Dpto. Ingeniería
Div. Ingeniería de Sistemas y Automática

Sistemas Industriales

Tema 4. Profibus

Índice

- Introducción
- Método de acceso
  - Principio de funcionamiento
  - Recepción del testigo
  - Emisión del testigo
  - Añadir y eliminar estaciones
  - Tiempo de rotación de testigo. Parámetros de bus
- Tecnología de transmisión
  - Transmisión RS485 para DP y FMS
  - Transmisión según IEC 1158_2 para PA
  - Transmisión por Fibra Óptica

Índice

- Modos de transmisión. Servicios de comunicación
- Arquitectura del protocolo

Profibus

Introducción

- PROFIBUS es el líder mundial en redes multi-funcionales de célula y campo
- Existen más de 3’5 millones de dispositivos PROFIBUS instalados en más de 350,000 aplicaciones (datos de finales de 1.999)
- PROFIBUS Internacional es una organización que reúne todas las asociaciones de usuarios de PROFIBUS (PNO) zonales, para la promoción de PROFIBUS
- Estándar internacional EN 50170 e IEC 61158

Profibus

PROFIBUS
EN 50170

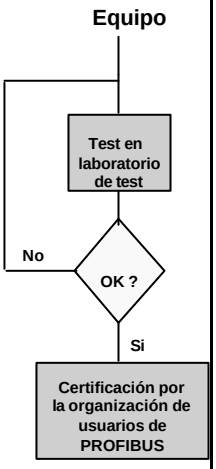
Introducción

- Número 1 en Europa, líder mundial
- Organizaciones de Usuarios en los cinco continentes
  - Más de 9[illegible] miembros en [illegible] partes [illegible]os el mundo
- Hoy en día hay más de [illegible]00 productos disponibles de más de 2[illegible] fabricantes diferentes

Profibus

Introducción

- PROFIBUS Internacional (PI)
  - La organización de usuarios de PROFIBUS ha establecido una certificación cualificada de los sistemas mediante test de interoperatibidad
  - Hay más de 1.900 productos certificados
  - Los laboratorios de test están establecidos tanto en Europa como en USA
  - Todo producto certificado aparece en la guía de productos PROFIBUS con su número de certificado

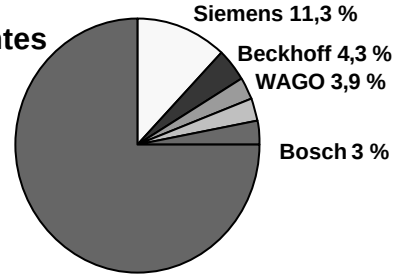


Profibus

Introducción

- Espectro de productos PROFIBUS
  - **1.900 productos y servicios de 260 compañías**
  - **El 27 % de fabricantes de fuera de Alemania**
  - **El 25 % de sólo 5 fabricantes**
  - **Más del 50 % de pequeñas y medianas empresas**

Un gran número de fabricantes soportan PROFIBUS



Profibus

Fuente: Catálogo de productos Electronic Pl con 1.900 productos (2/99).

Introducción

- La familia Profibus está formada por tres versiones compatibles entre sí, a saber:
  - Profibus-DP
  - Profibus-FMS
  - Profibus-PA
- **Profibus-DP** (Periferia Descentralizada, DIN E 19245, Parte 3), perfil de protocolo para el acoplamiento de la periferia descentralizada, p. ej. ET 200 con rápidos tiempos de reacción. El intercambio de datos es cíclico. El tiempo de ciclo del bus ha de ser menor que el tiempo de ciclo del programa del controlador central.

Profibus

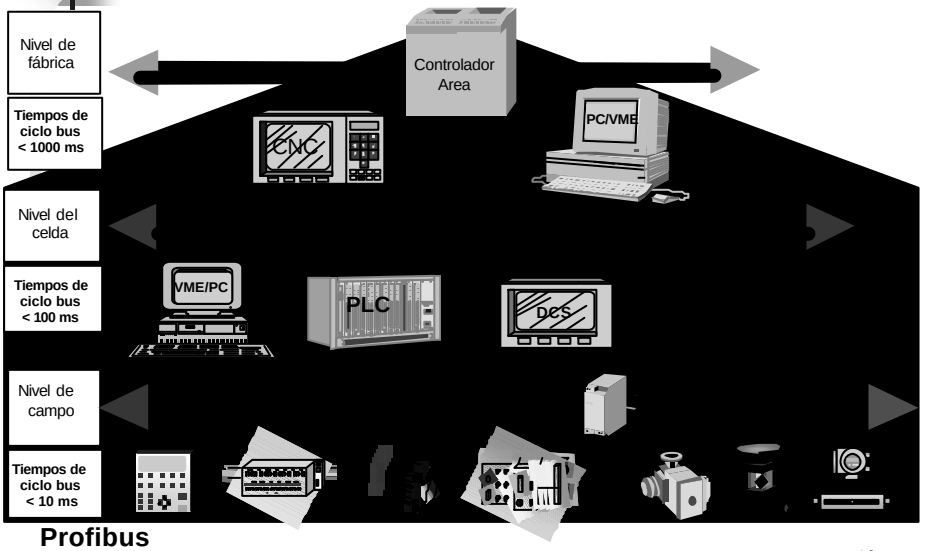
Introducción

Profibus

- Profibus-PA (Process Automation) es la ampliación de Profibus-DP compatible en comunicación con una tecnología que permite aplicaciones en el área Ex. El sistema de transmisión de Profibus-PA cumple la normativa internacional IEC 1158-2.

- Profibus-FMS (Fieldbus Message Specification, DIN 19245 T.2) es aplicable para la comunicación de autómatas en pequeñas células y para la comunicación con dispositivos de campo con interfase FMS. En Profibus-FMS la funcionalidad es más importante que conseguir un sistema con tiempo de reacción pequeño. En la mayor parte de aplicaciones, el intercambio de datos es fundamentalmente acíclico en base a la demanda del proceso del usuario.

Introducción



Introducción

- Profibus especifica las características técnicas y funcionales de un sistema de bus de campo serie al cual pueden conectarse controladores digitales descentralizados desde el nivel de campo hasta el nivel de célula.
- En Profibus se distingue entre dispositivos maestros y esclavos:
  - MAESTROS.
    - Determinan la comunicación de datos en el bus. Un maestro puedeenviar mensajes, sin necesidad de una petición o solicitud externa, cuando posee los derechos de acceso al bus (*toke*n). A los maestros también se les da el nombre de estaciones activas en el protocolo Profibus.
  - ESCLAVOS.
    - Son elementos de periferia. Los esclavos típicos incluyen dispositivos de entrada/salida, válvulas, transmisores de medida y accionamientos. Éstos no tienen derechos de acceso al bus y sólo pueden acusar los mensajes recibidos o enviar mensajes al maestro cuando éste así lo requiere. A los esclavos también se les da el nombre de estaciones pasivas. Dado que sólo les es necesaria una pequeña parte del protocolo del bus, su aplicación es especialmente económica y sencilla.

Introducción

- La velocidad de transmisión puede oscilar desde los 9.6 Kbits/s hasta alcanzar un máximo de 12 Mbits/s en algunos elementos de Profibus-DP.
- También la longitud máxima de la red es variable, dependiendo del medio físico utilizado:
  - hasta 9km con medio eléctrico
  - hasta 90km si se utiliza fibra óptica de vidrio).
- El número máximo de estaciones es 127 (direcciones de la 0 a la 126).

