

**DANIEL DA ROCHA JANNER**  
Coordenador de Projeto

### *Introdução*

A comunicação com maquinário e instrumentos para controle e medição é a base da automação industrial. A técnica de comunicação mais simples, mais robusta e mais antiga implementada é a do loop de corrente com uma faixa normal de 4 mA a 20 mA. Empregando um transmissor, um receptor e uma fonte de alimentação, é possível transmitir dados variáveis do processo. O loop de corrente é confiável e altamente imune à interferência ambiental em longas distâncias de comunicação. Não é de admirar, então, que ainda esteja em amplo uso.

A desvantagem óbvia, no entanto, é que um único loop permite apenas uma comunicação unidirecional de um sensor para um atuador.

O protocolo HART™ (Highway Addressable Remote Transducer) foi desenvolvido em meados da década de 1980 para permitir a comunicação bidirecional de informações adicionais - além das variáveis normais do processo - entre dispositivos de campo inteligentes.

Atualmente, o protocolo HART é um padrão amplamente difundido para enviar e receber informações digitais entre dispositivos inteligentes e sistema de controle ou monitoramento. Isso se deve, em grande parte, ao reaproveitamento da enorme base instalada de sistemas de 4 a 20 mA e a algumas vantagens técnicas oferecidas por este protocolo.

### *Como funciona o HART?*

O protocolo HART utiliza o padrão Bell 202 Frequency Shift Keying (FSK) para sobrepor sinais de comunicação digital a um sinal analógico 4-20mA proveniente do transdutor.

A transferência de dados no protocolo HART ocorre a 1200 bps (bits por segundo) sem interromper o sinal de 4-20 mA, permitindo que uma aplicação host (mestre) obtenha duas ou mais atualizações digitais por segundo a partir de um dispositivo. O protocolo HART fornece, portanto, pelo menos dois canais de comunicação simultâneos: o sinal analógico de 4-20 mA e um sinal digital. O sinal de 4-20 mA comunica o valor primário medido (a temperatura de um processo, por exemplo). Informações adicionais (como status do dispositivo, diagnósticos, valores adicionais medidos ou calculados, etc.) são comunicadas usando um sinal digital que é sobreposto ao sinal analógico. Juntos, os dois canais de comunicação fornecem uma solução completa, de baixo custo e muito robusta e, fácil de usar e de configurar.

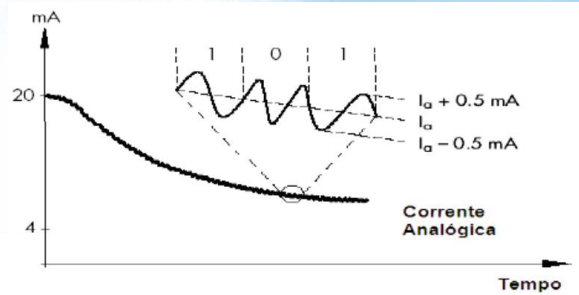


Figura 1: Sinal HART sobreposto ao sinal analógico 4-20 mA

A comunicação HART ocorre entre dois dispositivos habilitados para HART, geralmente um dispositivo sensor ou atuador inteligente e um sistema de controle ou monitoramento.

O protocolo HART é um protocolo de comunicação mestre-escravo, o que significa que, durante a operação normal, cada envio de dados do escravo (dispositivo HART) é iniciado por uma solicitação (ou comando) do dispositivo de comunicação mestre (host). O mestre ou host é geralmente um sistema de gerenciamento de controle distribuído, PLC CLP ou baseado em PC, por exemplo. O dispositivo escravo é tipicamente um dispositivo de medição de alguma variável física, como pressão, nível, temperatura, fluxo ou até mesmo um atuador eletromecânico, como uma válvula proporcional, por exemplo.

O protocolo HART pode ser usado nos modos ponto-a-ponto ou multiponto (multidrop). Em No modo ponto-a-ponto é estabelecido um único loop de corrente comunicando um dispositivo HART e o sistema de monitoramento. A variável primária trafega utilizando o sinal analógico 4 a 20 mA, enquanto informações adicionais trafegam digitalmente sobre o loop.

