

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 461 969**

51 Int. Cl.:

B23H 7/20 (2006.01)

G05B 19/408 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.03.2011** **E 11159116 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2014** **EP 2502696**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la transmisión digital de datos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.05.2014

73 Titular/es:

AGIE CHARMILLES SA (100.0%)
Via dei Pioppi 2
6616 Losone, CH

72 Inventor/es:

BÜHLER, ERNST;
KNAAK, RETO y
D'AMARIO, RINO

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 461 969 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para la transmisión digital de datos.

La invención concierne a un procedimiento y a un dispositivo para la transmisión digital de datos a través de un cable de datos con varios pares de conductores trenzados en máquinas herramientas y sistemas electrónicos similares.

Antecedentes de la invención

Para una transmisión digital (rápida) de datos a lo largo de trayectos cortos, es decir, trayectos de pocos metros o centímetros, se utilizan frecuentemente conductores en disposición en paralelo y en innumerables variantes.

Una aplicación concierne, por ejemplo, a buses en paralelo (trayectos de transmisión de datos) sobre placas madres de ordenadores personales (PC), con los cuales se pueden unir en paralelo varias placas hijas. Tales buses tienen casi siempre una longitud de menos de 300 mm y pueden presentar más de 100 conductores en paralelo, por ejemplo bus ISA, bus PC104, bus PCI, pero también numerosos buses propietarios sin normas vinculantes.

Otro ejemplo concierne a la transmisión de datos a lo largo de distancias de varios metros. Entre aparatos tales como PCs e impresoras o aparatos de medida se emplean en el estado de la técnica cables apantallados de varias venas para el transporte de datos rápido y en paralelo. Ejemplos típicos son: el puerto paralelo de PC, Centronics/IEEE-1284, el bus de instrumentos IEEE-488/IEC-625, pero también todos los sistemas de control industriales con cables planos de muchas venas.

Es común a estas transmisiones de datos en paralelo el alto gasto en la parte de emisión y de recepción y el alto número de líneas en paralelo necesarias para el cable de transmisión. Típico de conductores en paralelo es su considerable propensión a averías debido a campos electromagnéticos, la diafonía y las diferencias de tiempo de tránsito entre los conductores en paralelo. Especialmente perturbadora es en algunos casos la inflexibilidad respecto del grado de ampliación concerniente a la anchura del bus de datos, la zona de direcciones y la tasa de transmisión.

Por estos motivos, la transmisión de datos en serie ha encontrado una amplia difusión. En la transmisión inalámbrica por ondas de radio o de luz, pero también en la transmisión alámbrica por líneas de telecomunicación, se tiene que en muchos casos de aplicación entra en consideración prácticamente tan solo el principio en serie.

Muchos protocolos de transmisión de datos en serie, como PCI-Express, ETHERNET, EtherCAT, Powerlink, USB, o buses de campo industriales como, por ejemplo, Profibus, Device-Net o CANopen, se han establecido en los respectivos sectores de aplicación y se han publicado en normas correspondientes.

La transmisión de datos en serie ha simplificado y abaratado el tráfico digital de datos. Diferentes procedimientos de codificación y comprobación garantizan enlaces seguros y robustos. La posibilidad de algunos procedimientos de codificación, como, por ejemplo, también el procedimiento de codificación Manchester mencionado más abajo, de extraer la señal de reloj de la corriente de datos, resuelve los problemas de tiempo de tránsito a lo largo de trayectos de transmisión y distancias de cualquier clase.

Se proporciona para muchos de estos procedimientos una alta flexibilidad para el número de abonados de bus, la anchura de datos, las zonas de direcciones, los medios de transmisión, la distancia de transmisión y la dirección de transmisión.

Al aplicar transmisiones digitales de datos en serie a lo largo de cortos trayectos en máquinas de herramientas y sistemas electrónicos similares se plantea un problema especial cuando se tienen que tratar (casi) sin retardo de tiempo los eventos aleatoriamente producidos en grupos constructivos de cualquier clase de la máquina.

Se conocen ciertamente soluciones, como, por ejemplo, EtherCat y Powerlink, para sincronizar cíclicamente entre ellos unos módulos diferentes, como, por ejemplo, ejes de accionamiento. Sin embargo, no se conocen criterios utilizables para los procesos estocásticos.

La patente europea EP 1 749 609 B1, cuyo contenido se incorpora aquí completamente por referencia, revela una modularización consiguiente de los grupos constructivos en máquinas herramientas, especialmente en máquinas de erosión por chispa. Los módulos se conectan en red en forma de estrella, partiendo de un punto nodal de comunicación central, a través de enlaces de datos semejantes a ETHERNET, y hasta una potencia de 50 W se alimentan también con tensión continua a través de los cables de datos. La alimentación de corriente se efectúa, por ejemplo, según el estándar Power over ETHERNET, o abreviadamente PoE, que es semejante a la norma IEEE802.3af.

El punto nodal de comunicación presenta, además, al menos un enlace de datos ETHERNET normalizado según IEEE802.3, a través del cual se posibilitan enlaces de larga distancia de cualquier naturaleza con el mundo exterior.

Como efecto final, una máquina herramienta de esta clase no necesita ya un armario eléctrico y puede ser ampliada o modificada en cualquier momento. Se pueden realizar cómodamente a través de Internet telediagnósticos, configuraciones y actualizaciones de software. Los módulos se incorporan directamente a su lugar de acción en la máquina herramienta para mantener lo más pequeñas posible las pérdidas que se originen durante la transmisión de potencia.

En el documento EP 1 749 609 B1 se proponen como indicaciones más detalladas para la configuración de los enlaces internos ENLACE semejantes a ETHERNET tres prioridades para el procesamiento de datos y la transmisión de datos:

Prioridad MÁXIMA: Procesamiento en paralelo solamente dentro de un módulo,

Prioridad SEGUNDA: Procesamiento de datos entre módulos, a través de los nodos de la red y preferiblemente en paralelo,

Prioridad TERCERA: Se prefiere el tratamiento secuencial de datos entre módulos y el nodo de la red, así como para sistemas externos de rango superior.

Además, como se ha mencionado al principio, se han dado a conocer derivados de ETHERNET, como EtherCAT, Powerlink, Profinet y Modbus TCP/IP para aplicaciones en tiempo real. Se trata aquí de medidas especiales en el procedimiento de emisión para garantizar un máximo tiempo de latencia admisible para un comportamiento determinista (previsible). A este fin, se emite también en el paquete de datos, por ejemplo, una marca de tiempo según IEEE1588 para hacer posible una sincronización temporal exacta de varios abonados de bus.

Sin embargo, es desventajosamente común a todas estas soluciones conocidas el que no pueden reaccionar inmediatamente a procesos temporalmente aleatorios. Se tiene siempre que iniciar la emisión de un paquete de datos o esperar a la misma para transmitir una información, y el evento tiene que ser sincronizado también cada vez a las tasas de reloj locales.

Esto tiene ahora como consecuencia, por ejemplo para un enlace EtherCAT, con un cable Cat.5 según la norma EIA/TIA-568 y con el ancho de banda máximo de 100 MHz, un retardo de tiempo de al menos 10 μ s y unas considerables variaciones cíclicas (poca precisión temporal). Dado que normalmente un sensor y un actor están implicados en el proceso y tienen también como consecuencia un cierto retardo de tiempo del procesamiento de datos, se puede duplicar este retardo de tiempo llevándolo, por ejemplo, a más de 20 μ s hasta que se pueda reaccionar a un evento estocástico.

Los cables Cat.6 más rápidos según la norma EN50288, con un ancho de banda máximo de 250 MHz, o los enlaces Cat.6a con 500 MHz para Gigabit-Ethernet según IEEE802.3an, podrían ciertamente reducir este retardo de tiempo hasta la reacción a un evento estocástico, pero incrementarían en cambio los costes de sistema y las potencias de pérdida.

Incluso con un ancho de banda de 500 MHz y una transmisión en paralelo a través de cuatro pares de conductores se tendría que contar todavía para el caso de sensor-actor con retardos de tiempo de aproximadamente 2 μ s hasta la reacción a un evento aleatorio.

Tan pronto como en un sistema se presentan procesos o eventos aleatorios que tienen que procesarse típicamente en menos de alrededor de 100 ns, se tiene que, por ejemplo, las transmisiones de datos síncronas en serie anteriormente descritas son generalmente sometidas a unas exigencias excesivas.

Las máquinas de erosión por chispa son especialmente afectadas por este inconveniente, ya que muchas operaciones referidas al proceso presentan un comportamiento puramente estocástico, como, por ejemplo, el tiempo de retardo de encendido de los impulsos de mecanización o perturbaciones del proceso, que deberán captarse durante un impulso de mecanización y eliminarse con medidas inmediatas. Algunos procesos de erosión por chispa se basan en unos débiles impulsos llamados impulsos previos o de sondeo que exploran el estado de la distancia disruptiva. Según el resultado del análisis, se libera un impulso de mecanización u otros impulsos diferentes, como, por ejemplo, para romper microcortocircuitos o para limpiar por medio de ondas de choque. Sin embargo, esta liberación tiene que realizarse en menos de aproximadamente 100 ns, ya que, en caso contrario el procedimiento se queda sin sentido debido a que las propiedades medidas de la distancia disruptiva ya no son actuales (por ejemplo después de 100 ns).

Problemas similares se presentan en servoejes altamente dinámicos con motores lineales o piezoaccionamientos. Tales sistemas se utilizan cada vez más frecuentemente para estabilizar procesos después de magnitudes perturbadoras estocásticas continuamente captadas. Ejemplos de esto son: ejes de accionamiento en máquinas de erosión por chispa, el giro no circular en máquinas rotativas, la amortiguación activa de trepidaciones externas en máquinas de alta precisión y la supresión activa de marcas de retemblado que son originadas por las vibraciones de

herramientas de corte en máquinas herramientas generadoras de virutas.

Velocidades de ajuste de hasta 10 m/s no representan ninguna rareza para esta clase de accionamientos. Sin embargo, esto significa que en este caso la posición varía 1 μm en 100 ns. Para una precisión micrométrica se produce así un límite de aproximadamente 100 ns para el tiempo de retardo hasta la adopción de contramedidas al presentarse eventos estocásticos.

Para un tiempo de retardo de 2 μs , que, como se ha mencionado antes, se presentaría en el caso de sensor-actor, habría que contar de manera correspondiente con errores de hasta 20 μm .

