

AD5420的HART通信兼容配置

作者: Maurice Egan

简介

多年来, 过程控制仪器仪表中一直使用4 mA至20 mA通信。4 mA至20 mA通信方式稳定可靠, 对长距离通信中的环境干扰具有高抗扰度。

4 mA至20 mA通信的缺点在于它是单向通信, 并且只能传送一个过程变量, 对于现代工业控制系统来说, 这是个很大的局限。

可寻址远程传感器高速通道(HART)标准的发展为4 mA至20 mA通信开启了新的可能。HART数字双向通信兼容4 mA至20 mA电流环路。在4 mA至20 mA模拟电流信号之上调制一个1 mA峰峰值频移键控(FSK)信号。

基于BELL 202通信标准, 所用的两个频率为表示逻辑1的1200 Hz和表示逻辑0的2200 Hz。

实现

AD5420是一款16位数模转换器, 具有4 mA至20 mA输出和输入, 可接受HART调制解调器的输出。HART调制解调器的输出经过衰减后, 交流耦合至AD5420的CAP2引脚; 这导致调制解调器输出在4 mA至20 mA模拟电流上进行调制, 而不会影响电流的直流电平。

如图1中的电路显示AD5420如何与微控制器和HART调制解调器接口, 以使PLC和DCS系统常用的4 mA至20 mA电流输出支持HART。制一个1 mA峰峰值频移键控(FSK)信号。

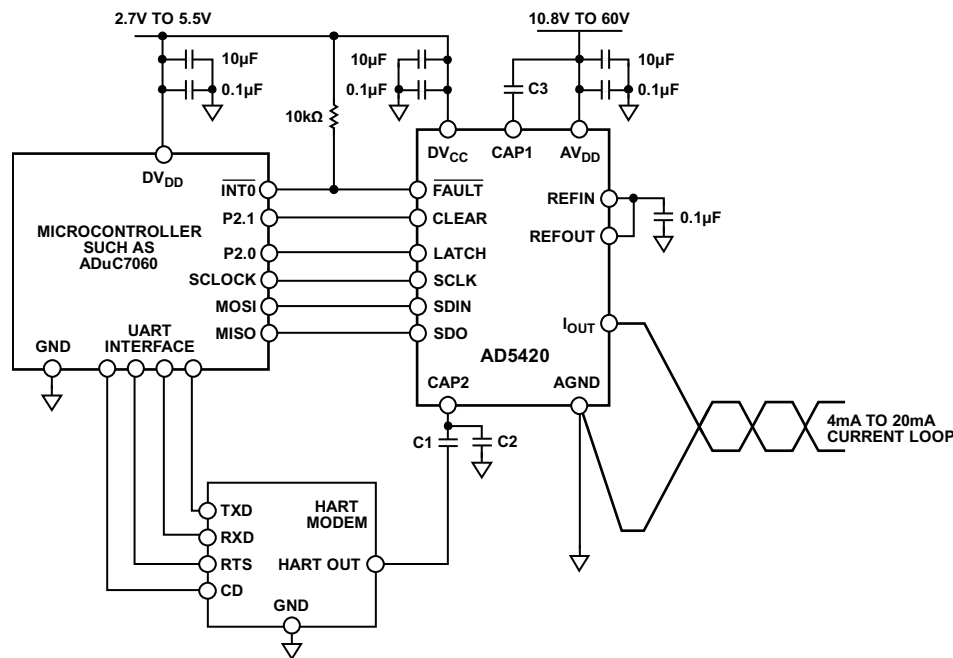


图1. HART使能电路中的AD5420

08875-001

确定C1和C2的值

图1所示电路中有3个未定值的电容：C1、C2和C3。C1和C2用于确定HART调制解调器输出至AD5420输入端的信号比例和耦合。C3稍后讨论。

调制解调器的输出是一个FSK信号，包括1200 Hz和2200 Hz频移，这个信号必须转换为1 mA峰峰值电流信号。为了获得1 mA峰峰值电流，CAP2引脚处的信号幅度必须为48 mV峰峰值。假定调制解调器的输出幅度为500 mV峰峰值，则其输出必须经过 $500/48 = 10.42$ 倍衰减。C1和C2的电容值可以表示如下：