Introducción

Profibus

Resumen

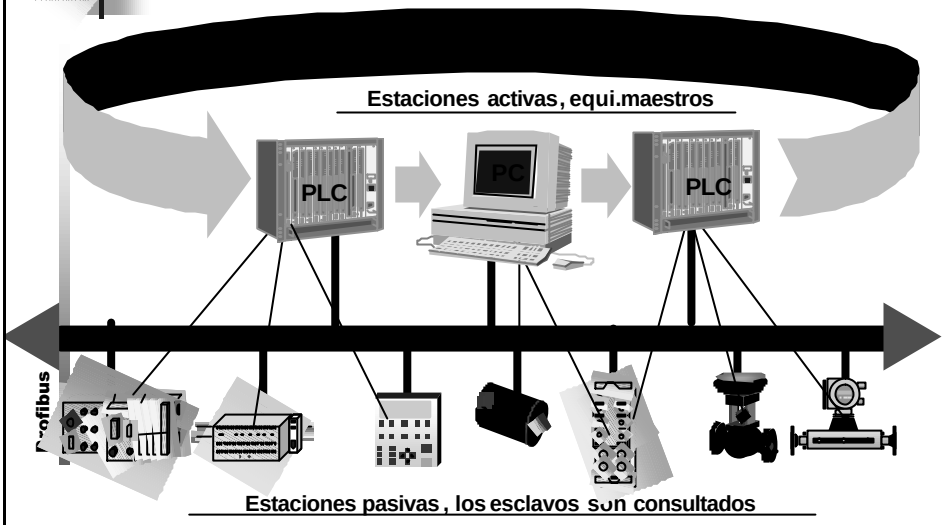
Estándar	PROFIBUS según EN 50 170	
Método de acceso	Paso por testigo con maestro-esclavo	
Velocidad de transmisión	9.6 kbit/s - 12 Mbit/s	
Medio de transmisión	eléctrico: óptico: sin hilos:	cable de dos hilos apantallado cables de FO (cristal y plástico) infrarrojos
Máx. nº de nodos	127	
Tamaño de la red	eléctrica: óptica:	máx. 9.6 km (depende de velocidad) 150 km (depende de velocidad)
Topologías	Bus, árbol, estrella, anillo, anillo redundante	
Aplicaciones	Comunicación de proceso, campo o datos	

Método de acceso: Principio de funcionamiento

Profibus

- El acceso a red de Profibus se controla en base a la combinación de dos métodos de acceso:
  - "paso de testigo" *(Token Bus)*, definido en la norma EN 50170, Vol.2, en sistemas distribuidos
  - el principio del "maestro-esclavo" *(Master-Slave)* para sistemas centralizados
- El método de acceso es independiente del medio de transmisión.
- Todas las estaciones **activas** disponen de control de acceso al bus. Las estaciones **pasivas** son neutras en lo que respecta al acceso al bus. Es decir, no llevan a cabo transmisiones por iniciativa propia, sino sólo bajo previa petición de envío o recepción.

Método de acceso: Principio de funcionamiento



Método de acceso: Principio de funcionamiento

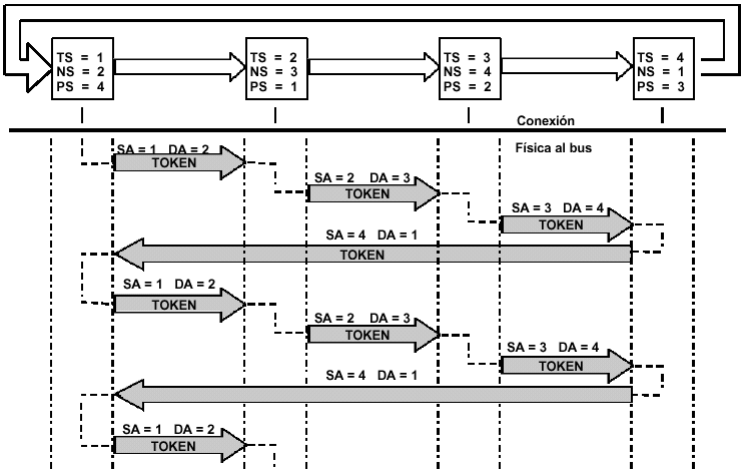
- Todas las estaciones activas constituyen, en un orden definido, el "anillo lógico con paso de testigo".
  - Cada una de ellas conoce a los restantes usuarios activos, así como su orden en el anillo lógico, que es independiente de la disposición topológica de las estaciones activas en la red.
- La autorización de acceso al medio, es decir, el testigo, ficha o *toke*n, se pasa de una estación activa a la siguiente en orden numérico ascendente de dirección de estación usando el *token frame* (trama de testigo).
  - Sólo la estación con dirección más alta pasa el testigo a aquella con menor dirección, cerrándose de este modo el anillo lógico.

Método de acceso: Principio de funcionamiento

- Cuando una estación recibe el testigo queda autorizada para transmitir telegramas (recuerde que la iniciativa en la comunicación siempre recae sobre las estaciones activas).
- Para que el paso de testigo se lleve a cabo de una forma ordenada, cada estación debe conocer:
  - la estación previa (PS, *Previous Station*), de la que recibe el testigo,
  - la próxima estación (NS, *Next Station*), a la que pasará el testigo, y
  - su propia dirección (TS, *This Station*).
- Las direcciones de PS y NS se verifican primero independientemente para cada estación activa después de la inicialización de los parámetros de funcionamiento, y de ahí en adelante se actualizarán dinámicamente.

Profibus

Método de acceso: Principio de funcionamiento



Profibus

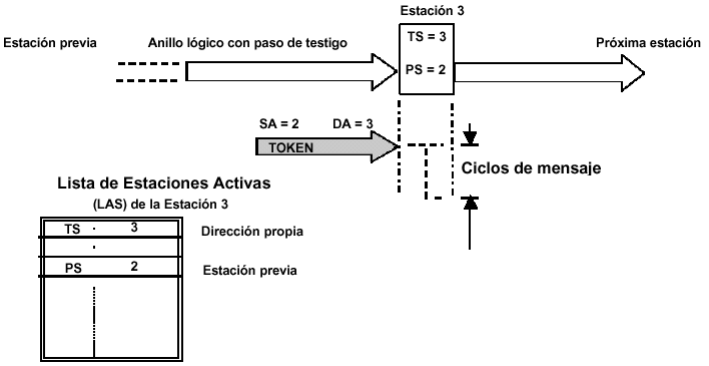
Método de acceso: Recepción del Testigo

- Cuando una estación activa (TS) recibe una trama de testigo *(token frame*) direccionada para ella, procedente de la estación registrada como previa (PS) en su Lista de Estaciones Activas (LAS, *List of Active Station*s), se convierte en el poseedor del testigo y puede ejecutar ciclosde mensajes.
- La estación activa genera su **LAS** en la fase de escucha (estado "*Listen_Toke*n") después del arranque y, a partir de ese momento, se comprueba y se corrige su estado, si fuese necesario, cuando se recibe una trama de testigo.

Profibus

Método de acceso: Recepción del Testigo

- Si el transmisor del testigo no está registrado como PS, el receptor inicialmente considera que se ha producido un error y no acepta el testigo.
  - No lo acepta hasta que la misma PS lo intente de nuevo, porque el receptor asume entonces que se ha producido un cambio en el anillo lógico. Es entonces cuando se reemplaza por la estación nueva la PS que se registro originalmente en la LAS.



Profibus

Método de acceso: Recepción del Testigo

- El tiempo durante el que puede transmitir viene definido por el llamado tiempo de retención del testigo.
- Una vez expirado el mismo, el usuario sólo puede emitir un mensaje de prioridad alta. Si no tiene que emitir ningún mensaje, pasa el testigo a la estación que le sigue directamente en el anillo lógico.

