

轻松支持HART的4 mA至20 mA灵活带宽电流输入

作者: Michal Brychta和Derrick Hartmann, ADI公司

4 mA至20 mA模拟电流环路常用于工厂环境中。虽然这些环境中的基本信号调制均相同,但带宽要求却有很大的不同。工厂控制系统可能需要100 Hz环路带宽(来自位置和位移传感器)。而典型的过程控制系统仅需几Hz更新速率,且一般都支持HART。HART(可寻址远程传感器高速通道的开放通信协议)协议允许在传统的模拟4 mA至20 mA电流环路内实现双向1.2 kHz/2.2 kHz FSK(频移键控)调制数字通信。设计同时满足两种情况的4 mA至20 mA输入可能会有一定难度。本文提供了一种方法,可以极大地简化这类设计。

图1中的电路图是一个支持HART的模拟输入的传统实现方法。

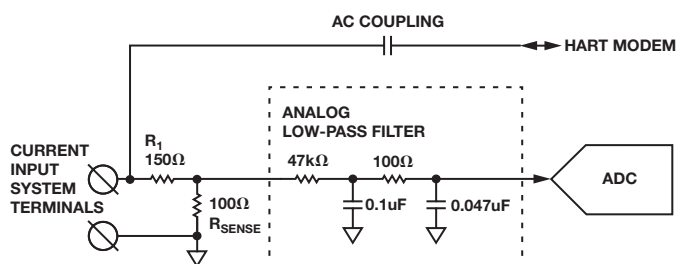


图1. 集成无源滤波器且支持HART的输入

R_1 和 R_{SENSE} 组成一个250 Ω 系统端接阻抗。HART FSK信号从该处到HART调制解调器为交流耦合。通过精密100 Ω R_{SENSE} 电阻,将4 mA至20 mA模拟信号转换为0.4 V至2 V电压信号。然后,模拟低通滤波器衰减模拟信号中的HART FSK成分,接着将其输入ADC。二阶低通模拟滤波器带宽为25 Hz,滚降为-40 dB/十倍频程。

该电路符合HART规范,可将HART FSK信号衰减至4 mA至20 mA满量程以下超过-60 dB电平,确保HART FSK通信的4 mA至20 mA模拟输入扰动不超过0.1%。

另一方面,该模拟低通滤波器在系统输入端的满量程跳变之后,建立至0.1%以内需大约70 ms。这种较长的建立时间和低带宽性能不适合没有HART通讯需求的高速系统。虽然模拟滤波器可以被旁路掉,但需要额外的模拟电路,比如开关或多路复用器。

图2显示了支持HART的模拟输入的替代方案。

与上一个电路类似,HART FSK信号交流耦合至250 Ω 输入阻抗,而4 mA至20 mA信号通过精密100 Ω R_{SENSE} 电阻转换为0.4 V至2 V电压信号。然而在本电路中,一个轻度的低通滤波器将信号带宽限制为27 kHz左右,以便为系统提供免疫性和电磁兼容性(EMC)。系统输入端满量程跳变后,滤波器在40 μ s时间内建立至0.1%。

该信号通过内置的数字滤波器传输至 Σ - Δ 型ADC(比如ADI的AD7173)。数字滤波器可编程设置为较慢的工作速度模式和最优HART FSK信号抑制模式,或者在要求快速模拟输入时设置为快速工作模式。

AD7173支持多种工作模式。其中一种模式适合用来抑制HART FSK信号,将SINC3滤波器的陷波频率设为400 Hz,或者可在较低HART FSK频率(1.2 kHz)时提供深滤波器陷波并可在较高频率(2.2 kHz)时提供大幅衰减的分数频率。图3中的曲线显示该数字滤波器的频率响应,及其与图1中模拟滤波器的比较。