$$\frac{C_1 + C_2}{C_1} = 10.42$$

在这个公式中

$$\frac{C_2}{C_1} = 9.42 \quad (1)$$

确定电容的绝对值时，要确保调制解调器的FSK输出无失真通过。因此，调制解调器输出信号的带宽必须能通过1200 Hz和2200 Hz频率。

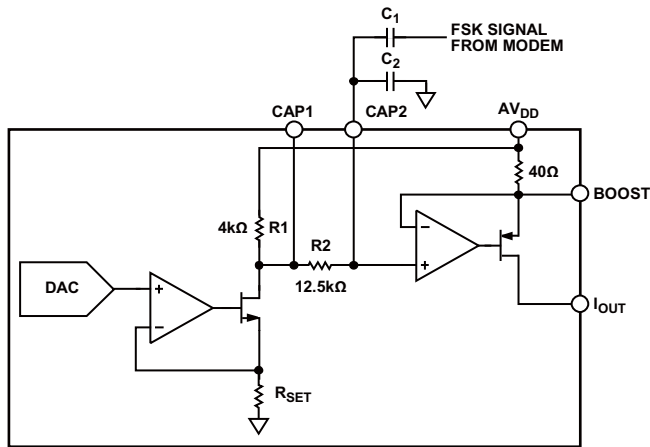


图2. AD5420内部电路

注意，在图2中，外部电容C1和C2与R1和R2构成了一个高通滤波器，截止频率为：

$$F_c = \frac{1}{2 \times \pi \times (R_1 + R_2) \times (C_1 + C_2)}$$

选择的高通截止频率为500 Hz

$$C_1 + C_2 = \frac{1}{2 \times \pi \times (4\text{k}\Omega + 12.5\text{k}\Omega) \times 500} = 19.3\text{nF} \quad (2)$$

使用公式1和公式2，可以确定

$$C_1 = 1.85\text{nF}$$

$$C_2 = 17.45\text{nF}$$

这些值是理论值，具有类似比例的近似值同样可行。在500 Ω负载上接收到的HART信号的幅度在400 mV峰峰值至600 mV峰峰值范围内。以下测量所用的值是C1 = 2.2 nF和C2 = 22 nF。

图3表明在500 Ω负载电阻上分别测得了1200 Hz和2200 Hz的频移。波形的幅度大约为500 mV峰峰值。

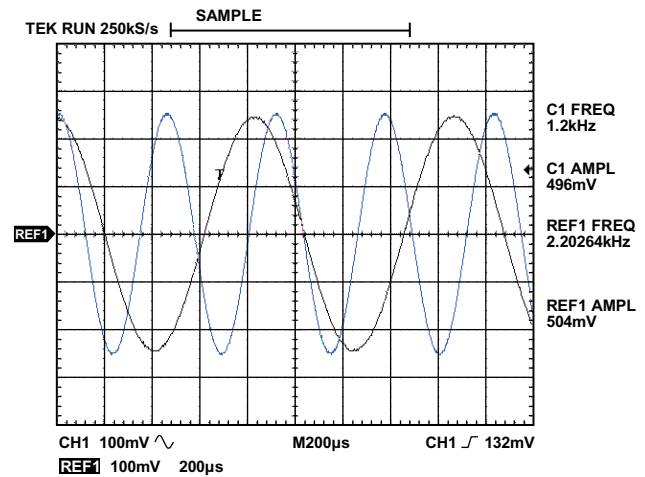


图3. 在500 Ω负载上测得的1200 Hz和2200 Hz波形

HART兼容性

图1中的电路要与HART兼容，必须符合HART物理层规范。HART规范文档中包含了众多物理层规范；对于AD5420，最重要的两个规范是静止时的输出噪声和模拟变化率。

静止时的输出噪声

当HART设备没有进行传输（静止）时，不应在HART扩展频带中将噪声耦合到网络上。噪声过高可能会干扰设备本身或网络上的其它设备对HART信号的接收。

对于在500 Ω负载上测得的电压噪声，其包含的扩展频带中的宽带噪声和相关噪声总和不能超过2.2 mV（有效值）。噪声用图4所示电路测得。此电路包括HART通信基金会提供的HCF_TOOL-31滤波器。环路电流设为12 mA。用其它电流值测得的噪声没有明显区别。

