

Foundation™ Fieldbus: Conceptos básicos del sistema y su diagnóstico

Artículo cedido por Fluke

La tendencia actual en la automatización de plantas industriales es la sustitución de los esquemas de control tradicionales, en los que cada dispositivo tiene su propio cableado de control, por sistemas de bus que enlazan varios dispositivos mediante el mismo cable. Una de las ventajas de un bus de comunicaciones es que requiere una menor cantidad de hilos y cables para conectar los diversos dispositivos a sus controladores. Uno de los buses de comunicación más popular y ampliamente utilizado es el Foundation Fieldbus.

Fieldbus, que está desarrollado y administrado por Fieldbus Foundation (un grupo formado por fabricantes de equipos de automatización, sensores y actuadores para la industria), incluye dos protocolos diferentes para cubrir las necesidades específicas de un entorno de fabricación automatizado. Ambos utilizan medios físicos y velocidades de comunicación diferentes.

El primer protocolo es el H1, que funciona a 31,25 Kb/s y normalmente permite conectar con dispositivos de campo (sensores, actuadores, válvulas, luces de control, dispositivos de E/S, etc.), y posibilita también la comunicación bidireccional entre los dispositivos y un controlador. H1 proporciona capacidad de comunicación y alimentación mediante un sistema de dos cables. Se recomienda un cableado estándar de par trenzado apantallado para reducir las interferencias por ruido en la red.

El segundo protocolo es el denominado HSE (Ethernet de alta velocidad). Funciona a 100 Mb/s y normalmente permite conectar controladores de alta velocidad como, por ejemplo, PLC, varios subsistemas H1 (a través de un dispositivo de enlace), servidores de datos y estaciones de trabajo. Esta nota de aplicación se centra en el protocolo H1.

Estructura de red

La estructura básica de una red Fieldbus H1 se muestra en la Figura 1. La red incluye el cable de red principal, que interconecta una serie de cajas de conexiones o acopladores. Los acopladores permiten la conexión de los dispositivos y el controlador con el cable principal o línea troncal.

En general, los cables más cortos situados entre las cajas de conexiones y el dispositivo se denominan derivaciones.

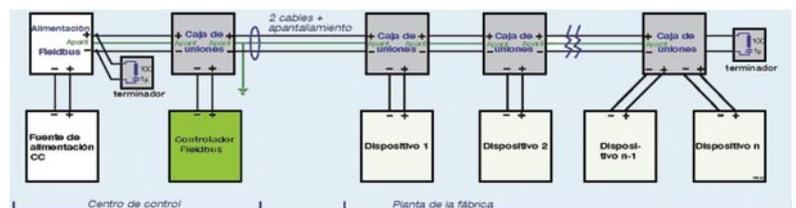
Las cajas de conexiones se pueden formar para conectar uno o varios dispositivos a la línea troncal. Si todos los dispositivos tienen una caja de conexiones dedicada, se denomina topología de derivaciones. Si varios dispositivos están conectados a la misma caja de conexiones, la configuración se denomina por lo general topología en árbol. Las redes mixtas son las más comunes, con topologías de derivaciones y en árbol, como en la Figura 1.

repetidor. Un repetidor se coloca en lugar de un dispositivo, pero permite añadir 1.900 m de cable adicionales. Una red puede utilizar un máximo de cuatro repetidores con una longitud total de 9.500 m.

Es importante que tenga en cuenta que el apantallamiento se conecta a la resistencia de tierra en un único punto de todo el sistema. Si se conecta en varios puntos, se pueden producir tensiones y corrientes de dispersión en el apantallamiento, que pueden interferir con las comunicaciones de datos.

El número máximo de dispositivos de bus de campo conectados por cada sección es 32.

Como puede verse en la Figura 1, se requiere una fuente de alimentación CC para proporcionar corriente CC o tensión de polarización. Si se conecta la fuente de alimentación CC directamente a la línea troncal, se creará un cortocircuito para las señales de CA. Por ello, la red debe tener una fuente de alimentación



Aunque en teoría resulta posible dirigir la línea troncal directamente de un dispositivo a otro sin necesidad de cajas de conexiones, la experiencia indica lo contrario. Este tipo de topología (denominada cascada) requiere una interrupción de la línea troncal cada vez que se retira o añade un dispositivo a la red.

