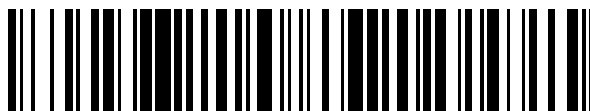


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 887 332**

51 Int. Cl.:

B62D 5/04

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.08.2017 PCT/EP2017/071747**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.03.2019 WO19042538**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.08.2017 E 17771992 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.07.2021 EP 3676158**

54 Título: **Plataforma y control de motores implementados por hardware para EPS**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.12.2021

73 Titular/es:

THYSSENKRUPP PRESTA AG (50.0%)

Essanestrasse 10

9492 Eschen, LI y

THYSSENKRUPP AG (50.0%)

72 Inventor/es:

BALOGH, ANDRÁS

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 887 332 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

Plataforma y control de motores implementados por hardware para EPS

- 5 La presente invención se refiere a una unidad de control eléctrico de motor de un mecanismo de dirección asistida electromecánico de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y a un mecanismo de dirección asistida electromecánico de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 9.
- 10 En un mecanismo de dirección asistida electromecánico, un eje de dirección está conectado a un volante para su manejo por parte del conductor. El eje de dirección está acoplado a una cremallera de dirección a través de un piñón de engranaje. Las barras de la cremallera de dirección están conectadas a la cremallera de dirección y a las ruedas dirigidas del vehículo de motor. Una rotación del eje de dirección provoca un desplazamiento axial de la cremallera de dirección por medio del piñón de engranaje que está conectado al eje de dirección en una forma a prueba de par. La fuerza de asistencia se aplica a un mecanismo de dirección accionando un motor eléctrico. Un controlador de dirección en forma de unidad de control electrónico (ECU) controla la asistencia del motor eléctrico. En respuesta a la velocidad del vehículo, al par del operador y a la señal de posición del rotor detectada por un sensor de posición del rotor, el controlador determina el par motor objetivo y proporciona la señal a través del controlador del motor, en el que las corrientes del motor se calculan mediante PWM (modulación de ancho de pulso).
- 15
- 20 En la actualidad, la ECU se implementa como un sistema de autocontrol de un solo canal o como un sistema de autocontrol de dos canales. La arquitectura actual ofrece una escalabilidad limitada en lo que respecta a los requisitos de seguridad y disponibilidad. El control completo del motor con todo el procesamiento de datos del sensor y los diagnósticos de seguridad se implementa comúnmente en el software que se ejecuta en un microcontrolador calificado para seguridad (MCU). El control del motor y la plataforma contribuyen de forma importante al consumo de recursos.
- 25 El nivel de integridad de seguridad requerido se logra con controladores ASIL-D a nivel de sistema. Un inconveniente de este tipo de control de motor es que todos los diagnósticos deben ser revalidados en cada versión de software, debido a posibles interferencias entre funciones comunes y específicas del proyecto. Además, puesto que no es posible tener un diagnóstico del módulo de potencia lo suficientemente rápido implementado en el software, la selección del controlador de puerta (GDU) está restringida, porque tiene que contener todos los diagnósticos. En caso de que la MCU falle, no hay activación posible. Para sistemas operativos a prueba de fallos, se requieren dos MCU.
- 30
- El documento WO 2016/180858 A1 describe una configuración de cruce de señales en un sistema de dirección redundante. Los valores medidos por sensores son digitalizados por un ADC y proporcionados a un microcontrolador, microprocesador o ASIC en dos sistemas parciales redundantes del sistema de dirección. Se proporcionan canales de comunicación cruzados para conectar ambos sistemas parciales redundantes. En caso de fallo de un sistema parcial, las partes del sistema parcial fallido que aún funcionan pueden utilizarse para garantizar la funcionalidad del sistema de dirección.
- 35
- El documento WO 2017/133875 A1 se refiere a un sistema de dirección de un vehículo con un motor eléctrico para soportar un proceso de dirección y un conjunto de chips para accionar el motor eléctrico. El conjunto comprende un microordenador o microcontrolador, una etapa final y un chip de base del sistema. El chip base del sistema puede ser un ASIC.
- 40
- El documento EP 2 450 260 A2 describe un dispositivo para controlar un motor eléctrico para un sistema de dirección asistida eléctrico. El controlador tiene un procesador principal que recibe señales mediante sensores y entrega señales de control. Un circuito integrado de aplicación específica (ASIC) recibe señales del procesador principal y pasa las señales de control a un circuito electrónico de potencia. El ASIC recibe las señales del sensor y opera en lugar del procesador principal en caso de defecto o falla del procesador principal para emitir las señales de control.
- 45
- 50 A partir del documento EP 2 388 898 A2 se conoce un dispositivo de accionamiento de motor con unidad a prueba de fallos, que es capaz de proteger eléctricamente el motor y el circuito del inversor cuando se detecta un fallo. El dispositivo de accionamiento del motor contiene una unidad de accionamiento del inversor con un circuito de refuerzo y un circuito de accionamiento que están configurados preferentemente por un solo ASIC.
- 55 Un objetivo de la presente invención es proporcionar una unidad de control eléctrico de motor de un mecanismo de dirección asistida electromecánico que tiene una arquitectura sencilla y un alto nivel de integridad de seguridad a bajo coste.
- 60 Este objetivo se logra mediante una unidad de control eléctrico de motor de un mecanismo de dirección asistida electromecánico que tiene las características de la reivindicación 1 y un mecanismo de dirección asistida de vehículo de motor electromecánico para la dirección asistida de un vehículo de motor que tiene las características de la reivindicación 9.
- 65 Por consiguiente, una unidad de control eléctrico del motor (ECU) para un mecanismo de dirección asistida electromecánico, que controla la corriente a través de un motor de asistencia eléctrica en respuesta a las señales del vehículo detectadas, se proporciona, en la que la ECU comprende un diseño de circuito integrado específico de la