Método de acceso: Emisión del Testigo

- Cuando la estación activa ha completado sus ciclos de mensaje, incluyendo cualquier actualización de la lista GAP, pasa el testigo a la próxima estación (NS) mediante el envío de la trama de testigo. La estación debe comprobar que su transceiver está preparado (estado "*Pass_Toke*n", paso de testigo).
- Si el emisor del testigo recibe una trama válida, esto es, una cabecera de trama pausible sin errores, tras el syn time en el slot time 1 , considera que su NS ha cogido el testigo y está ejecutando sus ciclos de mensaje.
  - El slot time es el tiempo específico en el que debe llegar el acuse o respuesta

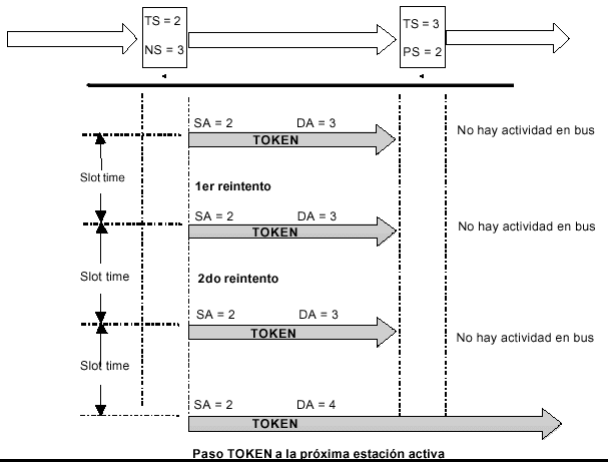
Método de acceso: Emisión del Testigo

- Si por el contrario recibe una trama defectuosa, interpreta que otra estación está enviando. En ambos casos, detiene la comprobación del paso de testigo y va a su estado "*Active-Idl*e" (activa en reposo).
- Si el emisor del testigo no detecta ninguna actividad en el bus en el *slot tim*e, envía la trama de testigo de nuevo y espera otro *slot tim*e. Si detecta actividad en el bus en el segundo *slot tim*e, deja de intentarlo. Si no es así, envía una última vez la trama de testigo a su NS. Si detecta actividad en el bus en el *slot time* en este segundo reintento, deja de insistir.

Profibus

Método de acceso: Emisión del Testigo

- Si tras ese tercer intento todavía no hay actividad en el bus, el emisor del testigo intentará pasar el mismo a la estación posterior a la NS. Se repite este proceso hasta que encuentra una NS en su LAS. Si no tiene éxito, interpreta que es la única estación que queda en el anillo lógico y mantiene el testigo para sí mismo si no se solicitan ciclos de mensaje.



Profibus

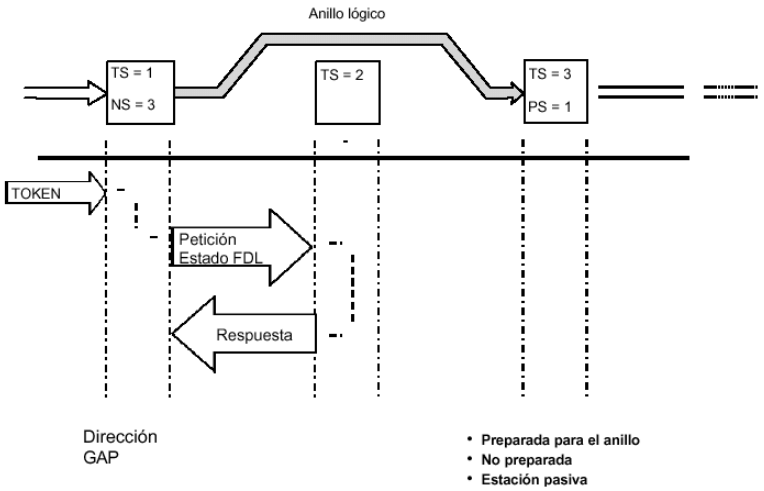
Método de acceso: Añadir y eliminar estaciones

- Todas las estaciones activas que constituyen el anillo lógico son responsables de añadir nuevas estaciones y eliminar las viejas. Cada estación es responsable del área comprendida entre su propia dirección y la de su próxima estación (NS). Este área de direcciones se denomina lista de estación GAP **(GAP**L).
- A intervalos correspondientes con el tiempo de actualización del GAP, cada estación activa del anillo lógico comprueba cíclicamente si se han producido cambios en estaciones activas y pasivas en su área de direcciones (todas las direcciones GAP).

Método de acceso: Añadir y eliminar estaciones

- Cuando una estación posee el testigo comienza a actualizar el GAP inmediatamente después de haber procesado todos los ciclos de mensaje previamente pendientes, suponiendo que aún disponga de tiempo para enviar.
  - Si no es así, la actualización del GAP tendrá lugar la próxima ocasión en la que la estación reciba el testigo, tras los ciclos de mensaje, teniendo prioridad alta.
- Las direcciones GAP se comprueban en orden numéricamente ascendente. Si una estación responde con un acuse positivo y el estado “no preparada” o “estación pasiva”, se introduce en la GAPL como tal, y se interroga a la próxima estación.
  - Si una estación responde con “preparada para el anillo”, el poseedor del testigo modifica su GAPL y pasa el testigo a la nueva próxima estación (NS).

Método de acceso: Añadir y eliminar estaciones



Profibus

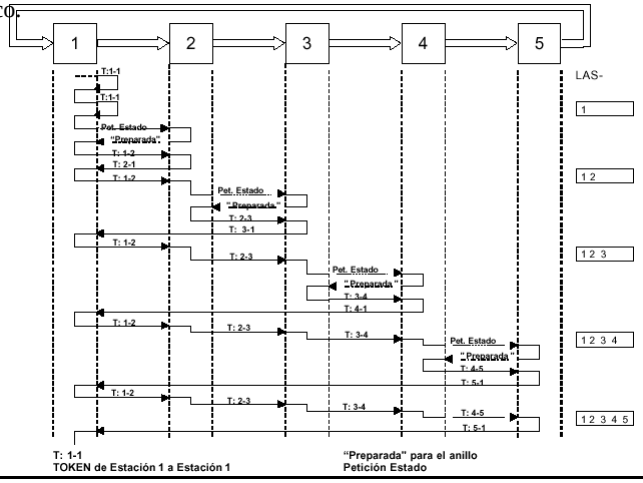
Método de acceso: Añadir y eliminar estaciones

- La estación añadida recientemente al anillo lógico con paso de testigo ya habrá creado su Lista de Estaciones Activas (LAS) y puede, de este modo, determinar su propio área GAP o GAPL y su próxima estación (NS).
- Las estaciones pasivas introducidas en la GAPL que no respondan a repetidas “Peticiones de estado FDL” se eliminarán de dicha lista y se tratarán como direcciones de estación sin asignar. La consulta sobre éstas no se repetirá.
- La LAS no se considera válida hasta que la estación haya escuchado dos rotaciones de testigo idénticas.

Profibus

Método de acceso: Añadir y eliminar estaciones

- **Inicialización del anillo lógico.** El sistema Profibus es inicializado por la estación con menor dirección. Ésta se envía una trama de testigo a sí misma (DA=SA=TS) e informa al resto de estaciones activas de que actualmente es la única en el anillo lógico.



Profibus

Método de acceso: Añadir y eliminar estaciones

- A continuación envía la llamada *"Petición Estado FD*L" a las siguientes direcciones en orden ascendente, con objeto de registrar otras estaciones. Si una estación activa o pasiva realiza un acuse del tipo "No preparada", se introduce automáticamente en la GAPL.
- La primera estación activa que responda con "Preparada para el anillo lógico" se introducirá en la LAS como la NS y, de este modo, concluye el área GAP del poseedor de testigo. Es entonces cuando el testigo se pasa a la NS.

Profibus

Método de acceso: Tiempo de rotación de testigo. Parámetros de bus

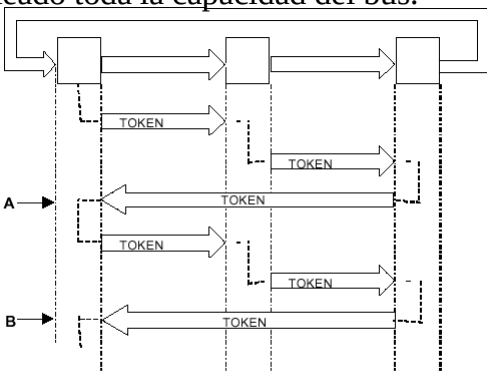
- Tan pronto como una estación activa recibe el testigo comienza la medición del tiempo de rotación del testigo. Cuando la misma estación acepta el testigo de nuevo se detiene la medición del tiempo para el ciclo ejecutado, y el resultado es el **Tiempo de Rotación Real**, TRR. La medición del siguiente tiempo de rotación se inicia inmediatamente.
- Un factor clave en la ejecución de los ciclos de mensaje de prioridad baja es el **Tiempo teórico de Rotación de Testigo**, TTR, en el anillo lógico. Es el tiempo máximo disponible para una rotación del mismo. Tras este tiempo todas las estaciones han recibido una vez el derecho de emisión (testigo).