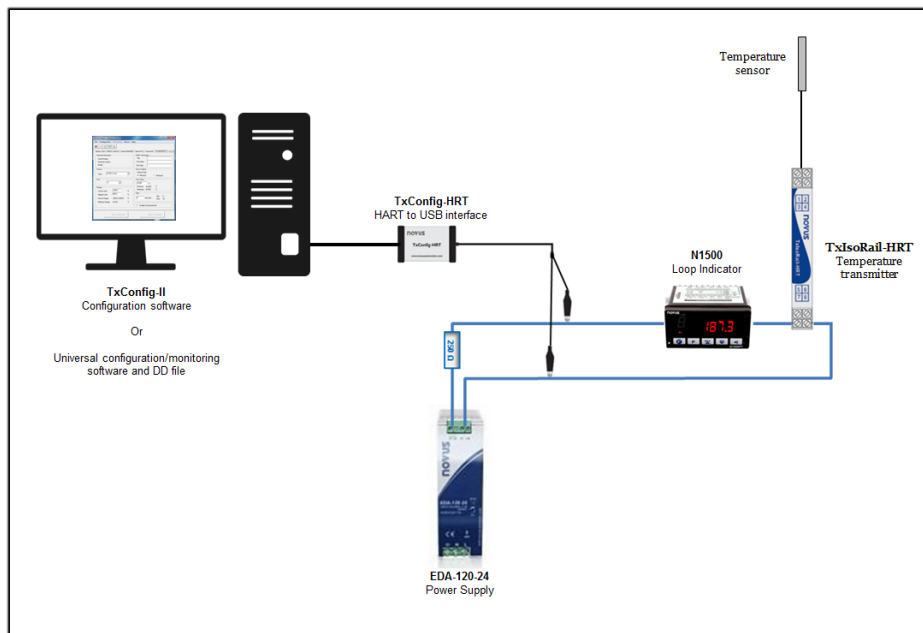


Figura 2: Modo ponto a ponto

No modo multidrop, todos os dispositivos HART estão em paralelo entre si e compartilhando uma única linha de transmissão. Operando desta forma, cada dispositivo se mantém fixo em 4 mA, ocorrendo apenas o tráfego de dados por meio do canal digital. Como não é possível a comunicação simultânea com vários

instrumentos, cada dispositivo terá seu próprio endereço HART exclusivo. Atualmente o protocolo HART v07 permite conectar até 64 dispositivos em modo multidrop.

