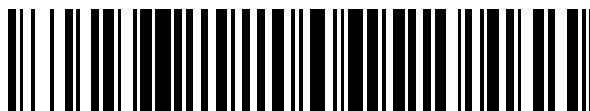


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 418 850**

51 Int. Cl.:

G01B 7/16 (2006.01)
G01M 15/05 (2006.01)
G01L 5/22 (2006.01)
G01L 5/13 (2006.01)
G01L 3/24 (2006.01)
G07C 5/00 (2006.01)
G01M 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.09.2006 E 06815192 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2013 EP 1941232**

54 Título: **Dispositivo para medir la fuerza total opuesta a un vehículo en movimiento y método de uso**

30 Prioridad:

23.09.2005 US 234330
23.08.2006 US 466502

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.08.2013

73 Titular/es:

VELOCOMP, LLP (100.0%)
7522 MIDBURY DRIVE
DALLAS, TX 75230, US

72 Inventor/es:

CUNNINGHAM, GLEN, B.

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 418 850 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

Dispositivo para medir la fuerza total opuesta a un vehículo en movimiento y método de uso

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUD RELACIONADA

- 5 Esta solicitud es una continuación en parte, bajo el artículo 37 CFR 1.53(b), de la solicitud de patente de los EE.UU. de número de serie 11/234.330, presentada el 23 de septiembre de 2005 por Glen B. Cunningham, titulada "DISPOSITIVO PARA MEDIR LA FUERZA TOTAL OPUESTA A UN VEHÍCULO EN MOVIMIENTO Y MÉTODO DE USO" y reivindica el beneficio de ésta en la medida permitida por la ley.

ANTECEDENTES

- 10 Vehículos de tracción humana, tales como bicicletas, tienen a menudo indicadores de rendimiento, desde un simple velocímetro a ordenadores sofisticados que informan sobre datos tales como distancia, velocidad media e instantánea, y similares. La mayoría dependen de una sencilla manipulación de datos derivados de la velocidad de rueda y del número de rotaciones. Los productos GPS (del inglés "Global Positioning System", sistema de posicionamiento global) han añadido la noción de altitud aproximada, situación, navegación, e incluso seguimiento. Algunos productos, tales como monitores cardíacos, informan sobre rendimiento o estado de una persona que impulsa el vehículo.

- 15 Es también deseable medir indicaciones de rendimiento tales como la potencia producida y la energía total consumida. Al seguir siendo cada vez más y más sofisticado el entrenamiento de atletas, parte del entrenamiento es conducido en interiores bajo condiciones controladas, donde se usa equipamiento típicamente grande o estacionario. Sin embargo, muchos atletas y entrenadores desean monitorizar el rendimiento en tiempo real y bajo condiciones reales. Algunos productos miden el par del pedal, la potencia de salida y la energía consumida por medidas directas o indirectas de las
20 fuerzas que el ciclista está aplicando para impulsar un vehículo hacia delante. Ejemplos incluyen extensómetros mecánicos instalados en mecanismos de manivela o bujes de rueda para medir las fuerzas aplicadas y las velocidades, y de este modo indicaciones derivadas correspondientes a potencia y energía.

- La técnica anterior incluye soluciones en las que sensores costosos son instalados en la manivela o en el buje próximo de una bicicleta. Muchos de tales sistemas requieren que el usuario utilice una manivela o buje personalizados, que es
25 difícil de instalar o mover a otro vehículo, requiriendo a menudo la instalación por un técnico experto.

- La técnica anterior se encuentra en los documentos US-A-5257190 y US-A-5487002. El documento US-A-5257190 da a conocer un sistema de gestión dinámico en tiempo real para un vehículo impulsado que tiene un microprocesador adaptado para detectar entradas en tiempo real relacionadas con la condición del vehículo impulsado. El documento
30 US-A-5487002 da a conocer un sistema de control de gestión de energía que emplea sensores para monitorizar el consumo de energía por diversos sistemas de vehículo y proporciona una predicción de consumo de energía para cálculo de alcance sobre la base de datos de conducción estándar o memorizados.

SUMARIO

La presente invención es un dispositivo para detectar fuerzas sobre un vehículo tal como se define en la reivindicación 1 de las reivindicaciones adjuntas.

- 35 La exposición de la presente invención describe una aproximación novedosa a la determinación de la cantidad de potencia producida y energía consumida por un ciclista. En vez de medir las fuerzas que un ciclista aplica a un vehículo, la presente invención determina las fuerzas que se oponen al vehículo, que el ciclista debe superar. De acuerdo con la tercera ley de Newton, la suma de estas fuerzas es igual y opuesta a las fuerzas aplicadas por el ciclista. Estas fuerzas opuestas incluyen gravedad, arrastre aerodinámico, inercia y fricción.

- 40 Para determinar las diversas fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo, la presente invención proporciona un conjunto de datos de sensores. Un acelerómetro proporciona datos relacionados con cambios en la velocidad (aceleración del vehículo) y fuerzas gravitatorias (colinas). Cuando se usa en conjunción con datos de velocidad respecto al suelo variable, la aceleración gravitatoria puede ser separada de la aceleración total, permitiendo determinar y visualizar la pendiente del camino del vehículo. Un sensor de presión diferencial proporciona información sobre la
45 presión aerodinámica aplicada contra la parte frontal del vehículo, y esto se usa para calcular la fuerza aerodinámica opuesta total. En algunas realizaciones se usa un sensor de presión barométrica para medir la altitud instantánea y cambios de altitud. En una realización, la presión barométrica y los datos de temperatura del aire se usan para estimar la densidad del aire para derivar una velocidad relativa del viento a partir de medidas de presión del viento.

- En algunas realizaciones, los cálculos para derivar fuerzas de un acelerómetro e información de presión del viento son mejorados mediante introducción de datos por el usuario o a través de procedimientos de calibración. Por ejemplo, los
50 datos de aceleración son combinados con el peso total conocido o supuesto del vehículo y del ciclista para determinar la fuerza debida a la aceleración (aceleración del vehículo y/o escalada o descenso). Las fuerzas aerodinámicas son calculadas a partir de medidas de presión aerodinámica combinadas con términos de arrastre aerodinámico y área, que en alguna realización son mejorados con medidas a partir de un procedimiento de punto muerto. Las fuerzas de fricción

pueden ser estimadas, supuestas, introducidas por un usuario, o medidas con un procedimiento de calibración en punto muerto.

Los sensores descritos por la exposición de la presente invención son usados por un microordenador, que a su vez calcula cierta información de rendimiento y estado. Los resultados son presentados al usuario, y/o pueden ser registrados para análisis posterior. La unidad es pequeña, ligera, y barata. También es autocontenida de modo que puede ser movida convenientemente de un vehículo a otro y permite al usuario continuar usando componentes de fabricación en serie, tales como manivela y buje.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es un esquema de alto nivel, que indica las conexiones entre bloques funcionales principales de una realización de la invención.

La figura 2 es un esquema que muestra conexiones a un microcontrolador en la presente invención.

La figura 3 es un esquema de un módulo que proporciona señales relacionadas con la aceleración de un vehículo.

La figura 4 es un esquema de un circuito que proporciona tensiones de polarización para un dispositivo de visualización de cristal líquido.

La figura 5 es un esquema de una interfaz con un dispositivo de visualización de cristal líquido.

La figura 6 es un esquema de un módulo que proporciona señales relacionadas con la presión absoluta.

La figura 7 es un esquema de un módulo que proporciona señales relacionadas con la presión diferencial.

La figura 8 es un esquema de una alimentación por batería al sistema de la invención.

La figura 9 es un esquema de un circuito que proporciona datos de temporización procedentes de una manivela o de una rueda.

La figura 10 es un esquema de conexiones a un microcontrolador en otra realización de la invención.

La figura 11 es un esquema de un módulo que proporciona señales relacionadas con la aceleración de un vehículo.

La figura 12 es un esquema de alto nivel, que indica las conexiones entre bloques funcionales principales de una realización de la invención.

La figura 13 es un esquema de un módulo que proporciona señales relacionadas con la presión absoluta.

La figura 14 es un esquema de un módulo que proporciona señales relacionadas con la presión diferencial.

La figura 15 es un esquema de un módulo que amplifica y filtra señales diferenciales.

La figura 16 es un esquema de una interfaz JTAG a una unidad MCU.

La figura 17 es un esquema de un sistema de almacenamiento no volátil.

La figura 18 es un esquema de una interfaz de comunicaciones en serie a una unidad MCU.

La figura 19 es un esquema de un circuito que proporciona datos de temporización procedentes de una manivela o de una rueda en un vehículo, tal como una bicicleta.

La figura 20 es una presentación conceptual del flujo lógico del firmware.

DESCRIPCIÓN DE ALGUNAS REALIZACIONES

La tabla 1 proporciona algunos acrónimos y abreviaturas tal como pueden ser usados en la siguiente descripción.

TABLA 1

ADC	Convertidor de analógico a digital (del inglés "Analog to Digital Converter")
AVCC	Tensión de corriente continua positiva suministrada a componentes analógicos
GPS	Sistema de posicionamiento global. Una tecnología que proporciona posición y ciertos otros datos sobre la base de señales de satélite recibidas.
LCD	Pantalla de cristal líquido (del inglés "Liquid Crystal Display")

	MCU	Unidad de microcontrolador o microprocesador (del inglés "MicroController Unit")
	MEMS	Circuito integrado de sistema micro-electro-mecánico (del inglés "Micro-Electro-Mechanical System")
	MUX	Multiplexor
	VCC	Tensión de corriente continua positiva suministrada a componentes digitales
5	Pendiente	Ángulo de la superficie bajo el vehículo, en la dirección de movimiento, con relación a una superficie horizontal
	Pt	Presión total
	Ps	Presión estática
	Q	Presión dinámica; $(P_t - P_s)$
10	R	Constante de los gases: 0,286 kJ/kg/grado Kelvin
	Vuelco	Ángulo del eje vertical del vehículo, ortogonal a la dirección de movimiento.
	G ó g	Símbolo para aceleración, en que un G se define como la atracción gravitatoria de la tierra en el ecuador.
	p	Densidad del aire; $= P_s/(RT)$
15	T	Temperatura absoluta (grados Kelvin)
	V ó v	Velocidad del vehículo

La presente invención se describe como implementada en una bicicleta como un ejemplo. Es aplicable a cualquier vehículo, tal como un avión, una embarcación, u otros, sean de tracción humana o de otro tipo de tracción. El término "vehículo" tal como se usa a lo largo de esta exposición puede incluir a una persona que está usando el dispositivo del vehículo. Por ejemplo, el coeficiente de arrastre de un "vehículo" bicicleta incluiría el efecto de un ciclista.

La presente invención comprende sensores para medir la rotación de las ruedas, la rotación del brazo de manivela, la aceleración, la temperatura del aire, la presión absoluta y diferencial del aire ambiente, una unidad MCU para controlar el funcionamiento del sistema y para recoger y procesar datos de sensores, una pantalla LCD para visualizar información de usuario, conmutadores para aceptar introducción de datos de control por el usuario, y una batería para suministrar energía de corriente continua para el funcionamiento de circuitos y sensores.

Esta exposición describe una realización de la presente invención en la que se emplean todos los módulos descritos. Esta descripción no debe considerarse como limitativa, en el sentido de que la invención abarca realizaciones de subconjunto en las que alguna(s) característica(s) de usuario, la precisión, o ambas cosas pueden ser reducidas por motivos de coste u otros. Por ejemplo, algunas realizaciones no incluyen sensores de rotación de manivela, no proporcionando con ello información de cadencia de ese modo. Otras serán obvias para aquellas personas con experiencia en la técnica relevante. Todas estas realizaciones son puesta en práctica de la presente invención.

Conexiones entre los bloques funcionales que comprenden una realización de la invención se muestran en la figura 1. En una realización, la unidad MCU 200 es un microcontrolador de bajo consumo con un convertidor ADC de 12 bits multiplexado integrado y un controlador/director de pantalla LCD. Unos puertos de entrada en la unidad MCU aceptan entradas desde conmutadores, sensores con salidas de cierre de contacto que proporcionan señales de temporización, y sensores con salidas analógicas relacionadas con la presión del aire y la aceleración. Las funciones de temporización asociadas a algunos puertos de entrada se usan para suprimir rebotes en entradas de conmutador y de cierre de contacto y para calcular velocidades de rotación. La unidad MCU activa o desactiva selectivamente sensores y/o la pantalla LCD para reducir el consumo de energía y extender la vida útil de la batería. En algunas realizaciones, la unidad MCU también incluye un sensor de temperatura interno y un sensor de tensión de alimentación. En una realización, se usa una lectura de temperatura para corregir lecturas de sensores que pueden tener una deriva con cambios de temperatura y para estimar la densidad del aire.

Hay muchas unidades MCU en la industria que son adecuadas para poner en práctica la invención. Las alternativas pueden incluir más o menos funciones incluidas en chip. La unidad MCU 200 aquí descrita se da con propósitos ilustrativos. Una persona experimentada en la técnica entenderá que algunas funciones y características adscritas a la unidad MCU pueden implementarse con una partición de sistema diferente entre incluidas y no incluidas en chip, tales como un convertidor ADC externo. La realización aquí descrita es representativa de un cierto complemento de características y funciones. La presente invención incluye realizaciones alternativas que incorporan más o menos características de usuario final.

