刻，以便将输出信号调整到同相，如图5所示。

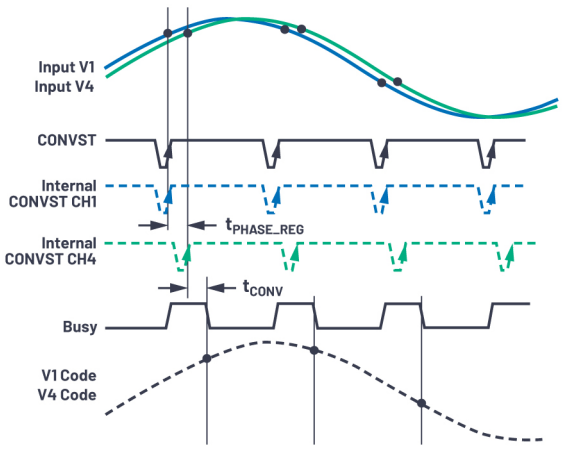

图5. 相位调整。

系统可靠性

为了提高系统的可靠性，在片内增加了几种诊断功能，包括：

- 每个通道上的过压/欠压比较器。
- 一种接口检查，在每个通道上输出固定的数据，以验证通信状态。
- 如果尝试对无效寄存器实施写入或读取，则会发出SPI无效读取/写入警报。
- 在转换开始后，如果BUSY线持续的时间比正常时间长，则会发出BUSY STUCK HIGH警报。
- 如果检测到对内部LDO稳压器的完全、部分或上电复位，则发出复位检测警报。
- 可以对存储器映射、ROM和每个接口通信实施CRC校验，以确保正确初始化和/或操作。

总结

AD7606B为市场带来了完整的芯片数据采集系统。可实现所有的模拟前端内建模块。它提供了一套完整的高级诊断功能，以及增益、偏移和相位校准。因此，AD7606B降低了组件成本和系统设计的复杂性，从而简化了电力线监控应用设计。

作者简介

Lluis Beltran Gil毕业于瓦伦西亚理工大学，于2009年获电子工程学士学位，2012年获工业工程学士学位。毕业后，Lluis于2013年加入ADI公司，担任利默里克精密转换器部的应用工程师，支持温度传感器开发。目前，Lluis就职于ADI精密转换器部SAR ADC应用团队，工作地点在西班牙瓦伦西亚。联系方式：lluis.beltrangil@analog.com。

在线支持社区

ADI EngineerZone™ 中文技术论坛

访问ADI在线支持社区，与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

请访问ez.analog.com/cn

©2020 Analog Devices, Inc. 保留所有权利。商标和注册商标属各自所有人所有。

DN21978sc-3/20