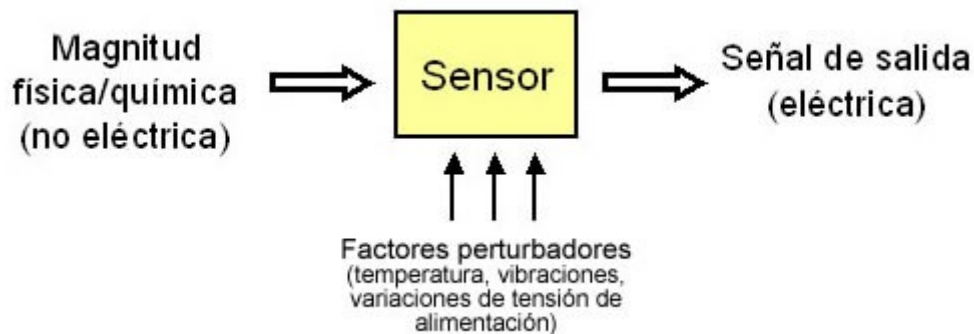


Sensores en el automóvil

Los automóviles actuales tienen una cantidad importante de sensores (de 60 a 70 sensores en algunos casos). Estos sensores son necesarios para la gestión electrónica del automóvil y son utilizados por las unidades de control (centralitas) que gestionan el funcionamiento del motor, así como la seguridad y el confort del vehículo.

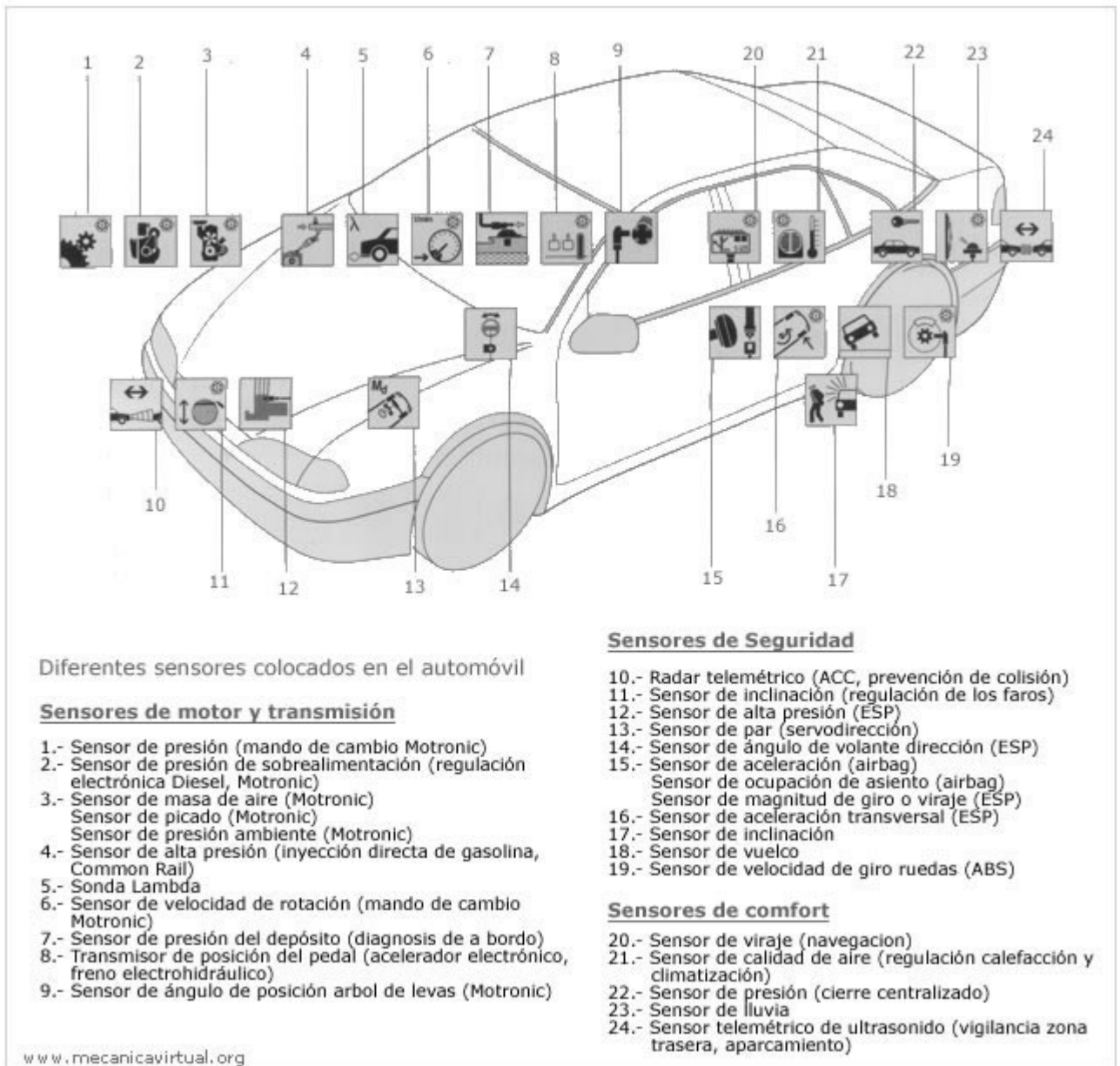
Definición

El sensor (también llamado sonda o transmisor) convierte una magnitud física (temperatura, revoluciones del motor, etc.) o química (gases de escape, calidad de aire, etc.) que generalmente no son señales eléctricas, en una magnitud eléctrica que pueda ser entendida por la unidad de control. La señal eléctrica de salida del sensor no es considerada solo como una corriente o una tensión, sino también se consideran las amplitudes de corriente y tensión, la frecuencia, el periodo, la fase o asimismo la duración de impulso de una oscilación eléctrica, así como los parámetros eléctricos "resistencia", "capacidad" e "inductancia".



El sensor se puede presentar como un "sensor elemental" o un "sensor integrado" este último estaría compuesto del sensor propiamente dicho más la parte que trataría las señales para hacerlas comprensibles por la unidad de control. La parte que trata las señales generadas por el sensor (considerada como circuitos de adaptación), se encarga en general de dar a las señales de los sensores la forma normalizada necesaria para ser interpretada por la unidad de control.

Existen un gran número de circuitos de adaptación integrados, a la medida de los sensores y ajustados a los vehículos respectivos.



Clasificación

Los sensores para automóviles pueden clasificarse teniendo en cuenta distintas características como son:

Función y aplicación

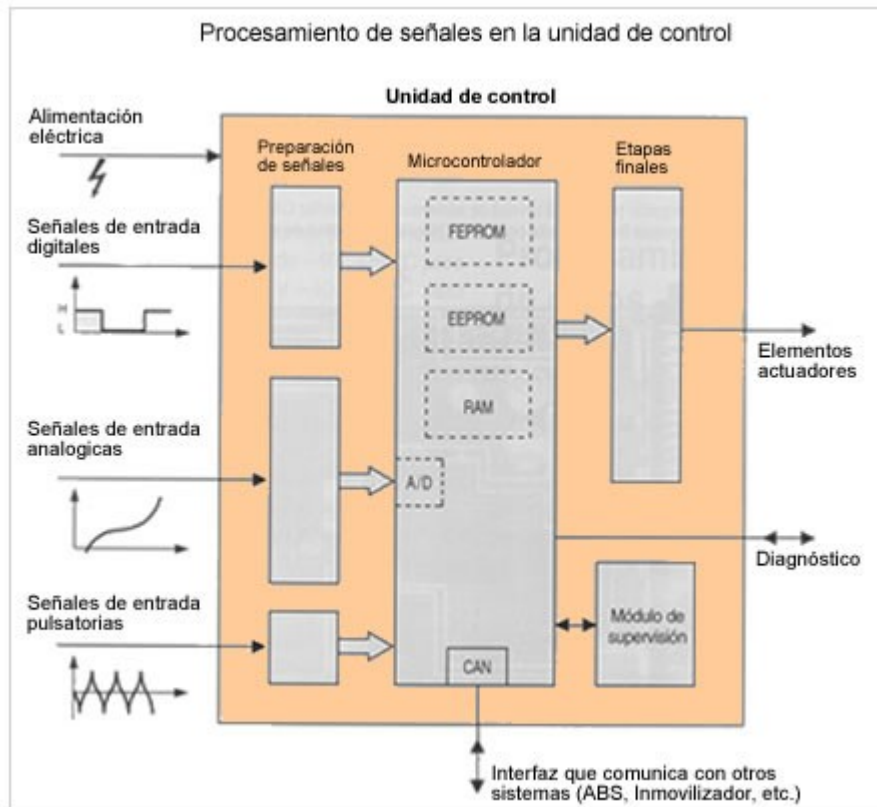
Según esta característica los sensores se dividen en:

- Sensores funcionales, destinados principalmente a tareas de mando y regulación
- Sensores para fines de seguridad y aseguramiento (protección antirrobo)
- Sensores para la vigilancia del vehículo (diagnóstico de a bordo, magnitudes de consumo y desgaste) y para la información del conductor y de los pasajeros.