- La figura 2 detalla las conexiones a la unidad MCU 200. Las líneas S0 a S39 proporcionan señales de control para salida de segmento de pantalla LCD a líneas de entrada de segmento en la pantalla LCD 500. Las líneas COM0 a COM3 conectan con las líneas de entrada comunes (de panel posterior) en la pantalla LCD 500. Las líneas BIAS0 a BIAS3 proporcionan diversas tensiones eléctricas necesarias para generar las señales de segmento y comunes para la pantalla LCD. Otras pantallas pueden tener más o menos señales de segmento y comunes. Otras tecnologías, tales como LED (del inglés “Light Emitting Diode”, diodo emisor de luz) pueden utilizarse también en vez de LCD. En una realización, ciertas palabras y símbolos están impresos sobre la caja y uno o más segmentos de LEDs o LCD se usan para indicar una cierta palabra o símbolo. En una realización, el cristal Y1 proporciona una base de tiempo de 32.768 Hz a partir de la cual se derivan todas las funciones de reloj de sistema MCU y de temporización.
- Los conmutadores de usuario SW1 hasta SW6 202 proporcionan entrada de comandos y reposición de sistema por parte del usuario. El conmutador SW1, el diodo D1, el resistor R11, y el condensador C6 proporcionan una red de reposición. La aplicación de una tensión eléctrica de batería al terminal VCC o el cierre del conmutador SW1 afirma la línea RST*, forzando a la unidad MCU a reponer y reiniciar. Los valores del resistor R11 y del condensador C6 son seleccionados para conseguir la duración deseada de la anchura del impulso de reposición de acuerdo con la especificación de una unidad MCU seleccionada. Una disposición de entrada por teclado típica como interfaz de usuario está conectada al puerto 2. La unidad MCU lee periódicamente los estados lógicos de terminal del puerto 2 para ejecutar la función del sistema asociada al conmutador apretado. Si están disponibles, circuitos de interrupción de entrada en la unidad MCU pueden detectar cambios en los estados de conmutación y alertar al procesador.
- En algunas realizaciones, el consumo de energía es minimizado alimentando selectivamente diversas porciones del sistema sólo cuando es necesario. En el ejemplo mostrado, el módulo de presión diferencial 700 es alimentado en respuesta a la señal nDIFFPWR, el módulo de presión absoluta 600 es alimentado en respuesta a la señal nABSPWR, y el módulo de acelerómetro 300 es alimentado en respuesta a la señal nACCELPWR.
- La unidad MCU afirma la señal DIFFEN para activar el amplificador diferencial 702 del módulo de presión diferencial 700 y libera la señal DIFFEN para poner el amplificador diferencial 702 en modo de bajo consumo. Las líneas DIFFPHI y DIFFPLO están conectadas al multiplexor MUX del convertidor ADC de la unidad MCU.
- El módulo de presión absoluta 600 proporciona medidas de presión absoluta para cálculos de densidad del aire y altitud. La unidad MCU afirma la señal ABSEN para activar el amplificador diferencial 602 del módulo de presión absoluta 600 y libera la señal ABSEN para poner el amplificador diferencial 602 en modo de bajo consumo. Las líneas ABSPHI y ABSPHLO están conectadas al multiplexor MUX del convertidor ADC de la unidad MCU.
- La unidad MCU afirma la señal ACCELEN para activar el amplificador de módulo de aceleración U2A 302 y libera la señal ACCELEN para poner el amplificador U2A 302 en modo de bajo consumo. La señal ACCELBias, bajo el control de la unidad MCU como se describe posteriormente, controla la polarización para el amplificador U2A 302. La línea ACCEL procedente del módulo de acelerómetro 300 está conectada al multiplexor MUX del convertidor ADC de la unidad MCU.
- La línea WHEEL proporciona señales de impulso de cierre de contacto, que responden a un sensor de rotación de rueda, a una entrada digital de la unidad MCU. La unidad MCU mide el tiempo entre impulsos para calcular la velocidad respecto al suelo del vehículo. Los cálculos de velocidad respecto al suelo son usados por la unidad MCU para distinguir entre señales ACCEL resultantes de cambios de velocidad del vehículo y señales ACCEL resultantes del ángulo de pendiente del vehículo. En una realización, un sensor de velocidad respecto al suelo, tal como uno basado en radar Doppler o datos de satélite GPS, proporciona datos de velocidad respecto al suelo. En algunas realizaciones, los datos son proporcionados por un módulo, tal como un módulo de satélite GPS, y la velocidad respecto al suelo es calculada dividiendo la distancia recorrida entre puntos de dato por el tiempo transcurrido entre los puntos de dato.
- La línea CRANK proporciona señales de impulso de cierre de contacto, que responden a un sensor de rotación de manivela, a una entrada digital de la unidad MCU. La unidad MCU mide el tiempo entre impulsos para calcular el ritmo de pedaleo (cadencia).
- La figura 2 también ilustra un método típico para reducir el efecto de ruido sobre alimentaciones de energía digitales y analógicas. El diseño específico dependerá de la unidad MCU seleccionada para poner en práctica la invención, el diseño de la placa de circuito impreso, y otros factores.
- La figura 3 ilustra detalles de una realización del módulo de acelerómetro 300. U1 304 es un circuito MEMS integrado que proporciona una señal de tensión eléctrica relacionada aproximadamente de forma lineal con la aceleración. Otros acelerómetros están disponibles, tales como piezoeléctricos, un cojinete de bolas o mercurio en una vía curvada, y similares. El sensor U1 304 está montado paralelamente al plano de la superficie bajo el vehículo con un eje (eje x) en la dirección de movimiento del vehículo. Una señal de salida responde al ángulo de pendiente del vehículo y la otra señal de salida responde al ángulo de vuelco. En la realización mostrada, sólo se usa el eje del ángulo de pendiente (o X). El ángulo de pendiente es determinado midiendo la aceleración debida a la atracción de la gravedad. Cuando el sistema está horizontal y en reposo, no hay fuerza gravitatoria a lo largo del eje X del sensor, y por lo tanto la señal del acelerómetro está relacionada con cero g. El acelerómetro proporciona aproximadamente $AVCC/2$ cuando no hay

aceleración; es decir, cero g. Esta tensión es denominada “tensión de polarización de cero g”. Para el caso de una aceleración positiva debida a una inclinación o cambio de velocidad, la tensión aumentará por encima de la tensión de polarización de cero g en proporción a la aceleración. Una aceleración negativa debido a una inclinación hacia abajo o frenado del vehículo producirá una tensión por debajo de la polarización de cero g, de nuevo en proporción a la aceleración. Por ejemplo, considérese una aceleración de 0,05 g y, sobre la base de los datos del sensor de velocidad de rueda, con el vehículo decelerándose a un ritmo de 0,01 g. La aceleración neta debida a la inclinación se halla así: $0,05 - (-0,01) = 0,06$ g. Esto corresponde a un ángulo de inclinación de $\arcsen(0,06) = 3,44$ grados hacia arriba. El sensor no puede indicar la diferencia entre inclinación y aceleración de movimiento, pero podemos calcular el componente de movimiento y por lo tanto separarlo. Si el vehículo toma una pendiente hacia arriba o hacia abajo, la gravedad aplicará una fuerza de aceleración de acuerdo con el ángulo del vector de gravedad (ángulo de pendiente) y el sensor U1 producirá una salida de g no nulo.

La salida de U1 304 varía de forma ratiométrica con la tensión de alimentación. Una aceleración cero proporciona una salida de aproximadamente la mitad de la tensión de alimentación, con algún desplazamiento debido a variaciones de producción. El divisor de resistores formado por R3 y R5 (figura 3) proporciona una tensión de polarización de la mitad de la tensión de alimentación. Las salidas de polarización y sensor son comparadas y amplificadas por un amplificador diferencial U2A 302. La salida del amplificador U2A 302 es también ratiométrica y tiene un desplazamiento de la mitad de la tensión de alimentación. Por ejemplo, con una alimentación de batería de 3 V, la salida será de aproximadamente 1,5 V en caso de que no se detecte aceleración y aumentará o disminuirá con ángulos de pendiente positivos o negativos.

El amplificador U2A 302 tiene una ganancia diferencial de alrededor de 5,8. El terminal de salida de amplificador está conectado al convertidor ADC a través del multiplexor MUX de la unidad MCU. El rango de entrada del convertidor ADC también varía de forma ratiométrica con la tensión de alimentación, y por lo tanto la resolución de la aceleración por el sistema expresada en unidades de g por bit es constante, independientemente de la tensión de alimentación.

La ganancia del amplificador U2A 302 es seleccionada para optimizar la sensibilidad del circuito al tiempo que se permite un rango aceptable de lecturas de aceleración mínima y máxima. Como las variaciones de producción del rango de valores de salida en un acelerómetro MEMS dado pueden ser significativas, son proporcionados el resistor R4 y la señal ACCELBIAS para modificar la polarización del terminal del amplificador inversor U2A 302 para acomodar desplazamientos de polarización nula del acelerómetro. ACCELBIAS es conducida por un terminal de salida de tres estados de la unidad MCU y de este modo el terminal de salida puede flotar o ser conducido a VCC o tierra. Cuando ACCELBIAS está flotando, el resistor R4 no tendrá efecto y el desplazamiento será $AVCC/2$ tal como es determinado por los resistores R3 y R5. Cuando ACCELBIAS es conducida a tierra, el resistor R4 actuará en paralelo con el resistor R5, proporcionando una tensión de polarización de $(5/12) \cdot AVCC$. De modo similar, si ACCELBIAS es conducida hacia arriba, entonces la tensión de polarización cambiará a $(7/12) \cdot AVCC$. Esto acomoda todo el rango de posibles desplazamientos especificados para el componente de acelerómetro en el ejemplo mostrado.

La figura 4 muestra detalles de polarización de pantalla LCD 400. El controlador de pantalla LCD integrado en la unidad MCU especifica cuatro niveles de tensión para visualizar segmentos visibles en una pantalla LCD. El circuito de ajuste de polarización de pantalla LCD proporciona los niveles de tensión a través de una simple escalera de resistores de división de tensión que comprende los resistores R6 a R9. El resistor variable R9 permite el ajuste por el usuario de tensiones de polarización para modificar el contraste y el ángulo de visión de la pantalla LCD, que pueden cambiar debido a la temperatura, tensión de la batería, o luz ambiental. En algunas realizaciones, R9 es reemplazado por una red de termistores u otros componentes discretos para proporcionar una compensación automática de temperatura y tensión.

La figura 5 muestra conexiones desde la unidad MCU a una pantalla LCD con 40 líneas de segmento y cuatro líneas comunes para un máximo de 160 elementos de visualización individuales. Los elementos de visualización pueden estar organizados en dígitos numéricos, gráficos de barras, símbolos, y/o caracteres de texto. La unidad MCU controla elementos de visualización en la pantalla LCD para presentar información de interés al usuario, tal como velocidad del vehículo, distancia recorrida, hora del día, pendiente de la superficie de la carretera, velocidad relativa del viento y presión del viento, o cálculos de potencia y energía tales como calorías por hora, calorías consumidas acumuladas, potencia de salida en vatios, y similares.

Una realización de la invención incluye un módulo de presión absoluta 600 para proporcionar presión barométrica (Ps). La figura 6 ilustra los detalles esquemáticos. En una realización, Ps es calibrada y comprobada de forma cruzada con datos de ángulo de pendiente procedentes del módulo de acelerómetro para proporcionar lecturas de altitud y cambio de altitud más precisas que las de cualquiera de los sensores por separado. Los datos barométricos actualizados son recogidos durante un viaje para recalcular la densidad del aire, proporcionando con ello parámetros corregidos para cálculos mejorados de velocidad relativa del viento. La temperatura del aire es medida con un sensor de temperatura interno en la unidad MCU, con un sensor de temperatura externo, o puede ser introducida por el usuario. En una realización, la información de altitud es proporcionada por un módulo GPS.

En una realización, el módulo de presión absoluta es omitido del sistema y la presión barométrica es estimada a partir de la temperatura y cambios de altitud derivados de sensores de pendiente y velocidad y de la altitud inicial introducida por el usuario. La densidad del aire (p) y otros cálculos dependientes de la presión barométrica pueden tener más precisión cuando se incluye el módulo de presión absoluta 600.

- 5 El sensor de presión absoluta U6 608 genera un diferencial de aproximadamente cero voltios entre los terminales +V y V de salida del sensor U6 a presión nula (vacío completo), y una tensión diferencial positiva para presiones atmosféricas no nulas. Al decrecer la presión ambiental en respuesta a un aumento real en altura o a cambios atmosféricos, la tensión de salida diferencial del sensor U6 608 disminuye. Si la presión aumenta, la tensión diferencial se incrementa. El componente de sensor U6 608 seleccionado debe tomar en cuenta las lecturas de presión máxima y mínima posibles, que son función de la altitud máxima y mínima de diseño para el sistema. La presión barométrica es proporcionada al sensor de presión U6 608 mediante pasos estrechos de aire entre el sensor y un agujero en un recubrimiento, estando orientado el agujero de tal modo que sea ortogonal a la dirección de movimiento del vehículo. Alternativamente, el puerto estático de un tubo de Pitot puede ser conectado al sensor de presión U6 608 mediante un paso estrecho de aire.
- 10 La tensión diferencial a través de los terminales +V y -V del sensor U6 608 es aplicada a las entradas de alta impedancia del amplificador diferencial 602, que consta de dos amplificadores operativos U5A y U5B y resistores R16, R18, y R19. La diferencia de las señales de salida de amplificadores operativos U5A y U5B es aproximadamente proporcional a la diferencia de las entradas, con una ganancia de alrededor de 201 para los valores de resistores mostrados. El promedio de las dos tensiones de salida diferenciales del amplificador diferencial 602 será el mismo que el promedio de las entradas, igual a la tensión de polarización de modo común del sensor, típicamente cerca de $AVCC/2$. La amplificación diferencial provoca que una salida vaya hacia arriba y la otra vaya hacia abajo en cantidades iguales. Si la entrada diferencial es cero, es decir si las dos entradas son iguales, las dos salidas serán también iguales. Cuando se aplica presión, las entradas divergirán, yendo una más arriba y la otra más abajo desde el modo común o tensión media de las dos. Como ejemplo, dadas unas entradas de 1,501 y 1,499 (2 mV de diferencial), con una ganancia de 201 las salidas serían 1,701 ($1,5 + 201 \cdot 0,001$) y 1,299 V. El diferencial de salida es $1,701 - 1,299 = 402$ mV o 201 veces el diferencial de entrada de 2 mV. La tensión de modo común o tensión media de las dos salidas es de $(1,701 + 1,299)/2 = 1,500$ V, igual que la entrada.
- 20
- 25

Los filtros de paso bajo RC 604 y 606 eliminan el ruido de alta frecuencia de las salidas del amplificador diferencial 602. Las señales diferenciales filtradas están conectadas a la unidad MCU 200 por las líneas ABSPHI y ABSPHLO. En algunas realizaciones, no se usan los filtros de paso bajo 604 y 606 (es decir, ABSPHI y ABSPLO son la salida sin filtrar del amplificador diferencial 602). En cualquier caso, el firmware de procesamiento de señales digitales dentro de la unidad MCU puede realizar también filtrado de señales.

30

En la realización de ejemplo mostrada, la tensión diferencial (ABSPHI – ABSPHLO) cambia de forma ratiométrica con la tensión de alimentación de la batería. Como el rango de entrada del convertidor ADC también varía de forma ratiométrica con la tensión de alimentación de la batería, la salida de recuento de convertidor ADC será aproximadamente la misma para una presión dada independientemente de la tensión de alimentación. En una realización, la alimentación de batería es regulada y se proporciona al convertidor ADC una fuente de tensión de referencia.

35

La unidad MCU 200 calcula la presión absoluta muestreando digitalmente las señales en las líneas ABSPHI y ABSPLO y restando los dos valores numéricos recibidos del convertidor ADC. La diferencia resultante es entonces ajustada a escala y corregida para tomar en cuenta desplazamientos y variaciones en ganancia de circuito y sensibilidad del sensor determinados durante las calibraciones.

40

El circuito para el módulo de presión diferencial 700 es casi idéntico al módulo de presión absoluta 600. El amplificador diferencial 702 tiene una ganancia de 1820. El sensor U8 708 está conectado a dos puertos de presión frente al sensor U6 608, que está conectado a un puerto de presión.

45

La presión diferencial se usa para medir la presión dinámica del aire contra el lado frontal del vehículo. Unos sensores miden la diferencia entre dos puertos de entrada de presión. Los puertos de entrada de presión son agujeros en la caja del sistema que están conectados a sensores de presión mediante pasos estrechos de aire. Un primer puerto de entrada de presión está orientado contra la dirección de movimiento y la presión del aire (Pt) está conectada a un lado del sensor de presión U8 708 a través de un paso estrecho de aire. Un segundo puerto de entrada de presión está situado en el lado de la caja del sistema de modo que recibe presión estática o atmosférica (Ps). La presión atmosférica está conectada a un segundo lado del sensor de presión U8 708 y al sensor de presión U6 608 mediante pasos estrechos de aire. En algunas realizaciones, Pt y Ps son proporcionados al (a los) sensor(es) de presión mediante pasos estrechos de aire conectados a un tubo de Pitot. El sensor de presión U8 708 detecta la diferencia entre los dos valores de presión, siendo definida la diferencia como “presión dinámica” (Q), y es debida al movimiento del vehículo a través del aire. La fuerza total contra el vehículo está relacionada con la presión dinámica, el coeficiente de arrastre, y el área frontal. La parte de la potencia total requerida para mover el vehículo a través del aire es calculada sobre la base de esta fuerza y de la velocidad del vehículo.