Método de acceso: Tiempo de rotación de testigo. Parámetros de bus

- Cuando recoge el testigo, una estación activa siempre puede ejecutar
  - un ciclo de mensaje de prioridad alta, con independencia del tiempo real de rotación.
  - Sólo pueden ejecutarse ciclos de mensaje de prioridad baja si el tiempo de rotación real es menor que el teórico.
- La diferencia entre ambos determina el tiempo de que disponen las estaciones activas para enviar telegramas de datos a estaciones pasivas.
- De no ser así, cualquier ciclo de mensaje de prioridad baja pendiente deberá esperar hasta que se produzca esa situación.

Método de acceso: Tiempo de rotación de testigo. Parámetros de bus

- Se denomina **Tiempo de Respuesta del Sistema** al intervalo máximo entre dos ciclos de mensaje de prioridad alta sucesivos en una estación activa usando el interfase FDL, habiendo empleado toda la capacidad del bus.



A. Comienza la medición del tiempo de rotación real del testigo.
B. Finaliza la medición del tiempo de rotación real del testigo.

Profibus

Método de acceso: Tiempo de rotación de testigo. Parámetros de bus

- El tiempo de rotación de testigo teórico mínimo de un sistema depende del número de estaciones activas (na), del tiempo de ciclo de testigo (T_{TC}) derivado, y de la longitud de los ciclos de mensaje de prioridad alta (alta T_{MC}). El tiempo de rotación de testigo especificado también debe incluir tiempo suficiente para los ciclos de mensaje de prioridad baja y un margen de seguridad para posibles reintentos.

$T_{TRmín}$ = na * (T_{TC} + alta T_{MC}) + k * baja T_{MC} + mt * RET T_{MC}

na. Número de estaciones activas.

k. N° probable de ciclos de mensaje de prioridad baja por rotación.

T_{TC} . Tiempo de ciclo de testigo.

T_{MC} . Tiempo de ciclo de mensaje, función de la longitud de la trama.

mt. N° de ciclos de reintento de mensaje por rotación.

RET T_{MC}. Tiempo de un ciclo de reintento de mensaje.

Profibus

Método de acceso: Tiempo de rotación de testigo. Parámetros de bus

- Para mantener el tiempo de rotación de testigo lo más pequeño posible se recomienda declarar sólo eventos importantes o infrecuentes como ciclos de mensaje de prioridad alta y reducir su longitud al mínimo (es decir, menos de 20 bytes por UNIDAD DE DATOS).
- En el momento en que una estación activa tiene el testigo, siempre procesa todos sus ciclos de mensaje de prioridad alta antes que los de prioridad baja. Si el tiempo real de rotación, T_{RR}, es mayor o igual al tiempo teórico de rotación de testigo, T_{TR}, cuando se recibe el testigo, puede ejecutarse un ciclo de mensaje de prioridad alta, incluido reintento en caso de error. El testigo debe pasarse entonces a la NS inmediatamente.

Profibus

Método de acceso: Tiempo de rotación de testigo. Parámetros de bus

- La regla general al recibir el testigo o después de ese primer ciclo de mensaje de prioridad alta es la siguiente: tanto los ciclos de mensaje de prioridad alta como los de prioridad baja sólo pueden ejecutarse si T_{RR} es menor que T_{TR}, es decir, si todavía se dispone de tiempo de retención de testigo, $T_{TH} = T_{TR} - T_{RR}$.
- Una vez ha comenzado un ciclo de mensaje, sea cual sea su prioridad e incluyendo reintentos, siempre se completa, incluso si el T_{RR} alcanza o supera el valor de T_{TR} durante el procesamiento.
- La prolongación del tiempo de retención de testigo, T_{TH}, automáticamente acorta el tiempo de envío para ciclos de mensaje la próxima vez que se recibe el testigo.

Profibus

Método de acceso: Tiempo de rotación de testigo. Parámetros de bus

- A continuación se enumeran una serie de parámetros de tiempo comúnmente utilizados en Profibus:
  - Tiempo de espera a la recepción *(slot time)*. Determina el tiempo máximo que espera el emisor a recibir una respuesta de su interlocutor.
  - Tiempo máximo de procesamiento del protocolo ($T_{SDRmáx}$). Determina el tiempo tras el cual tiene que haber respondido el interlocutor.
  - Tiempo mínimo de procesamiento de protocolo ($T_{SDRmín}$). Determina el tiempo mínimo que requiere el interlocutor receptor para procesar el protocolo.
  - Tiempo de preparación *(setup time)*. Tiempo que transcurre entre la recepción de un telegrama y la reacción a éste.

Método de acceso: Tiempo de rotación de testigo. Parámetros de bus

- Tiempo de desactivación del modulador *(Quiet-Time for Modulator)*. Tiempo necesario para cambiar del modo de Emisión al modo de Recepción.
- Factor de actualización GAP. Determina después de cuántas rotaciones del testigo se aceptará una nueva estación en el anillo lógico.
- Límite de repetición de llamadas. Determina el número máximo de intentos que pueden realizarse para comunicar con una estación.
- Tiempo de disponibilidad *(ready time)*. Tiempo para acuse o respuesta.
- Tiempo de reposo 1 *(idle time)*. Determina el retardo después de recibir una respuesta.
- Tiempo de reposo 2. Determina el retardo después de emitir una llamada sin recibir respuesta.
- Tiempo de supervisión de respuesta *(watch-dog)*. Determina el tiempo tras el cual se tiene que acceder a un interlocutor.

Tecnología de transmisión: Transmisión RS485 para DP y FMS

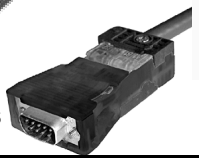
Profibus

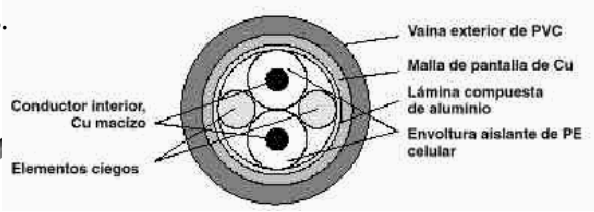
- El método de transmisión **RS 485** responde a la transmisión simétrica de datos según el EIA Standard RS 485, y también se conoce con el nombre de **H**2.
- Este método de transmisión está prescrito con carácter obligatorio en la norma Profibus EN 50170 para la transmisión de datos por líneas bifilares.
- Su área de aplicación incluye todas aquellas aplicaciones en las que se precisa una alta velocidad de transmisión y una instalación sencilla y económica. El medio físico utilizado es un cable bifilar de cobre trenzado y apantallado.
- La combinación del trenzado de conductores, el apantallamiento de lámina y el apantallamiento de malla lo hace especialmente apropiado para el tendido en entornos industriales con fuertes interferencias electromagnéticas.

Tecnología de transmisión: Transmisión RS485 para DP y FMS

Profibus

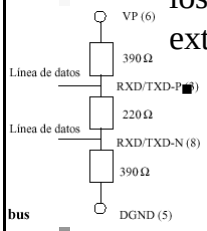
- La tecnología de transmisión RS 485 es muy sencilla de implementar.
  - Su instalación no requiere de un conocimiento experto. La estructura de bus hace posible la adición y eliminación de estaciones o un tratamiento por etapas del sistema sin influencia en el resto de participantes.
  - Las expansiones posteriores no afectan a las estaciones que ya están operativas.