Según la señal de salida

Teniendo en cuenta esta característica los sensores se pueden dividir en:

- Los que proporcionan una señal analógica (ejemplo: la que proporciona el caudalímetro o medidor de caudal de aire aspirado, la presión del turbo, la temperatura del motor etc.)
- Los que proporcionan una señal digital (ejemplo: señales de conmutación como la conexión/desconexión de un elemento o señales de sensores digitales como impulsos de revoluciones de un sensor Hall)
- Los que proporcionan señales pulsatorias (ejemplo: sensores inductivos con informaciones sobre el número de revoluciones y la marca de referencia)



Particularidades de los sensores del automóvil

A diferencia de los sensores convencionales, los utilizados en el sector del automóvil están diseñados para responder a las duras exigencias que se dan en el funcionamiento de los vehículos a motor, teniendo en cuenta una serie de factores como son los que se ven en la figura inferior:



Alta fiabilidad

Con arreglo a sus funciones, los sensores para el sector del automóvil se pueden ordenar en tres clases de fiabilidad según su importancia:

- Dirección, frenos, protección de los pasajeros
- Motor/cadena cinemática, tren rodaje/neumáticos
- Confort, diagnóstico, información y protección contra el robo.

Las exigencias más altas en el sector del automóvil se corresponden con las exigencias que se utilizan en los sectores de la aeronáutica y astronáutica.

La fiabilidad de los sensores es garantizada por técnicas de construcción que utilizan componentes y materiales sumamente seguros. Se procura la integración consecuente de los sistemas para evitar en lo posible conexiones separables y el riesgo de fallos en los mismos. Cuando es necesario, se emplean sistemas de sensores redundantes (sensores de igual función que, por razones de seguridad, efectúan mediciones paralelas).

Bajos costes de fabricación

Los automóviles actuales poseen a menudo de 60 a 70 sensores. Comparado estos sensores con otros utilizados en otros campos, tienen un reducido coste de fabricación. Estos costes pueden llegar a ser: hasta 100 veces inferior al coste de fabricación de sensores convencionales de igual rendimiento. Como excepción están los sensores que pertenecen a nuevas tecnologías que se aplican al automóvil, los costes iniciales de estos son normalmente más altos y van luego disminuyendo progresivamente.

Duras condiciones de funcionamiento

Los sensores se hallan en puntos particularmente expuestos del vehículo. Están sometidos por tanto a cargas extremas y han de resistir toda clase de esfuerzos:

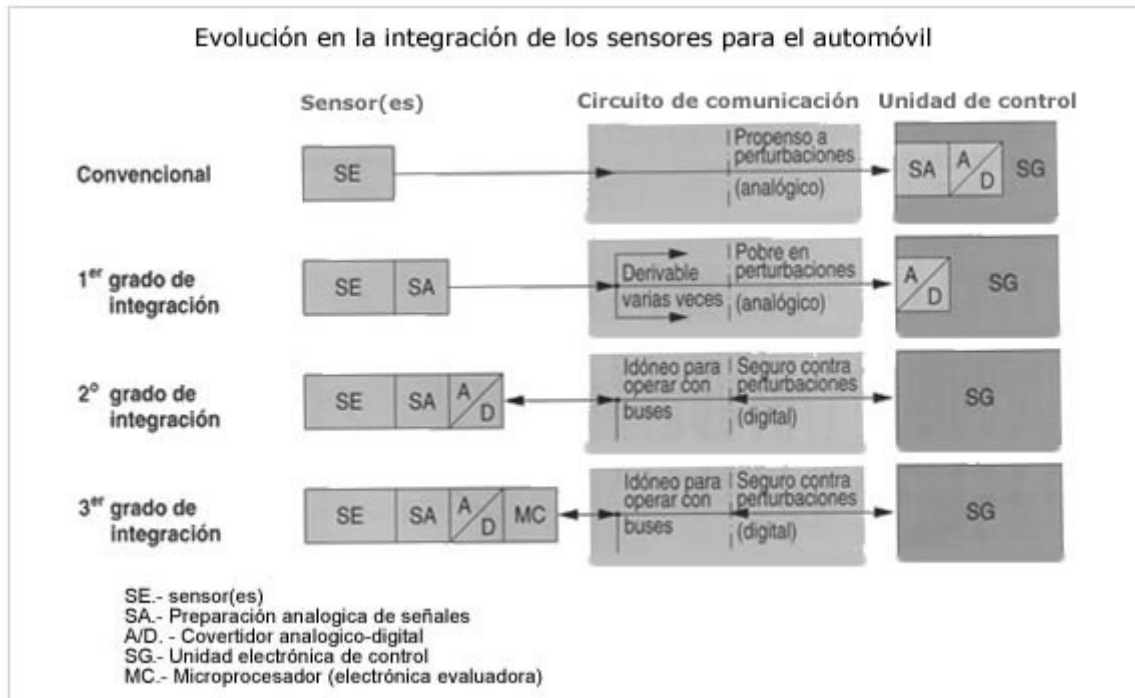
- Mecánicos (vibraciones, golpes)
- Climáticos (temperatura, humedad)
- Químicos (ejemplo: salpicaduras de agua, niebla salina, combustible, aceite motor, ácido de batería)
- Electromagnéticos (irradiaciones, impulsos parásitos procedentes de cables, sobretensiones, inversión de polaridad).

Por razones de eficacia los sensores se sitúan preferentemente en los puntos donde se quiere hacer la medición, esta disposición tiene el inconveniente de que el sensor está más expuesto, a interferencias de todo tipo, como las enumeradas anteriormente.

Alta precisión

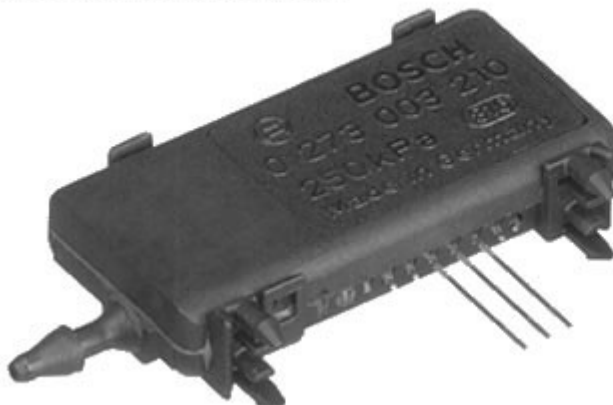
Comparada con las exigencias impuestas a los sensores de procesos industriales, la precisión requerida de los sensores del automóvil es, salvo pocas excepciones (ejemplo: sondas volumétricas de aire), mas bien modesta. Las tolerancias admisibles son en general mayor o igual a 1% del valor final del alcance de medición, particularmente teniendo en cuenta las influencias inevitables del envejecimiento.

Para garantizar la alta precisión, es suficiente de momento (hasta cierta medida) disminuir las tolerancias de fabricación y refinar las técnicas de equilibrado y compensación. Un avance importante vino con la integración híbrida o monolítica del sensor y de la electrónica de tratamiento de señales en el punto mismo de medición, hasta llegar a obtener circuitos digitales complejos tales como los convertidores analógico-digitales y los microordenadores.



