

Derrick Hartmann  
和 Michal Brychta  
ADI公司

# 针对支持HART的4 mA至20 mA输入进行优化的电路设计

in 分享至LinkedIn

✉ 电子邮件

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。这样可实现传感器/执行器的查询,并且能够在设备安装、监控和维护过程中表现出显著的优势。通过使用便携式辅助器件查询传感器/执行器,HART可为维护人员提供众多便利,但要完全实现HART带来的所有好处,必须将传感器/执行器连接至带支持HART的电流输入或输出的控制系统。本文将重点阐述支持HART的电流输入以及向余量受限的4 mA至20 mA输入设计中添加HART功能相关的难题。

我们先来看看HART FSK发送电路。图1显示了HART FSK发送电路的一种传统方案,对此电路进行讨论后我们将展示经过改进的电路设计,改进后的电路可节省空间和成本。

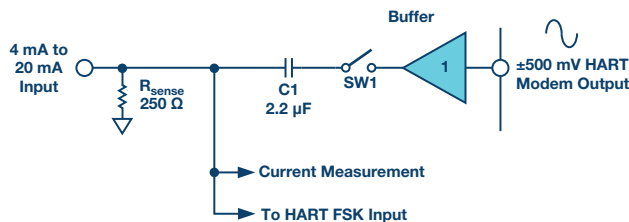


图1. 传统HART FSK发送电路

在图1中, $R_{sense}$ 用于将4 mA至20 mA信号转换为可由ADC读取的1 V至5 V信号。HART FSK发送电路可通过C1将±500 mV HART FSK信号交流耦合至4 mA至20 mA环路。这些信号要么为正弦波形,要么为梯形波形。HART调制解调器的输出端需要驱动能力足够强的缓冲器,因为 $R_{sense}$ 的阻抗较低,而且电流环路电缆上的电容也可能很大。HART不发送信号时,缓冲器输出相对环路是低阻抗,这可能会危及4 mA至20 mA信号发送。为此,开关(SW1)与缓冲器输出串联使用,以在不发送时提供高阻抗。

SW1开启时,4 mA至20 mA环路可在1 V和5 V之间摆动。由于这种变化会交流耦合至SW1,开关的输入端最多可能有±4 V的电压。为此,开关可能需要±5 V或更大的双极性电源,还有一种替代方案是使用光电开关。三态缓冲器是另一种选择,但这种缓冲器可能需要双极性电源。还有一种选择是采用变压器隔离方式。

考虑到HART的信号频率,可能需要音频变压器,但这可能体积较大,消耗大量的电路板空间。

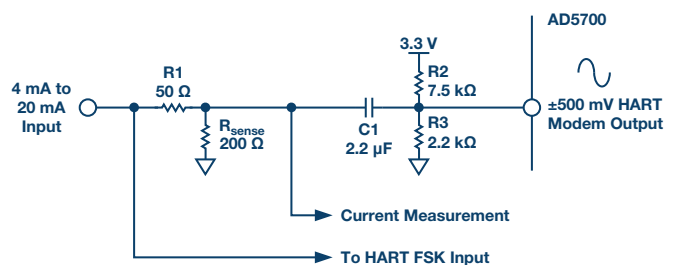


图2. 经过改进的HART FSK发送电路

图2显示了经过改进的HART FSK发送电路设计,这种设计的好处是能够节省空间和成本。在此电路中,AD5700 HART调制解调器的驱动能力足以将±500 mV FSK信号直接驱动至电流环路,无需使用外部缓冲器。

调制解调器不发送信号时,AD5700的FSK输出会偏置到0.75 V,阻抗为70 kΩ。R2和R3提供了更强的0.75 V偏置,R2和R3的交流阻抗为1.7 kΩ。此1.7 kΩ阻抗和C1所形成的高通滤波器可确保最差情况的4 mA至20 mA输入信号,即25 Hz、200 Ω  $R_{sense}$ 时为±16 mA,这会导致HART调制解调器FSK输出被驱动至0 V和1.5 V之间。这意味着,整个输入可使用电压低至1.62 V的单极性电源运行,HART调制解调器的最小供应电压为1.62 V。