Tecnología de transmisión: Transmisión RS485 para DP y FMS

- Independientemente de la velocidad de transmisión, todos los segmentos del bus han de terminar por ambos extremos con la impedancia característica.



- Esta terminación de línea está integrada en los repetidores RS 485, en los terminales de bus RS 485 y en los conectores de bus, y puede conectarse en caso necesario. Para que la terminación de línea resulte eficaz es necesario abastecerla de tensión.
- En el caso del terminal de bus RS 485 y de los conectores de bus, esto tiene lugar a través de los terminales de datos conectados (DTEs), y en el caso del repetidor a través de su fuente de alimentación de tensión.

Profibus

Tecnología de transmisión: Transmisión RS485 para DP y FMS

- La longitud de cable máxima es función de la velocidad de transmisión, el tipo de cable utilizado, el número de usuarios del bus y de la clase y número de los elementos de protección contra sobretensión utilizados.

Velocidad (kbit/s)	9.6	19.2	93.75	187.5	500	1500	12000
Distancia/segmento (m)	1200	1200	1200	1000	400	200	100

- Se pueden conectar un máximo de 32 estaciones (maestros o esclavos) por segmento.
  - Cuando se requiere un mayor número de participantes o aumentar la longitud de cable entre dos usuarios, es posible enlazar segmentos por medio de repetidores RS 485, formando una red. En tal caso deberá tenerse en cuenta tanto que el número máximo de estaciones integrados en una red está limitado a 127, como que pueden instalarse como máximo 9 repetidores entre dos usuarios, pudiendo materializarse tanto estructuras en línea como en árbol.

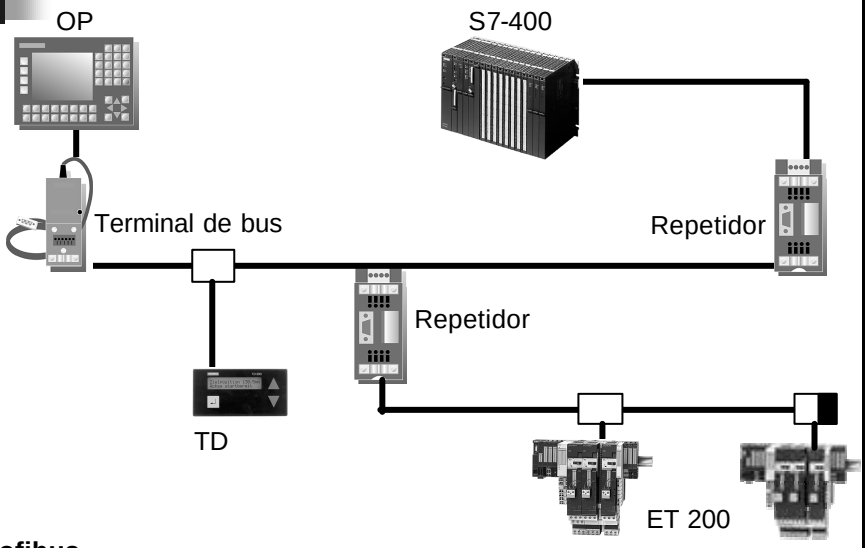
Profibus

Tecnología de transmisión: Transmisión RS485 para DP y FMS

- Repetidor
  - Interconexiona dos segmentos de PROFIBUS o de MPI con técnica RS 485
  - Para la ampliación del número de participantes y de la distancia
  - Separación galvánica de los segmentos
  - Ayuda para la puesta en servicio

Profibus

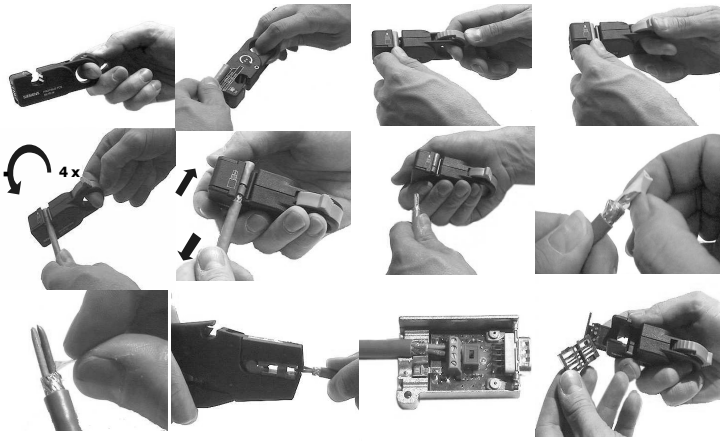
Tecnología de transmisión: Transmisión RS485 para DP y FMS



Profibus

Tecnología de transmisión: Transmisión RS485 para DP y FMS

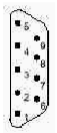
- Conexionado rápido



Profibus

Tecnología de transmisión: Transmisión RS485 para DP y FMS

Clavija	Señal	Significado
1	NC	No ocupada
2	NC	No ocupada
3	B (RXD/TXD-P)	Cable de datos B (Receive/Transmit-Data-P)
4	NC	No ocupada
5	M5V2 (DGND)	Potencial de referencia de datos (Data Ground)
6	P5V2 (VP)	Tensión de alimentación de +5 V (Voltage-Plus)
7	NC	No ocupada
8	A (RXD/TXD-N)	Cable de datos A (Receive/Transmit-Data-N)
9	NC	No ocupada

Vista	Nº pin	Señal	Denominación
	1	-	-
	2	M24V	Masa 24 V
	3	RXD/TXD-P	Cable de datos B
	4	RTS	Request to Send
	5	M5V2	Potencial de referencia de datos (de estación)
	6	P5V2	Positivo de alimentación (de estación)
	7	P24V	24 V
	8	RXD/TXD-N	Cable de datos A
	9	-	-

Profibus

Tecnología de transmisión: Transmisión según IEC 1158_2 para PA

- La tecnología de transmisión acorde con la IEC 1158_2 cumple los requisitos de las industrias químicas y petroquímicas. Permite seguridad intrínseca y hace posible que se alimente a los dispositivos de campo a través del bus. Esta tecnología consta de un protocolo síncrono al bit con transmisión libre de corriente continua.
- La transmisión se fundamenta en los siguientes principios:
  - Cada segmento tiene sólo una fuente de alimentación, la llamada unidad de suministro de potencia.
  - Cuando una estación está enviando no se alimenta el bus.
  - Cada dispositivo de campo consume una corriente básica constante en régimen permanente.

Tecnología de transmisión: Transmisión según IEC 1158_2 para PA

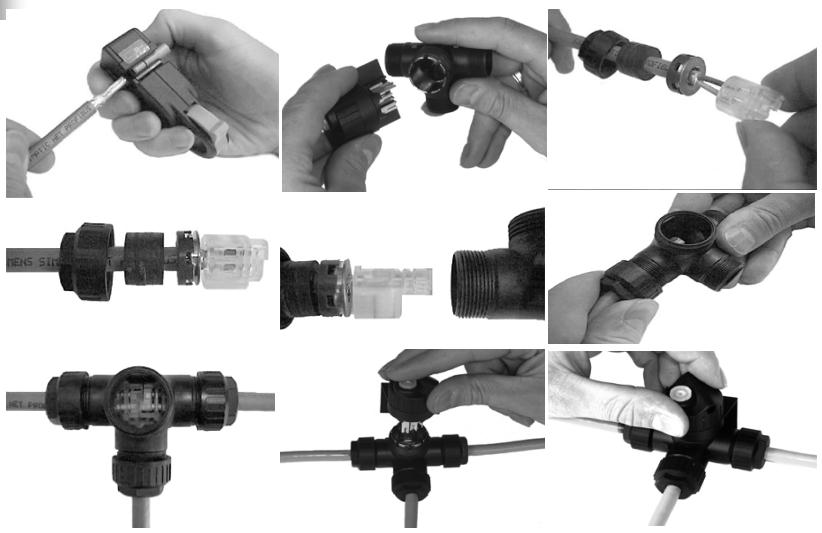
  - Los dispositivos de campo se comportan como sumideros de corriente pasivos.
  - La terminación pasiva de línea se dispone en ambos extremos de la línea de bus principal.
  - Son posibles configuraciones en línea, árbol y estrella.
  - Para aumentar la fiabilidad, pueden diseñarse segmentos de bus redundantes.
- Para la modulación se considera que cada estación del bus, para alimentar al dispositivo, requiere una corriente base de al menos 10 mA. Las señales de comunicación las genera el dispositivo emisor a través de una modulación de la corriente básica entre ±9 mA.