Comparación en la evolución de dos sensores que cumplen la misma función

Sensor de presión atmosférica 1996

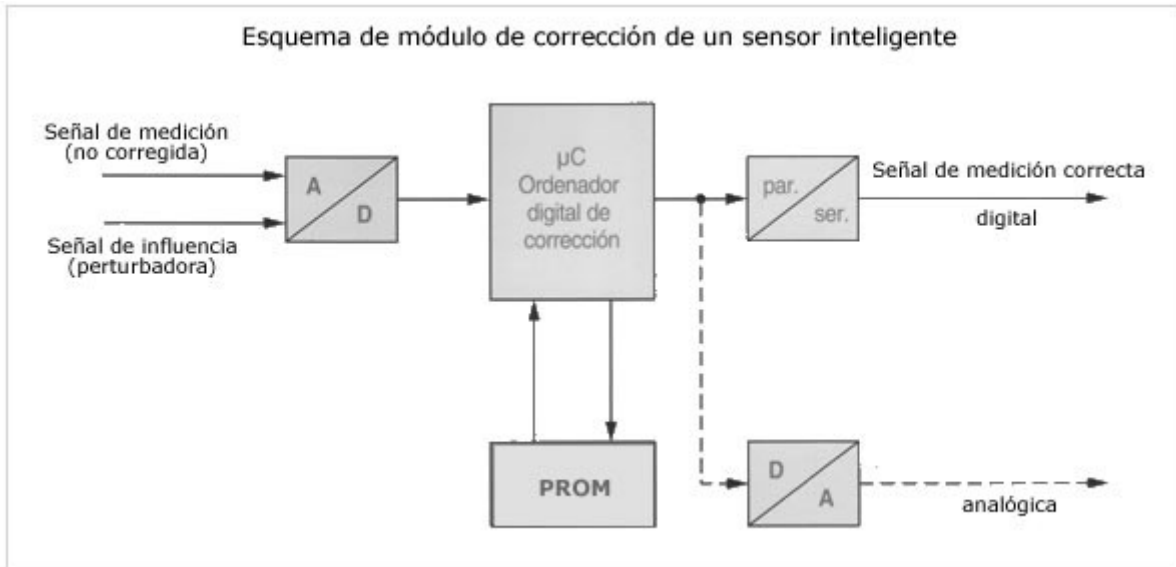


Sensor de presión atmosférica 1999



Los llamados "sensores inteligentes" utilizan hasta el máximo la precisión intrínseca del sensor y ofrecen las siguientes posibilidades:

- Alivio de la unidad de control.
- Interface uniforme, flexible y compatible con el Bus.
- Utilización de los sensores por varios sistemas.
- Aprovechamiento de efectos físicos de reducida amplitud, así como de efectos de medición de alta frecuencia (amplificación y demodulación en el mismo lugar).
- Corrección de divergencias del sensor en el punto de medición, así como equilibrado y compensación comunes del sensor y de su electrónica, simplificadas y mejoradas por memorización de las informaciones correspondientes en una memoria PROM.



Sensores en el automóvil

Sensores de posición (recorrido/posición angular)

Descripción general

Los sensores de posición sirven para detectar recorridos y posiciones angulares y son los sensores más utilizados en los vehículos motorizados. Desde hace tiempo se investiga para sustituir los sensores con contacto (cursor) por otros "sin contacto", que no estén sometidos a desgastes y por tanto ofrezcan una duración más larga y una mayor fiabilidad, pero esto es en teoría, en la realidad todavía se siguen usando sensores de cursor por motivos económicos y por que estos cumplen aun bien su tarea en diferentes puntos del automóvil.

A continuación tenemos una tabla donde se enumeran los puntos del automóvil donde se utilizan los sensores de posición, así como las magnitudes aproximadas de medición.

Magnitud de medición	Valor del campo de medición
Posición de la mariposa de un motor de gasolina	90°
Posición del pedal del acelerador/freno	30°

Recorrido y posición de la varilla de regulación de una bomba de inyección diesel en línea	21 mm
Posición angular del mecanismo de control del caudal de una bomba rotativa inyección Diesel	60°
Nivel de llenado del depósito de combustible	2050 cm
Carrera del actuador del embrague	50 mm
Distancia vehículo - vehículo o vehículo - obstáculo	150 m
Angulo de la dirección (volante)	$\pm 2 \times 360^\circ$ (± 2 vueltas)
Angulo respecto a sentido de marcha	360°
Angulo de inclinación	15°
Desplazamiento de plato sonda (caudal)	3090°
Recorrido de compresión de los elementos de suspensión	25 cm

Principios de medición

Para medir recorridos o posiciones angulares podemos utilizar sensores que utilicen sistemas basados en diferentes principios de medición como son:

- Sensores de potenciómetro
- Sensores inductivos
- Sensores magnetostáticos (efecto Hall)
- Sensores de propagación de ondas (ultrasonicos y electromagnéticos -radar-)

Sensores de potenciómetro

El potenciómetro de cursor utiliza como principio de medición la equivalencia existente entre la longitud de una resistencia alámbrica (en forma de cable o hilo) o de capa (en forma de pista) y su valor óhmico. Actualmente es el sensor de posición mas economico.

Para evitar sobrecargas, generalmente esta aplicada la tensión a la pista de medición a través de pequeñas resistencias en serie R_v (también para el calibrado del punto "cero" y el ajuste de la elevación). La forma dada al contorno de la pista de medición influye en el trazado de la curva característica. La conexión del cursor se efectua generalmente a través de la segunda pista de contacto de igual superficie, que tiene debajo una capa de material conductor de bajo ohmiaje.

Un bajo amperaje de la corriente de salida ($I_A < 1 \text{ mA}$) y un encapsulado a prueba de polvo contribuyen a reducir el desgaste y el falseamiento de los valores medidos. Un par de fricción óptimo formado por el cursor y la pista de cotacto constituye tambien una condición previa para un desgaste reducido; el cursor puede tener entonces la forma de una "cuchara" o de un "rascador" y disponer de una sola o de varias ramas, teniendo incluso la forma de una "escoba".

Las ventajas de estos sensores son:

- Estructura sencilla, facil de comprender
- Margen de medición elevado tanto en recorrido como en tensión a utilizar
- No se requiere electrónica de adaptación
- Buena resistencia a tensiones parasitas
- Amplia gama de temperaturas de funcionamiento (<250°C)
- Alta precisión (menor de 1% de desviación)
- Amplio campo de medición (cubre casi 360°)
- Ejecución de redundancia sin problemas
- Facilidad de calibrado (por laser, etc.)
- Montaje flexible (sobre superficie plana o curvada)
- Numerosos fabricantes

Desventajas:

- Desgaste mecánico, abraxión
- Errores de medición a causa de restos de abrasión
- Problemas en caso de utilizarlo dentro de un liquido
- Variación de la resistencia de contacto entre cursor y pista de medición
- Levantamiento del cursor en caso de fuertes aceleraciones o vibraciones
- Miniaturización limitada
- Producción de ruido

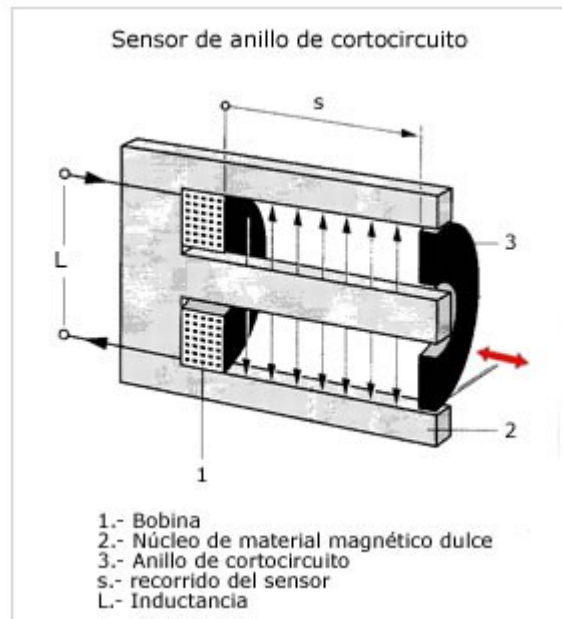
Ejemplos de sensores de potenciómetro:

- Potenciómetro de plato sonda (KE- y L-jetronic)
- Sensor de ángulo de mariposa (M-Motronic)
- Sensor de posición del pedal acelerador
- Sensor de nivel de combustible

Sensores inductivos

De todos los principios de medición de posición sin contactos, los sensores inductivos son particularmente insensibles a las perturbaciones y muy robustos. Las disposiciones de bobinas necesarias para esos sensores requieren sin embargo mucho mas espacio en comparación con los sensores micromecánicos, no facilitando por ejemplo. la realización de un montaje redundante (medición paralela). Además la conexión que requieren las bobinas constituye un factor poco favorable respecto a los costes y a la fiabilidad.

