

配置AD7616用于高动态范围应用的设置示例

作者: Aidan Frost

简介

AD7616是一款双通道、同步采样、16通道、16位逐次逼近寄存器(SAR)型模数转换器(ADC)。AD7616非常适合能源分配市场中的保护和测量应用。AD7616具备一系列针对保护和测量应用而设计的特性,例如低漂移的集成式可编程增益放大

器(PGA)、1 M Ω 输入阻抗、高度灵活的可编程序列器和最高128倍过采样功能。本应用笔记详细说明如何配置AD7616众多工作模式中的一种以实现100 dB以上的高动态范围。本应用笔记旨在用作快速入门参考,以便用户将AD7616集成到应用当中。

目录

简介.....	1	对 AD7616 编程.....	6
修订历史.....	2	转换.....	8
动态范围要求.....	3	读取转换结果.....	8
引脚配置.....	5	结语.....	9

修订历史

2016年6月—修订版0: 初始版

动态范围要求

根据具体应用，目标输入信号幅度可能很不相同。例如，相对于故障状况，继电器保护应用的信号量程一般很小，但用户可能希望同时测量标称状况和故障状况。这种测量需要一个具有大动态范围的ADC来将这些较小输入信号解析到所需的精度。此类应用所需的动态范围可通过下式计算：

$$DR = 20 \times \log_{10} \frac{Signal_{MAX}}{Signal_{MIN}}$$

其中：

DR 为动态范围。

$Signal_{MAX}$ 为ADC可以分辨的最大信号。

$Signal_{MIN}$ 为ADC可以分辨的最小信号。

根据应用的精度要求，用户可能希望精度高于16位。此要求可利用AD7616并通过下述方法实现：

1. 对模拟输入进行过采样以实现高达96 dB的信噪比(SNR)。
2. 对信号进行双增益采样以提高有效动态范围。

使用AD7616的 ± 10 V输入范围，在无任何过采样的情况下，用户通常可实现90.5 dB SNR。使用64倍过采样比(OSR)时，此SNR提高到96 dB最大值。类似地，对于 ± 2.5 V范围，无过采样时可实现87 dB SNR，OSR为64时可实现93.9 dB SNR。

表1. 过采样所实现的SNR

OSR	± 2.5 V范围(dB)	± 10 V范围(dB)
0	87	90.5
64	94	96

考虑一个来自传感器的输入信号，其相对于输入范围一般非常小，但可能超量程（例如启动期间或故障状况下），如图1所示。

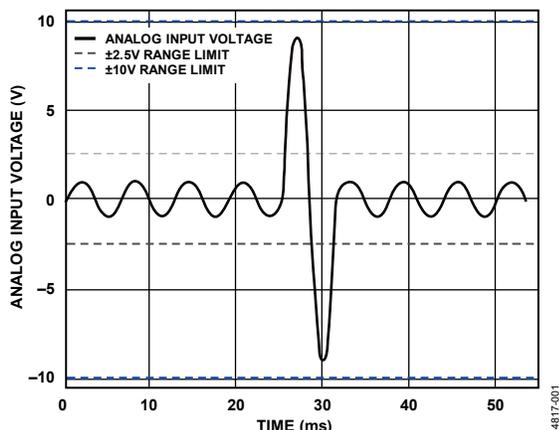


图1. 超量程信号

将两个AD7616通道合并以对同一输入信号进行采样，便可实现较大动态范围。AD7616每个通道有一个PGA，经过配置可接受 ± 2.5 V、 ± 5 V或 ± 10 V的输入信号。在对同一信号进行采样时使用不同的增益，是提高动态范围的关键。

图2显示了一个典型的双采样设置，其使用AD7616每个ADC的一个通道。AD7616包括两个ADC内核和两个8:1多路复用器，总共有16个通道。本例使用每个多路复用器上的一个通道，从而可以对两个通道同时采样，如图2所示。

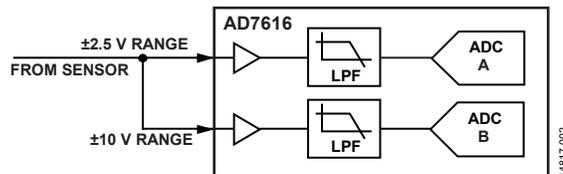


图2. 双增益采样设置

图2所示连接是监控三相电力系统某一相的典型连接，可以根据需要扩展到监控其他相。本应用笔记所述的配置假设ADC通道按照表2所示进行分配，从而监控三相。

表1显示，对于 ± 2.5 V范围，OSR为64时，过采样可将SNR提高到94 dB。对于同样的范围，以低得多的4倍OSR进行过采样时，可以解析的最小信号约为 ± 88 μ V。已知 ± 2.5 V范围、OSR为4倍时SNR为89 dB，最小信号可计算如下：

$$SNR = 20 \times \log_{10} (\text{最大信号}/\text{最小信号}) = 89 \text{ dB}$$

其中：

SNR为信噪比。

最大信号为施加到模拟输入端的信号的最大幅度。

最小信号为相对于本底噪声的最小可分辨信号的幅度。

最大信号就是输入范围；本例中为 ± 2.5 V。使用此输入范围，重新整理并求解该方程便可确定ADC可以解析的最小信号。计算结果为 ± 88 μ V。

使用±10 V和±2.5 V两种输入范围进行采样，可以实现的最高动态范围为：

$$DR = 20 \times \log_{10} \frac{\pm 10 \text{ V}}{\pm 88 \mu\text{V}} \cong 101 \text{ dB}$$