50

55

En la realización mostrada, el sensor U8 708 incluye dos puertos de entrada de presión, detectando directamente la presión diferencial. En otra realización, un primer sensor detecta P_s y un segundo sensor detecta P_t . La señal de salida de cada sensor está conectada al multiplexor MUX del convertidor ADC. El convertidor ADC convierte cada una de las dos señales de salida separadamente y proporciona el resultado digital a la unidad MCU. La unidad MCU calcula la presión dinámica restando P_s de P_t . Otras configuraciones de medición de presión diferencial son conocidas para aquéllos con experiencia en la técnica.

De acuerdo con la ecuación de Bernoulli, la presión dinámica es $Q = (P_t - P_s) = \frac{\rho V^2}{2}$. Como la densidad del aire

es conocida o puede ser estimada, la velocidad relativa del viento puede ser calculada a partir de la presión dinámica. Reorganizando términos, encontramos que la velocidad del viento es:

$$V = \sqrt{\frac{2 * Q * R T}{P_s}}$$

Como el sistema de presión no tiene conocimiento de la velocidad respecto al suelo, ésta representa la velocidad relativa del viento. Comparando la velocidad relativa del viento con la velocidad respecto al suelo del vehículo (encontrada a partir de rotaciones de rueda) obtenemos la velocidad respecto al suelo del viento.

En una realización, el módulo de presión diferencial 700 está diseñado para funcionamiento sobre un rango de presión de +/- 10 kPa para una buena resolución de señales de presión baja. La ganancia y la sensibilidad del módulo de presión diferencial 700 optimizan el rango de medida y la resolución de medida sobre el rango esperado de velocidades de funcionamiento del vehículo. Usando la configuración y los valores indicados en la figura 7, el módulo de presión diferencial 700 medirá velocidades del aire de más de cuarenta m/s sin saturar los amplificadores U2C y U2D. Pueden ser seleccionados otros sensores para rangos de funcionamiento diferentes.

La unidad MCU muestrea digitalmente las señales proporcionadas por las líneas DIFFPHI y DIFFPLO y resta los dos valores numéricos devueltos por las conversiones ADC. La diferencia es ajustada a escala y corregida para tomar en cuenta desplazamientos y variaciones en ganancia de circuito y sensibilidad de sensor que pueden ser determinados por calibraciones.

Los cambios de velocidad del vehículo se usan para distinguir la aceleración resultante de cambios de velocidad del vehículo de la aceleración resultante del ángulo de pendiente del vehículo. Un método típico en la técnica mide el periodo de tiempo entre rotaciones completas de rueda fijando un imán u otro objetivo a la rueda del vehículo y un conmutador magnético u otro conmutador de sensor de objetivo a un punto fijo adyacente en el vehículo. Cada vez que el objetivo pasa junto al conmutador, se recoge el periodo de tiempo desde el último cierre del conmutador. El periodo es convertido a número de cierres por unidad de tiempo, luego ajustado a escala por la circunferencia de la rueda para calcular la velocidad del vehículo. El conmutador puede ser un interruptor de láminas, un sensor de efecto Hall, un sensor óptico o cualquier otro sensor que proporciona señales de temporización relacionadas con revoluciones de rueda. En algunas realizaciones, los cambios en la velocidad de rueda son medidos más frecuentemente proporcionando múltiples imanes sobre la rueda para ser detectados por el conmutador. De modo similar, un componente en el brazo de manivela de la bicicleta acoplado a un sensor estacionario en el cuadro de la bicicleta puede proporcionar una medida de las revoluciones de manivela por minuto. En una realización, la cadencia es usada para encontrar un par de manivela o fuerza de pedal promedio en función de la potencia. En algunas realizaciones, la unidad MCU calcula la velocidad de rueda contando el número de impulsos de objetivo recibidos durante un cierto periodo de tiempo.

La figura 8 detalla una alimentación por batería 800 típica. Otras fuentes de energía portátiles, tales como energía solar, pueden usarse también.

La figura 9 ilustra una realización en la que se usan sensores magnéticos. Cuando la señal REEDPWR es ajustada a un valor alto por la unidad MCU, las señales WHEEL y CRANK son también llevadas a un valor alto mediante resistores de elevación de tensión (*pull-up*) R26 y R27. Cada vez que un imán de rueda pasa junto al conmutador magnético J1, el conmutador J1 se cierra momentáneamente y la señal WHEEL es llevada hacia abajo a tierra. La señal CRANK es llevada a tierra cada vez que un imán de manivela pasa junto al conmutador J2. La unidad MCU marca el tiempo de cada suceso de impulso bajo y calcula la velocidad, distancia o cadencia. Cambios en el periodo entre sucesos de impulso WHEEL indican un cambio de velocidad, y por lo tanto una aceleración o deceleración. Esta información es usada para separar la fuerza gravitatoria debida al ángulo de pendiente de la aceleración total leída por el acelerómetro.

Cuando el vehículo se está moviendo, los conmutadores de rueda y manivela estarán cerrados durante periodos relativamente breves, de modo que el consumo de corriente a través de los resistores de elevación de tensión es pequeño cuando se promedia sobre el tiempo. Si el vehículo se para y la rueda o la manivela paran con su respectivo

conmutador cerrado, el consumo de corriente continuará hasta que el conmutador se reabra, acortando con ello la duración de la batería. Si la unidad MCU determina que un conmutador magnético ha sido cerrado durante un periodo largo sin actividad en ciertas otras líneas de sensor, la unidad MCU fuerza la línea REEDPWR a un valor bajo para eliminar el flujo de corriente desde la batería a través de los resistores R26 y R27. La unidad MCU proporciona impulsos periódicamente a REEDPWR para detectar si el conmutador sigue estando cerrado, o en una realización espera a que el usuario reactive el sistema apretando un botón. En otra realización, otros sensores son consultados en cuanto a actividad. En una realización, un sensor está conectado a una cierta entrada a la unidad MCU, cuya entrada genera una interrupción resultante de cambio. Los diodos D2 y D3 y los resistores R28 y R29 protegen las entradas de la unidad MCU frente a sobretensiones transitorias posiblemente adquiridas en cables largos dirigidos a los conmutadores de rueda o de manivela.

Las conexiones entre los bloques funcionales de los que consta otra realización de la invención se muestran en la figura 12. La figura 10 detalla conexiones de circuito para el microcontrolador en la realización de la figura 12. El diodo LED D2 ilumina la pantalla en condiciones de poca luz ambiental. El zumbador piezoeléctrico PT1 proporciona realimentación de audio y alerta al usuario sobre sucesos y condiciones tales como un cambio de la pantalla de visualización; alcanzar, superar o quedar por debajo de un rango u objetivo de entrenamiento; cambios de tiempo meteorológico, o una alarma para evitar robos.

Las líneas nROMPWR, nROMEN, SIMO y UCLK conectan la unidad MCU 1000 a un sistema de almacenamiento no volátil 1700, tal como el mostrado en la figura 17. Un sistema de almacenamiento no volátil proporciona almacenamiento de datos históricos, de viaje, calibración, personalización, u otros que deben ser guardados cuando la alimentación del sistema está desconectada. En la realización mostrada en la figura 17, se usa una memoria de sólo lectura programable y borrrable eléctricamente (EEPROM, del inglés "Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory") en serie como dispositivo de almacenamiento no volátil. Puede usarse cualquier solución de almacenamiento no volátil, incluyendo respaldo de baterías o mantenimiento en activo (*keep-alive*) de un dispositivo de almacenamiento volátil.

Las líneas RX1, TX1, y nINVALID232 están conectadas desde la unidad MCU 1000 a un puerto serie RS232 1800 de la figura 18. El puerto serie está previsto para comunicaciones con un ordenador externo u otro dispositivo externo para la transferencia de datos de viaje, configuración de sistema, información de personalización, actualizaciones de firmware, y otras funciones que requieren intercambio de datos con la unidad MCU. La línea nINVALID232 es afirmada por el transceptor U9 para indicar que están presentes datos válidos en líneas de entrada del transceptor. El transceptor U9 mostrado en la figura 18 está configurado para permanecer encendido estén o no presentes datos válidos en líneas de entrada del transceptor. El conector J5 proporciona una interfaz DB9 opcional para comunicaciones de datos en serie con un dispositivo externo.

En una realización, las líneas TDO/TDI, TDI_TCLK, TMS, TCK y nRST/NMI conectan la unidad MCU 1000 de la figura 10 al conector J4 en una interfaz JTAG (del inglés "Joint Test Action Group", grupo conjunto de acción de pruebas) 1600 de la figura 16. La interfaz JTAG, a través del conector J4, proporciona medios para programación, comprobación, introducción de valores de calibración, u otras operaciones en la unidad MCU. Una persona con experiencia en la técnica conocerá otros métodos para programación y comprobación. Por ejemplo, la unidad MCU puede tener un almacenamiento externo para almacenamiento de constantes, calibración, configuración o programas.

En una realización, ambas salidas de un acelerómetro de doble eje son proporcionadas por el módulo de aceleración 1100, como se muestra en la figura 1.1. La señal de eje x del acelerómetro U3 1102 se usa para determinar la inclinación y la aceleración hacia delante del vehículo, como se ha descrito previamente. En una realización, la señal de eje Y es correlacionada con la señal de eje x mediante software que se ejecuta en la unidad MCU 1000 para determinar la cadencia de pedaleo. En algunas realizaciones, la señal de eje y responde a cambios en la dirección del vehículo, lo que se usa para registrar o guiar el camino del vehículo. Una señal de aceleración puede usarse también como una entrada a una alarma para evitar robos.

Una señal en la línea ACCELEN procedente de la unidad MCU 1000 para activar el terminal de entrada EN del regulador de tensión U22 1104 en la figura 11 conecta y desconecta la alimentación del acelerómetro. El uso de un regulador de tensión disminuye los cambios en la sensibilidad del acelerómetro debidos a cambios en la tensión de alimentación. La línea ACCELVSS, la salida de tensión de alimentación regulada de U22, conecta con una red de divisor de resistores formada por R3, R75, R5 y R6. Las líneas ACCLOBIAS y ACCMIDBIAS están conectadas desde la unidad MCU 1000 al divisor de resistores y están controladas individualmente para flotar o ser conducidas a un valor bajo para generar una de tres tensiones de referencia diferentes. La unidad MCU escoge la tensión de referencia que coincide más estrechamente con la tensión de desplazamiento de cero g inherente del sensor particular instalado en el circuito, dado que las tensiones de desplazamiento de cero g pueden variar de parte a parte. Una única tensión de referencia se usa para los canales de acelerómetro tanto de eje x como de eje y, dado que sólo se mide un eje cada vez. La tensión de referencia ACCELVSS también se conecta a la entrada de referencia de tensión de convertidor ADC de la unidad MCU 1000.

El multiplexor analógico diferencial 4:1 dual U20 1106 decodifica señales de dirección SIGINV y SIGSEL para determinar si está conectada la señal de acelerómetro de eje x o la de eje y procedente de U3 1102 como una señal

diferencial a las entradas del amplificador diferencial 1102. Las salidas del amplificador diferencial 1102, las señales ACCELL y ACCEL2, son proporcionadas a un puerto de entrada MUX al convertidor ADC interno en la unidad MCU 1000. El multiplexor U20 1106 también funciona como un interruptor de conmutación para intercambiar señales de entrada al amplificador diferencial 1102 con el fin de anular errores de desplazamiento del amplificador. Para anular errores de desplazamiento del amplificador, la unidad MCU 1000 primero mide la diferencia entre señales diferenciales ACCEL1 y ACCEL2 cuando hay control por la señal o bien de eje x o bien de eje y seleccionada por las señales SIGINV y SIGSEL. Las señales SIGINV y SIGSEL son cambiadas entonces para intercambiar el lado alto de la pareja de señales diferenciales del acelerómetro con el lado bajo. La unidad MCU 1000 calcula de nuevo la diferencia entre las señales ACCEL1 y ACCEL2 y suma este valor a la primera diferencia calculada para ACCEL1 y ACCEL2. El error de desplazamiento presente en la primera diferencia es de la misma magnitud que el error de desplazamiento en la segunda diferencia, pero de signo opuesto, de modo que cuando las dos diferencias son sumadas los errores de desplazamiento se cancelan. La suma de las dos diferencias es dos veces el valor de la diferencia entre ACCEL1 y ACCEL2 para un amplificador ideal sin error de desplazamiento. Este procedimiento es realizado independientemente para la señal de eje x y la señal de eje y.

La señal ACCFILTEN en la figura 11 activa un par de conmutadores bilaterales U1A y U1B para conectar filtros de paso bajo a las líneas de salida del acelerómetro U3 1102. Los condensadores C4 y C5 forman los filtros de paso bajo en conjunción con la resistencia interna de las salidas del sensor U3 1102. Los valores de capacidad se escogen para permitir que el filtro se establezca en menos de 1/2 bit de resolución para un convertidor ADC de 12 bits en el tiempo entre muestras consecutivas. La señal ACCFILTEN es controlada por la unidad MCU 1000 para desconectar los condensadores durante la desconexión del sensor de acelerómetro, conservando con ello la carga en los condensadores y reduciendo el tiempo de establecimiento de la siguiente muestra.

Se muestran conexiones de sensor de presión en la figura 13 para un módulo de presión absoluta 1300 y en la figura 14 para un módulo de sensor de presión diferencial 1400. En la figura 13, la señal nABSPWR activa la alimentación al sensor U6 1302. El sensor U6 1302 proporciona una señal diferencial aproximadamente proporcional a la presión atmosférica en las líneas ABSHI y ABSLO. La señal nDIFFPWR controla la alimentación al sensor U8 1402 de una manera similar como se muestra en la figura 14. El sensor U8 1402 proporciona una señal diferencial aproximadamente proporcional a la presión diferencial en las líneas DIFFHI y DIFFLO. Las señales de presión absoluta y diferencial son presentadas sin filtrar al bloque de amplificador 1500.

La figura 15 ilustra una realización de un circuito de amplificador en la que está prevista la amplificación de señales de presión dinámica y presión absoluta. Sólo un modo de presión (diferencial o absoluta) es acondicionado y medido cada vez. Las líneas de sensor de presión absoluta ABSHI y ABSLO y las líneas de sensor de presión diferencial DIFFI y DIFFLO son conectadas a conjuntos separados de entradas en el multiplexor diferencial analógico 4:1 dual U23 1510. La unidad MCU 1000 controla las líneas de dirección SIGINV y SIGSEL para seleccionar si las señales ABSHI y ABSLO o DIFFHI y DIFFLO son proporcionadas por el multiplexor U23 1510 a las entradas inversoras y no inversoras del amplificador diferencial 1502.

El multiplexor U23 1510 también funciona como un interruptor de conmutación para intercambiar señales de entrada al amplificador diferencial 1502 con el propósito de anular errores de desplazamiento del amplificador. La unidad MCU 1000 controla el intercambio de entradas inversoras y no inversoras al amplificador 1502 y calcula las diferencias resultantes entre PRESS1 y PRESS2, de modo similar al método previamente descrito para anular errores de amplificador en el amplificador diferencial 1102.

Los sensores de presión absoluta y diferencial pueden tener sensibilidades diferentes y por lo tanto requisitos de ganancia de amplificador diferentes. El multiplexor analógico 2:1 U24 de la figura 15 conecta la entrada no inversora de una de las etapas de entrada con el amplificador diferencial 1502 a una de dos posiciones en la red de resistores que consta de los resistores R67 a R70, cambiando con ello la ganancia diferencial general efectiva del amplificador. La ganancia es ajustada un valor alto cuando la unidad MCU 1000 conduce a la línea SIGSEL a un valor alto. La ganancia es ajustada a un valor bajo cuando la unidad MCU 1000 conduce a la línea SIGSEL a un valor bajo. Los valores de los resistores R67 a R70 son escogidos de tal modo que la ganancia diferencial del amplificador 1502 es aproximadamente 2.300 para el sensor de presión diferencial y aproximadamente 175 para el sensor de presión absoluta. Las señales de salida diferenciales del amplificador 1502 pasan a través de filtros de paso bajo 1504 y 1506 y son luego conectadas a las líneas PRESS1 y PRESS2. Las líneas PRESS1 y PRESS2 son conectadas a un puerto de entrada para el convertidor ADC interno en la unidad MCU 1000.