Dentro de los sensores inductivos tenemos los "sensores de anillo de cortocircuito". Estan formados por una bobina (1) con nucleo de material magnético dulce (2), generalmente chapeado, en forma de U o de E derecha o curvada. La placa móvil (3) es la que llamamos "anillo de cortocircuito" de material conductor como el cobre o aluminio, que puede desplazarse sobre uno o sobre todos los brazos del núcleo. Este tipo de sensor tiene un valor de inductancia alto y puede funcionar a bajas frecuencias (5 ... 50 kHz según el material y la forma). No es imprescindible que se utilicen circuitos electronicos de adaptacion de la señal en el mismo sensor.



Ejemplos de sensores de anillo de cortocircuito

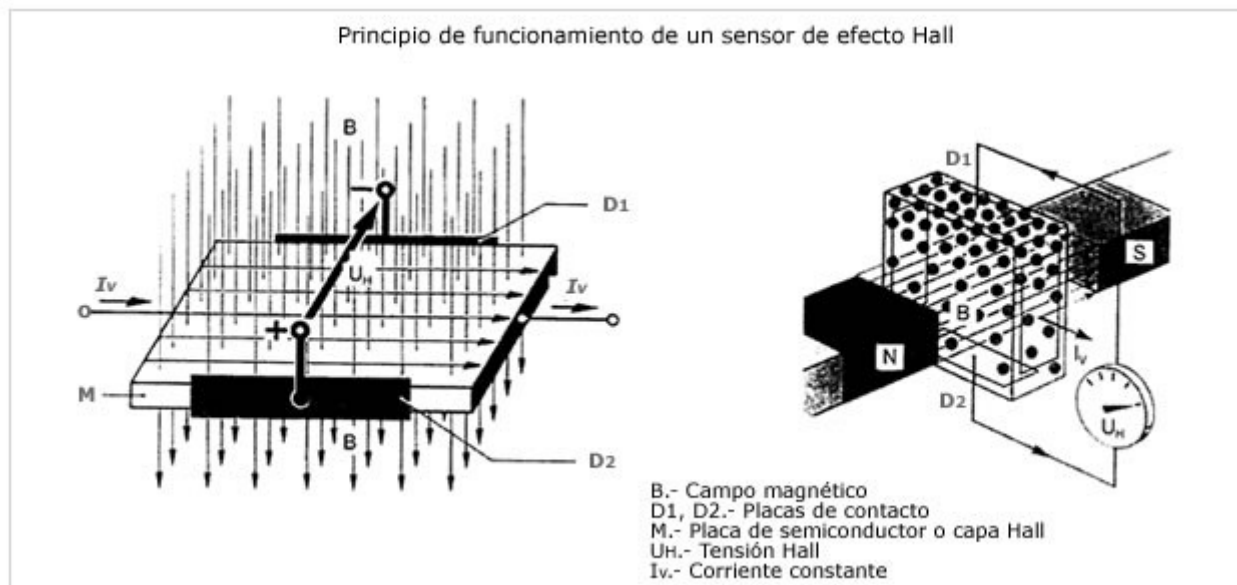
- Sensores del recorrido de regulación para detectar la posición de la varilla de regulación de las bombas de inyección Diesel en línea
- Sensor de ángulo en el mecanismo de control de caudal de las bombas rotativas de inyección Diesel.

Sensores magnetostáticos

Estos sensores sirven para medir un campo magnético de corriente continua. Al contrario de los sensores inductivos son mucho más apropiados para la miniaturización y se pueden fabricar económicamente con los medios de la tecnología de los microsistemas. Dentro de estos sensores los más extendidos son los galvanomagnéticos (efecto Hall, principalmente).

Los sensores de "efecto Hall" basan su funcionamiento en hacer pasar una corriente eléctrica a través de una placa Hall (M), en el sentido representado por I_v y a su vez se le somete a la acción de un campo magnético (B) cuyo flujo tenga sentido perpendicular a la corriente eléctrica, cuando se hace variar el flujo magnético aparece una tensión (UH) entre las placas de contacto (D1 y D2). Este efecto es particularmente acusado cuando la placa (M) sometida a la corriente eléctrica y la acción del campo magnético es de un material semiconductor.

Tanto las superficies conductoras situadas en los extremos (D1 y D2), como la placa de semiconductor, permanecen fijos sin someterse a movimiento alguno. El campo magnético (B) es creado por unos imanes permanentes, situados lateralmente sobre la capa de semiconductor. Puede cortarse este campo magnético mediante una pantalla apropiada, de manera que en algunos momentos la placa de semiconductor no esté sometida a él. La corriente I_v se mantiene constante por medio de una fuente de alimentación que se conecta a ambos laterales de la placa semiconductor.



Principio Hall diferencial

Aparte de los sensores Hall sencillos se aplican también elementos Hall diferenciales, Estos constan de dos elementos Hall desfasados entre si. Estos suministran una señal de salida que es proporcional a la diferencia de la densidad de flujo entre los dos lugares de medición. Las ventajas de la evaluación diferencial son un amplio margen de los entrehierros y una buena compensación de temperaturas. Los inconvenientes consisten en la dependencia de la posición de montaje y en la necesidad de una rueda transmisora de dos pistas para generar una señal en ambos elementos Hall.

Sensores de propagación de ondas

Para la medición de distancias en el automóvil se pueden utilizar diferentes metodos:

- Sensores acusticos (emision y recepción de impulsos ultrasonicos para medir el tiempo de propagación), zona de alcance de 0,55 m.
- Sensores opticos de triangulación o medición del tiempo de propagación mediante la luz del campo infrarrojo inmediato, zona de alcance medio de hasta 50 m, y la detección por radar electromagnético, zona de alcance de hasta 150 m.

Sensores acusticos (ultrasonicos)

Parecido al procedimiento de ecosondeo, los sensores emiten impulsos ultrasonicos de una frecuencia de aprox, 40 kHz y detectan el tiempo que tardan en llegar los impulsos de eco reflejados por obstaculos. La distancia que hay hasta el obstaculo mas cercano se calcula a partir del tiempo de propagación del primer impulso de eco llegado y de la velocidad del sonido en el aire de aprox, 340 m/s.

Sensores electromagnéticos

En su funcionamiento los sensores electromagnéticos (radar) imiten paquetes de ondas milimetricas, que son reflejadas por las superficies de metal o material de alta dielectricidad y son detectados de nuevo por el módulo receptor del radar. La duración y/o frecuencia de las señales recibidas es comparada con la de las señales emitidas. A fin de que la comparación pueda ser utilizada para las interpretaciones deseadas, el paquete de ondas que ha de ser emitido es conformado en función del transcurso frecuencia-tiempo (modulación). Los modos mas conocidos son la modulación de impulsos, en la que se forman impulsos de una dimensión de 10 30 ns, y la modulación de frecuencia, que en el momento de la emisión varia la frecuencia (momentanea) de las ondas en función del tiempo.

La señal recibida ha de ser demodulada para que pueda suministrar la información deseada. Si

se trata de una señal de modulación de impulsos, se mide el tiempo transcurrido entre la emisión y la recepción. La distancia puede ser determinada a partir de esta diferencia de tiempo y en relación con la velocidad de la luz (300.000 km/s). Si se trata de una modulación de frecuencia, la variación de la frecuencia tiene lugar durante la emisión.