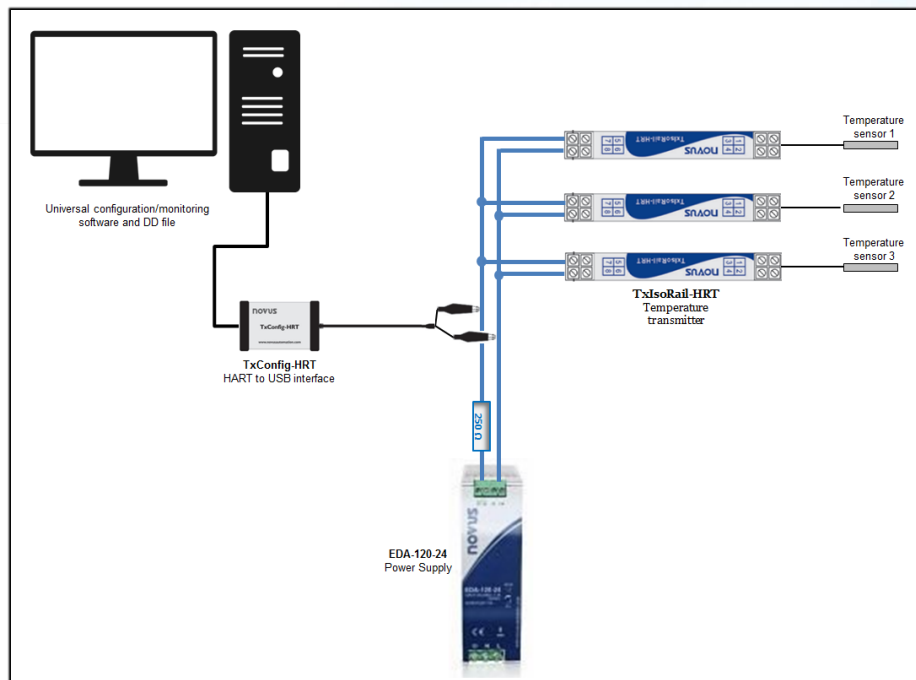


Imagem 3: modo Multidrop

No protocolo HART são previstos até dois mestres (um primário e um secundário). Isso permite que mestres secundários, como configuradores/comunicadores de mão (Handhelds), sejam usados sem que haja interferência na comunicação entre os dispositivos escravos e o mestre primário, ou seja, sistema de controle/monitoramento.

Há também um modo de comunicação "burst" opcional, em que um único dispositivo escravo pode transmitir continuamente uma mensagem de resposta HART padrão. Maiores taxas de atualização são possíveis com este modo de comunicação opcional e o uso é normalmente restrito à configuração ponto a ponto.

## Comandos HART

Para garantir que qualquer dispositivo habilitado para HART, de qualquer fornecedor, possa se comunicar adequadamente e responder a um comando com as informações corretas, o conjunto e os tipos de comandos são definidos nas especificações HART e implementados em todos os dispositivos registrados HART.

O usuário não precisa se preocupar com esses comandos porque eles estão incluídos nas funções do host. Os recursos específicos de um dispositivo (comandos específicos do dispositivo) estão disponíveis para o host por meio de um arquivo de descrição do dispositivo (DD – Device Description), que funciona como uma espécie de driver.



Um ponto importante é que as indicações de status do dispositivo são incluídas em cada resposta de comunicação ao host. O host interpreta esses indicadores de status e pode fornecer informações básicas de diagnóstico do dispositivo.

O conjunto de comandos HART fornece comunicação uniforme e consistente para todos os dispositivos de campo. O sistema de monitoramento host pode implementar qualquer um dos comandos necessários para uma aplicação específica. O conjunto de comandos inclui três classes:

**Universal:** todos os dispositivos que usam o protocolo HART devem reconhecer e suportar os comandos universais. Comandos universais fornecem acesso a informações úteis em operações normais (por exemplo, ler variável primária e unidades).

**Common Practice:** Os comandos de prática comum fornecem funções implementadas por muitos, mas não necessariamente todos, dispositivos de Comunicação HART.

**Device Specific:** Os comandos específicos do dispositivo representam funções exclusivas de cada dispositivo. Esses comandos acessam informações de configuração e calibração, bem como informações sobre a construção do dispositivo. Informações sobre os comandos específicos do dispositivo estão disponíveis nos fabricantes do dispositivo.

A tabela abaixo apresenta alguns exemplos de comandos HART.

Universal Commands	Common Practice Commands	Device Specific Commands
Ler o fabricante e o tipo de dispositivo	Ler a seleção de até quatro variáveis dinâmicas	Ler ou escrever valor de corte para fluxo baixo
Ler variável primária (PV) e unidades	Escrever constante de tempo de amortecimento	Iniciar, parar ou limpar totalizador
Ler a saída atual e a porcentagem do intervalo	Escrever valores do intervalo do dispositivo	Ler ou escrever fator de calibração de densidade
Ler até quatro variáveis dinâmicas pré-definidas	Calibrar (definir zero, definir intervalo)	Escolha PV (massa, fluxo ou densidade)
Ler ou escrever tag de oito caracteres, descritor de 16 caracteres, data...	Definir corrente de saída fixa	Ler ou escrever materiais ou informações de construção
Ler ou escrever mensagem de 32 caracteres	Executar o auto teste	Calibração do sensor
Ler valores de intervalo de dispositivos, unidades e constante de tempo de amortecimento	Executar reset principal	Habilitar PID
Ler ou escrever o número final da montagem	Trim PV zero	Escrever ajuste do PID
Escrever endereço	Escreva unidade fotovoltaica	Caracterização de válvula
	Trim DAC zero e ganho	Ponto de ajuste da válvula
	Escrever função de transferência (raiz quadrada / linear)	Limites de excursão da válvula
	Escrever o número de série do sensor	Unidades do usuário
	Ler ou escrever atribuições de variáveis dinâmicas	Informação de exibição local