aplicación (ASIC), que implementa características de seguridad y plataforma en hardware. La implementación de hardware de la plataforma ASIC fomenta la reutilización y reduce drásticamente los esfuerzos de prueba/verificación en los proyectos. El ASIC puede proporcionar asistencia básica (curva de impulso), que define la relación estática entre el par de entrada aplicado por el conductor y el par de asistencia producido por el motor, sin una MCU. Una MCU, no obstante, se implementada para una parte de la funcionalidad que no es crítica para la seguridad, para que la MCU no tenga requisitos especiales.

Se prefiere que la plataforma ASIC contenga un módulo de supervisión de la unidad de controlador de puerta (GDU), que supervisa el estado de un módulo de potencia y detecta todos los fallos posibles, y que contiene una unidad de modulación de ancho de pulso para accionar el motor eléctrico. Además, la plataforma ASIC puede contener un circuito de interfaz de sensor, que es responsable de la interfaz de todos los sensores de la ECU. Preferentemente, la plataforma ASIC contiene un bloque de plataforma, que es responsable de la gestión del motor eléctrico, incluida la prueba de arranque de las trayectorias y el control del motor eléctrico durante el funcionamiento normal y el modo de parada de seguridad. En una realización preferida, la plataforma ASIC contiene un bloque de control de motor, que es responsable de la implementación del algoritmo de control del motor central.

Además, es ventajoso, si la plataforma ASIC contiene un bloque de envolvente de seguridad, que implementa una función de limitador de seguridad de par para garantizar que el par motor solicitado esté siempre en un intervalo seguro.

Preferentemente, la plataforma ASIC contiene un bloque de respaldo, que implementa una función de dirección simple en forma de curva de impulso, que define la relación entre el par de entrada indicado y el par de asistencia aplicado por el motor eléctrico.

Los parámetros de los bloques funcionales se establecen mediante una interfaz MCU externa. Preferentemente, la plataforma ASIC es de tal diseño, que la ECU se puede utilizar en diferentes vehículos sin modificación de hardware, en la que los parámetros se cambian únicamente por software.

La ECU tiene dos canales, con dos plataformas ASIC, una para cada canal. Los dos canales comparten una MCU externa.

Además, un mecanismo de dirección asistida electromecánico para la dirección asistida de un vehículo de motor que comprende un motor eléctrico para la asistencia de dirección y un sensor de par, estando adaptado el motor eléctrico para aplicar un par de asistencia en respuesta a una señal de salida del sensor de par indicativa del par de entrada aplicado por un conductor del vehículo a un volante, con una unidad de control eléctrico del motor (ECU) de acuerdo con la descripción anterior, se proporciona.

A continuación se describen realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención con ayuda de los dibujos. En todas las Figuras, los mismos signos de referencia indican los mismos componentes, o componentes funcionalmente similares.

La Figura 1 muestra una ilustración esquemática de una unidad de control eléctrico de motor de acuerdo con la invención, y

la Figura 2 muestra una realización preferida de la unidad de control eléctrico del motor de acuerdo con la invención (Figura 2c) y tres ejemplos comparativos (Figuras 2a, 2b y 2d).