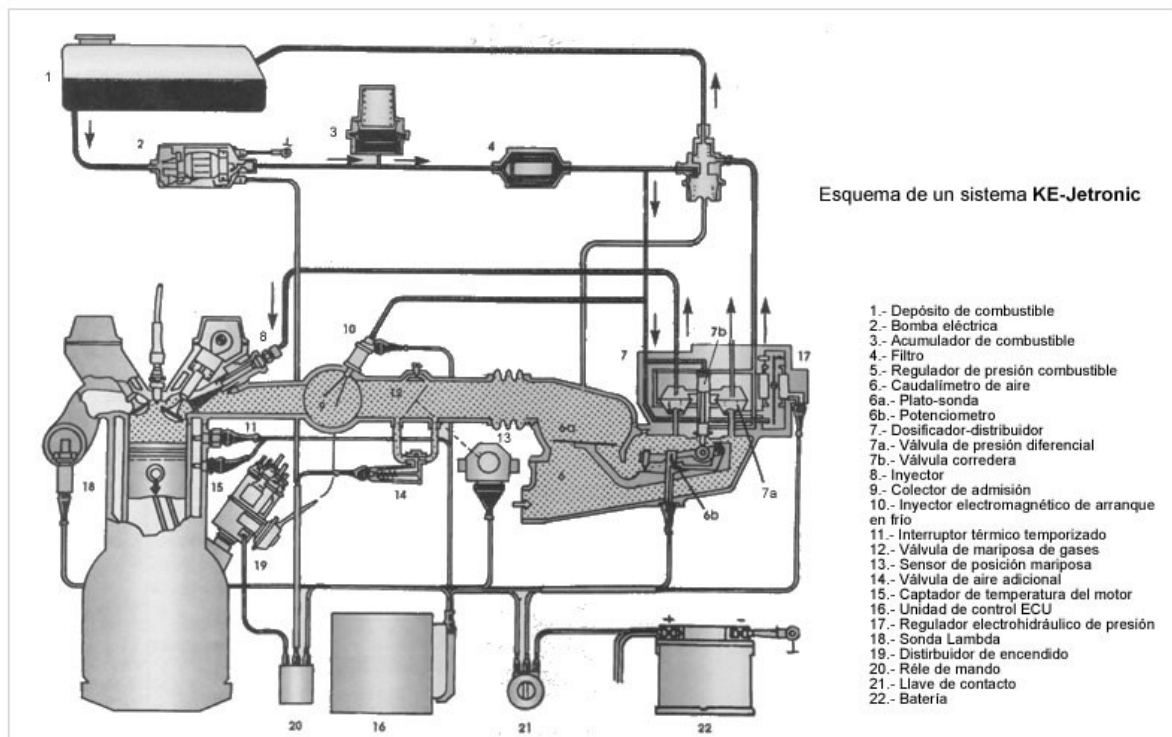
Sensores en el automóvil

Sensores de posición (recorrido/posición angular)

Potenciómetro de plato sonda

Aplicación

Un potenciómetro (posición 6b esquema inferior) detecta la posición (ángulo de giro) del plato sonda en el caudalímetro (6) del sistema de inyección electromecánico de gasolina KE-Jetronic. El movimiento de este plato sonda, que sólo sufre un retardo insignificante en relación con el movimiento de la mariposa, determina la velocidad de aceleración. Esta señal, que corresponde a la variación de la cantidad de aire aspirado en función del tiempo (o sea, aproximadamente a la potencia del motor), la suministra el potenciómetro del plato sonda a la unidad electrónica de control, que activa el actuador de presión electrohidráulico. En función del estado de funcionamiento del motor y de la señal de corriente condicionada por la unidad de control, el actuador de presión varía a su vez la presión en las cámaras de depresión de las válvulas de presión diferencial del distribuidor dosificador de combustible y, con ello, el caudal de combustible dosificado para las válvulas de inyección.

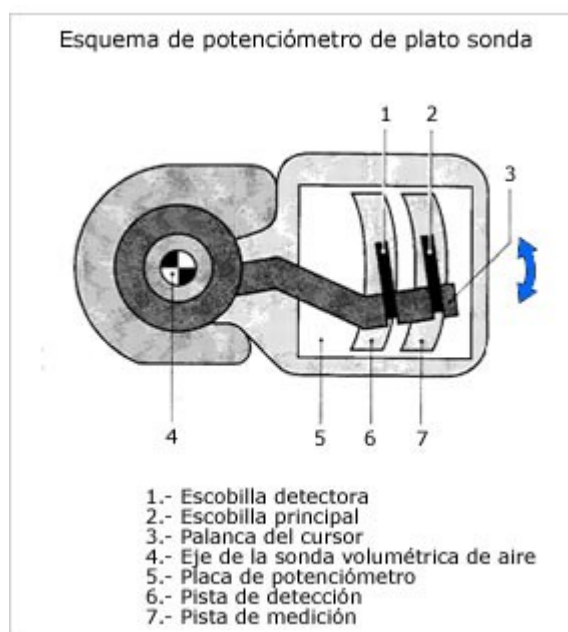


Estructura y funcionamiento

El potenciómetro de la sonda volumétrica de aire (figura inferior) está construido según la técnica multicapa sobre un sustrato cerámico (5). Se trata de un sensor angular potenciométrico que aprovecha para la medición la proporcionalidad existente entre la longitud de una resistencia de capas (pista conductora) y su valor óhmico. La curva característica del potenciómetro no es lineal, a causa de la variación del ancho de la pista. Por ello la señal de aceleración presenta su amplitud máxima en el caso de un movimiento partiendo de la posición de ralentí. Ella disminuye a medida que aumenta la potencia del motor.

Un cursor de escobilla se desliza sobre la pista del potenciómetro. La escobilla se compone de varios alambres muy finos soldados a una palanca. Los diversos alambres ejercen una presión reducida sobre la pista resistiva, siendo el desgaste por tanto extremadamente bajo. Merced al gran número de finos alambres, el cursor garantiza un buen contacto eléctrico incluso en caso de ser rugosa la superficie de la pista y de producirse movimientos muy rápidos. La palanca del cursor (3) está sujeta al eje de la palanca (4) del plato sonda. Ella está aislada eléctricamente de este eje. La tensión del cursor la toma un segundo cursor de escobilla, que está unido eléctricamente con el cursor principal.

El cursor puede salir hasta más allá del campo de medición por ambos lados, estando descartado por tanto un deterioro en caso de reflujos repentinos de la corriente de aire en el tubo de admisión. Una resistencia eléctrica fija, realizada asimismo en técnica multicapa, está conectada en serie al cursor para proteger el potenciómetro contra cortocircuitos.

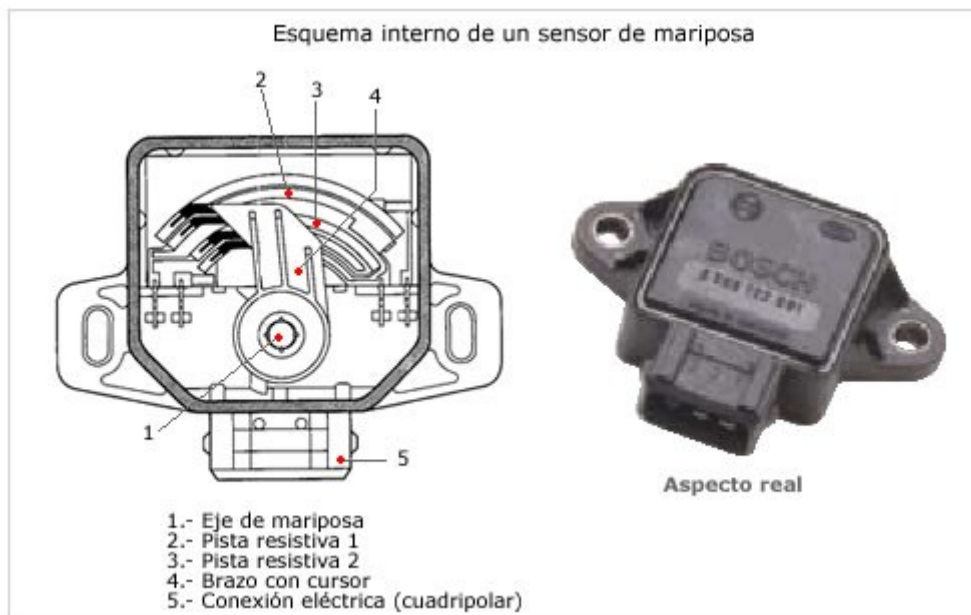


Sensor de mariposa

Aplicación

Este sensor detecta el ángulo de giro de la mariposa de aire del motor de gasolina. Los motores equipados con el sistema monopunto (Mono Motronic) disponen así de una señal de carga secundaria que es utilizada entre otras cosas como información adicional para funciones dinámicas, para identificar el régimen de funcionamiento (ralentí, carga parcial, plena carga) y como señal de marcha de emergencia en caso de fallar el sensor de carga principal (medidor de masa de aire). Para el empleo del sensor de mariposa como sensor de carga principal se consigue la precisión necesaria mediante dos potenciómetros para dos campos angulares. El par motor exigido lo ajusta el sistema Mono Motronic mediante la mariposa de aire. Para comprobar si la mariposa ocupa la posición calculada, un sensor adecuado evalúa la posición