其中，DR为动态范围。

表2. ADC通道配置

相位	通道	ADC A范围(V)	ADC B范围(V)
A	V0A/V0B	±2.5	±10
B	V1A/V1B	±2.5	±10
C	V2A/V2B	±2.5	±10

引脚配置

AD7616可以配置为硬件或软件工作模式。硬件模式使用引脚控制来配置序列器、模拟输入范围和过采样比等选项。软件模式则是通过并行接口或串行接口对片上寄存器进行编程，并可解锁器件的更多功能。本设置示例使用软件模式，通过并行接口编程。利用串行接口配置器件同利用并行接口对器件编程相似。有关详细信息，参见AD7616数据手册。

对于本例，在对片上寄存器编程之前，按照表3和图3所示配置控制引脚，然后上电。复位解除时或发生完全复位之后，器件会锁存硬件控制引脚值。对配置的任何改变也需要完全复位。

表3. 硬件引脚配置

引脚名称	设置	描述
HW_RNGSELx	GND	将器件配置为软件模式。
SER/PAR	GND	接地时选择并行接口。
SEQEN	GND	无功能，应接地。
CHSELx	GND	无功能，应接地。
REFSEL	GND/V _{CC}	内部/外部基准电压源（根据需要）。

配置好控制引脚之后，将适当的电压提供给V_{CC}引脚和V_{DRIVE}引脚，以给AD7616供电。电源稳定后，需要让器件完全复位。有关详细信息，参见AD7616数据手册。

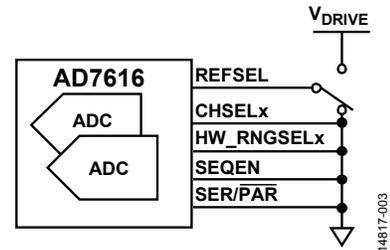


图3. 硬件控制引脚连接

对AD7616编程

在软件模式下，AD7616可通过片上寄存器灵活配置。这些寄存器可通过并行或串行接口访问，有16位宽。本应用笔记所述的例子使用并行接口。所需寄存器写操作的流程图如图4所示。下述寄存器写命令利用可编程序列器将AD7616配置为对三个不同信号进行双采样。

首先写入配置寄存器。配置寄存器用在软件模式下，用来配置ADC的许多主要功能，包括序列器、突发模式、过采样和CRC操作。

将命令0x8460写入配置寄存器，使能序列器的突发模式。突发模式需要一个CONVST脉冲来启动序列器堆栈寄存器中配置的每个通道对的转换。然后存储转换结果，直至用户准备回读结果。有关详细信息，参见AD7616数据手册。

接下来配置输入范围寄存器。如表2所示，使能六个通道进行采样。三个通道设置为 ± 2.5 V范围，另三个通道设置为 ± 10 V范围。有四个输入范围寄存器，但本例仅需要两个：寄存器A1和寄存器B1。写入命令0x8815以将V0A至V2A通道的

输入范围配置为 ± 2.5 V范围。写入命令0x8C3F以将V0B至V2B通道的输入范围配置为 ± 10 V范围。

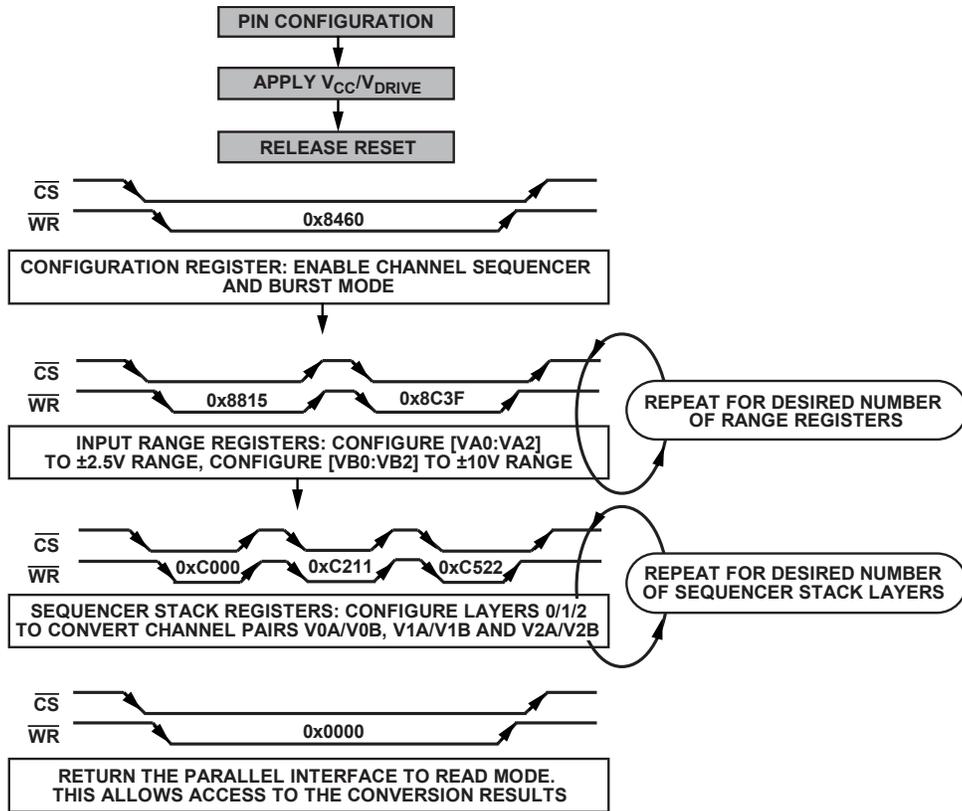
最后写入序列器堆栈寄存器。序列器寄存器结构形成一个32层堆栈，各层可包含两个通道（ADC A中的任一通道和ADC B中的任一通道）。序列器编程如表4所示。