La unidad MCU 1000 conecta y desconecta la alimentación al amplificador 1500 controlando la línea nAMPPWR. Afirar una señal en la línea nAMPPWR conecta la alimentación a los multiplexores U23 1510 y U24 1512 y a los amplificadores operativos U21C 1514 y U21D 1516.

Otra realización del circuito de entrada de interruptor de láminas para rueda y manivela se muestra en la figura 19. Las líneas REEDPWR, WHEEL, y CRANK están conectadas a la unidad MCU 1000. En una realización, el circuito se basa en fijadores de diodos integrales sobre las clavijas de entrada de la unidad MCU para protección frente a sobretensiones transitorias. Los valores de los resistores R47 y R48 son seleccionados para evitar un flujo de corriente excesivo a

través de los fijadores de diodos en la unidad MCU. Las definiciones de señal y funciones para las líneas REEDPWR, WHEEL, y CRANK siguen siendo iguales a las definidas en una sección anterior de esta memoria descriptiva.

En una realización, algunos circuitos de sensor son calibrados para mejorar la precisión general de los sistemas. Los valores de ganancia y desplazamiento para sensores de presión, aceleración y temperatura son determinados por un método de calibración que comprende exponer el sistema a dos o más presiones, aceleraciones y temperaturas controladas, respectivamente. Para presión y aceleración, las condiciones de no presión (vacío) y no aceleración (en reposo, vertical) son determinadas mediante cálculos que extienden los datos de calibración para encontrar los valores de “desplazamiento cero”. Los resultados de las calibraciones son lecturas de convertidor ADC que son almacenadas en memoria. Se puede realizar opcionalmente una calibración de más condiciones y determinar una curva de calibración a través de todo el rango operativo de un sensor. Un sistema de menor coste con menor precisión puede usar un punto para calibración o no calibración, pero más bien valores de diseño y de especificaciones de los componentes.

Otras informaciones son necesarias para el sistema. Por ejemplo, el usuario introduce el peso del vehículo más el suyo y para las ruedas. En algunas realizaciones, el sistema es actualizado en cuanto a factores tales como presión ambiental, altitud o temperatura mediante introducción de datos por el usuario.

En una realización, el usuario recalibra el circuito de detección de inclinación. Este procedimiento elimina el efecto de que el usuario posiblemente haya montado la unidad de forma distinta a exactamente paralela a la tierra, o de cambios en el circuito de sensor con el tiempo. El usuario mantiene en reposo la unidad durante unos pocos momentos mientras que la señal de aceleración es convertida por el convertidor ADC. El usuario coloca entonces el vehículo en el mismo punto tras rotarlo 180 grados horizontalmente y se vuelve a tomar la lectura. El promedio entre las dos lecturas es el valor para no aceleración, o cero g.

En algunas realizaciones, estimamos una fricción de rodadura media y un factor de escala relacionando el área frontal y el coeficiente de arrastre con la presión dinámica. Estos valores son mejorados en una realización mediante un procedimiento de “calibración en punto muerto”. Esto implica que el vehículo gana una cierta velocidad (alta) mínima, luego se para cualquier pedaleo o introducción de potencia y se deja que el vehículo se desplace en punto muerto hasta una velocidad (baja) máxima predeterminada mientras que el ciclista mantiene su posición de viaje habitual. Durante el periodo de punto muerto, el sistema registra lecturas que son usadas por una técnica de ajuste de curvas. El paso de ajuste de curvas es realizado para determinar las fuerzas estática (fricción de rodadura) y dinámica (viento). El factor aerodinámico es la constante general que relaciona Q con la fuerza de arrastre. El factor aerodinámico es el producto (coeficiente de arrastre)*(área frontal), aunque ninguno es conocido separadamente. El peso y la aceleración son usados para eliminar el efecto de la pendiente durante el procedimiento de calibración en punto muerto.

Detalles de una realización de los procedimientos de inclinación y punto muerto son presentados en el Apéndice I. La inclinación es calibrada primero, luego viene el punto muerto. Durante el punto muerto, son recogidos datos, luego son analizados los datos una vez completado el paso de punto muerto. En la realización mostrada, los datos son ajustados usando un proceso matemático de regresión lineal. Una persona experimentada en la técnica conocerá otras técnicas de ajuste de curvas que pueden ser usadas.

El firmware en la unidad MCU procesa datos de sensores, temporización, escala y calibración para determinar, registrar o presentar cierta información al observador. La figura 20 es una presentación conceptual del flujo lógico del firmware. En la sección etiquetada “Sensores” son tomadas lecturas instantáneas de sensor de presión absoluta, presión diferencial, aceleración, y rotación de rueda. Son tomados en cuenta cualesquiera factores de calibración o escala (no mostrado).

El apéndice II presenta una realización de firmware para usar las lecturas de sensor (ajustadas), a las que se hace referencia en la figura 20 como sección de “Separación”. Los datos de rotación de rueda son usados para determinar la velocidad y para realizar una adición a una distancia acumulada. Cualquier cambio en la velocidad de rotación es usado para determinar la aceleración hacia delante, que es luego restada de los datos del acelerómetro para determinar la contribución de la fuerza de gravedad. Como se ha descrito previamente, pueden usarse datos resultantes de otros medios para determinar la velocidad respecto al suelo en vez de tiempos de rotación de rueda. En la sección denominada “Fuerzas”, detallada en el Apéndice III, se determinan cuatro elementos de fuerza. En la sección de “Combinación” (también incluida en el Apéndice III), las cuatro fuerzas (arrastre aerodinámico, cambio de altitud, fricción de rodadura, y aceleración) son combinadas. Obsérvese el factor “EficTransmis”, que está relacionado con la eficiencia del tren de transmisión. Esta eficiencia está relacionada con la fricción de cadena, fricción de buje, calidad de lubricación y similares. Una bicicleta de calidad en buenas condiciones y bien mantenida puede tener una eficiencia de alrededor del 97%. Una bicicleta de baja calidad o en malas condiciones puede tener una de alrededor de 85%.

En el cálculo de la aceleración hacia delante se usa el término “MasaEfecTotal”, cuyo término difiere ligeramente de “MasaTotal” debido al momento angular de rueda y neumático cuando es convertido a inercia lineal. La diferencia comprende la fuerza requerida para aceleración angular de las ruedas. Éste es un factor bastante pequeño comparado con la masa total de un vehículo más un ciclista (y accesorios). Una estimación podría ser la masa de las llantas, neumáticos, y un tercio de los radios, pero un gran error en esta estimación seguirá siendo un porcentaje pequeño del total.

Finalmente, en la sección "Resultado" de la figura 20, la fuerza total es multiplicada por la velocidad del vehículo para obtener la potencia total.

El pseudocódigo presentado en los apéndices es para fines de ilustración. Una persona con experiencia en la técnica sería capaz de desarrollar código para cualquier unidad MCU adecuada usando cualquier lenguaje de programación adecuado a partir del pseudocódigo.

5

Una persona con experiencia en la técnica reconocerá a partir de lo anterior que la presente invención puede ser extendida a cualquier número de combinaciones diferentes o subconjuntos de elementos de detección, de computación y de almacenamiento. De acuerdo con ello, la presente exposición debe tomarse como ilustrativa en vez de limitativa del alcance, naturaleza, o espíritu de las materias reivindicadas posteriormente. Numerosas modificaciones y variaciones se pondrán de manifiesto para aquéllos con experiencia en la técnica tras estudiar la exposición, incluyendo el uso de sustitutos funcionales y/o estructurales equivalentes para elementos aquí descritos, el uso de acoplamientos funcionales equivalentes para acoplamientos aquí descritos, y/o el uso de pasos funcionales equivalentes para pasos aquí descritos. Tales variaciones no sustanciales deben considerarse dentro del alcance de lo que se contempla aquí. Además, si se dan ejemplos plurales para medios específicos, o pasos, y la extrapolación entre y/o más allá de tales ejemplos dados es obvia a la vista de la presente exposición, entonces debe considerarse que la exposición expone efectivamente y por lo tanto cubre al menos tales extrapolaciones.

10

15

(Sigue en página siguiente)

APÉNDICE I

//-----

// © COPYRIGHT 2005 VELOCOMP, LLP

// TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS

5 //-----

// Variables globales

//-----

// Lecturas de sensores, convertidas y ajustadas a escala

10 Temperatura; // grados C
PresionDinamica; // pascales = 1/1000 kPa
GAcelerometro; // g procedente del acelerómetro

// Valores derivados

15 AnguloPendiente; // ángulo de la pendiente del terreno
Gradiente; // sen(AnguloPendiente), -1,00 a 1,00
GAcelDelante; // g de aceleración hacia delante
AcelGravedad; // g debida a pendiente del terreno
Distancia; // metros
20 RevsRueda; // revoluciones de rueda
Velocidad; // velocidad del vehículo, metros/segundo

//-----

// Coeficientes y valores de calibración almacenados

25 //-----

MasaTotal; // bicicleta y ciclista, kg, introducido por ciclista
MasaEfecTotal; // bicicleta, ciclista y masa efectiva de momento de rueda, kg
EficTransmis; // eficiencia de transmisión < 1, debido a fricción de cadena
Frod; // resistencia de rodadura, newtons, procedente de prueba en punto muerto
30 CircNeum; // circunferencia de neumático, metros

// Fuerza aerodinámica / presión, combina el área frontal y el coeficiente de arrastre

Kaero; // newtons / pascal, procedente de prueba en punto muerto

35 // Constantes

Kgravedad = 9,80; // aceleración de la gravedad, m/s²

```

//*****
//
//          PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACIÓN
//*****
5 //          CALIBRACIÓN DE INCLINACIÓN POR USUARIO
//*****
// Esto determina el ángulo real del acelerómetro cuando está montado si la bicicleta
// está sobre suelo horizontal. Como el suelo puede no ser perfectamente horizontal,
// son tomadas dos lecturas con la bicicleta orientada en direcciones opuestas en el mismo
10 // punto. La suma de las dos lecturas cancela cualquier ángulo no horizontal del suelo.
CalcInclin () {
    Variables temporales Angulo1, Angulo2;
    // Indicar al usuario que mantenga en reposo la bicicleta
    Mensaje ("Mantener en reposo");
15
    Angulo1 = arcsen(GAcelerometro);      // Leer ángulo

    // Indicar al usuario que dé la vuelta a la bicicleta y la mantenga en reposo otra vez
    Mensaje ("Girar 180 grados");
20    EsperarAprieteBoton ();
    Mensaje ("Mantener en reposo");

    Angulo2 = arcsen(GAcelerometro);      // Leer ángulo

25    AnguloHoriz = (Angulo1 + Angulo2) / 2;
}

//*****
//
//          PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN EN PUNTO MUERTO
30 //*****
// Procedimiento en punto muerto para determinar el arrastre aerodinámico y la resistencia de rodadura
// Se permite que la bicicleta se mueva en punto muerto desde una velocidad alta a una baja mientras
// se recogen datos de fuerzas y sensores. Los coeficientes que faltan son derivados entonces
// ajustando una línea recta a los datos recogidos.
35 // Obsérvese que no se usa EficTransmis en punto muerto dado que el tren de transmisión (cadena)
// no se está moviendo.

```

```

PuntoMuerto () {
    // Indicar al usuario que alcance VelAlta
    mientras (Velocidad < VelAlta)
        Mensaje ("Ir más rápido");
5    Mensaje ("Punto Muerto");          // indicar al usuario que pare de pedalear
    // Llenar una matriz de muestras de datos
    // El modelo es:
    // FuerzaTotal = Faero ( ) + Frod + Fpend ( ) + Facel ( ) = 0 durante el punto muerto
    // Si el dispositivo ha sido apropiadamente nivelado, podemos calcular tanto
10    // Fpend ( ) como Facel ( ) , pero sigue faltando Frod y
    // el factor de arrastre aerodinámico Kaero, donde Faero = Kaero * PresionDinamica
    // Así que sólo necesitamos registrar el total de las fuerzas conocidas y la
    // PresionDinamica en cada punto de datos;
    //  $y = f(\text{PresionDinamica}) = \text{Kaero} * \text{PresionDinamica} + \text{Frod} = - ( \text{Fpend} ( ) + \text{Facel} ( ) )$ 
15    // Ajustar la mejor línea recta a los datos resultantes nos da Kaero y Frod.

    // Dos matrices paralelas, una para fuerzas conocidas totales, la otra para presión
    PresDin [ ] ;
    OtrasFuerzas [ ] ;
20    i = 0 ;

    mientras (Velocidad > VelBaja) {
        PresDin[ i ] = PresionDinamica;
        OtrasFuerzas[ i ] = - ( Fpend ( ) + Facel ( ) ) ;
25        i = i + 1 ;
    }

    // Velocidad baja alcanzada, indicar al usuario que pare.
    Mensaje ("Punto muerto terminado") ;
30

    // Procesar los datos usando regresión lineal
    // Mejor ajuste para  $y(x) = a + bx$  es derivado así:
    // Definir:
    //          Sx = suma (x)
35    //          Sy = suma (y)
    //           $t(i) = x(i) - Sx/N = x(i) - \text{Media}(x)$ 

```

```

//          Stt = suma (t²)
//          Sty = suma (t*y)
//          donde las sumas se realizan sobre todos los N puntos
//          luego:
5 //          b = Sty / Stt
//          a = (Sy - b * Sx) / N
PuntosDatos = i ;
i = 0 ;
Sx = 0 ;
10 Sy = 0 ;
    mientras ( i < PuntosDatos ) {
        Sx = Sx + PresDin[ i ] ;
        Sy = Sy + OtrasFuerzas[ i ] ;
        i = i + 1 ;
15 }
PresMedia = Sx / PuntosDatos ;
i = 0 ;
Stt = 0 ;
Sty = 0 ;
20 mientras ( i < PuntosDatos ) {
    t = PresDin[ i ] - PresMedia ;           // no es necesaria una matriz de t
    Stt = Stt + t * t ;
    Sty = Sty + t * OtrasFuerzas[ i ] ;
    i = i + 1 ;
25 }
Kaero = Sty / Stt ;
Frod = ( Sy - Kaero * Sx ) / PuntosDatos ;
}

```

APÉNDICE II

//-----

// © COPYRIGHT 2005 VELOCOMP, LLP

// TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS

5 //-----

//*****

// SEPARACIONES DE SEÑALES DE SENSORES

//*****

10

// Separar lectura de acelerómetro en aceleración de gradiente y hacia delante

ProcesarAcelerometro () {

// Eliminar la aceleración hacia delante observada en el sensor de velocidad de rueda

AcelGrav = GAcelerometro – GAcelDelante ;

15

// Corregir por inclinación de sensor montado en suelo horizontal

// AcelGrav = sen (AnguloPendiente + AnguloHoriz) g, así:

AnguloPendiente = arcsen (AcelGrav) - AnguloHoriz ;

Gradiente = sen (AnguloPendiente) ;

}

20

// Convertir entradas de conmutador de rueda en velocidad, distancia y aceleración

ProcesarConmutadorRueda () {

// Añadir una revolución de rueda más a la distancia recorrida

RevsRueda = RevsRueda + 1 ;

25

Distancia = RevsRueda / CircNeum ; // metros

// Usar un contador en tiempo real para periodos de tiempo entre impulsos de rueda