Cometido de la invención

Frente al estado de la técnica, la invención se basa en el problema de perfeccionar un procedimiento en serie y un dispositivo para la transmisión digital de datos de tal manera que se puedan analizar eventos estocásticos con poco gasto y poco consumo de energía y se puedan transmitir estos rápidamente con poco consumo de energía.

Compendio de la invención

Según un primer aspecto, la invención proporciona un procedimiento para la transmisión digital rápida de datos de eventos estocásticos en una máquina herramienta a través de un cable de datos con varios pares de conductores trenzados, de los que al menos un par de conductor está previsto para una transferencia de datos en serie. Otro par de conductores está previsto para retransmitir eventos estocásticos. Un evento estocástico es señalizado por un impulso individual retransmitido sin cadencia de reloj, pudiendo ser el impulso individual un impulso positivo o un impulso negativo y señalizando un impulso positivo un primer evento estocástico, señalizando un impulso negativo un segundo evento estocástico y no señalizando ningún evento la falta de un impulso individual.

Conforme a un segundo aspecto, la invención proporciona un dispositivo para la transmisión digital de datos de eventos estocásticos en una máquina herramienta a través de un cable de datos con varios pares de conductores trenzados, de los que al menos un par de conductores está previsto para una transferencia de datos en serie. Al menos otro par de conductores está previsto para la retransmisión de eventos estocásticos. Al menos en un lado del cable de datos está previsto y acoplado un equipo de emisión y en un lado opuesto del cable de datos está previsto y acoplado un equipo de recepción, cuyos equipos están conectados a circuitos lógicos correspondientes. El al menos un equipo de emisión está diseñado para la señalización de eventos estocásticos de modo que retransmita impulsos individuales sin cadencia de reloj, pudiendo ser un impulso individual un impulso positivo o un impulso negativo y señalizando un impulso positivo un primer evento estocástico, señalizando un impulso negativo un segundo evento estocástico y no señalizando ningún evento la falta de un impulso individual, y el al menos un equipo de recepción para recibir los impulsos individuales está diseñado de modo que pueda detectar los tres estados "impulso positivo", "impulso negativo" y "sin evento".

Según un tercer aspecto, la presente invención proporciona una máquina de erosión por chispa que comprende un nodo central, varios módulos que están diseñados y previstos para controlar la máquina de erosión por chispa, y al menos un cable de datos. El cable de datos une al menos un módulo con el nodo central. La máquina de erosión por chispa presenta un dispositivo conforme al segundo aspecto y/o está preparada para ejecutar el procedimiento según el primer aspecto.

Otros aspectos de la presente invención están expuestos en las reivindicaciones subordinadas, los dibujos y la descripción siguiente.

Breve descripción de los dibujos

Se explican seguidamente con más detalle formas de realización preferidas de la invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos. Muestran:

La figura 1, una construcción modular típica y un cableado modular típico de la electrónica en el ejemplo de una máquina de erosión por chispa.

La figura 2, un punto nodal central con enlace de datos ETHERNET y canales de datos configurables en serie ENLACE, conocidos por el documento EP 1 749 609 B1.

La figura 3, la ocupación normalizada del cable ETHERNET-Cat.5 conocido para tasas de datos de 100 Mbit/s,

La figura 4, una forma de realización con una ampliación y ocupación según la invención de un cable Cat.5 con dos canales de transmisión bidireccionales para eventos aleatorios.

La figura 5, una forma de realización para una codificación de impulsos individuales de dos eventos discretos para el control y/o el aviso de posición de ejes de accionamiento.

La figura 6, una forma de realización con una codificación de impulsos individuales de dos eventos discretos para la captación del estado de la distancia disruptiva de máquinas de erosión por chispa.

La figura 7, una forma de realización con una transmisión de datos modular en serie ENLACE entre el punto nodal y un módulo.

5 La figura 8, una forma de realización con una transmisión rápida y segura de eventos aleatorios y

La figura 9, otra forma de realización con una transmisión rápida y segura de eventos aleatorios.

Descripción de las formas de realización

La figura 1 muestra una forma de realización con una construcción modular típica y un cableado modular típico de la electrónica en el ejemplo de una máquina 4 de erosión por chispa.

10 La máquina 4 de erosión por chispa es alimentada de energía a través de una entrada 1 de la red de corriente alterna. En una consola o armario eléctrico están alojados los módulos 2 para la entrada de corriente alterna AC, el regulador de tensión continua DC y el control numérico CNC.

15 Un punto nodal 5 (nodo) está previsto como central para el tráfico de datos interno a la máquina a través de enlaces de datos en serie 6 (ENLACE) dispuestos en forma de estrella. A través de los enlaces de datos en serie 6 designados como "ENLACE" se pueden alimentar los módulos conectados 8 con una tensión continua de típicamente 48 VDC hasta una potencia de cada uno de aproximadamente 50 W. Como se ha mencionado antes, la alimentación de corriente se efectúa aquí, por ejemplo, mediante el estándar Power over Ethernet (PoE), que es semejante a la norma IEEE802.3af.

20 Los módulos 8 son aquí, por ejemplo, módulos que están diseñados para accionar un motor ("accionamiento"), para generar impulsos de mecanización ("generador"), para medir ("medida") y para controlar.

25 Para módulos 8 de mayor potencia (accionamiento, generador y control) incorporados en la máquina 4 de erosión por chispa se han previsto unos cables de tensión continua 7 ("DC") con una tensión continua de, por ejemplo, +/- 280 VDC. Los cables de tensión continua 7 parten del regulador de tensión continua DC y están unidos también en forma de estrella, a través del punto nodal 5, con los módulos 8 que se deben alimentar de manera correspondiente. Esta unión permite un intercambio de energía sin impedimentos entre los módulos conectados 8. Un módulo 8 para fines de medida (medida) no necesita típicamente un cable de tensión continua 7, sino que es alimentado de energía eléctrica mediante PoE.

30 Además está previsto un terminal de control ETHERNET normalizado 3 que hace posible la comunicación con el mundo exterior, por ejemplo con una red de empresa (por ejemplo, una LAN o una WLAN) o incluso a través de Internet.

35 La comunicación interna a la máquina a través de los enlaces de datos 6 (ENLACE) puede efectuarse de manera fuertemente simplificada en algunas formas de realización, ya que siempre está conectado solamente un abonado de bus y, por tanto, no es necesaria una operación de direccionamiento ni una compleja gestión de paquetes de datos. Los llamados procedimientos de identificación plug & play (enchufar y jugar) hacen posible una conexión flexible de módulos 8 de cualquier naturaleza, lo que puede ser importante en algunas formas de realización para un diseño específico del cliente o para ampliaciones posteriores.

El enlace de datos 6 (ENLACE) es un punto de partida de la presente invención. Su funcionamiento se explica con más detalle en lo sigue.

40 La figura 2 muestra un punto nodal central con un enlace de datos ETHERNET 3' y muchos enlaces de datos en serie 6' (ENLACE) de la misma construcción, pero configurables, tal como es conocido, por ejemplo, por el documento EP 1 749 609 B1. El punto nodal central 5 puede corresponder aquí en algunas formas de realización al punto nodal mostrado en la figura 2 y revelado en el documento EP 1 749 609 B1.

45 En este punto nodal un terminal de tensión continua 7' asegura la alimentación básica de todo el sistema con una tensión típica de 48 VDC a través del convertidor de tensión continua DC/48V. Esta tensión alimenta todos los enlaces de datos ENLACE y Ethernet, así como un regulador de tensión 48VDC/LVDC que proporciona las tensiones más bajas para los componentes eléctricos μ P, COM, IPO y SEGURIDAD.

El bloque COM es el responsable de la comunicación, tiene típicamente un circuito lógico programable y corresponde a un circuito lógico (11 FPGA_N en la figura 7), tal como éste se utiliza en algunas formas de realización de la invención.

50 El procesamiento de datos en paralelo tiene la ventaja de que la velocidad de procesamiento, independientemente

de la complejidad, es siempre igual de rápida.

Los bloques μ P, IPO y SEGURIDAD no se describen aquí con más detalle, ya que no son de importancia directa para la presente invención y se han descrito de manera detallada, por ejemplo, en el documento EP 1 749 609 B1. La descripción de ese documento con relación a μ P, IPO y SEGURIDAD se incorpora también por referencia a esta memoria.

La figura 3 muestra la ocupación normalizada del cable ETHERNET-Cat.5 conocido para tasas de datos de hasta 1000 Mbit/s, tal como éste se emplea en algunas formas de realización. Normalmente, sólo están ocupados siempre los pares de conductores TX+, TX-, que forman conjuntamente un ENLACE_ASCENDENTE (abreviadamente ENL_ASC en los dibujos), y los pares de conductores RX+, RX-, que forman conjuntamente un ENLACE_DESCENDENTE (abreviadamente ENL_DESC en los dibujos). En esta forma de realización los pares de conductores TX+, TX- del ENLACE_ASCENDENTE forman la ruta de datos del punto nodal 5 a un módulo 8 y los pares de conductores RX+, RX- del ENLACE_DESCENDENTE forman la ruta de datos de un módulo 8 para retorno al punto nodal 5, de modo que es posible en conjunto una transmisión bidireccional.

La elección de los terminales de enchufe macho "3" y "6" para el par de conductores RX+, RX- (ENLACE_DESCENDENTE) no está en la secuencia 3 y 4 (y, por tanto, es ilógica) por motivos históricos (telefonía). Una inobservancia de esta peculiaridad en la secuencia y, por ejemplo, una ocupación en la secuencia de los terminales "1" a "8" conduce a una mala calidad de transmisión en algunas formas de realización a causa de pares de conductores acoplados.

Los pares de conductores que se ha designado con Reserva1 ("4" y "5") y Reserva2 ("7" y "8") no están ocupados en el caso normal. No obstante, existe una excepción. Por ejemplo en una variante de Power over Ethernet (PoE) según IEEE802.3af, la alimentación de tensión continua PoE VDC+ y PoE VDC- se conduce directamente a través de estos dos pares de conductores.

Esta clase de cable de datos puede, por ejemplo compensar mejor los campos perturbadores magnéticos gracias a pares de conductores trenzados, en comparación con cables planos normales, y gracias al apantallamiento común hasta dentro de la zona del enchufe macho puede compensar también mejor los campos perturbadores eléctricos.

La velocidad de tránsito por cables Cat.5 es relativamente alta. Alcanza típicamente un 72% de la velocidad de la luz o 216 m/ μ s, sobre lo cual se entrará en más detalles con ayuda de las figuras 8 y 9.

