

## 利用调制解调器 IC 改进 HART 通信网络

自工业革命早期以来，人们就需要使用机械和设备进行测量、控制和通信，采用传感器和执行器的仪表系统成为现代制造工厂的支柱。通过传输线路，采用 4 mA 至 20 mA 模拟电流信号进行传输数据以及设置的通信方式长期以来一直在广泛使用。但仪表也在日臻成熟，从早期的纯模拟系统发展到当前使用的“智能”系统，利用 HART（可寻址远程传感器高速通道）协议等技术增强了通信功能。简而言之，直流低频电路信号由独立的更高频率信号进行调制，信号在一对频率之间切换（图 1）-这种技术称为频移键控（FSK）。

本文将介绍该技术的实施，并提供一些应用示例，讨论现代硅集成电路技术使用的一些器件，为系统设计人员提供帮助。此外，为了阐述该技术，我们还将介绍当前最紧凑、功耗最低、电压范围最宽、完全符合规范的 HART 调制解调器（调制-解调）IC--ADI 公司的 AD5700。

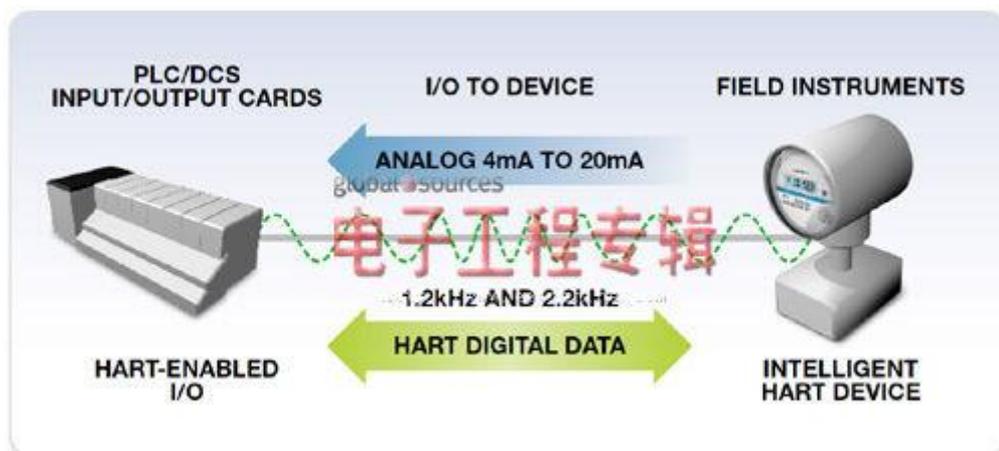


图 1. HART 通信。

### 什么是 HART 通信？

在模拟发射器中使用的主要通信方式是电流环路，正常范围是从 4 mA 至 20 mA，采用发射器、接收器和电源设备。它可以实现众多功能，例如远程校准、故障查询和过程变量数据传输。低功耗发射器和接收器必须在 4 mA 或更低的最小电流下运行，这要取决于错误指示所需的“裕量”。这些电流环路非常可靠和稳定，在长途通信中具有很强的抗环境干扰能力。但是，它的一大劣势是单环路仅允许单向通信（来自传感器或发送至执行器），只能传输一个过程变量。

HART 标准的引入提供了一种创建“智能”发射器的方式，方法是添加数字通信功能，共享用于传统 4 mA 至 20 mA 仪器的同一根双绞线。4 mA 至 20 mA 模拟电路由 1 mA 峰峰值 FSK 信号进行调制 - 而不中断原始主变量传输，同时仍然

为环路工作留下裕量。HART 协议已经成为在智能设备和控制或监控系统之间通过模拟线路发送和接收数字信号的全球标准。

### HART 调制解调器 IC 内部结构

AD5700-1 完整 HART 调制解调器 IC (图 2) 集成了所有必需的滤波、信号检测、解调和信号发生功能, 从而显着减少了所需的外部元件数量。它采用小型 4 mm × 4 mm、24 引脚 LFCSP 封装, 仅需要 2 V 至 5.5 单电源供电, 在 -40°C 至 +125°C 的扩展温度范围内工作。