Como se muestra en la Figura 1, la unidad de control eléctrico del motor (ECU) 1 tiene un diseño de circuito integrado de aplicación específica (ASIC), que implementa características de seguridad y plataforma en hardware. La plataforma ASIC 2 contiene varios bloques funcionales.

El nivel más bajo es el módulo de supervisión GDU (unidad de controlador de puerta) 3, que supervisa el estado de los MosFETs del módulo de potencia y detecta todos los posibles fallos (FET corto, FET interrumpido, GDU sin accionar el FET correctamente, FET en modo lineal). La implementación es completamente en hardware, para poder reaccionar muy rápidamente (intervalo de unos pocos microsegundos) antes de que a) se dañe un FET, o b) si después de un fallo del FET se produce un segundo fallo consecutivo. Este bloque 3 contiene también el bloque de generación de PWM (no mostrado), que obtiene el vector de tensión que se activará y emite la señal PWM trifásica para el variador de frecuencia.

El siguiente bloque del ASIC es el circuito de interfaz de sensor 4. Este bloque 4 es responsable de la interconexión de todos los sensores de la ECU, por ejemplo, sensor de posición del rotor, sensor de medición de corriente, sensor de par de la columna, sensor de ángulo del volante y sensores de temperatura. Los sensores se conectan preferentemente a través de señales analógicas, excepto los sensores de par y de ángulo de dirección, que utilizan preferentemente protocolos SENT o SPC. La implementación de este bloque convierte las señales físicas (analógicas o SENT/SPC) a un formato interno y decodifica los valores reales (corriente, ángulo, par, temperatura) de la señal eléctrica. Ventajosamente, el diagnóstico del sensor se implementa completamente por hardware, por ejemplo, una

comparación entre dos canales en el caso de un sistema de dos canales, una comprobación de radio para RPS y comprobaciones de alcance. La salida del módulo 4 es el conjunto de señales calificado (confiable/no confiable/no disponible) que puede ser utilizado por otras unidades.

5 El siguiente bloque se denomina plataforma 5 e implementa la mayoría de las funciones que actualmente realiza el software de la plataforma. Recibe las señales de sensor del bloque 4 de interfaces de sensor antes mencionado y las utiliza para cálculos adicionales en hardware. Produce el ángulo eléctrico del motor, el vector de corriente de las muestras de corriente medidas, y basándose en la temperatura, la corriente y velocidad del motor, calcula el grado de degradación necesario (límite de par). Este bloque 4 también es responsable de la gestión del accionador, que incluye la prueba de arranque de las trayectorias del accionador (incluido GDU, FET y relés de seguridad), y el control del accionador durante el funcionamiento normal y parada de seguridad. Basándose en todos los diagnósticos implementados en los bloques, evalúa las acciones necesarias (asistencia en bajada, accionador de parada). También contiene un circuito de análisis de causa raíz para interpretar la imagen de diagnóstico real. Todas estas funciones se implementan preferentemente en hardware.

15 El bloque de control del motor 6 es responsable de la implementación del algoritmo de control del motor central. Esta es una estructura PI paralela que consiste en dos controladores (no mostrados). Las señales de los sensores de entrada son suministradas por el bloque de plataforma 5, y el par motor de referencia es suministrado por un bloque de envolvente de seguridad 7. La salida del bloque 6 es el vector de tensión que se activa en el motor. La actuación se realiza en el bloque GDU 3.

20 El bloque de envolvente de seguridad 7 implementa la función de limitador de seguridad del par. Se recibe la solicitud del par de entrada de la aplicación de dirección (que se ejecuta en una MCU sin clasificación de seguridad, externa, no mostrada) y se le aplican limitaciones de seguridad. El resultado es la solicitud de par de referencia para el control del motor. El objetivo principal del bloque 7 es garantizar que el par motor solicitado esté siempre en un intervalo seguro.

25 El bloque de respaldo 8 está implementando una función de dirección simple que puede brindar asistencia incluso sin un dispositivo MCU externo. El control es una simple curva de impulso, basándose en el par de la columna de entrada y en una tabla de búsqueda de impulso externa.