La figura 4 muestra con ayuda de una forma de realización el principio de la ampliación y ocupación según la invención de un cable Cat.5 con dos canales de transmisión asíncronos adicionales 9, 10 ("AL+" y "AL-" o "BL+" y "BL-"), los cuales se denominan también ENLACE_A y ENLACE_B (abreviadamente ENL_A y ENL_B en los dibujos), y los cuales están previstos para la transmisión de eventos aleatorios o para la transmisión de datos que representan eventos aleatorios.

Estos dos canales de transmisión 9 y 10 son dinámicamente configurables es decir que lo que se transmite y la dirección en la que se transmite algo pueden establecerse de nuevo en todo momento a través de los canales de datos en serie ENLACE_ASCENDENTE y ENLACE_DESCENDENTE. En contraste con los canales en serie ENLACE_ASCENDENTE, ENLACE_DESCENDENTE, cada canal para eventos aleatorios 9, 10, ENLACE_A, ENLACE_B, pueden hacerse funcionar alternativamente en ambas direcciones (semidúplex). Esto se explica seguidamente con ayuda de las figuras 8 y 9.

Con esta ampliación pierde su fuerza, naturalmente, en algunas formas de realización la variante mencionada de la transmisión de tensión continua según IEEE802.3af a los canales de ENLACE_A y ENLACE_B.

La figura 5 muestra al principio de la codificación de impulsos individuales de dos eventos discretos para el control o el aviso de posición de ejes de accionamiento, tal como se utiliza en algunas formas de realización.

La codificación de impulsos individuales se basa en la codificación Manchester conocida. Por este motivo, el principio de la codificación Manchester es tan interesante para algunas formas de realización, ya que la corriente de datos codificada en Manchester no presenta en principio ninguna componente de tensión continua. Por tanto, en la práctica no se presenta nunca una saturación de componentes de acoplamiento inductivos o capacitivos. Además, se puede reconstruir la tasa de cadencia de reloj a partir de la corriente de datos.

En algunas formas de realización interesa especialmente la primera propiedad y los impulsos individuales empleados están correspondientemente codificados. Sin embargo, en algunas formas de realización se manifiesta también el hecho de que con impulsos individuales se pueden señalar tres estados, a saber: ausencia de señal, es decir que no se emite ningún impulso individual (estado básico), señal con semionda inicial positiva, también llamada impulso positivo en lo que sigue (primer evento), y señal con semionda inicial negativa, también llamada impulso negativo en lo que sigue (segundo evento).

Esto puede utilizarse, por ejemplo, en algunas formas de realización para un eje de accionamiento para la transmisión de valor nominal y de valor real en forma de incrementos de recorrido (avance, retroceso, parada) a través de los pares de conductores ENLACE_A y ENLACE_B, tal como se describe en lo que sigue.

5 El evento estocástico "avance" se señaliza, por ejemplo, por medio de un impulso individual positivo (figura 5 arriba). Directamente a continuación del impulso positivo sigue un impulso negativo para impedir, al igual que en la codificación Manchester, que se produzca una componente de tensión continua y se origine así una carga no deseada. El evento estocástico "retroceso" se señaliza por medio de un impulso negativo, al que sigue un impulso individual positivo para suprimir nuevamente la producción de una componente de tensión continua. Se puede reconocer el evento estocástico "parada" debido a que no se emite ningún impulso individual.

10 Los impulsos individuales pueden presentar en las formas de realización una anchura y una altura (amplitud) definidas para que puedan diferenciarse, por ejemplo, de señales perturbadoras.

15 En contraste con la codificación Manchester conocida en la que circula una señal de reloj, no se emplea para la retransmisión de los impulsos individuales ninguna señal de reloj circulante continua, sino que los impulsos individuales se transmiten sin cadencia de reloj. Un formador de impulsos forma, por ejemplo como reacción a un evento estocástico, un impulso individual que se transmite inmediatamente por la línea correspondiente. Debido a la transmisión sin cadencia de reloj se pueden evitar retardos correspondientes que se originen al principio en relación con la anchura de banda de, por ejemplo, 100 MHz o incluso 500 MHz en cables Cat.5 y Cat.6 típicos.

20 En el caso más sencillo se detectan los impulsos positivos y negativos con referencias fijas +Ref, -Ref y se les retransmite en forma de las señales digitales -AR1, +AR1, -AR2, +AR2, -BR1, +BR1, -BR2 y +BR2 a circuitos lógicos 11 y 12 que se denominan también FPGA_N, FPGA_M en la figura 7. Las referencias fijas sirven aquí, por ejemplo, como umbral de disparo para un receptor diferencial, tal como éste se explica adicionalmente más abajo en relación con la figura 7. Los eventos estocásticos forman aquí la transmisión de valor nominal y de valor real en forma de incrementos de recorrido (avance, retroceso, parada).

25 Para una mayor seguridad contra impulsos perturbadores se pueden definir en algunas formas de realización unas ventanas adicionales de medida de tensión y de referencia de tiempo para reconocer señales no conformes.

Por ejemplo, se puede reconocer una señal erróneamente recibida (impulso individual) en si una señal o un impulso individual corresponde en su amplitud y/o en su duración al impulso individual codificado esperado.

La figura 6 muestra el principio de codificación de impulsos individuales de dos eventos discretos para la captación del estado de la distancia disruptiva de máquinas de erosión por chispa.

30 La captación del estado de dicha distancia disruptiva es especialmente crítica en el tiempo, como se ha discutido al principio, y se la transmiten normalmente como señal analógica al sistema de mando del proceso y solamente allí se la cuantifica y analiza.

35 Según la invención, en algunas formas de realización se transmiten ahora los tres estado cuantificados in situ (directamente en la distancia disruptiva) consistentes en "descarga" (descarga activa), "corto" (cortocircuito activo) y "abierto" (marcha en vacío activa) a través de un par de conductores ENLACE_A (9, figura 4) o ENLACE_B (10, figura 4). Estos tres estados "descarga", "corto" y "abierto" se presentan aquí como eventos estocásticos.

40 Un impulso positivo señaliza aquí el estado "descarga", un impulso negativo señaliza el estado "corto" y la ausencia de un impulso individual señaliza el estado "abierto". Como se ha explicado en relación con la figura 5, los impulsos individuales positivos/negativos van seguidos de impulsos correspondientes con polaridad opuesta para impedir la aparición de una componente de tensión continua.

La transmisión tiene lugar aquí, por ejemplo, desde un módulo correspondiente 8, por ejemplo "medida", hasta el punto nodal central 5.

Tanto el módulo correspondiente 8 como el punto nodal central 5 presentan para ello un circuito lógico programable, tal como se explica más abajo en relación con la figura 7.

45 En algunas formas de realización los niveles de referencia y los procedimientos de análisis para estos tres estados pueden modificarse también en cualquier momento por medio de la transmisión en serie ENLACE_ASCENDENTE.

50 Estos tres estados pueden transmitirse continuamente (sin cadencia de reloj) en algunas formas de realización y conducen así a una identificación rápida, exacta y segura frente a perturbaciones de las operaciones en la distancia disruptiva. En algunas formas de realización son posibles tasas de exploración de hasta 10 millones de estados por segundo a través de un único par de conductores ENLACE_A (9, figura 4) o ENLACE_B (10, figura 4) de un cable Cat.5. De manera correspondiente, en algunas formas de realización se pueden transmitir 200 millones de estados por segundo a través de ambos pares de conductores, por ejemplo a través de un cable de 8 m con un tiempo de

latencia típico de 45 ns por cada par de conductores.

La figura 7 muestra el principio de la transmisión de datos modular en serie "ENLACE" entre el punto nodal 5 y un módulo 2 u 8 en una forma de realización. El punto nodal central 5 presenta un circuito lógico programable FPGA_N 11 que corresponde más o menos al bloque COM de la figura 2 y sirve a un gran número de enlaces de datos ENLACE 6, de los cuales se representa detalladamente un enlace individual en la figura 7.

La zona TX, RX, que está provista de símbolos de referencia 13 a 21, representa el enlace de datos bidireccional en serie según el prototipo IEEE802.3 para un circuito lógico programable FPGA_M 12 situado a una distancia de hasta aproximadamente 10 m en un módulo cualquiera 2, por ejemplo en el armario eléctrico o en el módulo 8, en la máquina 4 de erosión por chispa.

La señal digital TX que se debe enviar por el ENLACE_ASCENDENTE puede ser alimentada como señal digital RX a recibir al circuito lógico programable FPGA_M 12 de un módulo 2 u 8 a través de un excitador de línea diferencial 13, a través de resistencias terminales de línea 14, un transformador de emisión 15, el cable Cat.5 17, que corresponde al cable de datos "ENLACE" (6 en la figura 1), un transformador de recepción 19 y un receptor diferencial 21 con resistencia terminal 20. El ENLACE_DESCENDENTE está construido de manera correspondientemente igual con los mismos componentes 13 a 21, pero en dirección contraria.

Como se ha mencionado anteriormente en relación con la figura 4, el ENLACE_A 9 y el ENLACE_B 10 pueden hacerse funcionar por el procedimiento semidúplex. A este fin, se han previsto a ambos lados de los trayectos de transmisión de los canales de datos ENLACE_A 9 y ENLACE_B 10 para la transmisión de eventos estocásticos unos receptores diferenciales positivos 24 y unos receptores diferenciales negativos 25 que están permanentemente preparados para recibir. El receptor diferencial positivo 20 puede detectar impulsos positivos, tal como se describe en relación con las figuras 5 y 6, y el receptor diferencial negativo 25 puede detectar impulsos negativos. El receptor diferencial positivo 24 en el lado del circuito lógico programable 11 (FPGA_N) del punto nodal 5 y el receptor diferencial negativo 25 en el lado del circuito lógico programable 12 (FPGA_M) del módulo 2 u 8 transmiten las señales digitales detectadas -AR1 (señal negativa del ENLACE_A en el punto nodal 5) a +BR2 (señal positiva del ENLACE_B en un módulo 2 u 8) a los circuitos lógicos programables correspondientes FPGA_N 11, FPGA_M 12. Los receptores 24 y 25 pueden estar acoplados aquí con resistencias para que las capacidades de entrada y las retroacciones de los receptores 24, 25 queden aisladas de la señal.

Dado que, como se ha explicado con relación a la figura 5, los tres estados "sin señal", "señal inicial positiva" y "señal inicial negativa" deberán emitirse como impulsos individuales, tienen que estar disponibles cada vez dos señales digitales +AT1, -AT1 a +BT2, -BT2 de los circuitos lógicos programables correspondientes FPGA_N 11, FPGA_M 12 para los excitadores de línea positivos 22 y los excitadores de línea negativos 23. Se suprimen el cuarto estado posible "señal positiva y negativa" debido a que éste ya no podría diferenciarse del estado "sin señal" en el receptor.