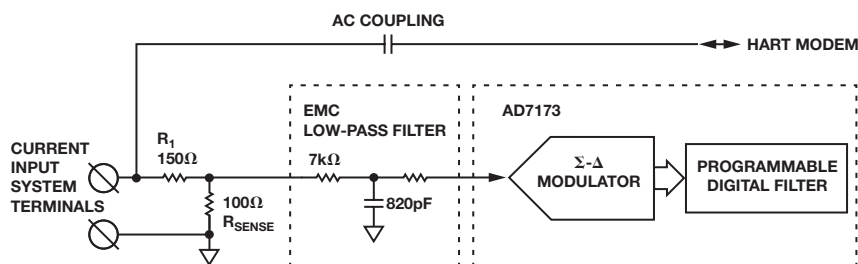


图2. 支持HART的灵活带宽输入

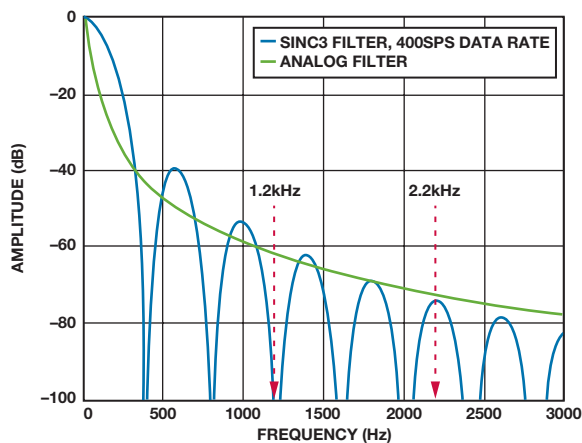


图3. 集成无源滤波器且支持HART的输入

不幸的是，真实情况远没有那么简单。当一条完整的消息经过HART发送后，HART FSK调制信号频谱不仅在基频调制频率处包含电能，且在1.2 kHz与2.2 kHz载波之间、下方和上方包含频率分量。

图4显示了HART FSK消息在ADC输入端的典型频谱，以及通过sinc3滤波器以400 Hz陷波衰减时的频谱。本例中，主机发送HART命令3，从机响应该命令。

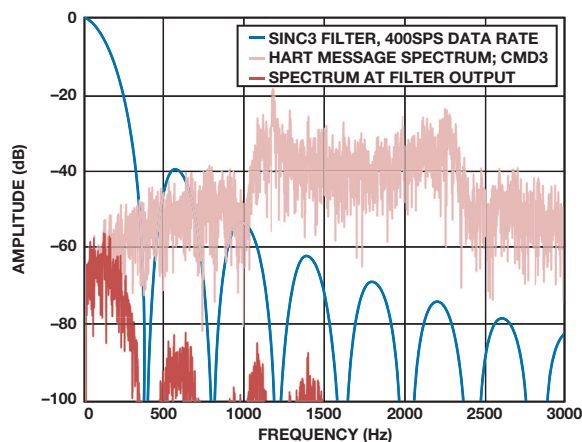


图4. HART消息频谱

由图4可以看出，HART消息的一部分(尤其在较低频率处)依然可以出现在模数输出数据中。也就是说，可以轻松更改数字滤波器设置，以便实现4 mA至20 mA输入速度和HART FSK采样抑制之间的正确平衡。

图5显示了系统性能，其测量值在4 mA至20 mA满量程范围内以百分比误差表示，同时比较模拟滤波器(如图1所示)和sinc3数字滤波器(如图2所示)的系统速度。

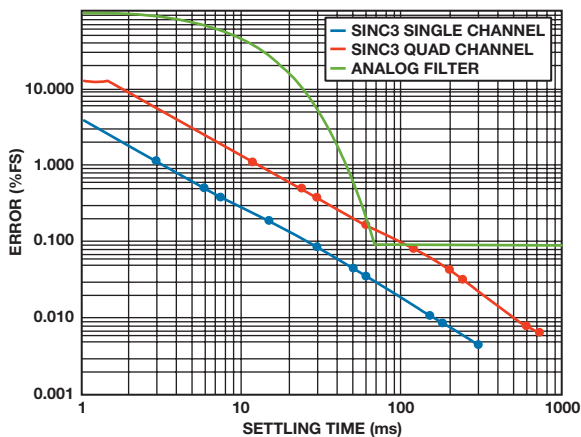


图5. Sinc3滤波器与模拟滤波器

模拟滤波器在硬件中固定，并具有固定的建立时间。对于系统输入端的快速变化模拟信号而言，模拟滤波器输出误差由其较慢的建立时间决定。例如，如果系统输入每40 ms改变满量程，则滤波器输出不会建立至正确值的1%以内。对于较慢的输入信号而言，模拟滤波器输出误差由其抑制HART FSK信号低频分量的能力决定。对于典型HART命令3消息而言，该误差测量值约为4 mA至20 mA满量程的0.09%。