另一个考虑因素是输入阻抗,输入阻抗应大于230 Ω。为了确保足够大的输入阻抗,250 Ω输入电阻已分割为50 Ω和200 Ω。交流输入阻抗为 $R1 + (R_{sense} \parallel R2 \parallel R3) \approx 230 \Omega$ 。如果需要,可增大此阻抗,方法是增大0.75 V偏置电阻的值,即R2和R3。在FSK发送路径中额外添加50 Ω电阻将在一定程度上使FSK信号衰减,但电压仍然符合HART规范的要求。

由于电流环路是压摆式,因此会有部分电流流经C1、R2和R3。当然,必须确保这不会显著影响4 mA至20 mA模拟信号。可将 $<0.1\%$ 视为等同于7倍时间常数( $\tau$ )的可接受误差贡献。所以 $7\tau = 7 \times R \times C = 7 \times (R2 \parallel R3) \times C1 = 30 \text{ ms}$ 。4 mA至20 mA模拟信号发送限于25 Hz,对应于40 ms周期。此值大于7倍时间常数,这意味着附加电流测量误差将始终 $<0.1\%$ 。

此改进电路(如图2所示)无需使用缓冲器、开关以及双极性电源。这三个因素可大幅节省传统HART FSK发送电路上的系统的空间和成本。

HART FSK输入的电路如图3所示。此电路提供一个带通滤波器，能够抑制低频模拟信号发送，并且不受更高频率的干扰影响。图示的滤波器专为AD5700定制，因不同的HART调制解调器而有所不同。此带通滤波器的一个特点是R1提供的150 k $\Omega$ 输入阻抗，提高抗瞬态噪声干扰的能力。

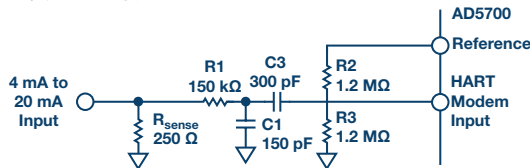


图3. HART FSK输入

4 mA至20 mA电流测量电路如图4所示。200  $\Omega$ 精密R<sub>sense</sub>电阻可将4 mA至20 mA信号转换为0.8 V至4 V信号，这些信号之后可由ADC转换。然后是可抑制HART FSK信号的双极低通滤波器R2、C1、R3、C2。接着可将此信号馈入ADC进行转换。

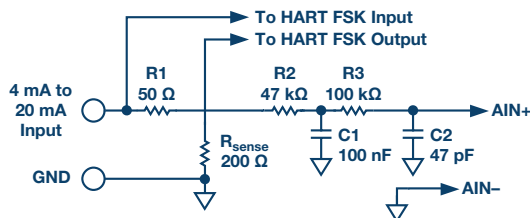


图4. 电流测量电路

本文描述的电路已经构建成功并且经过测试，可用作PLC/DCS四通道电压和电流输入的基准电路，同时还兼容HART (CN0364)。本文描述的电路完全能够在此电路板上实施，此外，电路板还可支持在四个输入通道之间多路复用HART。测试相关通道时，FSK发送开关可保持开启或关断状态，保持开启时，电路与图2中的电路完全相同。本参考设计的文档在[www.analog.com/cn/CN0364](http://www.analog.com/cn/CN0364)上免费提供，同时还提供有硬件供您采购。

本文已概述了如何在支持HART的模拟输入上实施硬件。除此之外，还展示了使用AD5700 HART调制解调器的改进版HART FSK发送电路。此改进电路无需使用任何外部缓冲器或开关，而且还能节省电路板空间和成本。此电路还无需使用双极性电源，这不仅能够节省空间和成本，而且还能降低电源复杂性。

## 作者简介

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。

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 $\Sigma$ - $\Delta$ 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。

## 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](http://ezchina.analog.com)

**engineerzone**<sup>®</sup>  
中文技术论坛

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  
珞喻路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

©2015 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners. Ahead of What's Possible is a trademark of Analog Devices. TA13652sc-0-12/15

[analog.com/cn](http://analog.com/cn)

**ANALOG  
DEVICES**  
超越一切可能™