En algunas formas de realización se pueden emplear aquí también en principio excitadores de línea diferenciales análogos al anterior 13, con un estado "triestado" adicional (un tercer estado de alto ohmio). No obstante, este tercer estado es casi siempre significativamente más lento y, además, una terminación de línea de alto ohmio es absolutamente indeseable en algunas formas de realización, incluso para el caso de líneas cortas.

Entre los transformadores 15 o 19 y los emisores 22, 23 están acopladas unas respectivas resistencias de adaptación de línea 26 y 27. Las resistencias de adaptación de línea 26 y 27 permanecen conectadas según la invención, en algunas formas de realización, durante los tres estados y garantizan así una terminación de línea permanente.

En una forma de realización alternativa existe una variante en la que la corriente continua, que se aplica normalmente en el cable Cat.5 a los canales Reserva1 y Reserva2 (véase más arriba y la figura 5), se conduce al receptor empleando los cuatro pares de conductores, como se representa en la figura 7, a través de respectivas tomas centrales 16, 18 y 28, 29 de los transformadores de emisión 15 y de recepción 19, es decir que se conduce, por ejemplo, al módulo 2 u 8. Se obtiene así adicionalmente la ventaja de que todos los pares de conductores que unen los transformadores de emisión 15, con los transformadores de recepción 19 están al potencial de la alimentación de 48 VDC y, por tanto, no pueden cargarse electrostáticamente.

Esto corresponde en principio a la norma futura IEEE802.3at que pretende suministrar una potencia de hasta un máximo de 30 W a lo largo de 100 m. No es necesaria aquí una corrección de polaridad con puentes rectificadores en el receptor, tal como prevé la variante mencionada de la IEEE802.3af, ya que la polaridad correcta está garantizada en todo momento. En esta forma de realización no sólo se economiza el puente rectificador, sino también su caída de tensión de aproximadamente 2 V, lo que hace que esté disponible ventajosamente una potencia adicional de 2 W. Por tanto, y dado que la longitud del cable asciende como máximo a 10 m, se puede transmitir sin problemas, según la sección transversal elegida del cable, una potencia de incluso más de 50 W.

En un procedimiento semidúplex incontrolado no se pueden excluir, naturalmente, colisiones de datos en algunas

formas de realización. No son de temer daños en los equipos de transmisión de datos, pero los daños colaterales a causa de una información falsa pudieran ser devastadores.

Las colisiones de datos pueden detectarse solamente demasiado tarde a causa de los tiempos de tránsito finitos de las señales y por ello en algunas formas de realización el procedimiento semidúplex incontrolado solamente puede utilizarse en casos especiales.

El procedimiento semidúplex controlado impide colisiones de datos detectando qué emisor podrá emitir en qué momento. Esto puede ser permanentemente en una dirección en el caso más sencillo, tal como en el caso del estado de una distancia disruptiva según la figura 6. Allí se emiten los estados "descarga", "corto" y "abierto" solamente desde el módulo 8 "medida" hasta el punto nodal central 5.

Dado que las transmisiones erróneas individuales no tendrían repercusiones sobre el resultado de la mecanización o sólo tendrían repercusiones poco importantes, no vale la pena en este caso realizar una confirmación de cada impulso correctamente recibido. No obstante, es recomendable una comprobación en el receptor para fines de estadística, diagnóstico y seguridad.

La velocidad y la seguridad se perjudican mutuamente: por seguridad se tienen que realizar comprobaciones o filtrados, lo que consume un tiempo determinado. Por este motivo, se proponen seguidamente procedimientos adecuados para aminorar esta restricción que se emplean en algunas formas de realización.

La figura 8 muestra una forma de realización de un primer principio de una transmisión rápida y segura de eventos aleatorios, en donde el dispositivo pertinente para la transmisión de eventos aleatorios corresponde sustancialmente al mostrado en la figura 7.

Supóngase que FPGA_N 11 deberá señalizar en FPGA_M 12 a través del canal AT1 y un cable Cat.5 de 8 m de longitud el estado "impulso positivo" en forma de un impulso 30 que está formado por un impulso individual positivo 30a y un impulso individual negativo correspondiente 30b. Como se ha mencionado más arriba, el impulso individual negativo 30b sirve para impedir la aparición de una componente de tensión continua.

Para formar el impulso 30 se activa primeramente por el FPGA_N (11, figura 7) la salida +AT1 durante, por ejemplo, un período de tiempo de 10 ns, con lo que se forma el impulso individual positivo 30a, e inmediatamente después se activa la salida -AT1 durante un período de tiempo de 10 ns, con lo que se forma el impulso individual negativo 30b. Debido a la activación de la salida +AT1 se produce un flanco ascendente del impulso individual 30a y debido a la activación de la salida -AT1 se produce un flanco descendente del impulso individual 30b.

A una velocidad de tránsito de la señal de 216 m/μs el impulso compuesto 30 incide como impulso 31 (abajo en la figura 8) a través del cable Cat.5 de 8 m, después de un retardo de 37 ns, en las entradas +/-AR2 del FPGA_M 12 (figura 7), y puede ser procesado allí inmediatamente, es decir, casi sin retardo de tiempo. El impulso 31 está compuesto correspondientemente del impulso positivo 31a y el impulso negativo 31b.

Por tanto, una transmisión por un cable de 8 m tendría como consecuencia, a una velocidad de tránsito de 216 m/μs, un retardo de tiempo de únicamente 37 ns. Se necesitan para ello menos ns de tiempo de retardo para los emisores 22, 23, es decir, los excitadores de línea positivo y negativo 22, 23 anteriormente descritos, y los receptores 24, 25, es decir, los receptores diferenciales positivo y negativo 24, 25 anteriormente descritos, de modo que resulta un tiempo de latencia estable dly de típicamente 45 ns, tal como se insinúa en la figura 8. Este tiempo de latencia corresponde al tiempo de retardo de 37 ns debido a la transmisión por el cable de 8 m de longitud y 8 ns adicionales para el procesamiento en los emisores 22, 23 y los receptores 24, 25.

Para hacer seguro este primer principio se comprueba en algunas formas de realización la integridad de la señal, tal como se ha discutido anteriormente con ayuda de la figura 5. La comprobación de la integridad de la señal con ayuda de la amplitud y la duración de un impulso dura, por ejemplo, 10 ns. En caso de un resultado de ensayo positivo, se puede emitir, después del final del impulso recibido (compuesto) 31, un impulso de confirmación 32 que vuelve del FPGA_M 12 al punto nodal central 5 o a su FPGA_N 11. El impulso de confirmación 32 está compuesto de un impulso positivo 32a y un impulso negativo 32b. Este impulso de confirmación 32 entra como impulso de confirmación 33 en el FPGA_N 11 después de un tiempo de latencia adicional dly. El impulso de confirmación está compuesto también de un impulso positivo 33a y un impulso negativo 33b. Entre el final del impulso emitido 30 y el principio del impulso de confirmación recibido 33 está exactamente un tiempo de 2*dly, es decir, 2*45 ns = 90 ns. Este tiempo de latencia puede emplearse adicionalmente para comprobar la integridad del trayecto de transmisión.

En caso de un resultado de ensayo negativo, no se reenvía ningún impulso de confirmación 32. En una forma de realización alternativa se reenvía un impulso de confirmación con polaridad invertida para señalizar el resultado de ensayo negativo y, por tanto, el error de transmisión. Como es natural, se tiene entonces que anular o corregir el procesamiento ya efectuado del evento.

Por tanto, esta transmisión segura, incluida la verificación, dura 2*45 ns + 4*10 ns = 130 ns si se supone que la

verificación necesita 10 ns. Seguidamente, se puede señalizar un nuevo evento, lo que hace posible en conjunto un máximo de 7,69 millones de eventos por segundo. Esto corresponde, por ejemplo, al control de un eje de accionamiento con una velocidad máxima de 7,69 m/s para una resolución de recorrido de 1 μm .

- 5 Otra variante de este primer principio prevé el procesamiento ulterior únicamente después de un ensayo satisfactorio. El tiempo de latencia aumenta así ciertamente a $45\text{ ns} + 2 \cdot 10\text{ ns} = 65\text{ ns}$, pero en cambio se suprimen las correcciones en caso de error. Como es natural, la duración de la transmisión permanece inalterada en 130 ns.

La figura 9 muestra una forma de realización de un segundo principio de una transmisión aún más rápida de eventos aleatorios. Este segundo principio está algo más optimizado en velocidad, con solamente una ligera reducción de la seguridad.

- 10 Se emite por el emisor AT1 solamente un primer impulso individual positivo 34. Después del tiempo de latencia dly entra en el receptor AR2 el impulso individual positivo 34 como impulso individual positivo 35, se comprueba éste y, en caso de un resultado positivo, se acusa recibo con el impulso de confirmación negativo 37 procedente del emisor AT2, y después de un tiempo de latencia adicional dly se recibe dicho impulso por el receptor AR1 como impulso individual negativo 36. Por tanto, se suprime aquí la producción de una componente de tensión continua en la que se
15 emite un impulso de confirmación que tiene una prioridad opuesta a la del impulso recibido.

- Como es natural, el tiempo de latencia dly es igual que en el primer principio: 45 ns, mientras que la duración de la transmisión, incluida la verificación, es: $2 \cdot 45\text{ ns} + 2 \cdot 10\text{ ns} = 110\text{ ns}$, lo que hace posible un máximo de 9,09 millones de eventos por segundo o, para un eje de accionamiento, una velocidad máxima de 9,09 m/s con una resolución de
20 1 μm . Esto quiere decir que el segundo principio es aproximadamente un 18% más rápido que el primer principio. Se aprecia aquí una vez más claramente que el tiempo de tránsito total de la señal de 90 ns es el dominante en una transmisión asegurada por un cable de 8 m y, por tanto, limita de manera puramente física la longitud máxima de la línea. Los cables Cat.6 o Cat.6a aportarían aquí solamente una mejora poco importante, ya que presentan una velocidad de tránsito semejante a la del cable Cat.5.

- 25 En caso de un error de transmisión se tiene que emitir también por el emisor AT1 el segundo impulso individual (negativo) 37 para restablecer el equilibrio de la tensión de la señal. Esto conduce al menos a un retardo de tiempo de otros 10 ns. Además, la recepción del segundo impulso 37 por el receptor AR2 no podrá ser valorada como un nuevo evento.