La tecnología Fieldbus impone limitaciones en el tamaño de una red real. La longitud máxima de todo el cableado de una línea troncal y sus derivaciones en conjunto es de 1.900 m por sección. En caso de necesitar una longitud superior, se puede añadir una sección mediante el uso de un

conforme a Fieldbus, es decir, una fuente CC con un filtro dedicado. El filtro permite que la corriente CC pase con una pérdida mínima pero crea una alta impedancia en la señal CA precedente de la red.

La línea troncal, por tanto, es una línea de transmisión, en la que la velocidad de propagación de las señales CA juega un papel importante. La línea troncal debe tener las conexiones apropiadas en cada extremo (y sólo allí) para las señales CA. Las conexiones se realizan mediante una resistencia con una impedancia igual a la impedancia normal del cable, por lo general, $100 \pm 20 \Omega$. Puesto que la

Figura 1. Estructura básica de una configuración Fieldbus

red también soporta una tensión de alimentación CC, los terminadores tienen que incluir condensadores en serie para evitar el flujo de corriente CC.

Conceptos básicos del diagnóstico

Mediante el Scopemeter de Fluke se pueden realizar algunos procedimientos básicos de diagnóstico y resolución de problemas en una red Fieldbus H1. En la siguiente sección, se abordarán algunos de estos conceptos básicos. Puede encontrar más información en la Nota de aplicación 'Uso del ScopeMeter 125 de Fluke para la resolución de problemas en instalaciones Fieldbus'.

Detección de reflejos

Los denominados reflejos de una red afectan a las comunicaciones. En el siguiente ejemplo, se explica el reflejo en una red en la que existe un cortocircuito en un extremo. Sin embargo, es importante comprender que cualquier anomalía, incluidos los cortocircuitos y las conexiones defectuosas, crean reflejos.

Considere lo que sucede si se aplica una tensión tipo escalón en el extremo de un cable largo cuando existe un cortocircuito en el otro extremo. Inicialmente, la tensión aplicada actúa de acuerdo a la impedancia del cable y produce un nivel de tensión entre los conductores. Esta tensión escalón se transmite por el cable a una velocidad determinada por el tipo y la construcción del mismo. En los cables utilizados en redes Fieldbus H1, la velocidad es aproximadamente dos tercios de la velocidad de la luz en el vacío:

$$2/3 \times 3 \times 108 \text{ m/s} = 2 \times 108 \text{ m/s}$$

Cuando la tensión escalón alcanza el cortocircuito, el nivel de tensión cambiará a cero bruscamente. Este cambio puede observarse como una tensión escalón de polaridad inversa (a cero), ya que a través de un cortocircuito no puede establecerse una tensión. En este instante, el nivel de tensión en cualquier otro lugar de la línea continúa siendo el nivel de tensión aplicado en un primer momento.

A continuación, la nueva tensión

escalón con polaridad inversa viaja de vuelta hacia la fuente.

Para la longitud máxima de una sección Fieldbus H1, el parámetro de tiempo t es

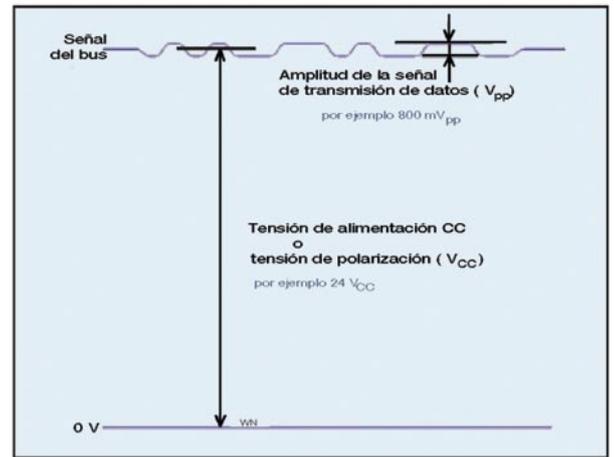
$$t = \{1.900 \text{ m} \div (2 \times 108 \text{ m/s})\} = 9,5 \mu\text{s}$$