## Comissionamento do dispositivo

Os instrumentos baseados em tecnologia HART têm vários recursos que reduzem significativamente o tempo necessário para comissionar totalmente uma rede ou loop HART. Menos tempo gasto no comissionamento do dispositivo pode resultar em economias de custo substanciais.



Esses recursos incluem a fácil identificação e verificação de cada dispositivo, a fácil verificação de integridade do loop e a manutenção dos registros do dispositivo como instalado.

### *Identificação e verificação do dispositivo*

Antes da instalação, geralmente é inserida uma tag, outros dados de identificação e a configuração em cada instrumento que vai a campo. Essas informações geralmente são fornecidas quando o dispositivo é solicitado pelo mestre. Após a instalação, a identificação do instrumento, o tag e o descritor podem ser verificados no workbench ou na sala de controle, usando um configurador de dispositivo, que pode ser um comunicador portátil, ou PC, usando um modem conectado ao dispositivo ou ao loop 4-20 mA.

Alguns dispositivos de campo fornecem informações sobre sua configuração física. Por exemplo, os dispositivos podem lidar com materiais molhados, classificações ou limites de diferentes tipos.

Dados físicos e outros dados de configuração podem ser verificados na sala de controle. O processo de verificação é importante para a segurança e em conformidade com as regulamentações governamentais e os requisitos de qualidade ISO.

O processo de comissionamento pode ser ainda mais simplificado ao conectar um aplicativo de configuração baseado em PC a cada loop HART. Isso pode ser feito pela integração com o sistema de controle ou usando um dos muitos sistemas de E/S de multiplexação HART disponíveis. Com essa abordagem centralizada, não há necessidade de mover o dispositivo de configuração de um ponto de terminação para o próximo durante o comissionamento de todos os dispositivos na rede.

### *Verificação de integridade de loop*

Uma vez que um instrumento de campo tenha sido identificado e seus dados de configuração confirmados, a integridade do circuito analógico pode ser verificada ao usar o recurso de teste de loop, que é suportado por muitos dispositivos habilitados para HART.

O teste de loop permite que o sinal analógico de um transmissor HART seja fixado em um valor específico. Esse valor fixo verifica a integridade do loop e garante uma conexão física adequada entre todos os dispositivos da rede.

Integridade adicional pode ser obtida se o valor analógico for comparado ao valor digital informado em um dispositivo. Por exemplo, algo pode ter inserido um deslocamento para o valor analógico de 4 a 20 mA que não foi contabilizado no sistema de controle. Ao comparar o valor digital da variável primária com o valor analógico, a integridade do loop pode ser verificada.

### *Manutenção de registros como instalados*

Muitos configuradores HART também facilitam a manutenção de registros. Os dados de configuração do dispositivo, conforme instalados, podem ser armazenados na memória ou em um disco para arquivamento ou impressão. Isso facilita a conformidade da manutenção de registros e garante a recuperação da configuração em caso de substituição do dispositivo.



## *Configuração*

A tecnologia HART oferece várias maneiras de obter informações inteligentes em um dispositivo habilitado para HART. Isso pode ser feito usando uma conexão física permanente ou temporária.

Você pode acessar todos os dados HART de um dispositivo habilitado para HART em qualquer lugar no sinal de 4-20 mA. A conexão não precisa estar nos terminais do dispositivo. Esse recurso pode reduzir o número de viagens para o campo, pois o acesso pode ser feito no painel de retransmissão ou de terminação.