此外，数字SINC3滤波器的建立时间是一个用户设置的参数，滤波器输出误差是由于HART FSK调制对应的滤波器设置决定的。例如，400 Hz陷波的SINC3滤波器对应7.5 ms建立时间，当传输HART命令3时，A/D上测得的扰动不足4 mA至20 mA满量程的0.4%。在具有四个模拟输入的系统，SINC3滤波器在通道之间顺序切换。同样的400 Hz陷波SINC3滤波器现在需要 $4 \times 7.5 = 30$ ms才能扫描全部四个通道。这便是四通道系统的曲线在30 ms处均显示出约为0.4%误差的原因。

对于更精确的4 mA至20 mA输入而言，sinc3滤波器可设为30 ms建立时间，该设置对应100 Hz陷波且将HART信号抑制在不足满量程的0.1%。如果在系统中速度更为重要，则6 ms建立时间(约500 Hz陷波)的sinc3滤波器依然可以将HART通信信号抑制在4 mA至20 mA满量程的0.5%以下。此外，如果只要求速度且无需进行HART通信，则前文示例中的AD7173能够以每通道161 μ s的建立时间达到31 kSPS的采样速率。

总之，传统的模拟低通滤波器较容易理解，而某些情况下，每通道略为增加几个元器件可在多通道系统中实现较好的模拟输入性能。另一方面， Σ - Δ 型ADC的集成数字sinc3滤波器具有极大的灵活性，而这种灵活性是一路直到终端系统用户都可提供的。数字解决方案所需硬件较少，并且若设置得当，则其在HART FSK信号滤波性能方面远优于单通道系统中的模拟解决方案，而与最多四通道的系统相比具有接近或更佳的性能。

作者简介

Michal Brychta是一名高级系统应用工程师，负责工业自动化。他任职于ADI公司的工业自动化部门，工作地点在爱尔兰利默里克。Michal先前是ADI公司 Σ - Δ 型转换器产品应用工程师，之前曾担任仪器仪表以及工业系统设计工程师长达10年。Michal毕业于捷克布尔诺科技大学，获得电子工程硕士学位。联系方式：michal.brychta@analog.com

Derrick Hartmann是ADI公司工业自动化部门的系统应用工程师，工作地点在麻萨诸塞州威明顿市。Derrick先前是ADI公司工业DAC产品组合的产品应用工程师。Derrick毕业于爱尔兰利默里克大学，获得电子工程学位。联系方式：derrick.hartmann@analog.com

在线支持社区

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。

ezchina.analog.com



全球总部

One Technology Way
P.O. Box 9106, Norwood, MA
02062-9106 U.S.A.
Tel: (1 781) 329 4700
Fax: (1 781) 461 3113

大中华区总部

上海市浦东新区张江高科技园区
祖冲之路 2290 号展想广场 5 楼
邮编 : 201203
电话 : (86 21) 2320 8000
传真 : (86 21) 2320 8222

深圳分公司

深圳市福田中心区
益田路与福华三路交汇处
深圳国际商会中心 4205-4210 室
邮编 : 518048
电话 : (86 755) 8202 3200
传真 : (86 755) 8202 3222

北京分公司

北京市海淀区
上地东路 5-2 号
京蒙高科大厦 5 层
邮编 : 100085
电话 : (86 10) 5987 1000
传真 : (86 10) 6298 3574

武汉分公司

湖北省武汉市东湖高新区
珞瑜路 889 号光谷国际广场
写字楼 B 座 2403-2405 室
邮编 : 430073
电话 : (86 27) 8715 9968
传真 : (86 27) 8715 9931

亚洲技术支持中心

免费热线电话 : 4006 100 006
电子邮箱 :
china.support@analog.com
技术专栏 :
www.analog.com/zh/CIC
样品申请 :
www.analog.com/zh/sample
在线购买 :
www.analog.com/zh/BOL
在线技术论坛 :
ezchina.analog.com