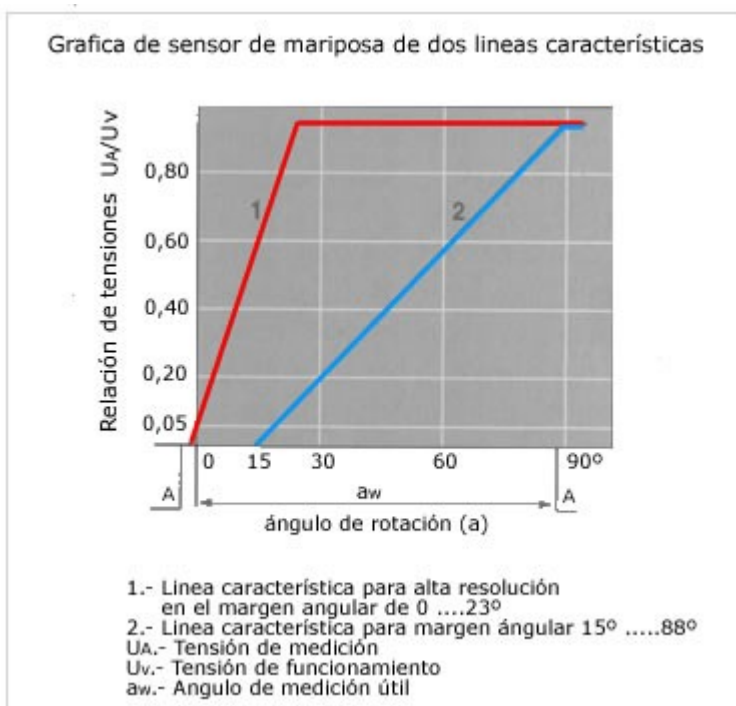
de la mariposa (regulación de la posición). Para asegurar el funcionamiento, este sensor posee dos potenciómetros que trabajan en paralelo (redundancia) y con tensión de referencia separada.



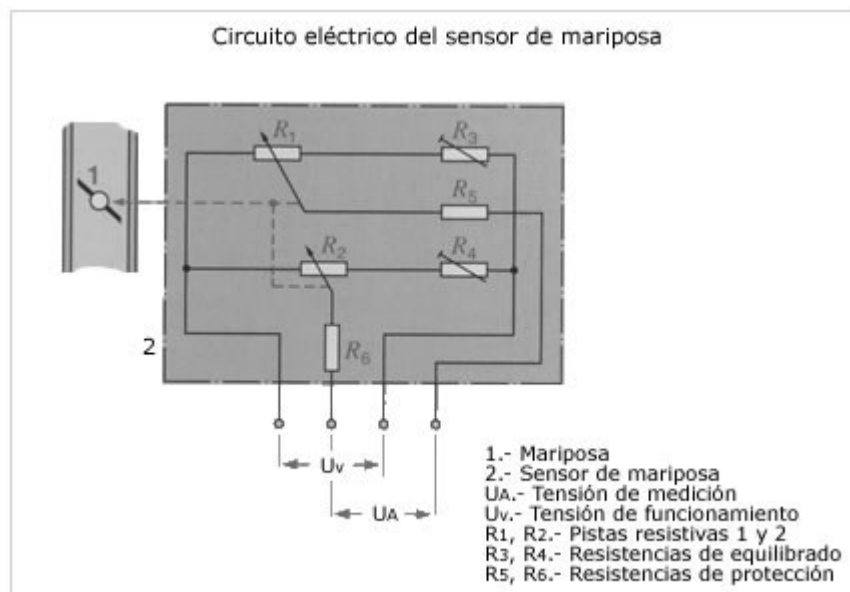
Estructura y funcionamiento

El sensor de mariposa es un sensor angular potenciométrico de una (o dos) curva(s) características lineales.

Los cursores fijados en el brazo detector sujeto al árbol de la mariposa se deslizan a lo largo de las pistas resistivas correspondientes. El ángulo de giro de la mariposa es convertido así en una relación de tensiones U_A/U_V proporcional a este ángulo, siendo la tensión de funcionamiento $U_V = 5\text{ V}$. La conexión del cursor se efectúa generalmente a través de una segunda pista de contacto de igual superficie, que tiene debajo una capa de material conductor de baja impedancia.



Como protección contra sobrecargas, está aplicada la tensión a la pista de medición a través de pequeñas resistencias en serie (también para el calibrado del punto cero y de la inclinación de la característica), ver en la figura inferior. Una variación del ancho de la pista de medición (incluso en secciones) repercute en la forma de la curva característica.



Sensores de anillos de cortocircuito semidiferencial

Aplicación

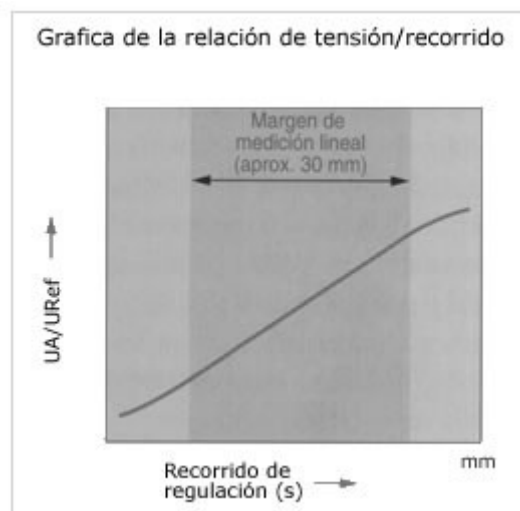
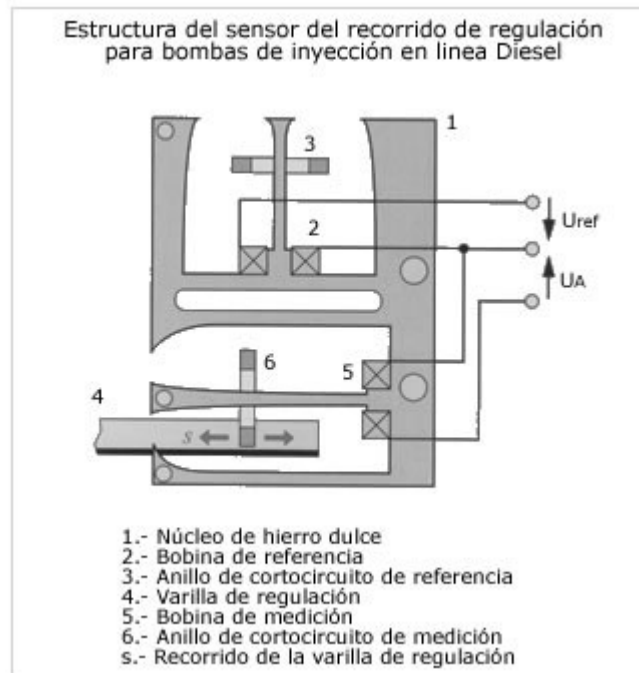
Los sensores de anillos de cortocircuito semidiferencial (sensores inductivos) son sensores de posición para la detección de recorridos o ángulos. Estos sensores, llamados también transmisores de cortocircuito semidiferencial, son muy precisos y robustos. Se emplean como:

- sensor del recorrido de regulación para detectar la posición de la varilla de regulación de las bombas de inyección Diesel en línea
- sensor de ángulo en el mecanismo de control de caudal de las bombas rotativas de inyección Diesel.