Existem muitas razões para se comunicar com um dispositivo específico. Elas incluem:

- Configuração do dispositivo
- Diagnóstico do dispositivo
- Solução de problemas do dispositivo
- Verificação da Integridade do Loop
- Solução de problemas do processo

Um dispositivo habilitado para HART pode ser configurado usando ferramentas de software e hardware fornecidas por empresas associadas do FieldComm Group.

Alguns sistemas de controle e gerenciamento fornecem recursos de configuração de dispositivos permanentemente conectados. Para configurar um único dispositivo usando uma conexão temporária, você precisa de uma ferramenta de configuração universal portátil, uma fonte de alimentação, um resistor de carga e um dispositivo habilitado para HART. A configuração também pode ser realizada usando um PC executando um aplicativo de configuração de dispositivo e usando um modem HART.

## *Comunicadores portáteis universais*

As vantagens de usar um comunicador portátil incluem a portabilidade e, potencialmente, a capacidade de operar em ambientes mais hostis.

Os comunicadores portáteis HART estão disponíveis nos principais fornecedores de instrumentação em todo o mundo e são suportados pelas empresas associadas do FieldComm Group. Usando arquivos de descrição de dispositivo (DD), o comunicador pode configurar totalmente qualquer dispositivo HART para o qual tenha um DD instalado. Se o comunicador não tiver o DD para um dispositivo específico, ele ainda comunicará e configurará o dispositivo usando os comandos HART Universal e Common Practice, mas não poderá acessar os comandos extras ou específicos do dispositivo disponíveis no dispositivo.

Existem de 35 a 40 itens de dados padrão em todos os dispositivos HART registrados. Os dados podem ser acessados por qualquer comunicador ou ferramenta de configuração aprovado. Esses itens não exigem um DD e normalmente incluem a funcionalidade básica do dispositivo. Acessar dados específicos do dispositivo requer um DD atual para esse dispositivo em particular, pois isso fornece ao comunicador as informações necessárias para acessar totalmente todos os recursos específicos do dispositivo.

Um comunicador de mão HART, se equipado, também pode facilitar a manutenção de registros de configuração de dispositivos. Os dados de configuração do dispositivo instalado podem ser armazenados na memória ou em um disco para posterior arquivamento ou impressão. As conexões do Handheld podem ser feitas em qualquer lugar no loop de controle, não precisam estar fisicamente localizadas no dispositivo.