Periodo = TiempoActual () - UltimoTiempoRueda ; // segundos

UltimoTiempoRueda = TiempoActual () ;

Velocidad = CircNeum / Periodo ; // metros/segundo

30

// Calcular aceleración o deceleración en g

DeltaVelocidad = Velocidad – UltimaVelocidad ; // m/s

UltimaVelocidad = Velocidad ; // registro para paso de tiempo siguiente

AcelDelante = DeltaVelocidad / Periodo ; // m/s²

GAcelDelante = AcelDelante / Kgravedad ; // g

35 }

APÉNDICE III

//-----

// © COPYRIGHT 2005 VELOCOMP, LLP

// TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS

5 //-----

//*****

// CÁLCULOS DE FUERZA Y POTENCIA

//*****

10 // Cálculo de fuerza de propulsión, newtons

Fpropulsion () {

devolver (Faero () + Fpend () + Frod + Facel ()) / EficTransmis ;

}

// Cálculo de fuerza aerodinámica, newtons

15 Faero () { devolver Kaero * PresionDinamica ; }

// Cálculo de fuerza gravitatoria, newtons

Fpend () { devolver MasaTotal * Kgravedad * Gradiente ; }

// Cálculo de fuerza de aceleración hacia delante, newtons

Facel () { devolver MasaEfecTotal * GAcelDelante ; }

20 Vatios () { devolver Fpropulsion * Velocidad ; }

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo para detectar la fuerza total opuesta a un vehículo en movimiento, en que el vehículo incluye al menos dos ruedas, en que el dispositivo comprende:
 - un microcontrolador (200, 1000) configurado para calcular dicha fuerza total;
 - 5 un convertidor de analógico a digital que incluye un puerto de entrada analógico, en que el convertidor de analógico a digital proporciona al microcontrolador (200, 1000) una versión digital de una señal de puerto de entrada analógico;
 - 10 un multiplexor MUX con múltiples entradas analógicas seleccionables y un puerto de salida, en que el puerto de salida del multiplexor MUX está conectado al puerto de entrada analógico del convertidor de analógico a digital;
 - 15 una pluralidad de sensores analógicos, en que la señal de salida de cada sensor analógico está conectada independientemente a una entrada analógica del multiplexor MUX, en que la pluralidad de sensores analógicos incluye un módulo de presión diferencial (700, 1400) que mide la presión estática y dinámica de modo que el módulo de presión diferencial responde a la presión diferencial, y un módulo de aceleración (300, 1100) responde a la aceleración en la dirección de movimiento del vehículo;
 - medios para detectar la velocidad respecto al suelo del vehículo;
 - medios para proporcionar la presión dinámica al módulo de presión diferencial (700, 1400); y
 - un sistema de visualización conectado a la unidad de procesamiento.
- 20 2. El dispositivo según la reivindicación 1, que comprende además un sistema de memoria para almacenar datos, en que el sistema de memoria está conectado a la unidad de procesamiento.
3. El dispositivo según la reivindicación 2, en que el sistema de memoria comprende un dispositivo electrónico de memoria.
4. El dispositivo según la reivindicación 1, en que el sistema de visualización comprende un dispositivo de visualización de cristal líquido (500).
- 25 5. El dispositivo según la reivindicación 1, en que el sensor de aceleración es un sistema MEMS (304).
6. El dispositivo según la reivindicación 1, en que el sensor de aceleración es del tipo de "bola en tubo".
7. El dispositivo según la reivindicación 1, que comprende además un módulo de presión absoluta (600, 1300).
8. El dispositivo según la reivindicación 1, en que el microcontrolador (200, 1000) está configurado para calcular la fuerza total incidente sobre un vehículo, y en uso está configurado para:
 - 30 calcular una fuerza aerodinámica sobre el vehículo;
 - calcular una fuerza de gravedad sobre el vehículo;
 - calcular una fuerza de aceleración hacia delante debida al movimiento del vehículo;
 - y para calcular una suma de dichas fuerzas calculadas más una constante de fuerza de fricción previamente determinada.
- 35 9. El dispositivo según la reivindicación 8, en que el microcontrolador (200, 1000) en uso está configurado para calcular la fuerza aerodinámica sobre el vehículo multiplicando la presión dinámica incidente sobre el vehículo por un factor aerodinámico previamente determinado.
10. El dispositivo según la reivindicación 9, en que el microcontrolador (200, 1000) en uso está configurado para determinar previamente el factor aerodinámico y está configurado para implementar un procedimiento de calibración en punto muerto.
- 40 11. El dispositivo según la reivindicación 10, en que el microcontrolador (200, 1000) en uso está configurado para implementar el procedimiento de calibración en punto muerto que comprende los pasos de:
 - (a) acelerar el vehículo a una velocidad mínima predeterminada;
 - (b) eliminar toda la potencia aplicada al vehículo;

- (c) registrar lecturas de sensores, incluyendo la presión dinámica;
 - (d) comparar la velocidad del vehículo con una velocidad mínima predeterminada;
 - (e) repetir 11(c) hasta que dicha velocidad del vehículo sea menor que la velocidad mínima predeterminada; y
 - (f) calcular el factor aerodinámico por ajuste de curvas de las lecturas de sensores registradas.
- 5 12. El dispositivo según la reivindicación 8, en que el microcontrolador (200, 1000) en uso está configurado para determinar previamente la constante de fuerza de fricción implementando un procedimiento de calibración en punto muerto.
13. El dispositivo según la reivindicación 12, en que el microcontrolador (200, 1000) en uso está configurado para implementar el procedimiento de calibración en punto muerto que comprende los pasos de:
- 10 (a) acelerar el vehículo a una velocidad mínima predeterminada;
- (b) eliminar toda la potencia aplicada al vehículo;
- (c) registrar lecturas de sensores, incluyendo la presión dinámica;
- (d) comparar la velocidad del vehículo con una velocidad mínima predeterminada;
- (e) repetir el paso 13(c) hasta que dicha velocidad del vehículo sea menor que la velocidad mínima predeterminada; y
- 15 (f) calcular el factor constante de fuerza de fricción por ajuste de curvas de las lecturas de sensores registradas.
14. El dispositivo según la reivindicación 1, en que el microcontrolador (200, 1000) está configurado para calcular la potencia requerida en oposición a la fuerza total incidente sobre un vehículo, y que en uso está configurado para;
- calcular una fuerza aerodinámica sobre el vehículo;
- calcular una fuerza de gravedad sobre el vehículo;
- 20 calcular una fuerza de aceleración hacia delante debida al movimiento del vehículo;
- y para calcular una suma de dichas fuerzas calculadas más una constante de fuerza de fricción previamente determinada; y para multiplicar dicha suma de fuerzas calculadas por la velocidad respecto al suelo de dicho vehículo.

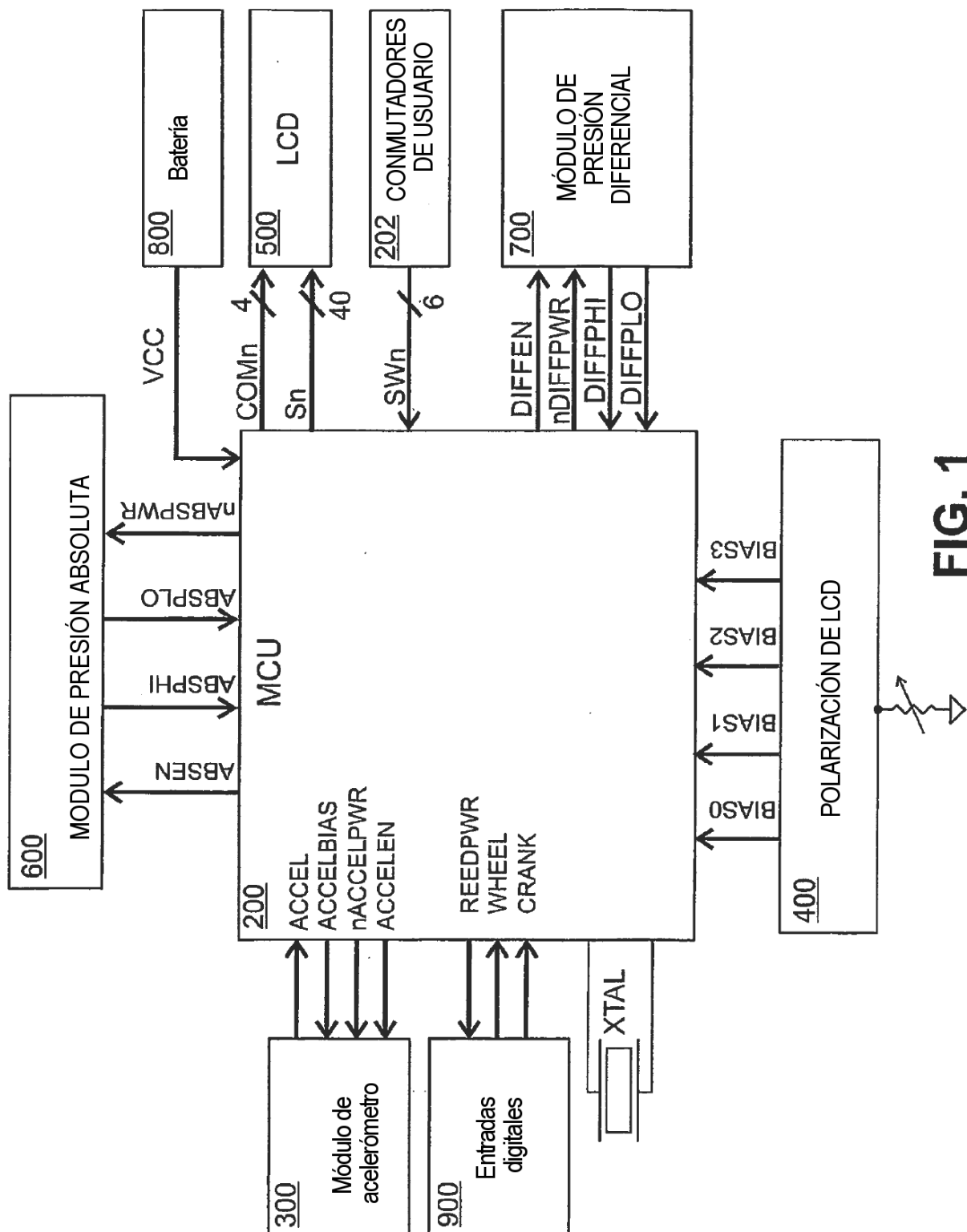
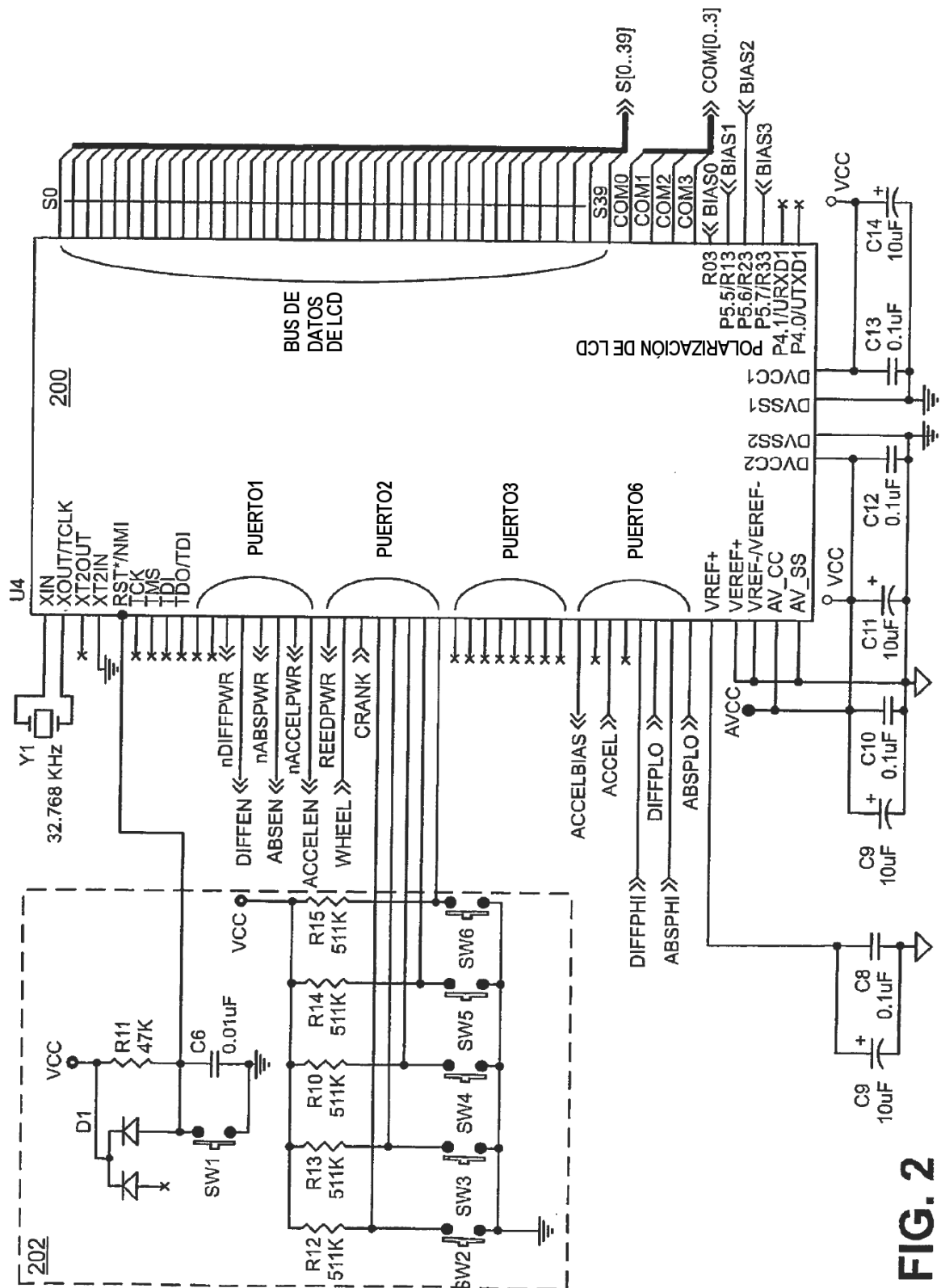