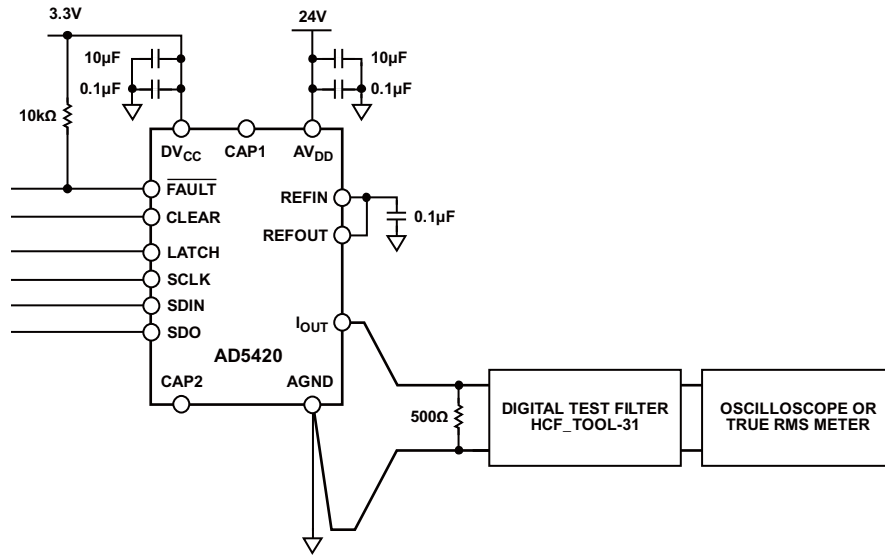


图4. 静止时的噪声测量

图5展示了用数字示波器的峰值检测特性测量的噪声。所示的测量值为4.128 mV(有效值)。数字测试滤波器的增益为10, 因此, 这个测量值应该除以10, 测量结果为0.4128 mV(有效值)。

为了证实这一测量结果, 我们还使用Agilent 3458A真有效值测量仪进行了噪声测量, 测量结果为0.085 mV(有效值), 远低于示波器测量值。然而, 如果示波器被设为正常采样模式, 则测量结果为0.07 mV(有效值), 如图6所示。最差条件下的测量值为0.4128 mV, 远低于2.2 mV(有效值)的要求。

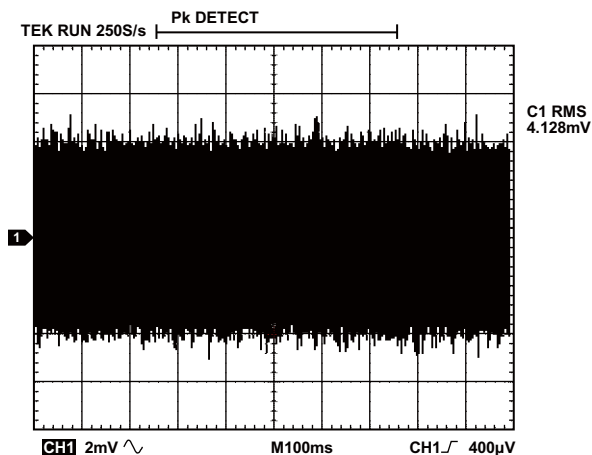


图5. HART滤波器输出噪声, 示波器为峰值检测模式

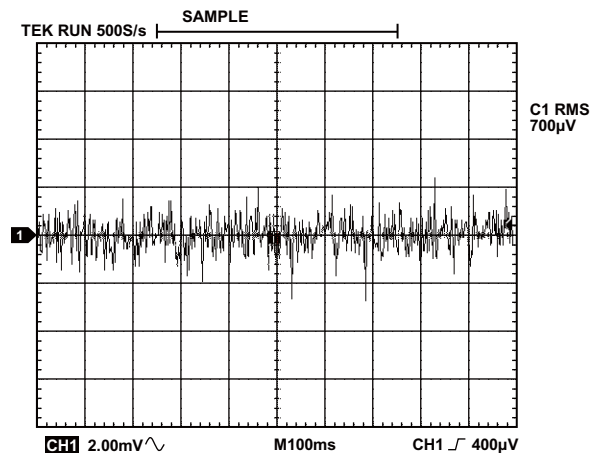


图6. HART滤波器输出噪声, 示波器为采样模式

模拟变化率

这一技术规范可确保当设备调节电流时, 模拟电流的最大变化率不会干扰HART通信。电流的阶跃变化会扰乱HART信号。测试电路如图4所示。为进行这个测试, AD5420被编程为输出一个4 mA至20 mA切换的周期波形, 该波形在两个值上都没有延迟, 以获得最大变化率。为了符合HART规范, 滤波器输出端的波形的峰值电压不能大于150 mV。符合这一要求可确保模拟信号的最大带宽处于规定的直流至25 Hz频带中。

AD5420输出从4 mA变为20 mA的自然时间约为10 μ s。这个速度显然太快，而且会对HART网络造成重大破坏。为了降低变化率，AD5420提供了两种特性：一是在CAP1和CAP2引脚处连接电容，二是提供数字压摆率控制功能(详情请参考AD5420数据手册)。

要使带宽降低到25 Hz以下，需要在CAP1和CAP2引脚处连接非常大的电容值；因此，最佳解决方案是既连接电容，同时又使能AD5420的数字压摆率控制功能。C1和C2两个电容对HART信号进行衰减并交流耦合至AD5420，它们能够降低模拟信号的变化率，但这样还不足以符合规范要求。使能压摆率控制功能可以为变化率的设置提供灵活性。