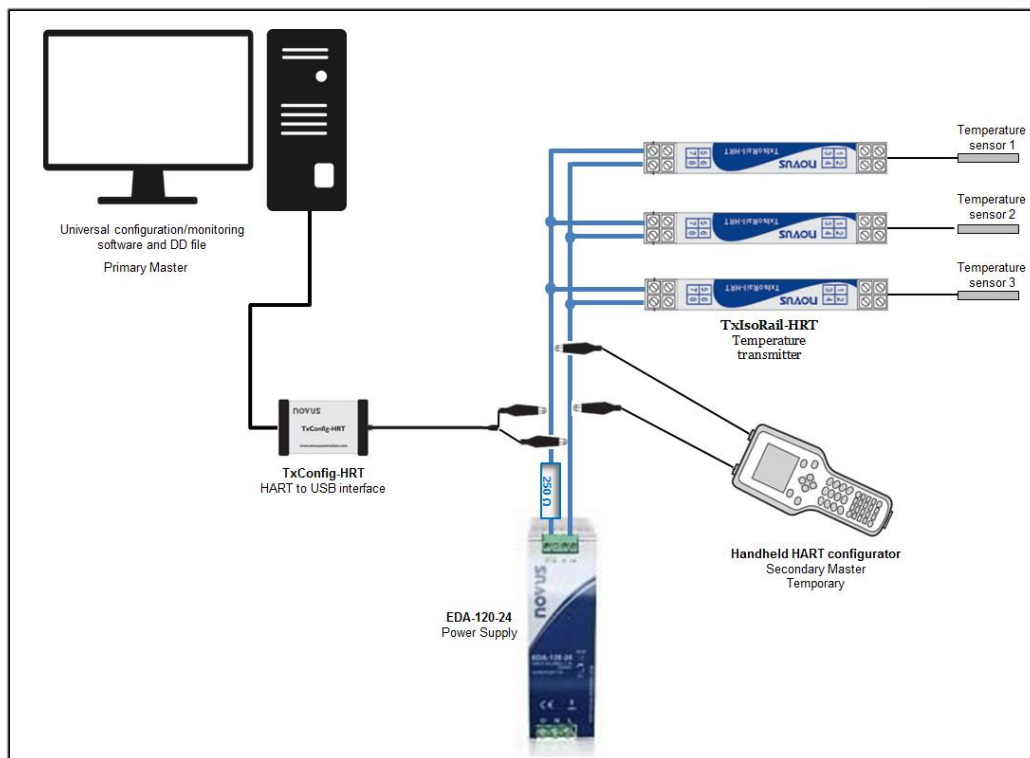


Figura 4: Mestre primário e mestre secundário

## Configuração de dispositivos baseados em PC e ferramentas de gerenciamento

Você também pode configurar um dispositivo habilitado para HART com um PC desktop ou laptop ou outros dispositivos portáteis equivalentes. Para isso, use um aplicativo de software baseado em PC e um modem de interface HART. Em comparação com um comunicador portátil, um PC pode oferecer uma tela melhorada. Ele também pode suportar mais DDs e configurações de dispositivos por causa da capacidade adicional de armazenamento de memória. Devido à natureza crítica das configurações do dispositivo no ambiente da fábrica, os PCs também podem ser usados como armazenamento de backup para dados de comunicadores portáteis.

Aplicativos de software estão disponíveis em muitos fornecedores. É importante revisar seus recursos para determinar a facilidade de uso, a capacidade de adicionar ou baixar DDs nativos do FieldComm Group e a funcionalidade geral.

## As vantagens e limitações do protocolo HART

Hoje em dia, dispositivos equipados com o protocolo HART possuem uma ampla aceitação em toda a indústria. A combinação da comunicação digital com o sinal de 4-20 mA fornece flexibilidade a transmissores, posicionadores de válvula, medidores de vazão e outros dispositivos inteligentes. Além da

variável primária monitorada, o protocolo traz consigo informações adicionais de outras variáveis medidas ou calculadas pelo transmissor.

Apesar de o sinal digital ser relativamente lento e da perda de funcionalidade do sinal analógico em modo multidrop, existem muitas vantagens no uso do protocolo HART. A utilização de multiplexadores HART e a integração associada com outras tecnologias e protocolos podem suprir as carências de velocidade e do número restrito de dispositivos (até 64 dispositivos em modo multidrop).

O auto diagnóstico é um recurso valioso para detectar eventuais problemas na planta. O protocolo garante também a interoperabilidade entre dispositivos HART registrados independentemente do fabricante. Isso se deve aos rigorosos requisitos técnicos que devem ser alcançados no processo de certificação, tanto do hardware do dispositivo quanto do DD.

O custo de implantação da estrutura de cabeamento é outro atrativo. Em muitos casos ocorre o reaproveitamento da estrutura 4-20 mA previamente instalada. Outra característica de destaque do protocolo é a capacidade de codificar e decodificar com precisão os sinais de comunicação HART em ambientes industriais ruidosos e hostis.

### *Device Commissioning*

There are several features provided by HART to reduce the time required to fully commission a HART network or loop, making this task easier. Among these features, we can point out the easy identification



and verification of each HART device, easy verification of loop integrity and maintenance of device records as installed. Less time spent in device commissioning results in cost savings.

### *Device identification and verification*

Before installation, a tag is usually inserted, along with other identification data and the configuration of each instrument going to the field. This information is usually provided when the device is requested by the master. After installation, the instrument identification, tag and descriptor can be easily verified by using a device configurator, which can be a handheld communicator or a PC using a modem connected to the device or the 4- 20 mA loop<sup>1</sup>.