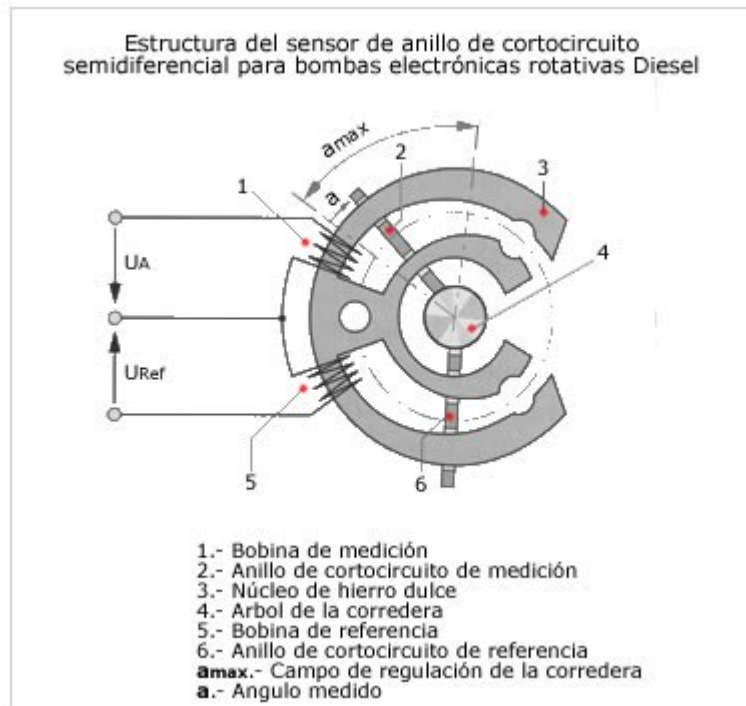
Estructura y funcionamiento

Los sensores (figuras inferiores) consisten en un núcleo de hierro dulce chapeado (formado por chapas). En sendos brazos del núcleo hay fijadas una bobina de medición y una bobina de referencia.

Cuando fluye corriente alterna a través de las bobinas procedente de la unidad de control, se generan campos magnéticos alternativos. Los anillos de cortocircuito de cobre que encierran el brazo respectivo del núcleo de hierro dulce protegen estos campos magnéticos. El anillo de cortocircuito de referencia está fijo, mientras que el anillo de cortocircuito de medición está sujeto a la varilla de regulación o al árbol de la corredera de regulación (recorrido de regulación "s" o ángulo de variación "a").



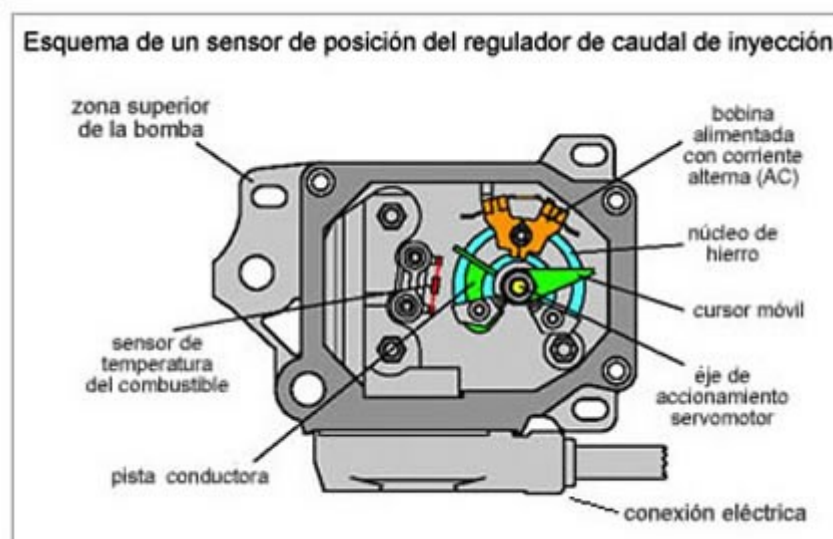
Con el desplazamiento del anillo de medición se modifica el flujo magnético y con él la tensión en la bobina, ya que la unidad de control mantiene la corriente constante (corriente aplicada). Un circuito de evaluación conforma la relación entre tensión de salida U_A y tensión de referencia U_{Ref} . Esta relación es proporcional a la desviación del anillo de medición y puede ser evaluada por la unidad de control. La pendiente de esta curva característica se puede ajustar combando el anillo de referencia, y el punto cero, mediante la posición normal del anillo de medición.

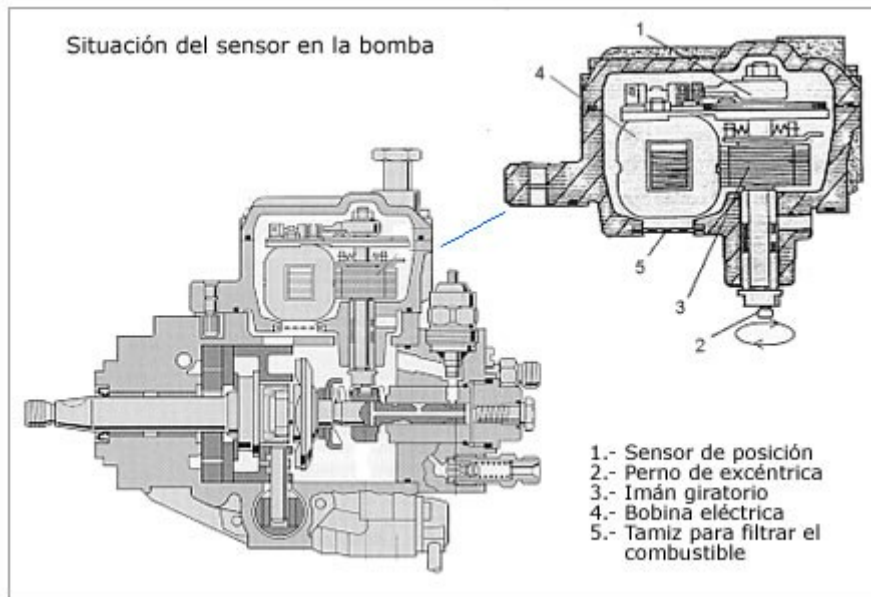


En la figura inferior tenemos un ejemplo de la aplicación de este tipo de sensores:

El sensor de posición en las bombas electrónicas rotativas de inyección Diesel es un transductor inductivo sin contactos, conocido como HDK o anillo semidiferencial. Esta constituido por una bobina circundada por un núcleo de hierro móvil, que se encuentra unido al eje del servomotor.

Al lado del sensor de posición se encuentra el sensor de temperatura de combustible dentro de la bomba de inyección.