- Por tanto, este procedimiento es más bien adecuado para trayectos de transmisión pobres en perturbaciones y el
30 tratamiento de errores deberá formar la excepción para esta forma de realización, puesto que, en caso contrario, no compensan las mermas de seguridad en comparación con el primer principio.

- En algunas formas de realización se pueden reconocer también colisiones de impulsos individuales debido a que, por ejemplo, en un lado de receptor se ha recibido un impulso individual en el receptor 24, 25, aun cuando el emisor correspondiente 22, 23 en el mismo lado del cable de datos no ha emitido ningún impulso individual. En caso de que se detecte una colisión de esta clase, es absurdo - desde el punto de vista técnico - seguir emitiendo en algunas
35 formas de realización. Por tanto, en algunas formas de realización, para impedir también un procesamiento erróneo, se conmuta inmediatamente de manera correspondiente el emisor 22, 23 al estado básico "sin evento". En el caso normal, no se envía un aviso de confirmación, ya que los datos recibidos son demasiado inseguros. Según se requiera, el intento de emisión abortado puede emitirse una segunda vez con cierto retardo de tiempo. Como alternativa, se puede simplemente suprimir la emisión.

- 40 En algunas formas de realización se emiten avisos de eventos estocásticos a través de más de una estación. Por ejemplo, se pueden emitir adicionalmente impulsos individuales desde el módulo 8 "accionamiento" (figura 1) hasta el módulo de control 2 "CNC" a través del nodo 5. Para hacer que los tiempos de retardo se mantengan lo más cortos posible, los impulsos individuales que no están destinados directamente al primer receptor y, en consecuencia, circulan por más de una estación, son desviados directamente en algunas formas de realización
45 desde el primer receptor hasta el emisor siguiente a través de un circuito lógico 11 (FPGA_N). Esta desviación directa de los impulsos individuales es organizada por sistemas de control en el propio nodo 5 o por sistemas de rango superior a través del terminal Ethernet 3'. Expresado con más precisión, estos sistemas de control hacen en este caso que el circuito lógico FPGA_N 11 una directamente las entradas +/-AR1 o +/-BR1 de los receptores diferenciales 24, 25 con las salidas correspondientes +/-AT1 o +/-BT1 para los excitadores de línea 22, 23. Se
50 originan así solamente las pérdidas de tiempo muy pequeñas de los bloques de entrada y de salida del circuito lógico FPGA_N 11.

- En la presente forma de realización con cableado en estrella sería aplicable en principio la desviación directa exclusivamente en el nodo 5. Sin embargo, en ciertos casos, puede ser útil una desviación directa en un módulo 2 u
55 8 para, por ejemplo, reenviar directamente por las salidas +/-BT2 o +/-AT2 los avisos recibidos por las entradas +/-AR2 o +/-BR2 del circuito lógico FPGA_M 12. En otras palabras, en algunas formas de realización una emisión recibida por el ENLACE_A es reenviada directamente y sin modificación por el ENLACE_B y, de manera correspondientemente inversa, una emisión recibida por el ENLACE_B es reenviada por el ENLACE_A. Esto

necesita ciertamente muchos recursos en algunas formas de realización, pero aporta dos ventajas: 1) queda excluida una colisión de datos y 2) el emisor puede detectar ya después de dos tiempos de tránsito de señal del cable de transmisión que ha llegado la emisión. En la forma de realización según la figura 8 esto haría posible un aumento de la tasa de transmisión máxima de 6,69 millones a 11,1 millones de eventos, es decir, una mejora de aproximadamente un 61%, pero esto cuesta un 100% en recursos.

En este punto, cabe aludir una vez más a las ventajas de una rápida transmisión digital de datos en algunas formas de realización para la técnica de los accionamientos, puesto que unas tasas de actualización tan altas para la posición del valor nominal y el valor real posibilitan enfoques completamente nuevos para los procedimientos de regulación, especialmente de máquinas herramientas tales como máquinas de erosión por chispa.

Como procedimientos con futuro prometedor se consideran los procedimientos de regulación que se orientan crecientemente hacia el principio de la balística y el pronóstico. No se conocen aún designaciones para ellos y en la discusión siguiente de formas de realización se les denomina "accionamientos balísticos".

Los accionamientos balísticos ya no se mueven ciegos, apoyados sobre una divergencia envejecida respecto de la geometría calculada de la trayectoria, sino que se apoyan en una posición futura teniendo en cuenta la divergencia recién observada causada por magnitudes perturbadoras tales como la masa, el rozamiento, las fuerzas de mecanización, las influencias térmicas, entre muchas otras. Se calcula y compensa la influencia probable sobre la posición futura. Ya no se realizan tampoco correcciones de trayectoria con una cadencia de reloj temporal, sino que esto se hace de manera asíncrona en el momento óptimo y con impulsos exactamente cuantificados. Son forzosamente necesarios para ello datos de posición asíncronos en tiempo real para los valores nominales y los valores reales.

La navegación espacial se ha apoyado desde siempre en la balística y el principio del acotamiento de la trayectoria y de las correcciones de trayectoria exactamente dosificadas y temporalmente determinadas con exactitud es conocido para un amplio público desde al menos los alunizajes del Apollo.

Los primeros enfoques en esta dirección son conocidos por el corte de alambre mediante erosión por chispa. El documento EP 801 341 B1 revela una corrección de trayectoria para eliminar en zonas de fuerte curvatura de la trayectoria los errores ocasionados por las fuerzas de mecanización. La corrección de trayectoria se calcula en tiempo real con ayuda de la potencia de mecanización.

El documento EP 578 018 B1 revela una corrección de trayectoria semejante para la mecanización finísima, en donde se acota en tiempo real una pieza de trabajo precortada con limitada exactitud y se deriva de ello la corrección de trayectoria. Esto hace posible también para piezas de trabajo grandes una alta calidad superficial en todo el contorno.

El documento EP 920 943 B1 revela un procedimiento para la mecanización finísima con objeto de evitar errores debidos a fuerzas electrostáticas sobre el electrodo de alambre. Se capta en tiempo real una desviación del electrodo de alambre y se compensa ésta por medio de la velocidad de la trayectoria y la potencia del generador.

Existen múltiples aplicaciones para tales sistemas en la construcción de maquinaria. Por ejemplo, los sistemas anticolidión se hacen más efectivos cuando pueden apoyarse sobre una información de posición rápida y no solamente sobre una divergencia anormal respecto del valor nominal del circuito de regulación de corriente subordinado. La invención hace posible en algunas formas de realización un reconocimiento seguro de colisiones en menos de aproximadamente 1 μ s. A una velocidad de 10 m/s se recorre únicamente un trayecto de 10 μ m durante este tiempo. Se pueden evitar considerables daños cuando se logra mediante un frenado de emergencia mantener las deformaciones de las piezas estructurales de la máquina dentro del dominio elástico. Después de una colisión se puede emitir enseguida una estimación provisional de daños con ayuda de la evolución de la operación de frenado de emergencia y con ayuda de valores empíricos.

Las repercusiones en un aviso de posición de, por ejemplo, solamente cada 10 μ s o 100 μ s pueden ser consecuentemente considerables y se pueden ocasionar grandes daños.

Otro ejemplo son ejes de accionamiento de alta resolución y alta dinámica cuando estos deben mantenerse en una posición precisa a pesar de la existencia de perturbaciones. Esto se convierte en un desafío con sistemas conocidos, ya que una alta precisión requiere un alto refuerzo del circuito, lo que conduce después frecuentemente a vibraciones no deseadas. Los motivos de ello pueden ser varios: valores de rozamiento modificados, masa modificada, fuerzas de mecanización modificadas, pero casi siempre valores reales envejecidos.

Un accionamiento balístico está exento de todos estos problemas. El actor puede incluso mantenerse fuera del circuito de regulación de posición en algunas formas de realización, siempre que estén garantizados los cuantos de impulso generados con suficiente exactitud y estabilidad.

Los accionamientos balísticos de alta dinámica se encuentran todavía en un estadio de desarrollo temprano. La

presente invención podría prestar una valiosa contribución a su comercialización.

Todos los ejemplos indicados sirven exclusivamente para la mejor comprensión de la invención. Las indicaciones puramente ilustrativas no han de interpretarse como restrictivas.

Siguen todavía algunas explicaciones generales sobre las formas de realización de la presente invención.

- 5 Se desprende de la discusión anterior de las formas de realización que en algunas formas de realización se amplía un enlace de datos en serie conocido, tal como, por ejemplo, ETHERNET, publicado en IEEE802.3, para la retransmisión directa de eventos aleatorios, sin tener que realizar la sincronización con una señal de reloj o sin tener que esperar a un instante de emisión cíclico. En este caso, por ejemplo, dos eventos aleatorios diferentes se pueden representar con dos impulsos individuales diferentemente codificados y se pueden emitir de manera controlada
10 según el evento y sin cadencia de reloj. Debido a la ausencia de cadencia de reloj se suprimen en algunas formas de realización una sincronización y también retardos que puedan presentarse debido a la tasa de cadencia de reloj hasta que pueda enviarse un paquete de datos. Mediante una longitud de línea de, por ejemplo, 8 m es posible aquí un tiempo de latencia sin variaciones cíclicas de 45 ns entre un evento estocástico y su recepción. De este modo, algunas formas de realización son especialmente adecuadas para enlaces de datos digitales cortos entre un punto
15 nodal y varios módulos, como los que se usan en modernas máquinas de erosión por chispa, máquinas herramientas y sistemas electrónicos similares.

- Como se ha mencionado al principio, algunas formas de realización conciernen a un procedimiento para la transmisión digital especialmente rápidas de datos de eventos estocásticos. El término "rápido" se refiere aquí a transmisiones de datos que se basan sobre una alta velocidad de tránsito en un cable de datos y que pueden
20 conseguirse típicamente con tipos de cable actuales, como el Cat.5 o más nuevos, es decir velocidades de tránsito de, por ejemplo, 216 m/μs.

La velocidad de transmisión está situada aquí en el límite de los tiempos de tránsito de señal físicamente condicionados que pueden transmitirse a lo largo de distancias de hasta aproximadamente 10 m dentro de máquinas herramientas, especialmente máquinas de erosión por chispa, o sistemas electrónicos similares.

- 25 En algunas formas de realización la solución según la invención parte generalmente de sistemas de transmisión de datos en serie con varios pares de conductores trenzados, pero preferiblemente parte del estándar ETHERNET conocido IEEE802.3. La invención hace posible en algunas formas de realización, utilizando recursos improductivos y una novedosa aplicación y modificación del procedimiento de codificación Manchester conocido, una transmisión de alta dinámica de eventos aleatorios a lo largo de distancias prefijadas de hasta aproximadamente 10 m.