30 Todos los bloques 3, 4, 5, 6, 7, 8 contienen varios parámetros (como límite de diagnóstico, parámetros del controlador, tablas de consulta) que se pueden configurar a través de una interfaz MCU externa (no mostrada). Internamente, estos se almacenan en registros basados en SRAM y se protegen con CRC y comprobaciones continuas. El objetivo de esta solución es poder utilizar el ASIC en diferentes vehículos sin modificar el hardware. De esta forma, las medidas de seguridad básicas se implementan en un dispositivo de hardware estable y el software solo cambia sus parámetros.

35 Debido a la implementación del hardware, no es necesaria una revalidación de las funciones de seguridad en todas las versiones debido a los diagnósticos rápidos incorporados. La GDU 3 puede ser de tipo arbitrario. La seguridad está garantizada por el ASIC. La selección de MCU se hace más fácil, puesto que todas las funciones de seguridad están implementadas en hardware. La frecuencia de control del motor puede ser arbitrariamente alta, porque el hardware puede admitir cualquier frecuencia (hasta un intervalo de MHz). Esto da como resultado un mejor NVH (ruido, vibración y dureza) y comportamiento dinámico. El control de dirección de respaldo incorporado 8 puede brindar asistencia sin una MCU. Se pueden evitar el coste y la complejidad de una segunda MCU.

40 La Figura 2 muestra una realización de la presente invención y tres ejemplos comparativos. Las diferentes arquitecturas se pueden construir para cumplir con diversos requisitos de OEM. Todas las realizaciones/ejemplos tienen en común que después del ASIC 2 se dispone un PM 9, que activa las corrientes de motor requeridas calculadas para el motor eléctrico 10.

45 El ejemplo comparativo a) renuncia a utilizar una MCU. En contraposición, el ejemplo comparativo b) tiene una MCU 11 aguas arriba del ASIC 2. La MCU 11 externa puede configurar los parámetros para los bloques del ASIC 2. La realización c) y el ejemplo comparativo d) tienen dos canales, en los que en la realización c) una MCU 11 para ambos canales está dispuesta aguas arriba de los dos ASIC 2, 2' y en los que en el ejemplo comparativo d) se usan dos MCU 50 11, 11', una para cada canal.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una unidad de control eléctrico (ECU) (1) del motor para un mecanismo de dirección asistida electromecánico, que controla la corriente a través de un motor de asistencia eléctrica (10) en respuesta a las señales del vehículo detectadas, en donde la ECU (1) comprende un diseño de circuito integrado de aplicación específica (ASIC) (2, 2'), que implementa características de seguridad y de plataforma en hardware y la ECU (1) tiene dos canales, con dos plataformas ASIC (2, 2'), una para cada canal, **caracterizada por que** las plataformas ASIC (2, 2') contienen varios bloques funcionales (3, 4, 5, 6, 7, 8), los dos canales comparten una MCU externa (11) y los parámetros para los bloques funcionales (3, 4, 5, 6, 7, 8) son establecidos por la MCU externa (11).
- 10 2. Unidad de control eléctrico del motor de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** la plataforma ASIC (2) contiene un módulo de supervisión de la unidad de controlador de puerta (GDU), que supervisa el estado de un módulo de potencia y detecta todos los fallos posibles, y que contiene una unidad de modulación de ancho de pulso para accionar el motor eléctrico (10).
- 15 3. Unidad de control eléctrico del motor de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la plataforma ASIC (2) contiene un circuito de interfaz de sensor (4), que es responsable de la interfaz de todos los sensores de la ECU.
- 20 4. Unidad de control eléctrico del motor de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la plataforma ASIC (2) contiene un bloque de plataforma (5), que es responsable de la gestión del motor eléctrico (10), incluida la prueba de arranque de las trayectorias y el control del motor eléctrico (10) durante el funcionamiento normal y el modo de parada de seguridad.
- 25 5. Unidad de control eléctrico del motor de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la plataforma ASIC (2) contiene un bloque de control (6) del motor, que es responsable de la implementación del algoritmo de control del motor central.
- 30 6. Unidad de control eléctrico del motor de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la plataforma ASIC (2) contiene un bloque de envolvente de seguridad (7), que implementa una función de limitador de seguridad de par para garantizar que el par motor solicitado esté siempre en un intervalo seguro.
- 35 7. Unidad de control eléctrico del motor de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la plataforma ASIC (2) contiene un bloque de respaldo (8), que implementa una función de dirección simple en forma de curva de impulso, que define la relación entre el par de entrada indicado y el par de asistencia aplicado por el motor eléctrico (10).
- 40 8. Unidad de control eléctrico del motor de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la plataforma ASIC (2) es de un diseño tal, que la ECU (1) se puede utilizar en diferentes vehículos sin modificación de hardware, en la que los parámetros se cambian únicamente por software.
- 45 9. Un mecanismo de dirección asistida electromecánico para la dirección asistida de un vehículo de motor que comprende un motor eléctrico (10) para la asistencia de dirección y un sensor de par, estando adaptado el motor eléctrico para aplicar un par de asistencia en respuesta a una señal de salida del sensor de par indicativa del par de entrada aplicado por un conductor del vehículo a un volante, con una unidad de control eléctrico (ECU) (1) del motor de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 1 a 8.