Una vez alcanzado el punto de inicio (el reflejo se ha completado), parecerá que el cortocircuito, que en realidad se encuentra en el extremo opuesto, se encuentra en el lado de entrada. Sin embargo, el proceso de reflejo tarda un cierto tiempo en completarse. Este tiempo depende de la longitud del cable. El tiempo de desplazamiento en una dirección es igual a la longitud del cable dividida entre la velocidad de la señal.

El tiempo que tarda una tensión escalón en ir y volver por una línea troncal de longitud máxima es igual a:

$$2 \times 9,5 \mu\text{s} = 19 \mu\text{s}$$

Como ya se ha mencionado anteriormente, una red Fieldbus H1 funciona a una velocidad de 31,25 Kb/s, equivalente a un ciclo de reloj de 32 μs . Por lo tanto, si existe una anomalía en el cable, se deben esperar reflejos de impulsos con un retardo de



hasta 19 μs . El tiempo concreto del reflejo depende de la distancia entre la fuente del impulso y la anomalía.

Aunque un cortocircuito completo produce un reflejo con toda su amplitud, cualquier perturbación o desviación en la naturaleza homogénea de la línea puede generar un reflejo. La amplitud del reflejo depende de la naturaleza de la anomalía.

Para que las comunicaciones de red sean correctas, se deben evitar los

Figura 2. La tensión de FieldBus incluye la tensión de alimentación CC y la señal de bus

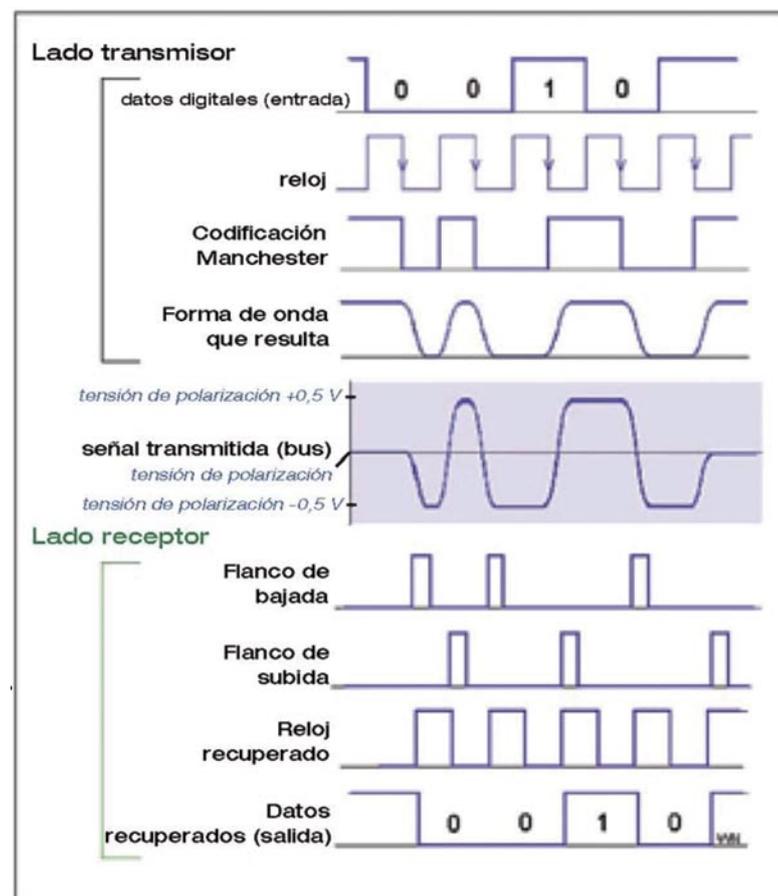


Figura 3. Codificación, transmisión y decodificación Manchester

reflejos y mantener unas conexiones adecuadas en los cables. Recordar de nuevo, que una conexión apropiada requiere un único terminador en cada extremo de una sección troncal.