Some field devices provide information about their physical configuration. For example, devices can handle wet materials, ratings, or boundaries of different types.

Physical data and other configuration data can be verified in the control room. The verification process is important for safety and in compliance with governmental regulations and ISO quality requirements.

The commissioning process can be further simplified by connecting a PC-based configuration application to each HART loop. This can be done by integrating with the control system or by using one of the many available HART multiplexing I/O systems. With this centralized approach, there is no need to move the device from one endpoint configuration to the next during the commissioning of all devices on the network.

### *Loop Integrity Check*

Once a field instrument has been identified and its configuration data confirmed, the integrity of the analog circuit can be verified using the loop test feature, supported by many HART-enabled devices.

The loop test allows the analog signal of a HART transmitter to be set to a specific value. This fixed value checks the integrity of the loop and ensures a proper physical connection between all network devices.

Additional integrity can be obtained if the analog value is compared to the digital value reported on a device. For example, something may have entered an offset to the analog value of 4 to 20 mA that was not counted in the control system. By comparing the digital value of the primary variable with the analog value, the integrity of the loop can be checked.

### *Maintenance of records as installed*

Many HART configurators also keep records of device configuration data, so they can be restored for archiving or printing. In case of device replacement, this ensures configuration recovery, while facilitating record-keeping compliance<sup>2</sup>.

### *Configuration*

---

<sup>1</sup> Source: <https://fieldcommgroup.org/technologies/hart/hart-technology-detail>

<sup>2</sup> Source: <https://fieldcommgroup.org/technologies/hart/hart-technology-detail>

HART technology offers several ways to get intelligent information in a HART-enabled device. This can be done using a permanent or temporary physical connection.

You can access all HART data from a HART-enabled device anywhere on the 4-20 mA signal. The connection does not need to be at the device terminals. This feature can reduce the number of field trips, since the access can be made in the relay or termination panel.

Among the many reasons to communicate with a specific device we can list:

- Device configuration
- Device diagnostics
- Device troubleshooting
- Loop Integrity Check
- Troubleshooting the process

Devices with HART protocol can be configured using software and hardware tools provided by the FieldComm Group member companies.

Devices with HART protocol can be configured using software and hardware tools provided by the FieldComm Group member companies.

Some control and monitoring systems provide configuration resources for permanently connected devices. In order to configure a HART-enabled device using a temporary connection, you can use either a universal handheld configuration tool or a PC running a device configuration application and a HART modem. For both cases, a power supply and a load resistor are also needed<sup>3</sup>.

### *Universal Handheld Communicators*

Handheld communicators are portable – usually battery-operated – and can be operated in a wide set of environments. They are available from suppliers around the world and are supported by FieldComm Group. These configurators are able to fully configure any HART device by previously installing the proper Device Description (DD) file for that device.

Even not having the DD for a specific device, the configurator will still be able to communicate and configure it by using HART Universal and Common Practice commands. However, on this case, extra or device specific commands will not be accessed, which can lead to a limited experience.

There are between 35 and 40 standard data items on all registered HART devices. Data can be accessed by any communicator or approved configuration tool. These items do not require a DD and usually include the basic functionality of the device. Accessing device specific data requires a current DD for that particular device as it provides the communicator with the information needed to fully access all of the device's specific features.

---

<sup>3</sup> Source: <https://fieldcommgroup.org/technologies/hart/hart-technology-detail>

If equipped, a HART handheld communicator can also make it easier to maintain device configuration records. The configuration data of the installed device can be stored in memory or on a disk for later archiving or printing. Handheld connections can be made anywhere in the control loop, they do not need to be physically located near the device.