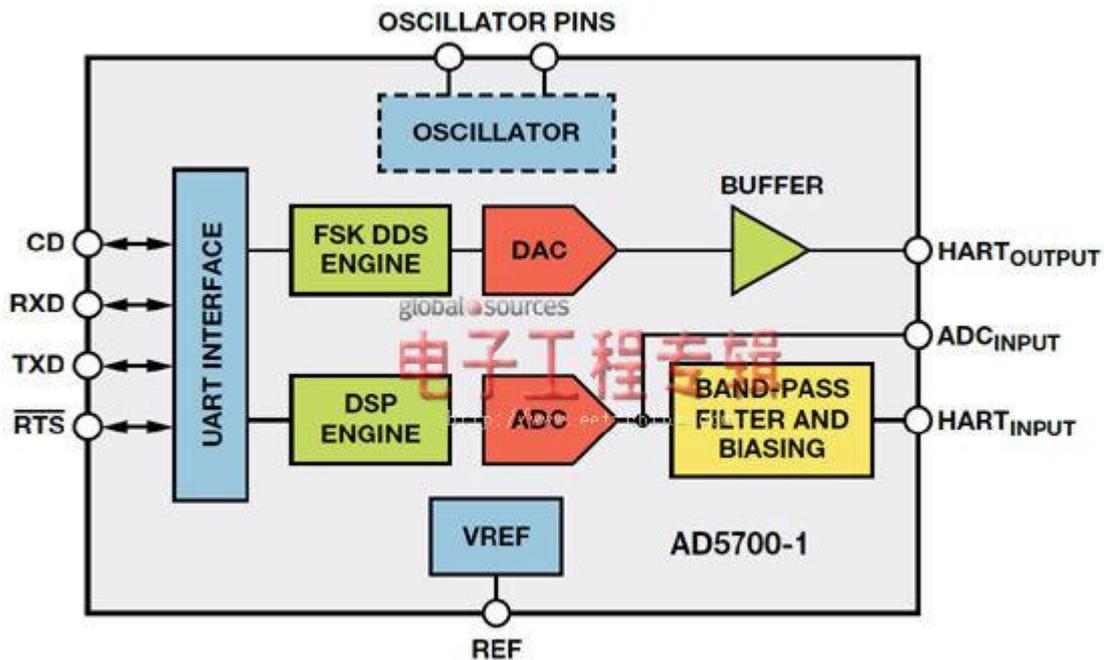


图 2. AD5700-1 框图; -1 选项包括内部 0.5%精密 RC 振荡器。

### 发射路径

图 2 显示了调制涉及的主要模块: FSK 直接数字合成 (DDS) 引擎、DAC (开关电阻串类型) 和缓冲区。要发送的数字数据通过 UART 输入。调制器通过将 RTS (请求发送) 信号拉低来使能。调制器将 TXD 输入端的 UART 编码 HART 数据位流转换成一系列二进制 1200 Hz (“1”) 和 2200 Hz (“0”) 信号音 (见图 3)。DDS 在任何一种频率下生成正弦数字字流, DAC 将其转换为大约 493 mV 的 p-p 模拟正弦波。此正弦波信号在内部进行缓冲并在 HART\_OUT 引脚上输出。该 DDS 引擎本身会产生连续相位信号, 因此在频率之间切换时避免了出现任何输出不连续。在 HART\_OUT 上进行内部缓冲的主要优势是产生很高的驱动能力, 无需外部模拟缓冲, 也不会出现它们带来的问题。HART\_OUT 引脚直流偏置至 0.75 V, 并应容性耦合至负载。