图7显示AD5420的输出和HART滤波器的输出。滤波器输出端的峰值电压为91 mV，处于规定范围以内。压摆率控制设置为SR CLOCK = 3和SR STEP = 2，从4 mA至20 mA的转换时间设为120 ms，C1 = 2.2 nF、C2 = 22 nF，C3未连接。如果这个变化率太慢，可以减少压摆时间；但这会使滤波器输出端的峰值电压增加。为了抵消这个作用，可以在CAP1引脚和AVDD之间连接电容(C3)，如图1所示。

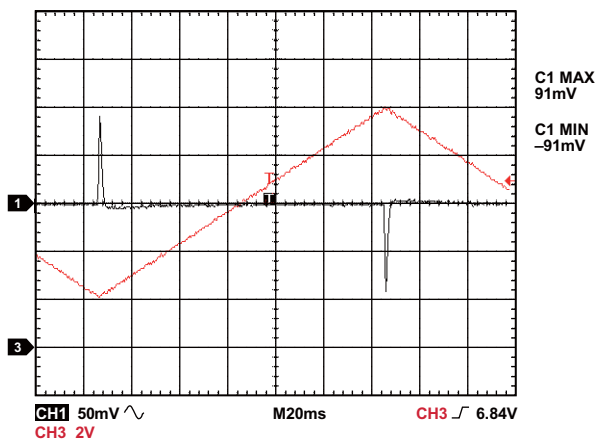


图7. AD5420和HART滤波器输出信号，
SR CLOCK = 3, SR STEP = 2, C1 = 2.2 nF, C2 = 22 nF

图8显示了加入一个2.2 μ F电容C3以及将压摆率控制配置为SR CLOCK = 0和SR STEP = 3的结果。4 mA至20 mA阶跃的压摆时间约为30 ms。

若要进一步降低滤波器输出端的峰值幅度，可以增加C3的值或配置更慢的压摆率，或者结合使用这两种方式，如图9所示，其中SR CLOCK = 2、SR STEP = 2、C3 = 2.2 μ F。经过这一设置，压摆时间为100 ms，滤波器输出电压峰值为28 mV。

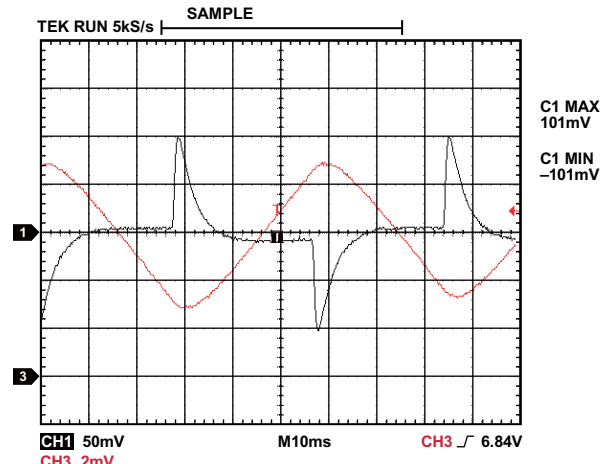


图8. AD5420和HART滤波器输出信号，
SR CLOCK = 0, SR STEP = 3, C1 = 2.2 nF, C2 = 22 nF, C3 = 2.2 μ F

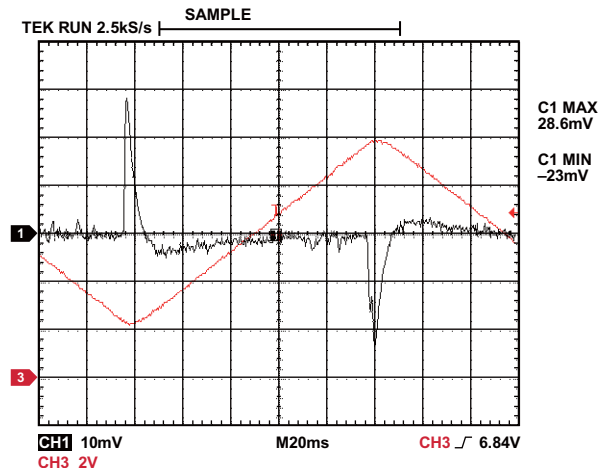


图9. AD5420和HART滤波器输出信号，
SR CLOCK = 2, SR STEP = 2, C1 = 2.2 nF, C2 = 22 nF, C3 = 2.2 μ F

若要将模拟信号的压摆率设为理想水平，可以选择C1、C2和C3的电容值，同时对AD5420的数字压摆率控制功能进行编程。