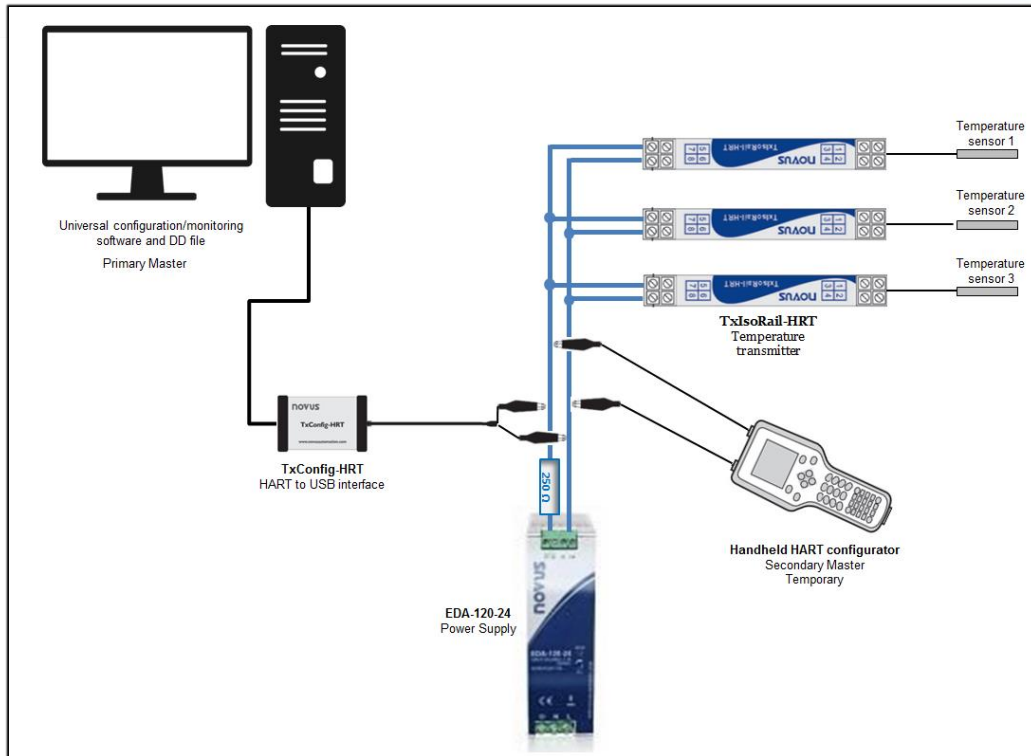


Figure 4: Primary master and secondary master

## *Configuring PC-Based Devices and Management Tools*

You can also configure a HART-enabled device with a desktop or laptop PC or other equivalent portable devices. To do this, use a PC-based software application and a HART interface modem. Compared to a handheld communicator, a PC can offer an improved display. It can also support more DDs and device settings because of the additional memory storage capacity. Due to the critical nature of the device settings in the factory environment, PCs can also be used as backup storage for handheld data communicators.

Software applications are available from many suppliers. It is important to review its features to determine ease of use, the ability to add or download native FieldComm Group DDs, and general functionality.

## *HART protocol advantages and limitations*

Devices equipped with the HART protocol are nowadays widely accepted throughout the industry. The combination of digital communication with the 4-20 mA signals provides flexibility to transmitters, valve positioners, flow meters and other intelligent devices. In addition to the primary variable monitored, the protocol brings additional information of other variables measured or calculated by the transmitter.

Although the digital signal is relatively slow and the loss of functionality of the analog signal in multidrop mode, there are still many advantages to using the HART protocol. The use of HART multiplexers and the

integration with other technologies and protocols can overcome the speed and the restricted number of devices (up to 64 devices in multidrop mode).

Self-diagnosis is a valuable resource to detect any problems in the plant. The protocol also ensures interoperability between registered HART devices regardless of manufacturer. This is due to the stringent technical requirements that must be met in the certification process, both the device hardware and the DD.

The cabling structure cost is another attraction. In many cases the reuse of the previously installed 4-20 mA structure takes place. Another outstanding feature of the protocol is the ability to accurately encode and decode HART communication signals in noisy and hostile industrial environments.