FIG. 1



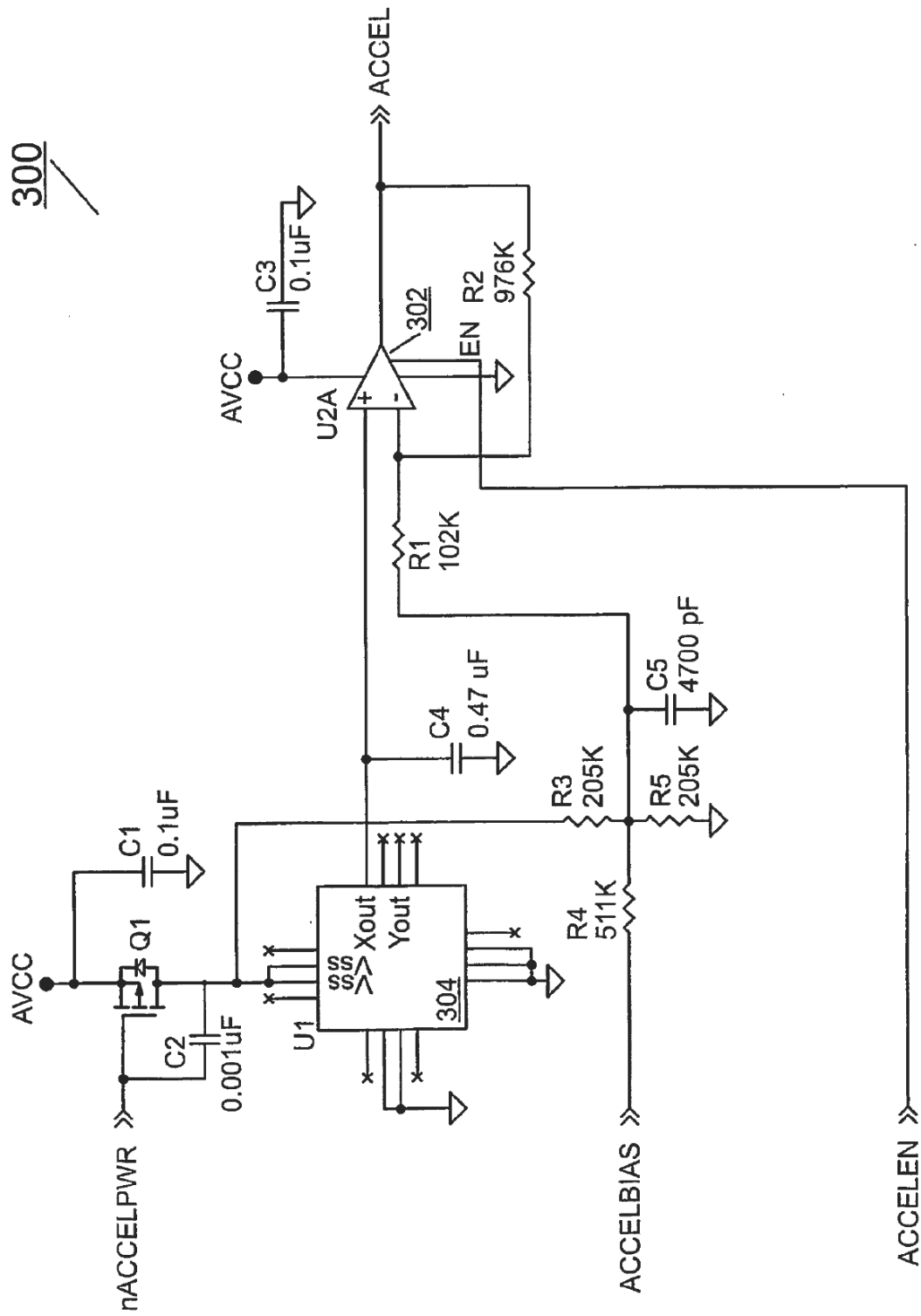


FIG. 3

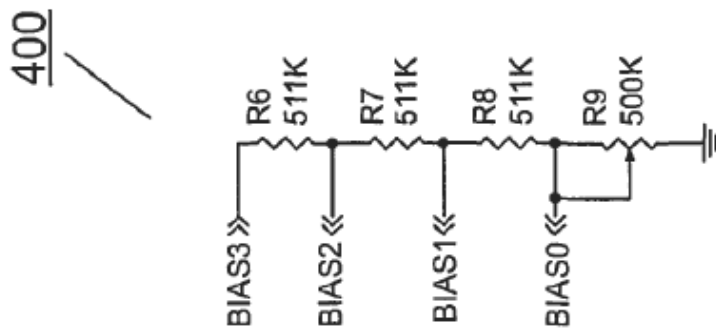


FIG. 4

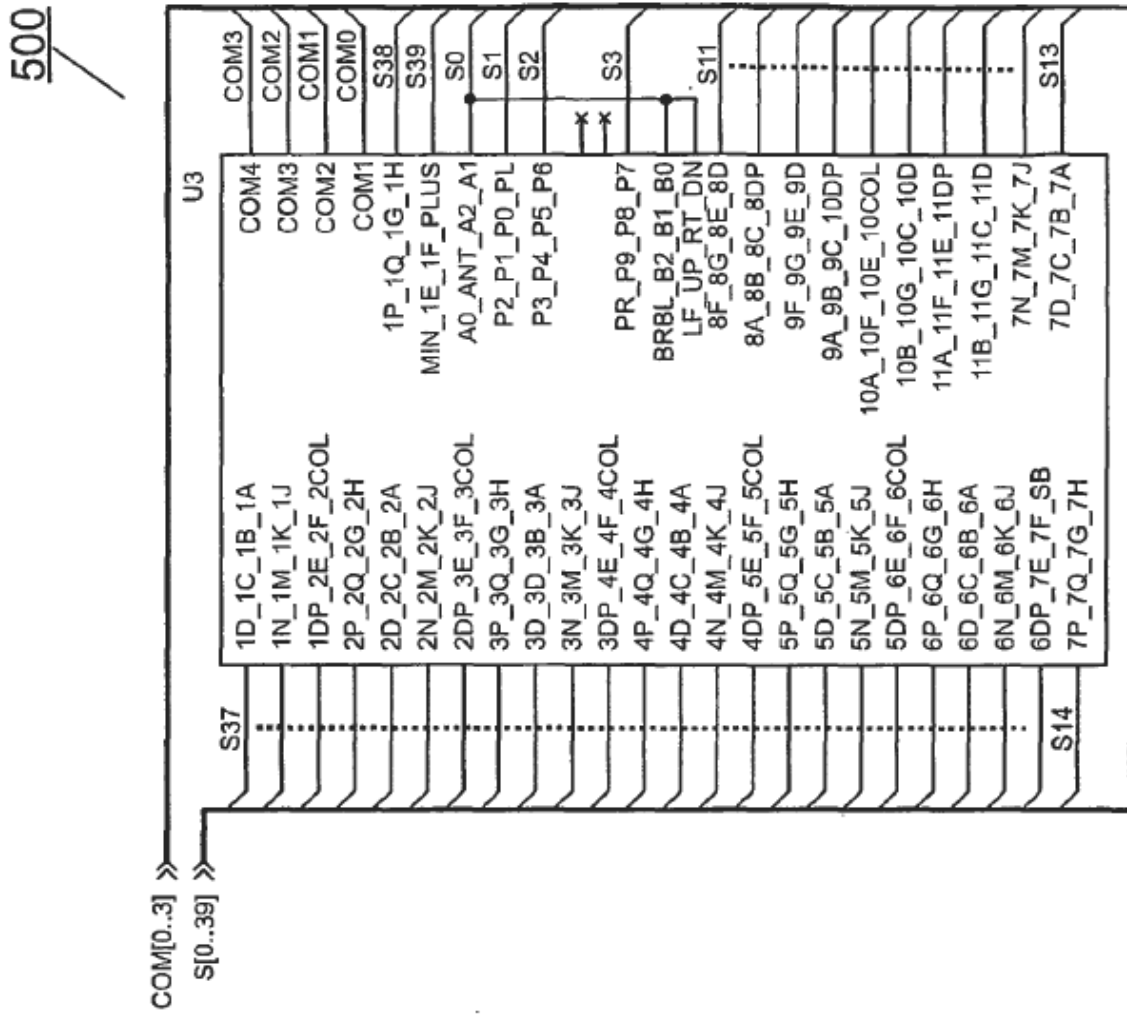


FIG. 5

600

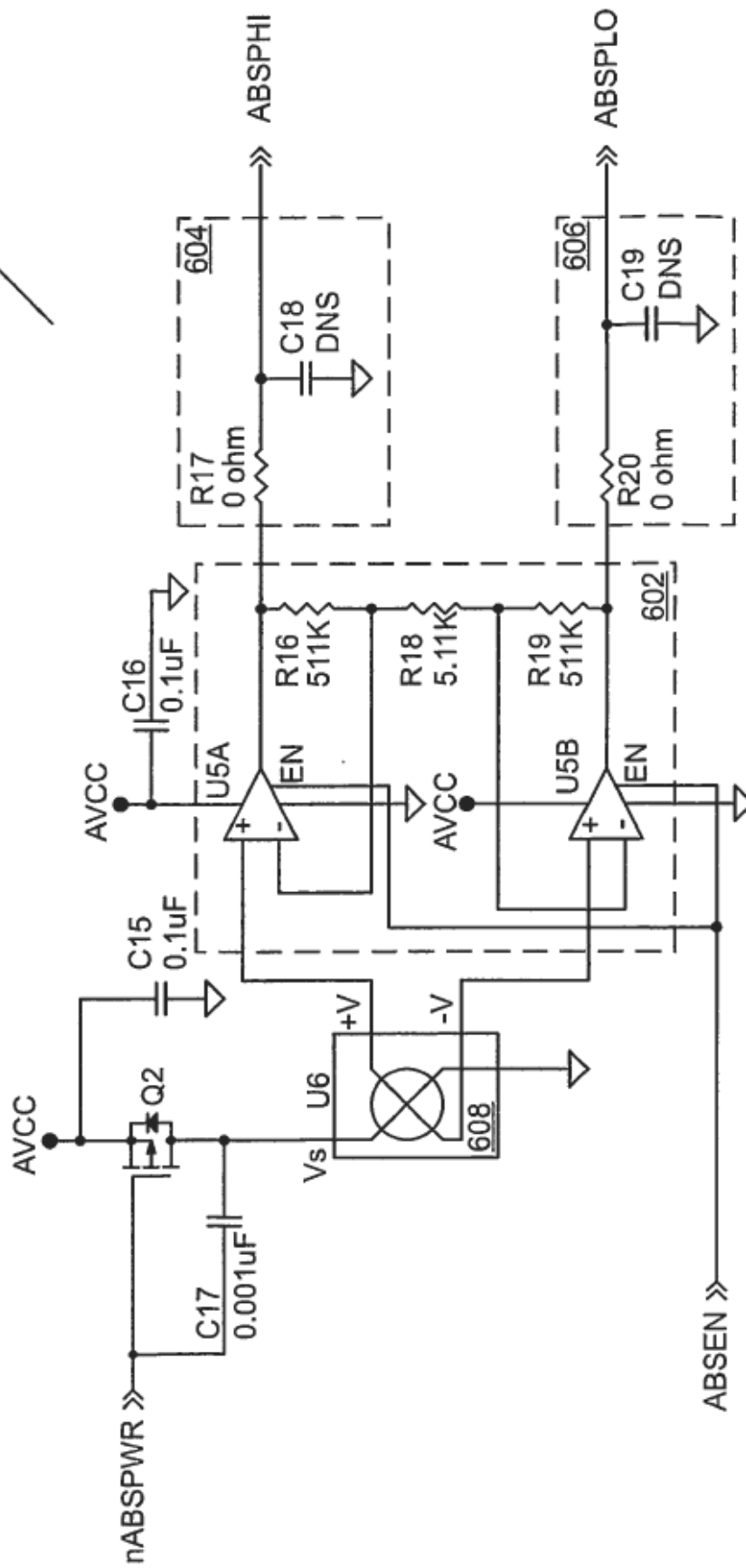


FIG. 6

700

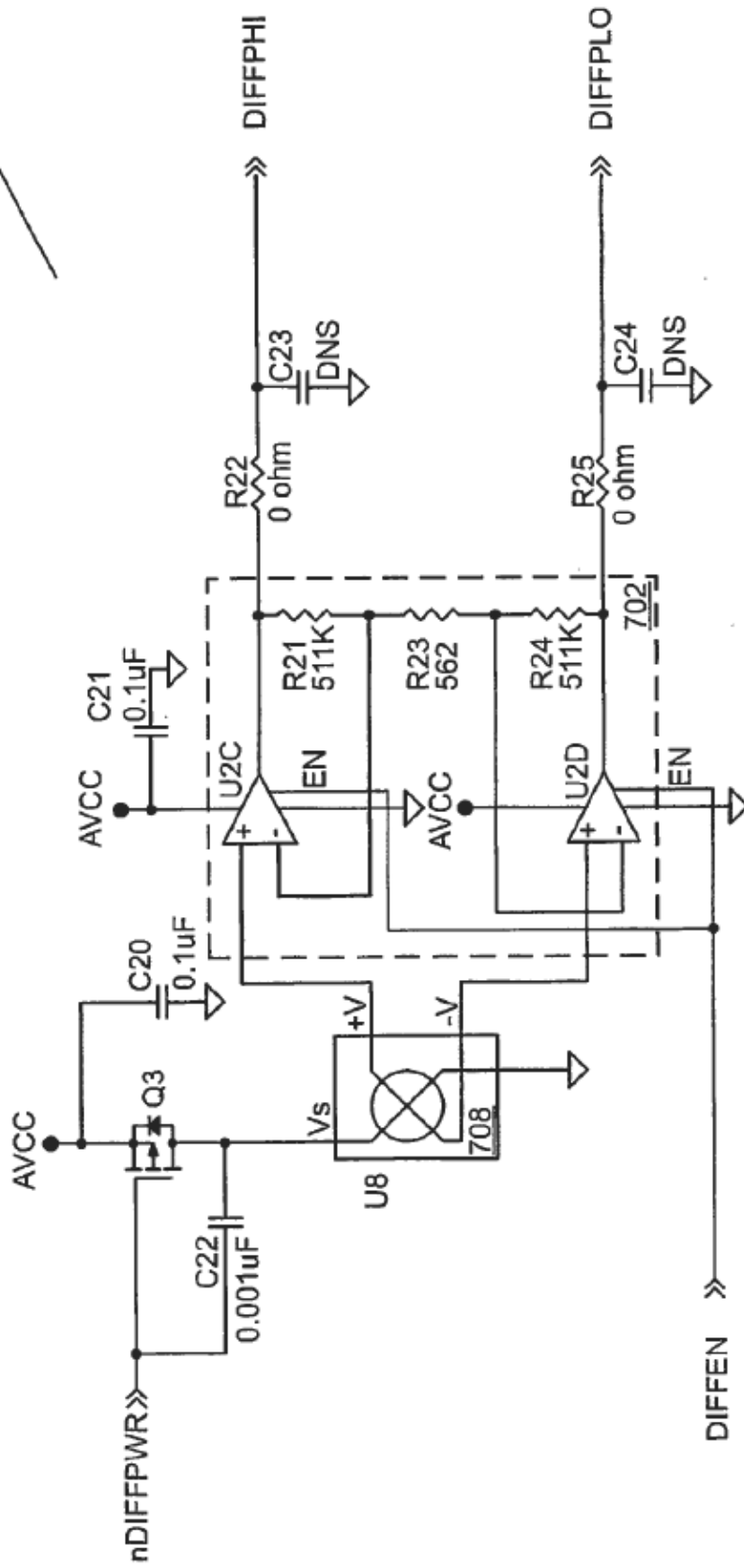


FIG. 7

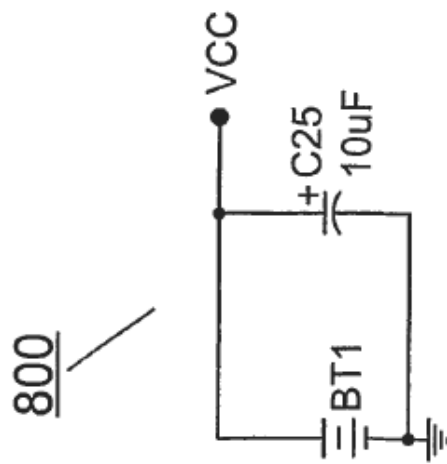