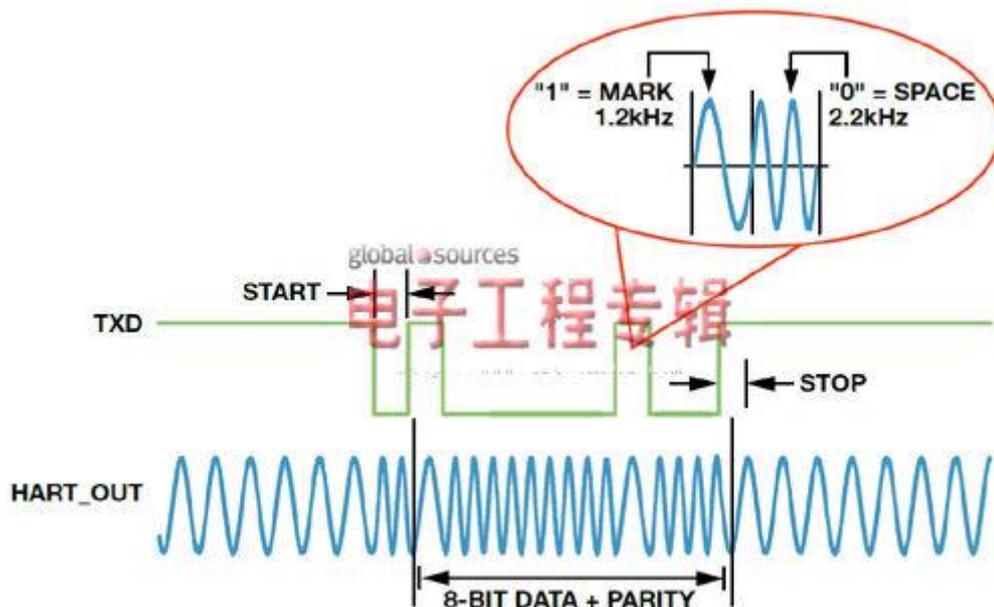


图 3. AD5700/AD5700-1 调制器波形。

### 接收路径

当 RTS 处于逻辑高电平时，调制器禁用，解调器使能，也就是说调制解调器处于接收模式。接收器在 HART\_IN 引脚上解调 FSK 调制信号。在此模式下，相关模块是内部带通滤波器、ADC 和 DSP 引擎。CD 高电平（载波检测）表示检测到有效载波。解调数据通过 UART 接口上的 RXD 引脚发送至主处理器。

我们选择该接收架构的目的是让 AD5700 能够抵御恶劣工业环境中的噪声和干扰。通过结合使用模拟滤波和数字滤波，可以在 RXD 引脚上实现出色的灵敏度和高度精确的输出。HART 位流之前是一个标准 UART 帧，该帧包含一个起始位、8 位数据、一个奇偶校验位和一个停止位。在解调模式下，调制解调器具有两个滤波器配置选项：内部滤波器（HART 信号施加于 HART\_IN）和外部滤波器（滤波 HART 信号直接施加于 ADC\_IP）。外部滤波器模式支持在防爆和本安型环境中使用 AD5700。它包括 150 kΩ 电阻，这样可以将电流限制在足够低水平，以遵守本质安全要求。建议将此选项用于对安全至关重要的应用的操作，调制解调器必须与环路电源的高电压隔离开。这种情况下，输入端具有更高的瞬态电压保护功能，因此即使是在要求最苛刻的工业环境中，也无需额外的保护电路。

### 其他模块

图 2 中显示的其他三个模块是上文提及的 UART 接口、内部基准和振荡器。RTS 和 TXD 是用于调制的重要信号，而 CD 和 RXD 则对解调非常重要。AD5700 可以接收外部 2.5 V 基准，只有在 AVDD 电源大于 2.7 V 时才能使用。对内部或外部基准选项的使用受 REF\_SEL 引脚的极性控制。对于时钟，该器件支持多个方案，

以实现简单的低成本可配置解决方案。AD5700 可以使用外部晶体、陶瓷谐振器或 CMOS 输入。AD5700-1 是首款集成内部低功耗 0.5%精密振荡器的 HART 调制解调器 IC, 降低了所需的外部电路以及总体成本。众多片上集成功能显着简化了 HART 兼容系统的设计, 从而提供更加可靠和经济高效的稳定网络解决方案。