Tecnología de transmisión: Transmisión según IEC 1158_2 para PA

Transmisión de datos	Digital, síncrono al bit, código Manchester
Velocidad de transmisión	31.25 Kbit/s, Modo Tensión
Seguridad en los datos	Preámbulo, prueba de error al arrancar y delimitador final
Cable	Cable de dos hilos trenzado (con y sin pantalla)
Alimentación remota	Opcional, vía línea de datos
Tipo protección frente explosión	Posibilidad de operar en zona con seguridad intrínseca o sin ella
Topología	Línea y árbol, o una combinación de éstas
Número de estaciones	Hasta 32 estaciones por segmento; máx. total 126
Repetidores	Puede ampliarse con hasta 4 repetidores

- Ambos extremos del cable de bus principal están equipados con un terminador de línea pasivo consistente en un elemento RC conectado en serie (R=100 Ω y C=1 mF).

Tecnología de transmisión: Transmisión según IEC 1158_2 para PA



Tecnología de transmisión: Transmisión por Fibra Óptica

- La variante óptica de la red Profibus se materializa con los componentes *"Optical Link Modul*e" (OLM) y *"Optical Link Plu*g" (OLP). Con OLMs se pueden conseguir topologías de red con estructura de línea, estrella o anillo. Con OLPs se lográn, además, estructuras de anillo monofibra.
- Como soporte se utilizan fibras ópticas de vidrio o plástico.
- OLM es similar en concepto al Repetidor RS-485.

Profibus

Tecnología de transmisión: Transmisión por Fibra Óptica

- Características:
  - Son posibles grandes distancias entre dos terminales de datos (enlaces OLM-OLM hasta 15.000 m, dependiendo del tipo de las fibras y los OLMs. Con fibras de plástico: de 0 m a 80 m entre OLMs, de 1 m hasta 25 m con OLPs.).
  - Separación galvánica entre los usuarios del bus y el soporte de transmisión.
  - Inmune frente a interferencias electromagnéticas.
  - No se requieren elementos de protección contra descarga de rayos.

Profibus

Tecnología de transmisión: Transmisión por Fibra Óptica

- Tendido sencillo de las líneas de fibra óptica.
- Gran disponibilidad de la LAN gracias a la topología en anillo de dos fibras.
- Técnica de conexión extremadamente sencilla utilizando fibras ópticas de plástico en el ámbito de corta distancia.
- Velocidad de transmisión OLMs: 9.6 kBit/s, 19.2 kBit/s, 93.75kBit/s, 187.5 kBit/s,500 kBit/s, 1.5 MBit/s.
- Velocidad de transmisión OLPs: 93.75 kBit/s, 187.5 kBit/s, 500 kBit/s, 1.5 MBit/s.

Modos de transmisión. Servicios de comunicación

- Los mensajes se intercambian cíclicamente.
  - Un ciclo de mensaje está constituido por una trama de llamada, Send y/o Request (Envío y/o Petición), elaborada por una estación activa
  - y el correspondiente acuse o trama de respuesta procedente de una estación activa o pasiva.
- Tanto las tramas de Envío como las de Respuesta pueden contener datos de usuario, mientras que en la trama de Acuse no es así.

Modos de transmisión. Servicios de comunicación

- Todas las estaciones, excepto aquella que actualmente posee el testigo (iniciador), tienen que **escuchar todas las llamada**s.
  - Pero sólo elaboran un acuse o respuesta si son ellas las direccionadas.
  - El acuse o la respuesta debe llegar en un tiempo especificado, el ya mencionado tiempo de espera a la recepción o *slot tim*e, y de no ser así el iniciador repetirá la llamada.
  - Pero el iniciador no podrá repetir la llamada o realizar una nueva hasta que haya transcurrido un cierto tiempo de espera, el llamado tiempo de reposo o *idle tim*e.
  - Si el interlocutor encargado de responder no materializa un acuse o una respuesta tras el número de reintentos permitido se designará como estación "no operativa".

Profibus

Modos de transmisión. Servicios de comunicación

- La secuencia cronológica de los ciclos de mensaje es función del **modo de transmisió**n.
  - Existen cuatro modos diferentes:
    - Gestión del testigo.
    - Petición o Envío/Petición Acíclico.
    - Envío/Petición Cíclico, polling.
    - Registro de Estaciones (lista LIFE).
- **Envío/Petición Acícli**co.
  - En el modo Envío y/o Petición acíclico se ejecutan ciclos de mensaje esporádicos y separados.

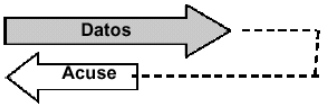
Profibus

Modos de transmisión. Servicios de comunicación

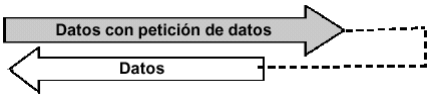
- En la recepción del testigo, el controlador FDL de la estación activa dispara el funcionamiento en este modo en respuesta a una petición procedente del usuario (usuario de la estación activa). Si hay varias peticiones, el funcionamiento puede continuar en este modo hasta que expire el máximo tiempo de rotación de testigo permisible.
- Dentro de este modo de funcionamiento se distinguen tres servicios de comunicación diferentes, a saber:
  - **SDN** *(Send Data with No Acknowledgemen*t). Envío de datos a una estación o a todas (broadcast) sin acuse.

Modos de transmisión. Servicios de comunicación

- **SDA** *(Send Data with Acknowledgemen*t). Envío de datos a una estación con acuse inmediato.



- **SRD** *(Send and Request Data with Repl*y). Envío de datos a una estación y, al mismo tiempo, petición de datos a la misma, esperando una respuesta con datos inmediata.

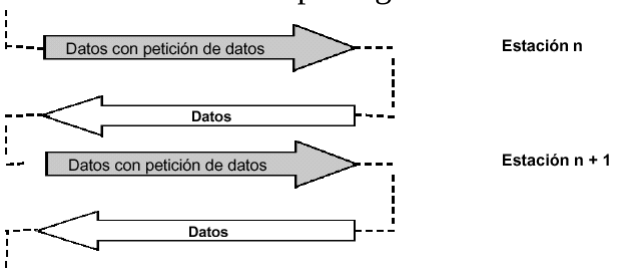


Modos de transmisión. Servicios de comunicación

- **Envío/Petición Cíclico**.
  - En el modo *polling* (sondeo), la estación activa direcciona otras estaciones cíclicamente mediante una llamada "Envío y Petición de Datos de prioridad Baja" según una secuencia específica definida en la lista de polling.
  - El usuario de la estación activa pasa dicha lista al controlador FDL. Todas las estaciones pasivas y activas que deben sondearse se definen en esta lista.
  - Las estaciones que no responden durante el proceso de polling a pesar de llevar a cabo varios intentos se marcan como "no operativas".
  - En ciclos de llamada subsiguientes, estas estaciones son interrogadas de nuevo pero sin reintentos. Si las estaciones responden entonces, se registrarán como "operativas".

Modos de transmisión. Servicios de comunicación

- Cuando se recibe el testigo el procesamiento de la lista de polling no comienza hasta que se hayan ejecutado todas las peticiones de ciclos de mensaje de prioridad alta.
- Si fuese necesario, otros ciclos de mensaje de prioridad baja, como pueden ser los envíos/peticiones acíclicos, el registro de estaciones (lista LIFE) o la actualización del GAP, pueden subordinarse al polling.