FIG. 8

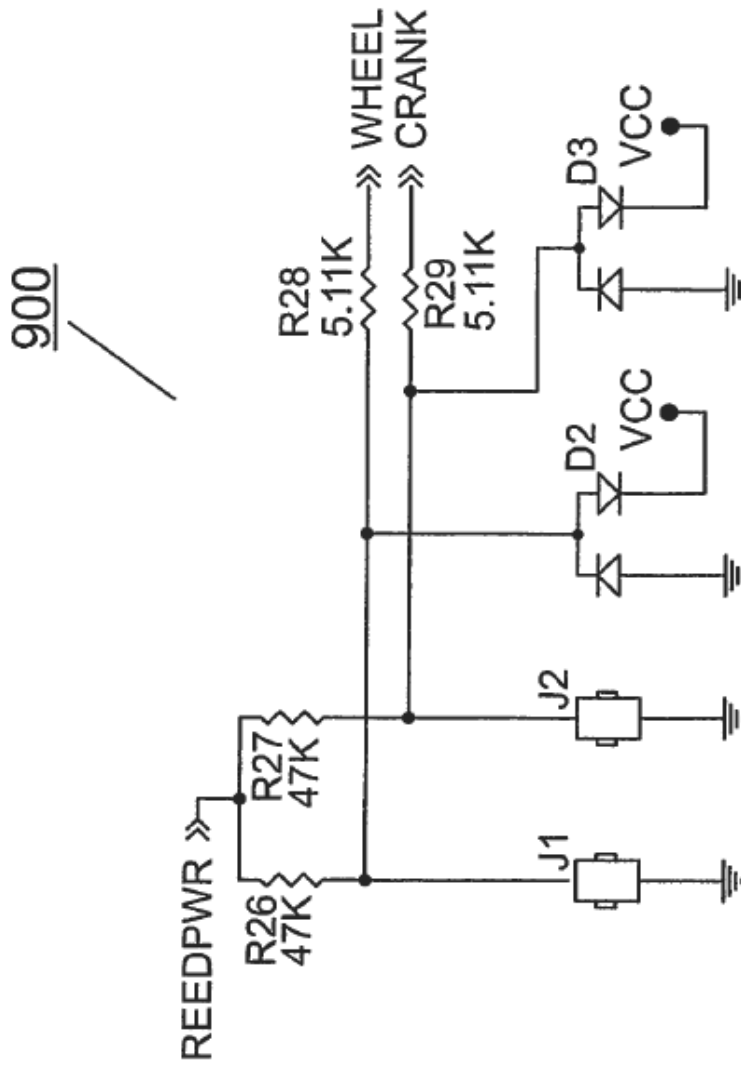


FIG. 9

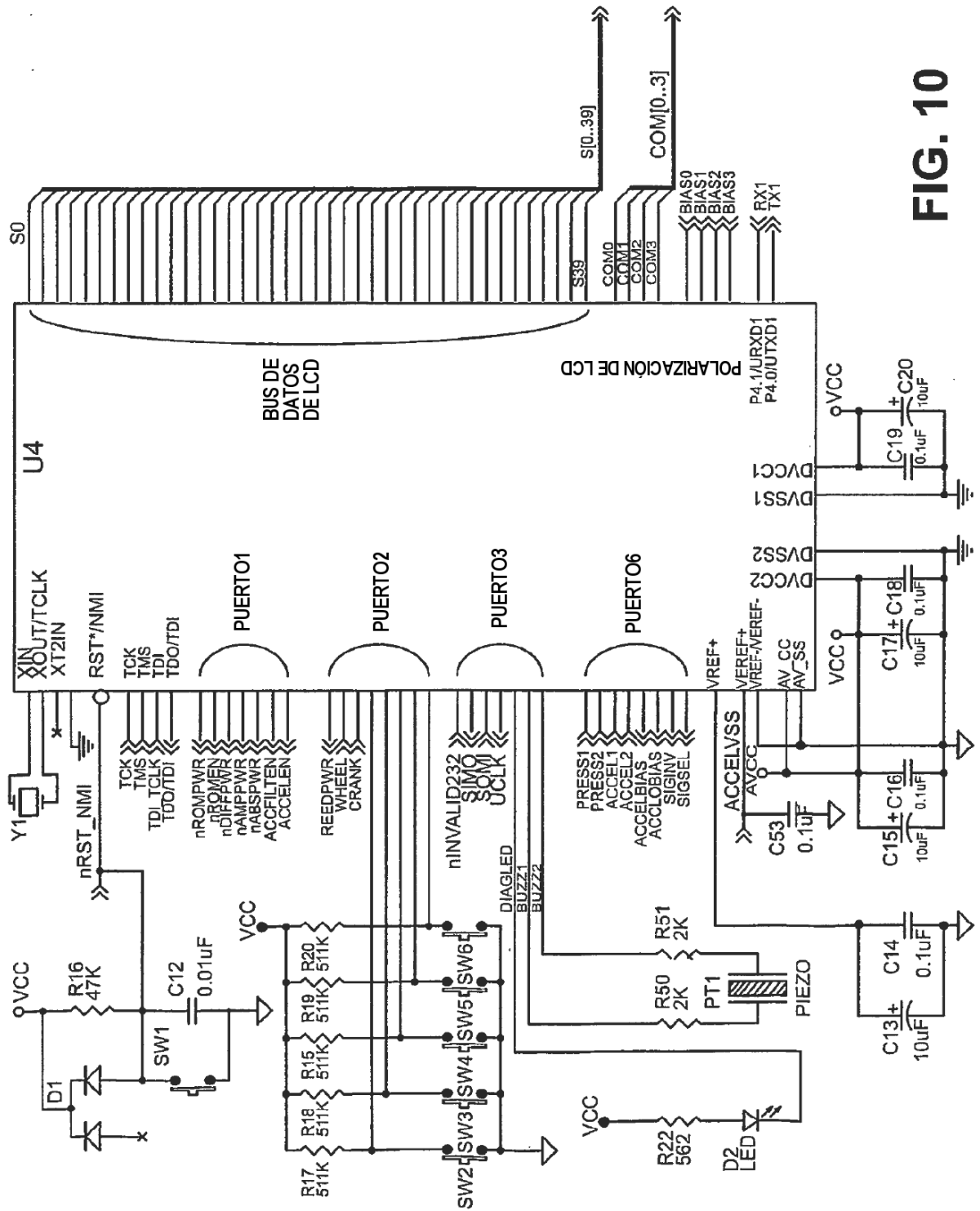


FIG. 10

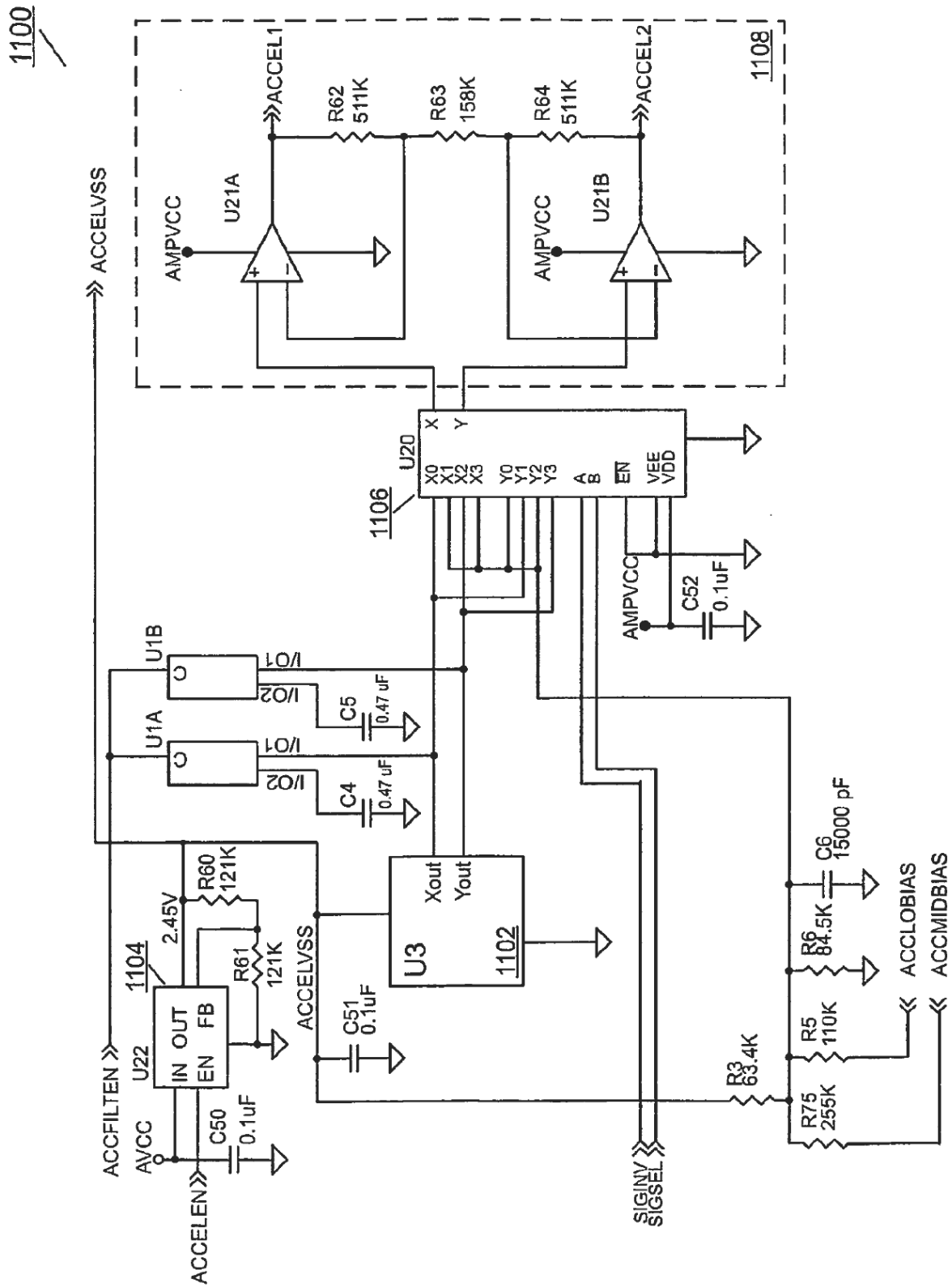


FIG. 11

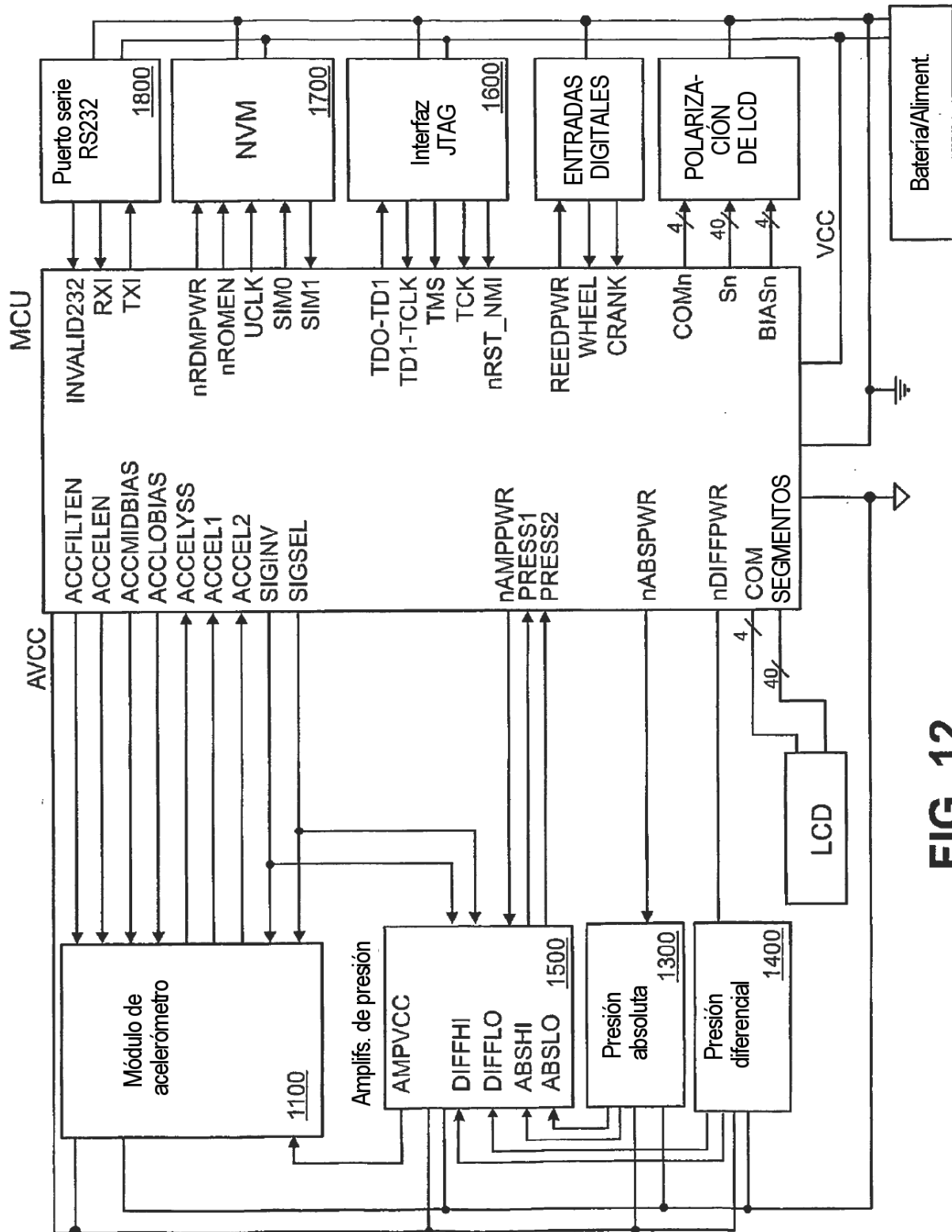


FIG. 12

1300 /

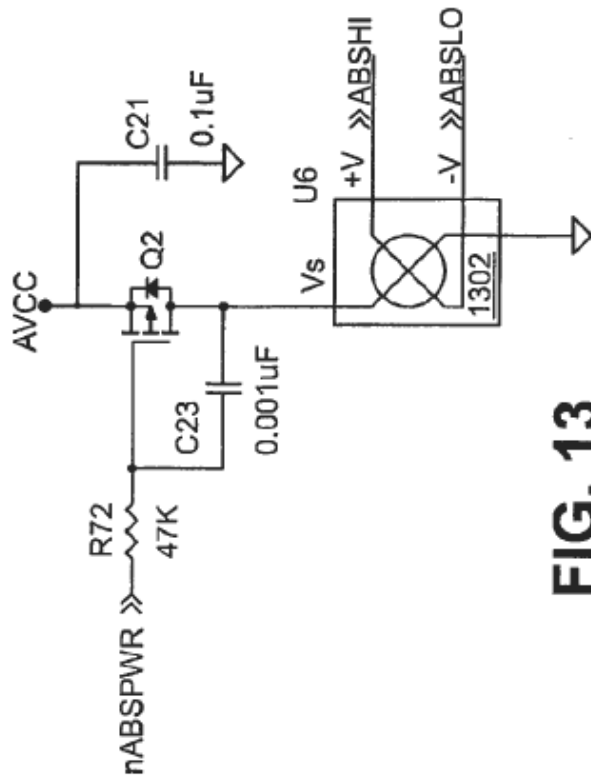


FIG. 13