- 30 Los datos se transmiten aquí en algunas formas de realización a lo largo de una distancia limitada o prefijada por medio de un cable de datos, tal como, por ejemplo el cable Cat.5 anteriormente mencionado, en una máquina herramienta, especialmente una máquina de erosión por chispa, o en un sistema electrónico similar.

- La distancia prefijada se refiere aquí, por ejemplo, a la longitud del cable de datos a través del cual se transmiten los datos. En algunas formas de realización las longitudes típicas del cable de datos están en unos pocos metros y,
35 como se ha mencionado, en algunas formas de realización están por debajo de 10 metros, por ejemplo en 8 metros.

El cable de datos puede estar dispuesto aquí (parcialmente) dentro de una máquina herramienta o bien puede estar dispuesto también (parcialmente) fuera de una carcasa de la máquina herramienta.

- El cable de datos presenta en algunas formas de realización varios pares de conductores trenzados, estando previsto al menos un par de conductores para una transferencia de datos en serie. En algunas formas de realización
40 la retransmisión de datos a través de los pares de conductores es también bidireccional. Está previsto al menos otro par de conductores para la retransmisión de eventos estocásticos, de modo que en algunas formas de realización es posible una transferencia de datos en paralelo con la transmisión de eventos estocásticos. En algunas formas de realización se pueden transmitir también bidireccionalmente los eventos estocásticos.

- Eventos estocásticos son aquí, como se ha mencionado más arriba, por ejemplo eventos aleatorios que pueden presentarse en procesos de erosión por chispa. Debido a la alta velocidad de mecanización y a la alta exactitud de procesamiento de unos pocos micrómetros, los eventos estocásticos en algunas formas de realización tienen que poder procesarse dentro de unos pocos centenares de nanosegundos, ya que, en caso contrario, no se puede conseguir la alta exactitud de procesamiento mencionada de unos pocos micrómetros.
45

- Los eventos estocásticos pueden representarse en algunas formas de realización por medio de datos que representan, por ejemplo, un estado determinado (aleatorio) o solamente la presencia o la no presencia de un evento estocástico.
50

En algunas formas de realización la retransmisión de datos es puesta en marcha casi sin demora por la entrada del evento estocástico. Esto quiere decir que en algunas formas de realización se producen retardos de tiempo hasta la puesta en marcha de la transmisión de datos del evento estocástico únicamente por el procesamiento dentro de una

disposición lógica programable.

En algunas formas de realización el evento estocástico se señala por un impulso individual y se transmite sin cadencia de reloj.

5 En consecuencia, análogamente a lo que ocurre en la codificación Manchester conocida, en la codificación de impulsos individuales empleada no tiene que transmitirse una señal de reloj separada y, por consiguiente, se suprime también una sincronización con una señal de reloj de esta clase en algunas formas de realización. Además, la codificación de impulsos individuales en algunas formas de realización está exenta de una componente de tensión continua, es decir que la porción de tensión continua es igual a cero. En contraste con la codificación Manchester convencional, no se emiten en algunas formas de realización una corriente de datos continua ni una señal de reloj
10 continua, sino que se retransmiten impulsos individuales, por ejemplo, por la aparición de un evento estocástico.

Para señalar los eventos estocásticos se codifican impulsos individuales de tal manera que estos puedan señalar al menos dos estados. A este fin, el impulso individual puede ser un impulso positivo que señale, por ejemplo, un primer evento estocástico, y el impulso individual puede ser un impulso negativo que señale un segundo evento estocástico. La falta de los impulsos individuales señala un estado básico.

15 En algunas formas de realización se emite directamente ante un primer impulso individual un segundo impulso individual con una polaridad opuesta a la del primer impulso individual. Se puede impedir así la aparición de una componente de tensión continua, tal como se ha discutido anteriormente.

En algunas formas de realización la retransmisión de eventos estocásticos para ambas direcciones se efectúa por medio de un par de conductores o bien por separado mediante dos pares de conductores. En algunas formas de
20 realización la clase de funcionamiento y/o la clase de evento pueden fijarse dinámicamente por medio de la transferencia normal de datos en serie (eventualmente bidireccional) que se envía a través de los pares de conductores del cable de datos que están previstos para el tráfico de datos normal en serie.

En algunas formas de realización se efectúa una verificación de que está presente un evento estocástico. A este fin, al recibir el impulso individual se puede comprobar la integridad de la señal comprobando para ello, por ejemplo, la
25 amplitud y la duración del impulso individual. Esto es posible debido a que en algunas formas de realización son conocidas la amplitud y la duración de un impulso individual válido. El impulso individual puede ser aquí también un impulso individual que se emita siguiendo a un primer impulso individual para la supresión de una componente de tensión continua.

En caso de un dictamen positivo, es decir, en caso de la presencia de un evento estocástico, se procesa el evento estocástico y se confirma esto mediante un impulso individual reenviado. Por el contrario, en caso de un dictamen
30 negativo, no se señala o procesa ningún evento estocástico en algunas formas de realización ni tampoco se envía una confirmación. Sin embargo, en algunas formas de realización se puede captar estadísticamente el error de transmisión y se le puede procesar adicionalmente. Por ejemplo, en algunas formas de realización se puede deducir de una evaluación estadística del error de transmisión una transmisión errónea que se base, por ejemplo, en un
35 cable de datos defectuoso.

En algunas formas de realización se procesa inmediatamente el evento tras la recepción del impulso individual. Únicamente después de este procesamiento se verifica mediante comprobación de una amplitud y duración del impulso individual si se presentó o no el evento estocástico. En caso de un dictamen positivo se confirma entonces mediante un impulso individual reenviado que se presentó realmente el evento estocástico. En caso de un dictamen
40 negativo no se envía una confirmación. Como se ha mencionado, en el caso del dictamen negativo se detecta un error de transmisión en algunas formas de realización. Además, se anula o se corrige el procesamiento del evento y/o se registra estadísticamente el error de transmisión. Como se ha mencionado anteriormente, el error de transmisión estadístico puede emplearse para el procesamiento adicional y, por ejemplo, para el reconocimiento de un cable de datos defectuoso.

En algunas formas de realización se emite solamente un primer impulso individual desde el emisor. Después de la comprobación de la integridad de la señal y en caso de un dictamen positivo de la integridad de la señal, es decir, en caso de que no esté presente un error de transmisión, se reenvía desde el receptor como confirmación de recepción un segundo impulso individual con una polaridad opuesta a la del primer impulso individual. En caso de que se detecte un error de transmisión durante la verificación de la integridad de la señal, no se emite una confirmación de
50 recepción. Después de transcurrido un tiempo prefijado, el emisor emite un segundo impulso individual con una polaridad opuesta a la del primer impulso individual para compensar nuevamente el potencial de tensión continua e impedir una sobrecarga. En algunas formas de realización se anula o se corrige y/o se registra estadísticamente el procesamiento del evento estocástico. En estas formas de realización el tiempo de latencia es en conjunto mas pequeño, ya que primero se transmite solamente un impulso individual y la compensación de la señal de tensión continua se efectúa retransmitiendo como señal de confirmación un impulso individual correspondiente con una
55 polaridad opuesta a la del primer impulso individual.

En algunas formas de realización se mide también en el emisor el hueco originado por el tiempo de tránsito de la señal entre el final del impulso individual emitido y el principio del impulso de confirmación recibido. Se puede evaluar el tiempo de tránsito de la señal como criterio adicional para la integridad de los datos y/o como medida de la calidad del trayecto de transmisión para fines de diagnóstico.

- 5 En algunas formas de realización los avisos de eventos estocásticos que deberán emitirse por más de una vía de transmisión o más de una estación son desviados directamente desde el primer receptor hasta un emisor siguiente a través de un circuito lógico. Se puede conseguir así una rápida transmisión de los avisos, ya que el aviso no es procesado adicionalmente en la primera estación de recepción, sino que sólo lo es en la estación a la cual está destinado el aviso.

- 10 Algunas formas de realización conciernen a un dispositivo para la transmisión digital (rápida) de datos de eventos estocásticos que está preparado para ejecutar al menos parcialmente los procedimientos discutidos más arriba.

Los eventos estocásticos se transmiten a través de un cable de datos, por ejemplo a lo largo de una distancia limitada o prefijada en una máquina herramienta o en un sistema electrónico semejante. La distancia prefijada viene predeterminada entonces, por ejemplo, por la longitud del cable de datos.

- 15 Como se ha mencionado anteriormente, el cable de datos tiene varios pares de conductores trenzados, de los que al menos un par de conductores está previsto para una transferencia de datos en serie, bidireccional en algunas formas de realización, y al menos otro par de conductores está previsto para la transmisión de eventos estocásticos.

- 20 Además, el dispositivo presenta al menos un equipo de emisión y al menos un equipo de recepción que están acoplados cada uno de ellos en un lado del cable de datos. El equipo de emisión y el equipo de recepción están situados aquí en lados opuestos del cable de datos, de modo que el equipo de recepción puede recibir señales provenientes del equipo de emisión. Tanto el equipo de emisión como el equipo de recepción están acoplados con un respectivo circuito lógico que está configurado como programable en algunas formas de realización.

- 25 El al menos un equipo de emisión está diseñado de tal manera que, como se ha descrito anteriormente, pueda retransmitir impulsos individuales sin cadencia de reloj. Un impulso individual puede ser entonces, como se ha descrito más arriba, un "impulso positivo" o un "impulso negativo". Un impulso negativo señala, por ejemplo, un primer evento estocástico, un impulso negativo señala un segundo evento estocástico, y la ausencia o falta de un impulso individual señala que no está presente ningún evento estocástico (como se ha descrito anteriormente).

- 30 El equipo de recepción está diseñado aquí para la recepción de eventos estocásticos de tal manera que pueda detectar los tres estados "impulso positivo", "impulso negativo" y "sin evento" mediante la recepción o la no recepción de impulsos individuales correspondientes.

- 35 En algunas formas de realización el al menos un equipo de emisión está acoplado, a través de al menos una resistencia terminal de línea, con los pares de conductores correspondientes para la transmisión de eventos estocásticos. En algunas formas de realización los equipos de emisión para los tres estados permanecen acoplados, a través de las resistencias terminales de línea, a los pares de conductores del cable de datos a través de los cuales se emiten los impulsos estocásticos.