Codificación

Con Fieldbus, los datos digitales se transfieren mediante la codificación Manchester. Es decir, el dígito 1 se transmite como un flanco de subida en mitad de un ciclo de reloj (mitad del bit), mientras que el dígito 0 se transmite como un flanco de bajada. Este mecanismo de codificación presenta varias ventajas frente a la transferencia de datos binarios directa. Una ventaja importante es que permite regenerar fácilmente la señal del reloj en el extremo receptor (véase la Figura 3).

Otra consecuencia es que los impulsos se generan con una duración de medio ciclo de reloj o de ciclo completo, mientras que la secuencia de bits original incluye impulsos de uno o varios ciclos de reloj completos. La tensión de bus resultante se muestra de forma esquemática en la figura 2. En la figura 4, se mues-

tra el registro de la forma de onda real de un paquete de datos, en la que se ha filtrado la tensión CC de polarización.

Generación de las señales eléctricas

Si se pudiera abrir el cable en cualquier punto de la línea troncal y acceder a los dos hilos, se observarían dos secciones de cable, que avanzan en direcciones contrarias del punto de acceso. Desde un punto de vista eléctrico, las dos secciones parecen conectadas en paralelo. Por tanto, la impedancia en un punto cualquiera de la línea es igual a la impedancia de las dos secciones del cable en paralelo. Así, la impedancia que se puede observar en una caja de conexiones es de 50Ω o la mitad del valor de impedancia normal del cable.

La señal del bus se crea, aplicando una corriente diferencial en el sistema de dos cables del bus. De esta forma, en el bus se genera una tensión diferencial de 800 ó 900 mV pp (donde "pp" significa "pico a pico"). Esta es por tanto la amplitud pico a pico nominal (V_{pp}) de la señal que genera cualquier dispositivo Fieldbus. Conforme a las especificaciones Fieldbus, los dispositivos deben ser capaces de generar una señal de salida con una amplitud de al menos 750 mV_{pp} .

Lo ideal sería que esta fuera también la amplitud de la señal que reciben los dispositivos Fieldbus. Sin embargo, en la red se producen atenuaciones de la señal, por lo que una señal de entrada tiene normalmente una amplitud menor. Las especificaciones Fieldbus requieren que el

dispositivo funcione correctamente con señales de entrada como mínimo de 150 mV_{pp} . Si la amplitud supera los 1.000 mV_{pp} , indica por lo general un error de red, por ejemplo, cuando falta un terminador.

Anomalías

Si un dispositivo adicional de baja impedancia se conecta al bus en algún lugar de la red, la impedancia total que se puede observar en cualquier caja de conexiones será menor, puesto que la carga adicional está conectada en paralelo a la impedancia del cable. Una impedancia menor del bus significa automáticamente una menor amplitud de las señales del bus. Ya que las señales del bus son más o menos impulsos aleatorios, esta carga adicional se manifiesta como una discontinuidad en la línea de transmisión y crea reflejos de los impulsos originales, allí donde se ha añadido la carga. Estos reflejos producen una distorsión en la forma de onda del impulso que, a su vez, pueden dar lugar a una detección incorrecta de la señal.

Si, por ejemplo, se conecta un tercer terminador, la impedancia total de la red y la amplitud de la señal descienden a dos tercios del valor nominal. La pérdida de señal produce impulsos más distorsionados, por lo que resulta más difícil la correcta detección de la señal. La experiencia en campo demuestra que una de las fuentes de error más comunes en las redes industriales es resultado de tener muy pocos o demasiados terminadores de red conectados.

"Foundation Fieldbus" es una marca registrada de Fieldbus Foundation.

Figura 4. Tren de impulsos básico, medido con un osciloscopio en un sistema Fieldbus