Modos de transmisión. Servicios de comunicación

- Después de cada lista de escrutinio completa ejecutada se atenderán de forma ordenada los ciclos de mensaje de prioridad baja solicitados. La secuencia de ejecución viene gobernada por las siguientes reglas:
  - Si la lista de escrutinio se ejecuta durante el tiempo de retención del testigo o, dicho de otro modo, si todavía queda suficiente tiempo de posesión de testigo como para procesar al menos un ciclo de mensaje, los ciclos de mensaje de baja prioridad solicitados se ejecutan lo antes posible en el tiempo de retención de testigo restante.La próxima vez que se reciba el testigo y se disponga de suficiente tiempo de retención del mismo para los ciclos de mensaje de prioridad baja se ejecutará una nueva lista de polling.
  - Si no queda tiempo de retención de testigo al finalizar la ejecución de la lista de polling, los ciclos de mensaje de prioridad baja solicitados se ejecutarán lo antes posible la próxima vez que se reciba el testigo y haya aún suficiente tiempo de retención para dichos ciclos. Entonces se ejecutará una nueva lista de polling.

Modos de transmisión. Servicios de comunicación

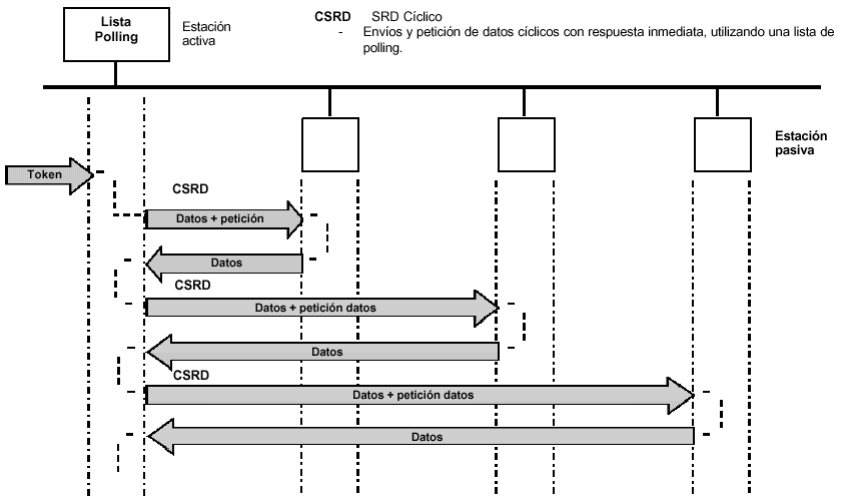
  - Si la ejecución de una lista de polling requiere varios tiempos de retención de testigo se procesa en segmentos, pero sin insertar los ciclos de mensaje de baja prioridad solicitados. Dichos ciclos no se realizarán hasta haber sido completada la lista de polling.
- Los ciclos de mensaje de prioridad baja subordinados al polling se ejecutan en el mismo orden en que se reciben. En el caso de la actualización del GAP, no se comprueba más de una dirección en la GAPL entre la ejecución de dos listas de polling.

Modos de transmisión. Servicios de comunicación

- El tiempo de ciclo de polling por lista ejecutada, o el máximo tiempo de respuesta de la estación dependen de:
  - la longitud del ciclo de mensaje, del tiempo de rotación de testigo, de la longitud de la lista de polling y de los ciclos de mensaje de baja prioridad subordinados.
- La prioridad de la llamada de ciertas estaciones en la lista de polling puede incrementarse y sus tiempos de respuesta ser reducidos consecuentemente introduciéndolas en más de una ocasión.

Profibus

Modos de transmisión. Servicios de comunicación



Profibus

Modos de transmisión. Servicios de comunicación

- **Registro de estaciones (lista LIFE)**.
  - Si el usuario solicita una **lista de las estaciones actuales** (lista LIFE) vía FMA *(Fieldbus Management Layer*), el controlador FDL lleva a cabo un registro de las estaciones.
  - Entre la ejecución de listas de polling, se implementa una "Petición de estado FDL" cíclica. Puede direccionarse un rango de direcciones FDL posibles entre 0 y 126, a partir de las estaciones activas en la LAS. Si la estación direccionada envía un acuse positivo, se introduce automáticamente en la lista LIFE, como las estaciones en la LAS.

Profibus

Modos de transmisión. Servicios de comunicación

- Estructura de la lista LIFE

Longitud de la lista = de 3 hasta 2n+1
Dirección FDL (DA) de la estación k
Tipo de la estación (estado FDL) k
Dirección FDL (DA) de la estación k+1
Tipo de la estación (estado FDL) k+1
Dirección FDL (DA) de la estación n
Tipo de la estación (estado FDL) n

k = Primera estación presente; n = máx. 126.

Profibus

Modos de transmisión. Servicios de comunicación

- En Profibus-FMS, DP y PA, el subconjunto de servicios de nivel 2 mencionados son llamados por los niveles superiores a través de los puntos de acceso al servicio (SAPs) de la capa 2.
- En Profibus-FMS estos puntos de acceso al servicio se utilizan para direccionar las relaciones lógicas de comunicación.
- En Profibus-DP y PA, se asigna a cada punto de acceso al servicio una función definida con precisión.
- Varios SAPs pueden utilizarse simultáneamente para todas las estaciones activas y pasivas. Se hace una distinción entre punto de acceso al servicio fuente (SSAP, *Source Service Access Point*) y punto de acceso al servicio destino (DSAP, *Destination Service Access Point*).

Profibus

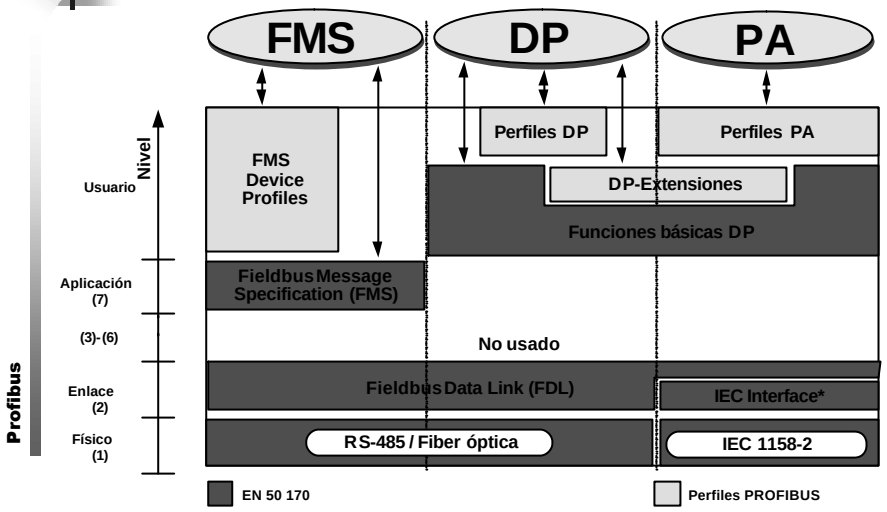
Modos de transmisión. Servicios de comunicación

- Servicios de comunicación de nivel 2 en profibus

Servicio	Función	DP	PA	FMS
SDA	Envío de datos con acuse			●
SRD	Envío y petición de datos con respuesta	●	●	●
SDN	Envío de datos sin acuse	●	●	●
CSRD	Envío y petición de datos con respuesta cíclico			●

Profibus

Arquitectura del protocolo



Profibus

Arquitectura del protocolo

- **Profibus-DP**
  - emplea las capas o niveles 1 y 2, además de la interfase de usuario. Los niveles del 3 al 7, ambos inclusive, no están definidos. La optimización de esta arquitectura asegura una transmisión de datos rápida y eficiente. El *Direct Data Link Mapper* (DDLM) permite a la interfase de usuario un acceso sencillo al nivel 2.
  - En la interfase de usuario se especifican las funciones de aplicación que están disponibles para el usuario así como el comportamiento del sistema y de los distintos tipos de dispositivos de Profibus-DP.