- 40 En algunas formas de realización tanto el al menos un equipo de emisión como el al menos un equipo de recepción para eventos estocásticos están diseñados para la transmisión bidireccional de datos. Además, en algunas formas de realización los equipos de emisión y de recepción a ambos lados del cable de datos son de la misma construcción, con lo que se hace posible una construcción barata y sencilla del dispositivo. En algunas formas de realización están previstos en cada lado del cable de datos al menos un equipo de emisión y un equipo de recepción para el intercambio bidireccional de datos.

- 45 En algunas formas de realización el al menos un equipo de recepción para eventos estocásticos está diseñado para la recepción continua de eventos estocásticos. Además, en algunas formas de realización el al menos un equipo de recepción está acoplado o unido, a través de los circuitos lógicos (programables), con el al menos un equipo de emisión para eventos estocásticos. En algunas formas de realización los circuitos lógicos, al recibir un evento estocástico, conmutan inmediatamente el equipo de emisión asociado al estado "sin evento" cuando el equipo de emisión del lado del equipo de recepción ha enviado al mismo tiempo un impulso individual y, en consecuencia, se puede presentar una colisión entre el impulso individual recibido por el equipo de recepción y el impulso individual emitido por el equipo de emisión.

- 50 En algunas formas de realización el dispositivo está configurado según el estándar IEEE802.3 y/o IEEE802.3at. Además, en algunas formas de realización según los estándares anteriores están previstos pares de conductores no utilizados de un cable de datos Cat.5 del trayecto de transmisión normalizado para la retransmisión de los eventos estocásticos.

En algunas formas de realización el dispositivo presenta al menos un transformador de emisión y al menos un

transformador de recepción. Para transmisiones de corriente continua, la alimentación de energía del lado del receptor a través de tomas centrales de los transformadores de emisión y los transformadores de recepción es conducida por los cuatro pares de conductores del cable de datos Cat.5. Además, en algunas formas de realización no están previstos puentes rectificadores para realizar una corrección de la polaridad en el lado del receptor.

- 5 En algunas formas de realización una máquina de erosión por chispa presenta un dispositivo que está configurado al menos parcialmente como se ha descrito más arriba, o en algunas formas de realización la máquina de erosión por chispa está diseñada (adicionalmente) para ejecutar al menos parcialmente los procedimientos anteriormente descritos.

- 10 La máquina de erosión por chispa presenta aquí las piezas de una máquina de erosión por chispa que son conocidas para el experto. Además, la máquina de erosión por chispa presenta un nodo central, varios módulos que están diseñados y previstos para el control de la máquina de erosión por chispa, y al menos un cable de datos, como se ha descrito anteriormente, el cual une al menos un módulo con el nodo central.

- 15 En algunas formas de realización los eventos estadísticos representan, como se ha descrito más arriba, estados (por ejemplo, descarga, corto, abierto) de una distancia respectiva y/o la transmisión de valor nominal y de valor real para un eje de accionamiento de la máquina de erosión por chispa en forma de incrementos de recorrido (avance, retroceso, parada).

Campo de aplicación

- 20 Los procedimientos y dispositivos descritos son adecuados especialmente para la transmisión de alta dinámica de eventos que se presentan estocásticamente, a lo largo de las cortas distancias de menos de aproximadamente 10 m, en máquinas herramientas, especialmente máquinas de erosión por chispa, o en sistemas electrónicos similares, pero sin que tales procedimientos y dispositivos queden limitados a esto.

Por tanto, el campo de aplicación principal reside en la construcción de máquinas herramientas y sistemas electrónicos similares espacialmente limitados.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la transmisión digital de datos de eventos estocásticos en una máquina herramienta a través de un cable de datos (6, ENLACE) con varios pares de conductores trenzados (ENLACE_ASCENDENTE, ENLACE_DESCENDENTE, abreviadamente ENL_ASC, ENL_DESC en los dibujos), de los que al menos un par de conductores está previsto para una transferencia de datos en serie, **caracterizado** por que se prevé al menos otro par de conductores (ENLACE_A, ENLACE_B, abreviadamente ENL_A, ENL_B en los dibujos) para la retransmisión de eventos estocásticos y por que se señala el evento estocástico por medio de un impulso individual (30) retransmitido sin cadencia de reloj, pudiendo ser el impulso individual un impulso positivo o un impulso negativo y señalizando un impulso positivo un primer evento estocástico, señalizando un impulso negativo un segundo evento estocástico y no señalizando ningún evento la falta de un impulso individual.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que se emite directamente, ante un primer impulso individual, un segundo impulso individual con una polaridad opuesta a la del primer impulso individual.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que la retransmisión de eventos estocásticos para ambas direcciones se efectúa a través de un par de conductores (ENLACE_A, ENLACE_B) o bien se efectúa por separado a través de dos pares de conductores (ENLACE_A, ENLACE_B), y en el que se establecen dinámicamente una clase de funcionamiento y/o una clase de evento mediante la transferencia bidireccional normal de datos en serie.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que, al recibir el impulso individual (30), se verifica la integridad de la señal por comprobación de una amplitud y una duración del impulso individual, y después de un dictamen positivo se procesa el evento y se le confirma mediante un impulso individual reenviado (32), y en el que en caso de un dictamen negativo no se procesa el evento ni se emite ninguna confirmación, pero se registra estadísticamente el error de transmisión.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que, al recibir el impulso individual (30), se procese inmediatamente el evento, y únicamente a continuación se verifica la integridad de la señal por comprobación de una amplitud y una duración de un primero y/o un segundo impulso individual, y en caso de un dictamen positivo, se confirma esto por medio de un impulso individual reenviado (32), y en caso de un dictamen negativo no se emite ninguna confirmación y se anula o corrige el procesamiento del evento y/o se registra estadísticamente el error.
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que sólo se emite un primer impulso individual (34) desde el emisor (22, 23), y en caso de que, al verificar la integridad de la señal, no se detecte ningún error de transmisión, se reenvía desde el receptor (24, 25) como confirmación de recepción un segundo impulso individual (36) con una polaridad opuesta a la del primer impulso individual (34), y en caso de que, al verificar la integridad de la señal, se detecte un error de transmisión, no se reenvía ninguna confirmación de recepción, con lo que el emisor (22, 23), después de transcurrido un tiempo prefijado en el que no ha detectado ninguna confirmación de recepción después de la emisión del primer impulso individual (34), emite el segundo impulso individual (36) con una polaridad opuesta a la del primer impulso individual (34), registrándose estadísticamente el error de transmisión.
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en el que se mide también en el emisor el hueco ocasionado por el tiempo de tránsito de la señal entre el final del impulso emitido (30) y el principio del impulso de confirmación recibido (32), y se evalúa dicho hueco como criterio adicional para la integridad de la señal y/o como medida de la calidad del trayecto de transmisión para fines de diagnóstico.
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que los avisos de eventos estocásticos que deberán emitirse a través de más de una estación son desviados directamente desde el primer receptor hasta el emisor siguiente a través de un circuito lógico (11, FPGA_N).
9. Dispositivo para la transmisión digital de datos de eventos estocásticos en una máquina herramienta a través de un cable de datos (6) con varios pares de conductores trenzados, de los que al menos un par de conductores (ENLACE_ASCENDENTE, ENLACE_DESCENDENTE) está previsto para una transferencia de datos en serie, **caracterizado** por que está previsto al menos otro par de conductores (ENLACE_A, ENLACE_B) para la retransmisión de eventos estocásticos, estando previstos y acoplados un equipo de emisión (22, 23) en al menos un lado del cable de datos y un equipo de recepción (24, 25) en un lado opuesto del cable de datos (6), cuyos equipos están conectados a circuitos lógicos correspondientes (11, FPGA_N, 12, FPGA_M), y el al menos un equipo de emisión (22, 23) está diseñado para la señalización de eventos estocásticos de tal manera que éste retransmita impulsos individuales sin cadencia de reloj, pudiendo ser un impulso individual un impulso positivo o un impulso negativo y señalizando un impulso positivo un primer evento estocástico, señalizando un impulso negativo un segundo evento estocástico y no señalizando ningún evento la falta de un impulso individual, y el al menos un equipo de recepción (24, 25) está diseñado para la recepción de los impulsos individuales de modo que pueda detectar los tres estados "impulso positivo", "impulso negativo" y "sin evento".
10. Dispositivo según la reivindicación 9, en el que el al menos un equipo de emisión (22, 23) está acoplado, a través

de al menos una resistencia terminal de línea (26, 27), con los pares de conductores correspondientes (ENLACE_A, ENLACE_B) para la transmisión de eventos estocásticos.

5 11. Dispositivo según la reivindicación 9 ó 10, en el que están previstos y acoplados en cada lado del cable de datos al menos un equipo de emisión (22, 23) y al menos un equipo de recepción (24, 25) para la retransmisión de eventos estocásticos, a fin de hacer posible una transmisión bidireccional de datos a través del cable de datos (6), y el al menos un equipo de emisión (22, 23) y el al menos un equipo de recepción (24, 25) a ambos lados del cable de datos (6) son de la misma construcción.

10 12. Dispositivo según la reivindicación 11, en el que el al menos un equipo de recepción (24, 25) para eventos estocásticos está diseñado para realizar una recepción continua y está unido, a través de los circuitos lógicos (11, FPGA_N, 12, FPGA_M), con el al menos un equipo de emisión (22, 23) para eventos estocásticos, y los circuitos lógicos (11, FPGA_N, 12, FPGA_M), al recibir un evento estocástico, conmutan inmediatamente el equipo de emisión asociado (22, 23) al estado "sin evento" cuando el equipo de emisión (22, 23) en el lado del equipo de recepción (24, 25) ha enviado al mismo tiempo un impulso individual y, en consecuencia, se puede presentar una colisión entre el impulso individual recibido por el equipo de recepción (24, 25) y el impulso individual emitido por el equipo de emisión (22, 23).

15 13. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en el que el dispositivo está configurado según uno de los estándares IEEE802.3 e IEEE802.3at, el cable de datos (6) es un cable de datos Cat.5 y están previstos pares de conductores no utilizados del cable de datos Cat.5 del trayecto de transmisión normalizado para la retransmisión de los eventos estocásticos.

20 14. Dispositivo según la reivindicación 13, en el que el dispositivo presenta al menos un transformador de emisión (15) y al menos un transformador de recepción (19), en cuyo caso las transmisiones de tensión continua para el suministro de energía del lado del receptor a través de tomas centrales (16, 18, 28, 29) del al menos un transformador de emisión (15) y del al menos un transformador de recepción (19) se conducen a través de los cuatro pares de conductores del cable de datos Cat.5, y no están previstos puentes rectificadores para realizar una corrección de polaridad en el lado del receptor.