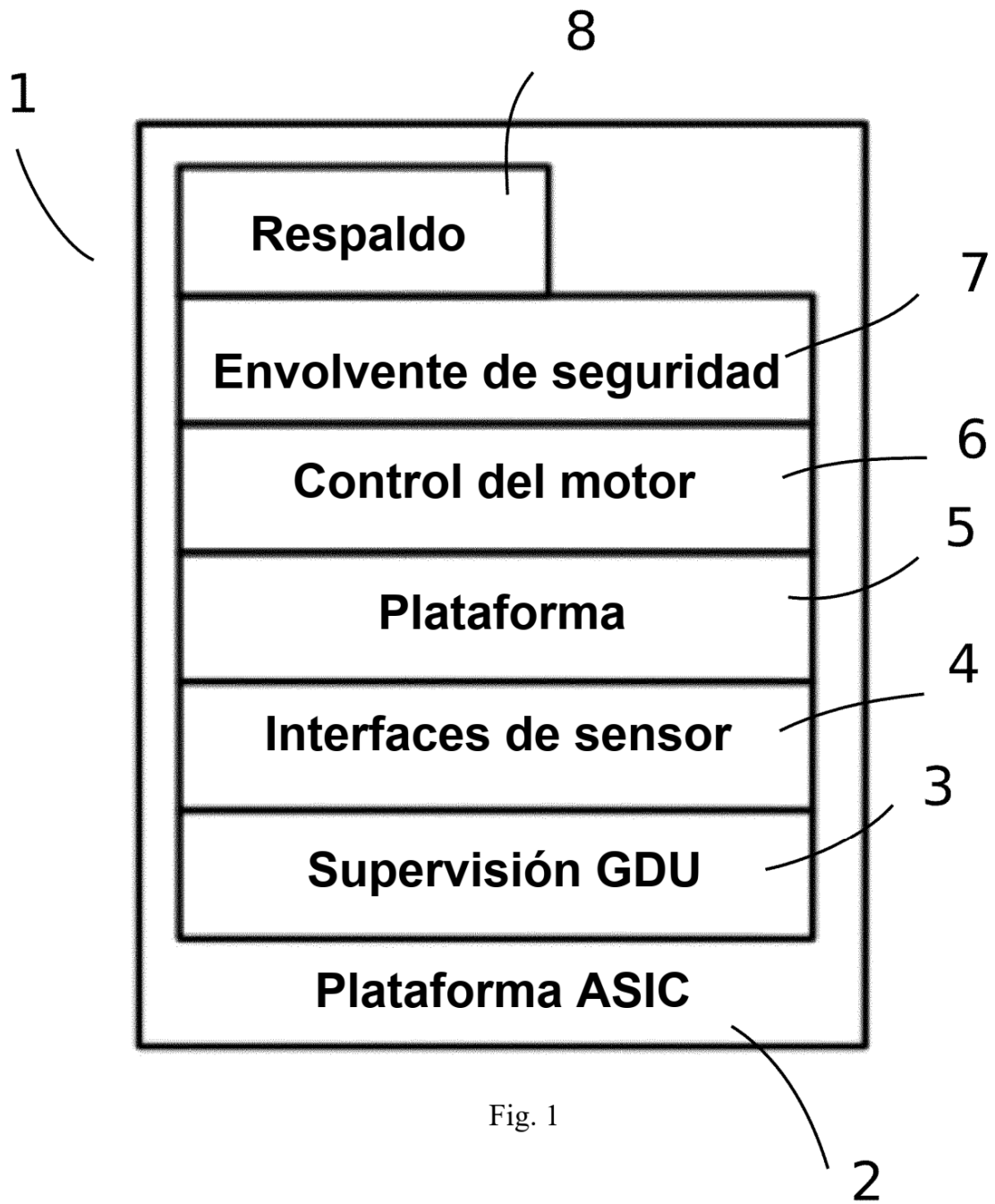


Fig. 1