1400 /

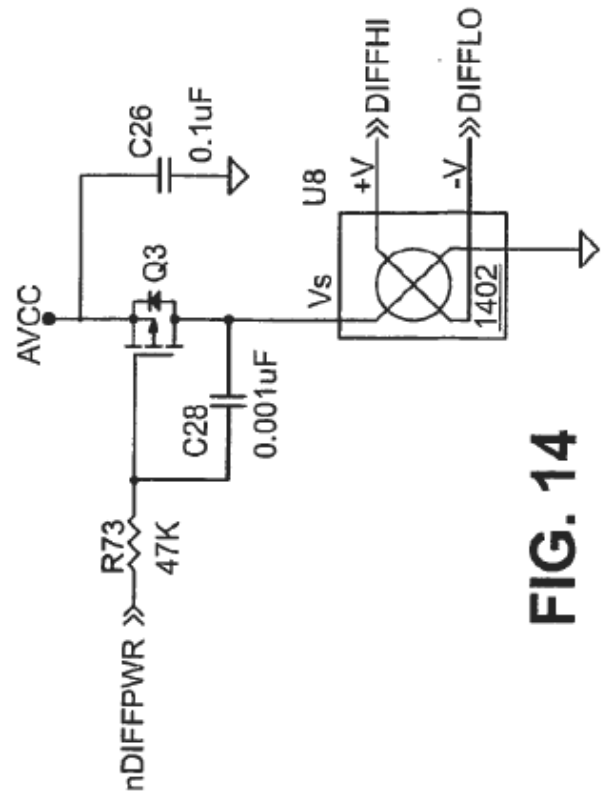


FIG. 14

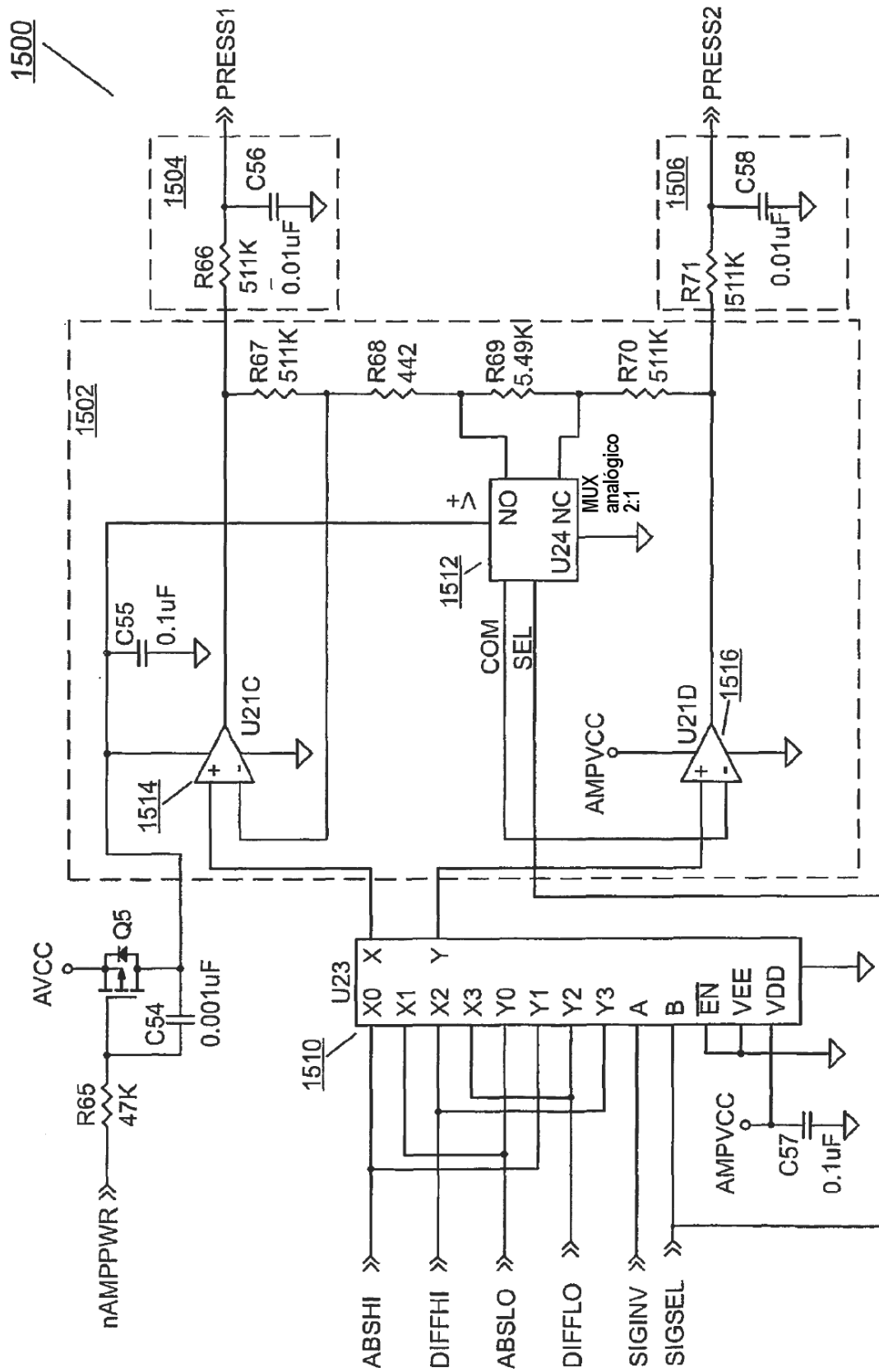
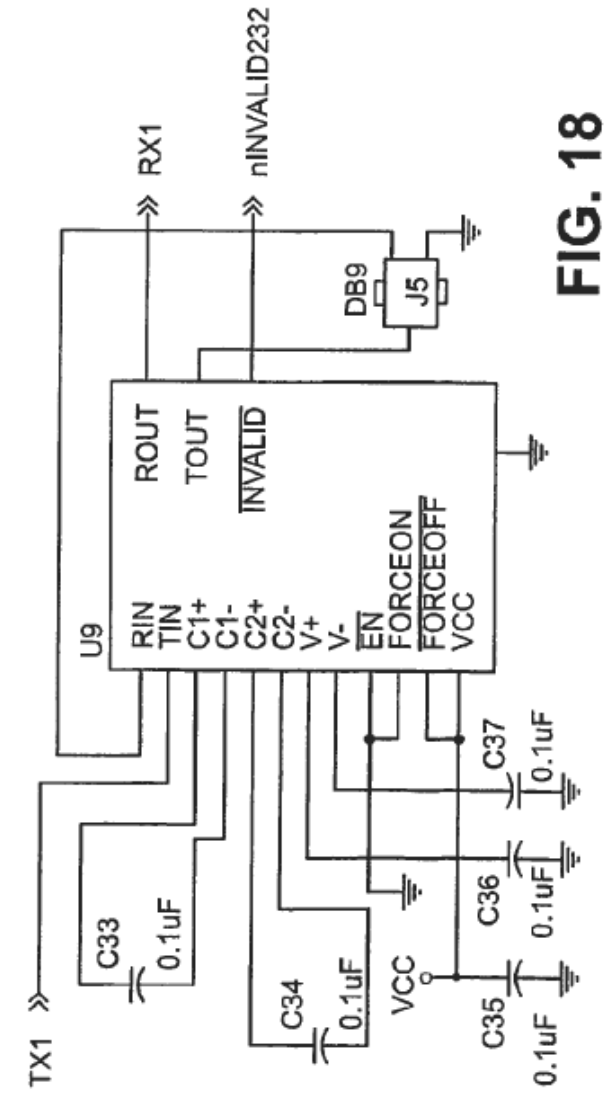
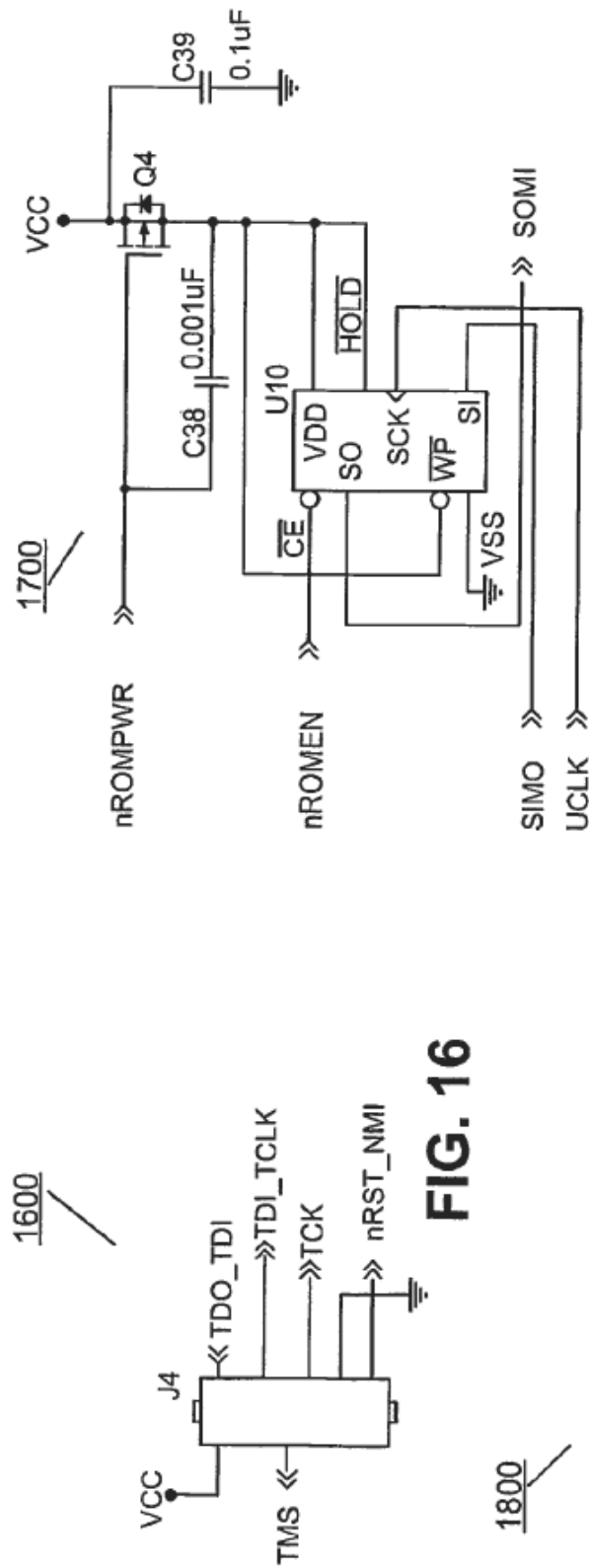


FIG. 15



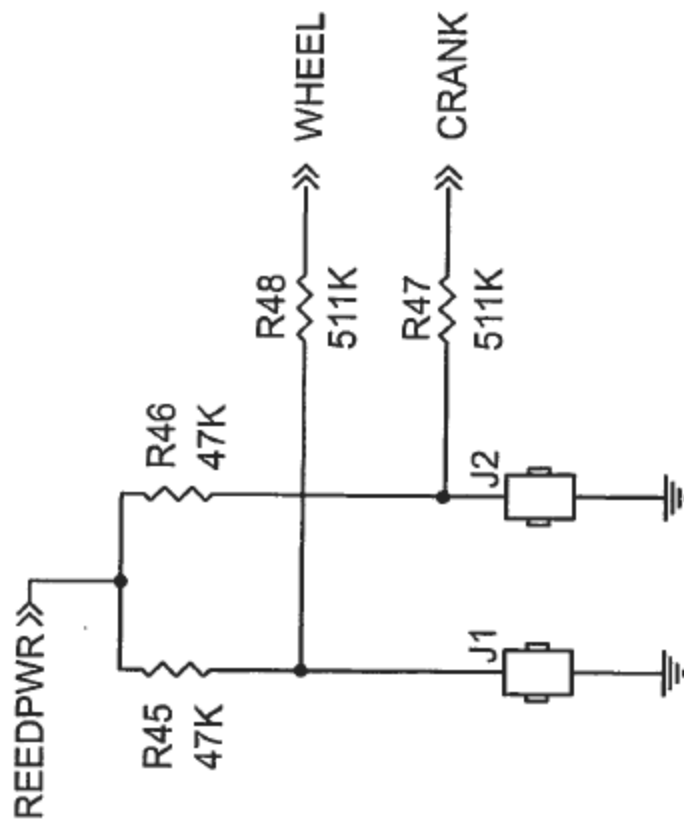


FIG. 19

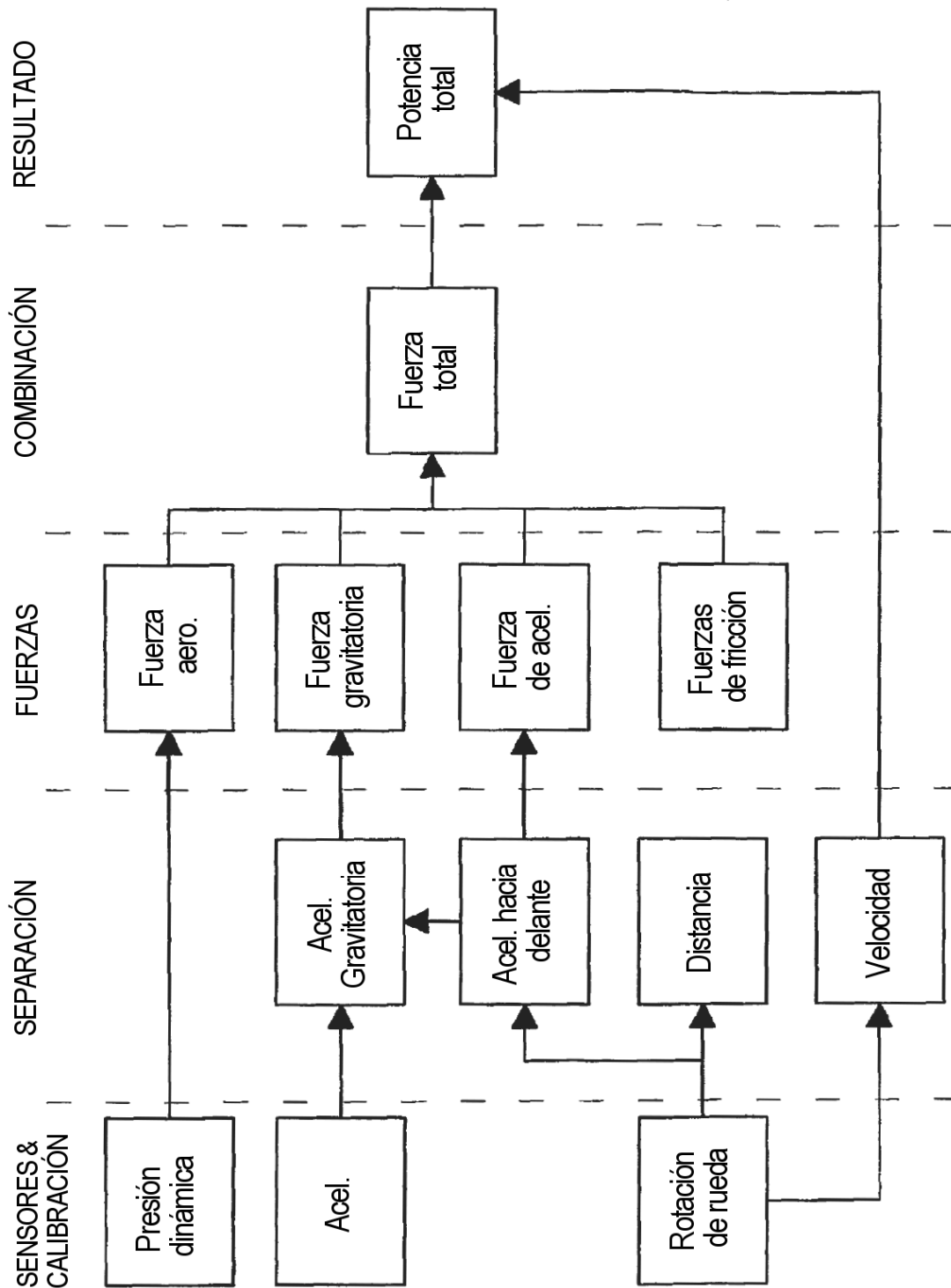


FIG. 20