25 15. Máquina de erosión por chispa que comprende:

un nodo central (5),

varios módulos (2, 8) que están previstos y diseñados para controlar la máquina de erosión por chispa, y

30 al menos un cable de datos (6) que une al menos un módulo (2, 8) con el nodo central (5), presentando la máquina de erosión por chispa un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14 anteriores y/o estando preparada para ejecutar un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

35 16. Máquina de erosión por chispa según la reivindicación 15, en la que los eventos estocásticos representan estados (descarga, corto, abierto) de una distancia disruptiva y/o representan la transmisión de valores nominales y valores reales en forma de incrementos de recorrido (avance, retroceso, parada) para un eje de accionamiento de la máquina de erosión por chispa.

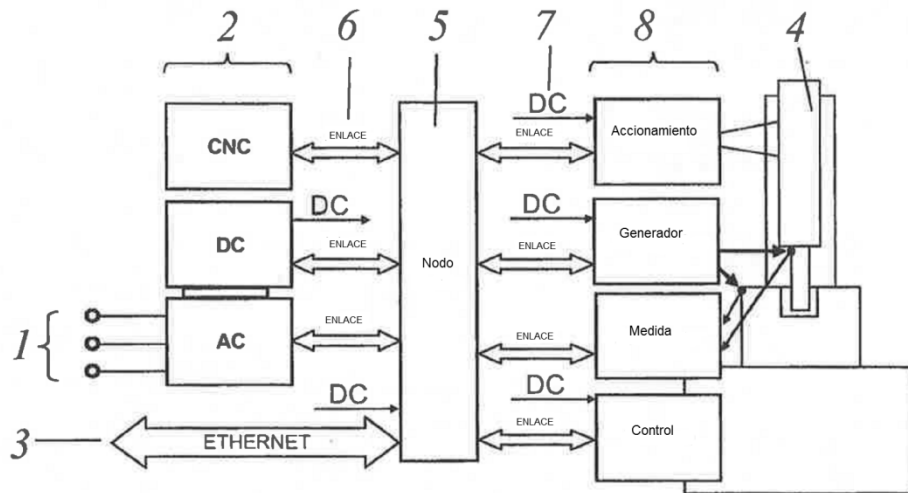


Fig 1

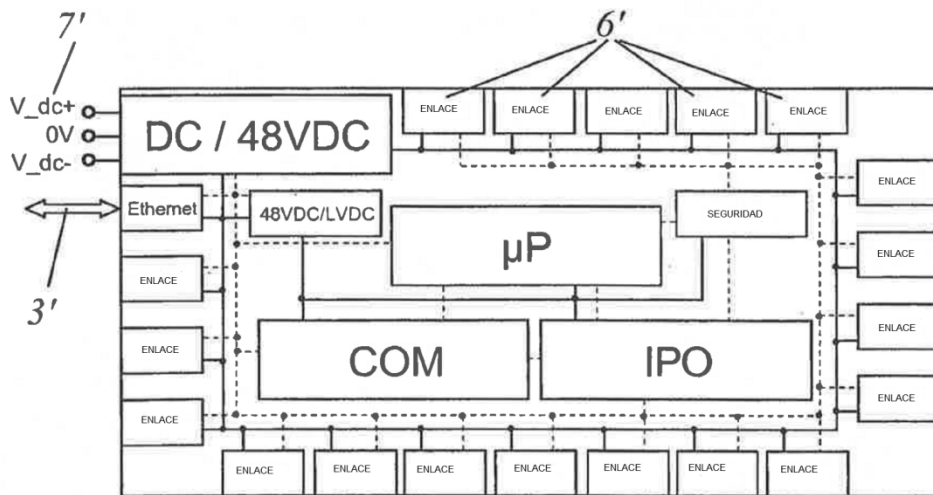


Fig 2 Estado de la técnica

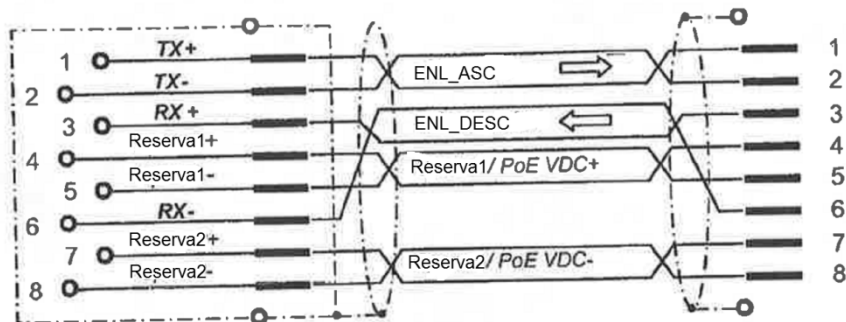


Fig 3 Estado de la técnica

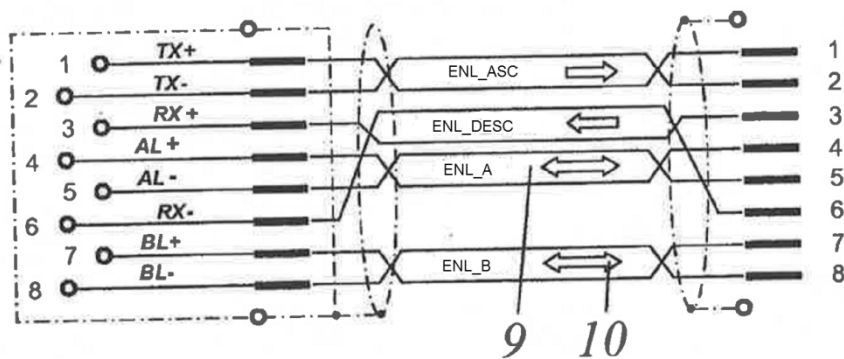


Fig 4

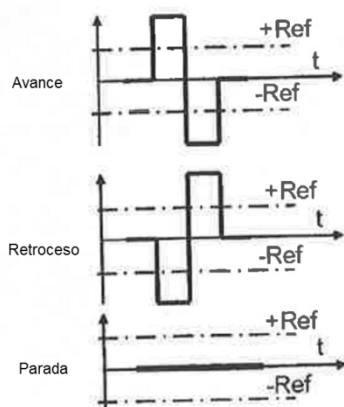


Fig 5

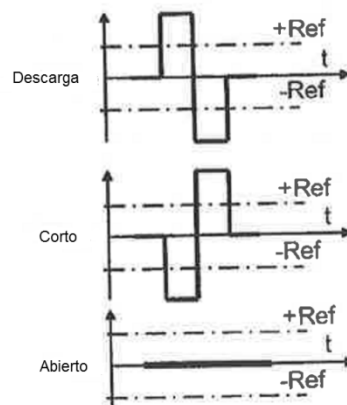


Fig 6

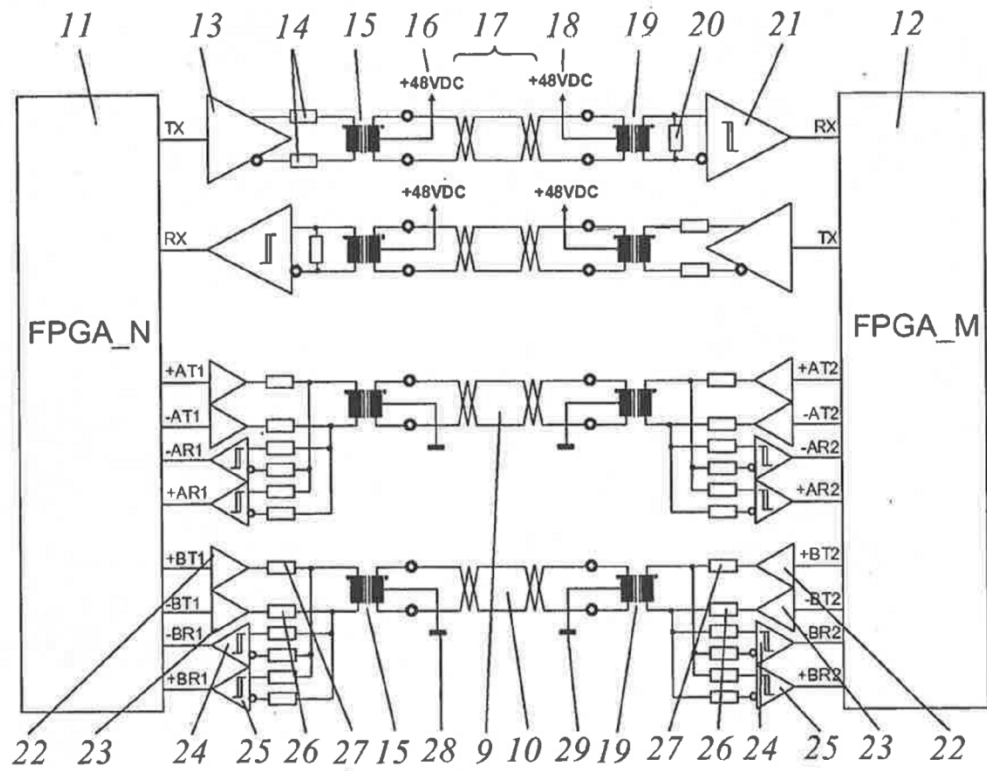


Fig 7

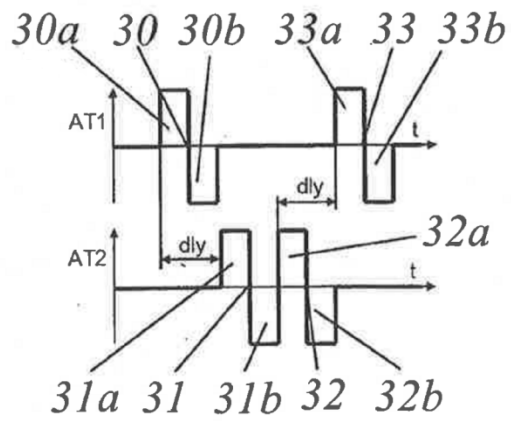


Fig 8

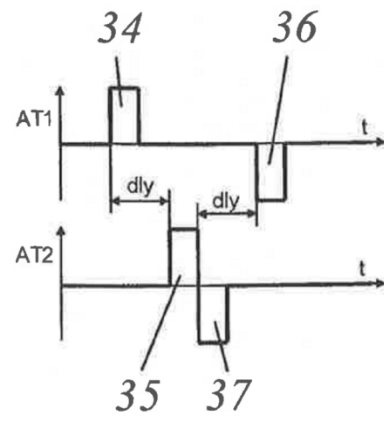


Fig 9