Profibus

Arquitectura del protocolo

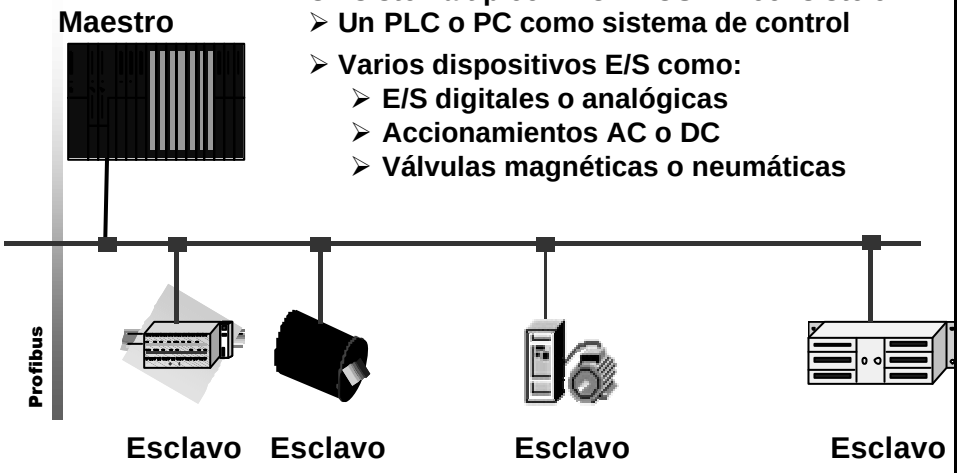
- Para la transmisión se dispone tanto de la tecnología RS 485 como de la fibra óptica.
- Profibus-DP es una variante optimizada para una conexión económica y a alta velocidad, diseñada especialmente para la comunicación entre sistemas de control automatizado y entradas/salidas distribuidas en el nivel de dispositivos. Puede emplearse como alternativa a la transmisión de señal en paralelo de 24V o de 0 a 20mA.

Profibus

Arquitectura del protocolo

Un sistema típico PROFIBUS-DP consiste en:

- **Un PLC o PC como sistema de control**
- **Varios dispositivos E/S como:**
  - **E/S digitales o analógicas**
  - **Accionamientos AC o DC**
  - **Válvulas magnéticas o neumáticas**



Profibus

Arquitectura del protocolo

- En **Profibus-FMS**
  - están definidos los niveles 1, 2 y 7. El nivel de aplicación se compone de FMS (Fieldbus Message Specification) y LLI (Lower Layer Interface).
  - FMS contiene el protocolo de aplicación y otorga al usuario una amplia selección de potentes servicios de comunicación.
  - LLI implementa las distintas relaciones de comunicación y proporciona a FMS, con independencia del dispositivo, un acceso al nivel 2.
  - El nivel 2 de Profibus, denominado FDL (Fieldbus Data Link) implementa el control de acceso al bus y la seguridad en los datos.

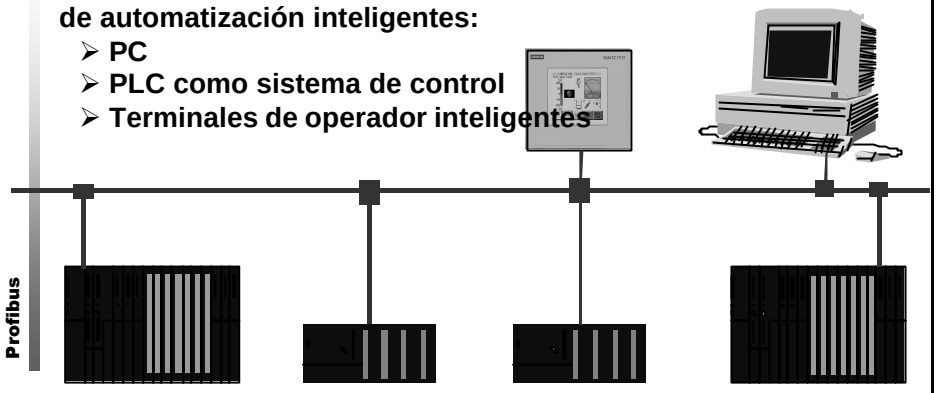
Arquitectura del protocolo

- Como ocurría en Profibus-DP, para la transmisión en FMS se dispone tanto de la tecnología RS 485 como de la fibra óptica. Puesto que DP y FMS comparten tecnología de transmisión y disponen de un mismo protocolo de acceso al bus, ambas pueden operar simultáneamente en el mismo cable.
- Profibus-FMS es una solución de propósito general para tareas de comunicación en el nivel de célula. La potencia de los servicios FMS abre un amplio abanico de aplicaciones y proporciona una enorme flexibilidad. También puede utilizarse para tareas de comunicación complejas y extensas.

Arquitectura del protocolo

Un sistema típico de PROFIBUS-FMS está compuesto por varios equipos de automatización inteligentes:

- **PC**
- **PLC como sistema de control**
- **Terminales de operador inteligentes**

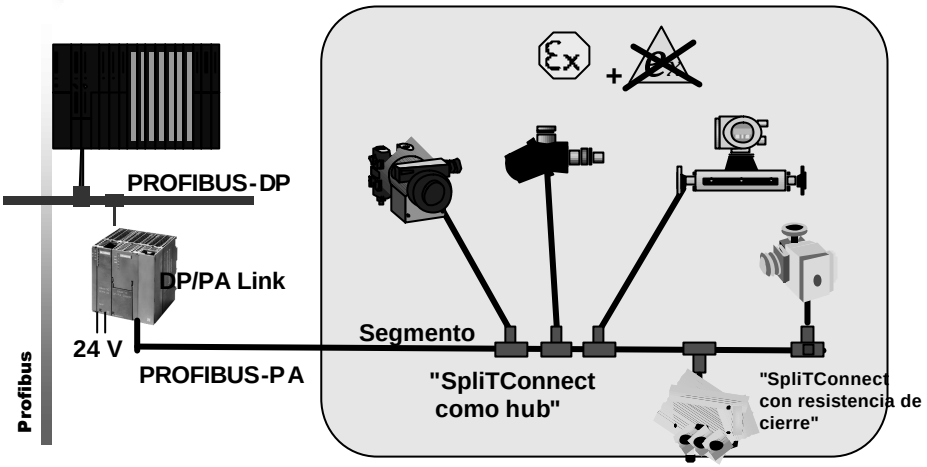


Arquitectura del protocolo

- **Profibus-PA**
  - usa el protocolo de Profibus-DP, pero ampliado, para la transmisión de datos.
  - Adicionalmente se utiliza el perfil PA, en el que se define el comportamiento de los dispositivos de campo. La tecnología de transmisión, acorde con la normativa IEC 1158-2, permite su uso en zonas de seguridad intrínseca y también hace posible la alimentación de dicho dispositivo a través del propio bus. De este modo, los dispositivos para Profibus-PA se integran fácilmente en redes de Profibus-DP empleando un acoplador.
  - Profibus-PA está diseñada especialmente para la automatización de procesos. Permite la conexión de sensores y actuadores en una línea de bus común incluso en áreas con seguridad intrínseca.

Profibus

Arquitectura del protocolo



Arquitectura del protocolo

- ¿Cuándo se utiliza PROFIBUS-FMS/DP/PA?

	PROFIBUS-FMS	PROFIBUS-DP	PROFIBUS-PA
Aplicación	Nivel de célula	Nivel de campo	Nivel de campo
Estándar	EN 50 170/IEC 61158	EN 50 170 /IEC 61158	IEC 1158-2
Dispositivos conectables	PLC, PG/PC, Dispositivos de campo	PLC, PG/PC, Dispositivos de campo binarios y analógicos, accionamientos, OPs	Dispositivos de campo para áreas con riesgo de explosión y 31.25 kbit/s
Tiemp. respuest.	< 60 ms	1 - 5 ms	< 60 ms
Tamaño red	<= 150 km	<= 150 km	Máx. 1.9 km
Velocidad	9.6 kbit/s - 12 Mbit/s	9.6 kbit/s - 12 Mbit/s	31.25 kbit/s