### 低功耗应用示例

低功耗非常重要, 因为环路供电的所有电路的功耗必须低于 3.5 mA. 图 4 显示了环路中的 HART 通信应用示例。在 AD5700 控制板上, AD5700 HART 调制解调器与 AD5421 16 位串行输入环路供电型 4 mA 至 20 mA DAC 和 ADuCM360 微控制器接口连接, 以演示用于测量压力 (“0”) 和温度 (“1”) 的两个共享数据通道的环路供电型发射器电路。

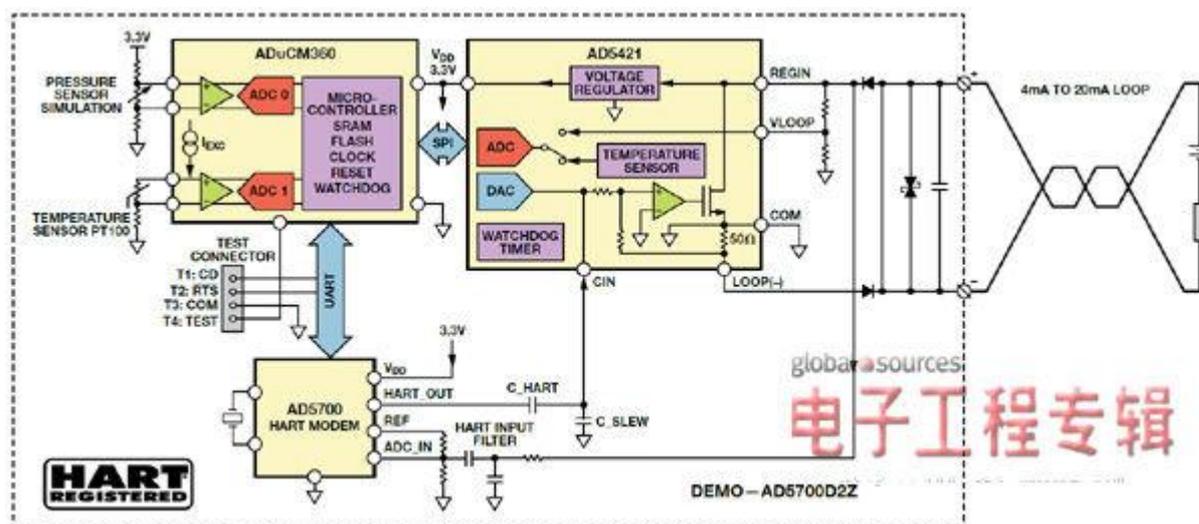


图 4. 在 HART 通信中, AD5421 环路 DAC 和 AD5700 HART 调制解调器作为环路供电型数据发射器。

该电路已通过兼容性测试和验证, 并注册为 HART 通信基金会认证的 HART 解决方案。产品注册的详细信息在它们的网站上提供。

在此类 4 mA 至 20 mA 环路供电型应用中, 最重要的限制是整个电路的功耗必须低于 3.5 mA (“低限报警”设置, 比 4 mA 的信号下限低 0.5 mA)。在此类应用中, AD5700 的低功耗规格极为重要。在满足功耗规格方面, 每微安都非常重要, 如果设计中的每个 IC 都抽取足够小的电流, 则不会超过 3.5 mA 的预算, 应用将能正常运行。典型的发射和接收电流分别为 124  $\mu$ A 和 86  $\mu$ A, 相应的最大指定耗用电流分别为 140  $\mu$ A 和 115  $\mu$ A, AD5700 不会对整体电流预算产生很大影响。

### 结论

除了业界功耗最低的 HART 调制解调器 IC 之外，ADI 公司还提供完整 HART 解决方案功能，包括微控制器产品，放大器，精密基准，开关，ADC 和电流-输出 DAC。AD5700 HART 调制解调器可以轻松与以下器件接口：AD5421，在上文所述的环路供电型智能发射器应用示例中使用；AD5422 16 位电压输出和电流输出 DAC，用于现场仪表或模拟 I/O 卡；AD5755-116 位四通道 DAC，采用创新的动态电源控制技术，用于多通道应用。此外，可以无缝匹配的元件也可用于整个信号链。与 AD5700/AD5700-1 结合使用时，它可以简化系统设计和增强可靠性，实现稳定 HART 兼容系统的快速轻松部署。