表4. 序列器编程

层	ADC A通道	ADC B通道	代码
1	V0A	V0B	0xC000
2	V1A	V1B	0xC211
3	V2A	V2B	0xC522

堆栈中最后一层（本例中为第三层）的SSREN位设置为逻辑1，以定义堆栈的最后一层。序列器达到SSREN位设为1的层之后，便将堆栈指针复位到堆栈的第一层。然后重复该序列。

AD7616现在已按照表2所示的配置，对三个信号进行采样。向器件写入命令0x0000，使其返回到读取模式并开始采样。表5显示了本例寄存器编程摘要。



14817-004

图4. 寄存器配置流程图

表5. 寄存器摘要

寄存器	命令	描述
配置	0x8460	使能序列器和突发模式。
输入范围A1	0x8815	将V0A至V2A通道配置为±2.5 V范围。
输入范围B1	0x8C3F	将V0B至V2B通道配置为±10 V范围。
序列器堆栈1	0xC000	将V0A和V0B定义为序列器堆栈中的第一通道对。
序列器堆栈2	0xC211	将V1A和V1B定义为序列器堆栈中的第二通道对。
序列器堆栈3	0xC522	将V2A和V2B定义为序列器堆栈中的最后通道对。SSREN位设为1。
转换结果	0x0000	器件返回到读取模式以访问转换结果。

转换

在突发模式下，单个CONVST脉冲启动序列器堆栈寄存器中配置的每个通道的转换。器件内部产生完成序列所需的其余CONVST信号。图5显示了器件在该模式下的操作。复位解除时，片内寄存器进行编程，如图4所示。器件切换回转换读取模式之后，需要进行一次伪转换以将新配置锁存到器件中。然后，用户必须提供一个CONVST脉冲以启动整个序列的转换。序列完成后（BUSY由高电平变为低电平），用户便可回读三个通道对的转换结果，如图5所示。

读取转换结果

在突发模式下，回读转换结果发生在序列中的所有通道完成转换之后，如图5所示。假设通道数为N，过采样比为x，则完成转换和转换结果回读的周期时间(t_{CYCLE})可估计如下：



图5. 突发工作模式

$$t_{CYCLE} = (N \times x)(t_{ACQ} + t_{CONV}) - t_{ACQ} + 25 \text{ ns} + t_{CS_SETUP} + N(t_{RB}) + t_{QUIET}$$

其中：

t_{ACQ} 为典型采集时间。

t_{CONV} 为典型转换时间。

t_{CS_SETUP} 为BUSY下降沿到 \overline{CS} 下降沿建立时间。

t_{RB} 为利用并行接口回读转换结果所需的时间。

t_{QUIET} 为最后上升沿 \overline{CS} 到CONVST上升沿所需的时间。

利用并行接口回读转换结果，即便使能突发序列器，用户也能维持最大吞吐速率。将AD7616数据手册中的适当数值代入 t_{CYCLE} 计算公式，得到以4倍OSR转换三个通道对所需的周期时间为11.945 μs 。此代换实现的吞吐速率为每通道83 kSPS。

结语

利用较小的 ± 2.5 V输入范围设置，通过监控ADC A输出，用户可以检测过压和过流状况。借助这种方法，用户可以利用 ± 2.5 V范围设置的满量程幅度范围来保护动态范围。然后，用户可以切换到监控较大的 ± 10 V输入范围，以捕获故障状况的性质和幅度。此方法使得用户无需在ADC之前应用动态输入范围调整，而且AD7616的通道密度让双采样成为一个高性

价比选择。本应用笔记证明，使用双采样设置和4倍OSR，AD7616动态范围可提高到101 dB。在使能过采样的情况下对三个通道进行采样，可以保持每通道83 kSPS以上的吞吐速率。在实际意义上，对于60 Hz输入信号，使用本应用笔记所述方法，每个线路周期用户可以收集1300个以上的样本。