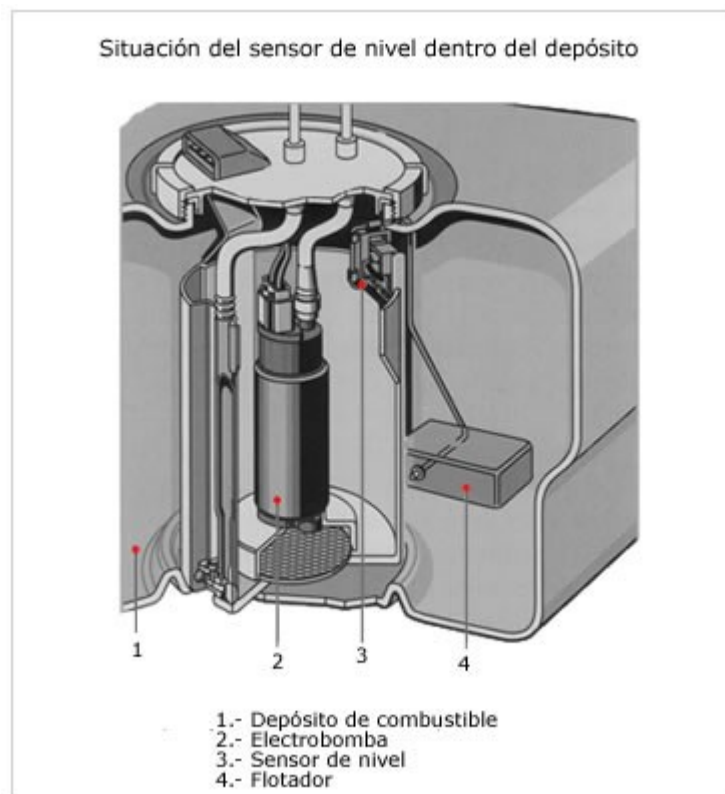




Sensor de nivel de combustible

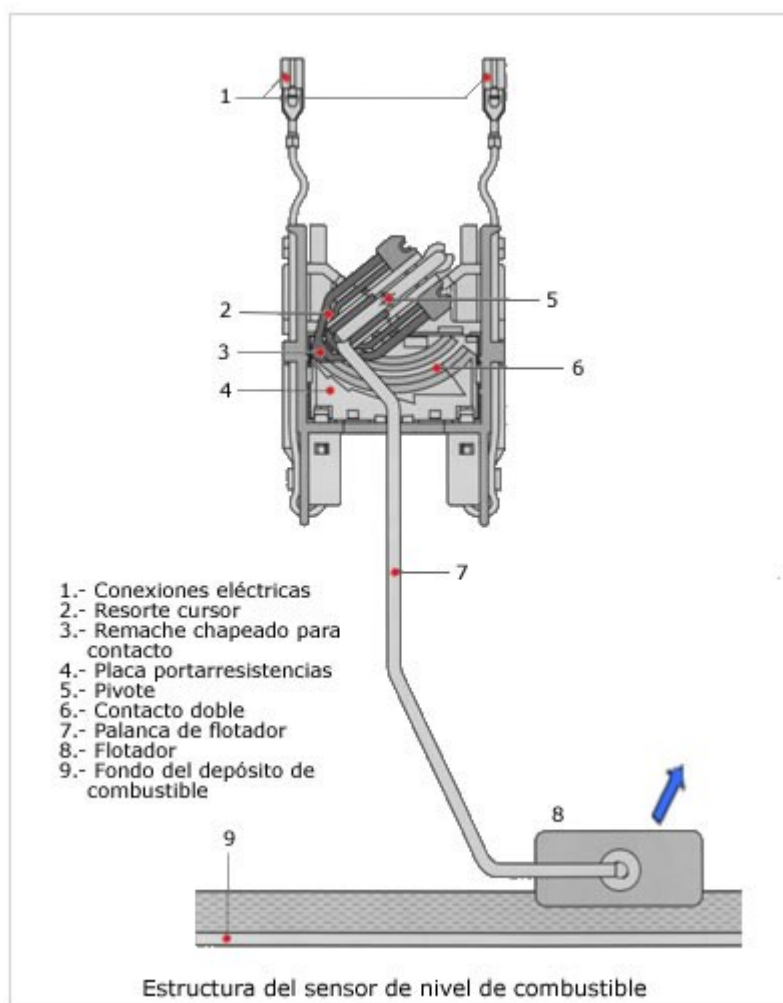
Aplicación

La tarea de este sensor es detectar el nivel actual de llenado del depósito de combustible y transmitir una señal correspondiente a la unidad de control y/o al instrumento indicador en el cuadro de instrumentos del vehículo. Junto con la electrobomba de combustible, el filtro de combustible, etc., este sensor constituye una parte integrante de las unidades que están montadas en los depósitos de gasolina o gasóleo y aseguran la alimentación fiable del motor.



Estructura

El sensor de nivel (figura inferior) consta de un potenciómetro encapsulado estanco al combustible y conectado en forma de resistencia variable, un brazo cursor (resorte cursor), conductores impresos (contacto doble), una placa portarresistencias y conexiones eléctricas. La palanca en cuyo extremo se encuentra el flotador (orientable o fijo, en función de la aplicación) de nitrófilo resistente al combustible, está fijada en el eje giratorio (pivote) del potenciómetro y, por tanto, también en el resorte cursor. El diseño de la placa portarresistencias y la forma del flotador y de su palanca están adaptados a la conformación respectiva del depósito de combustible.



Funcionamiento

:Al variar el nivel de combustible, el brazo detector, fijamente unido a través del pivote con la palanca del flotador, se desliza con sus cursores especiales (remaches chapeados para contactos) a lo largo de las pistas resistivas del potenciómetro doble. Entonces transforma el ángulo de giro del flotador en una relación de tensiones proporcional al ángulo. Unos toques de fin de carrera limitan el margen angular de 100° para los niveles mínimo y máximo. La tensión de funcionamiento es de 5...13 V.

Sensores de pedal acelerador

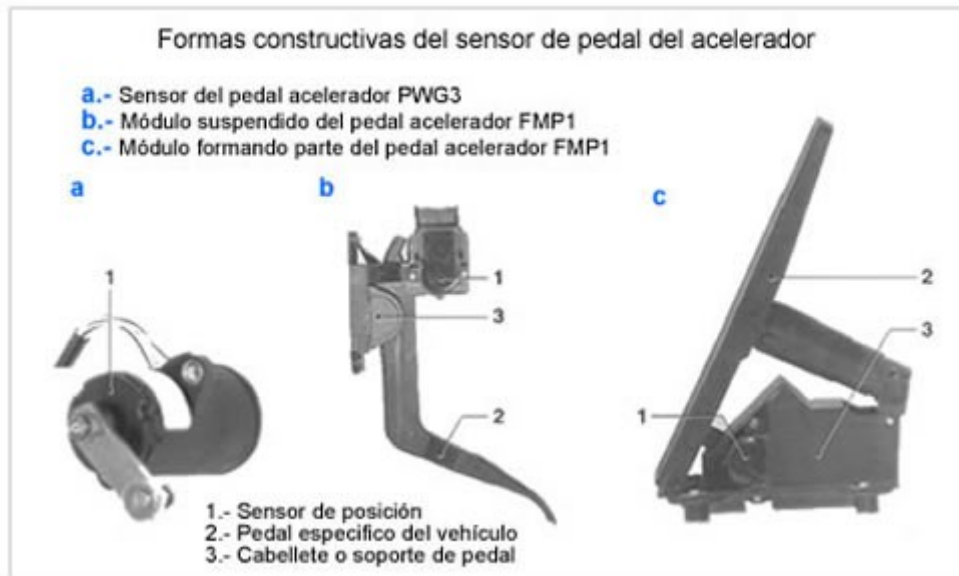
Aplicación

El deseo de aceleración, de marcha constante o de reducir la velocidad lo manifiesta el

conductor en un motor de mando convencional accionando con el pedal acelerador la válvula de mariposa del motor de gasolina o la bomba de inyección del motor Diesel, mecánicamente a través de un cable o un varillaje.

Cuando el motor está equipado con un sistema de mando electrónico, un sensor de pedal acelerador (también llamado transmisor de posición del pedal) realiza la función de la unión mecánica. El detecta el recorrido o la posición angular del pedal y lo transmite eléctricamente a la unidad de control del motor.

Como alternativa al sensor individual (figura inferior posición "a") existen también módulos de acelerador (b, c) como unidades listas para el montaje, compuestas de pedal y sensor en el mismo conjunto. Estos módulos no requieren trabajos de ajuste en el vehículo.

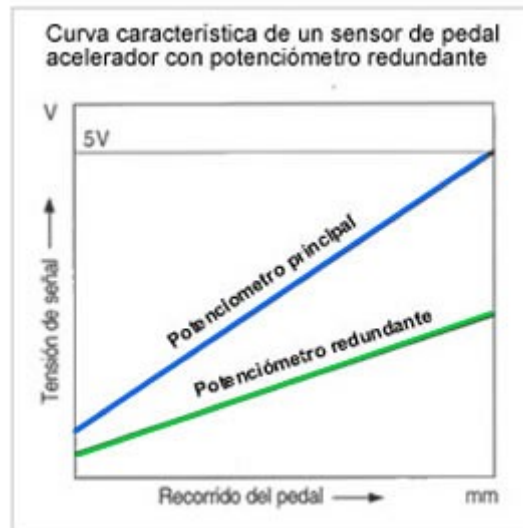


Estructura y funcionamiento

Sensor potenciométrico de pedal acelerador

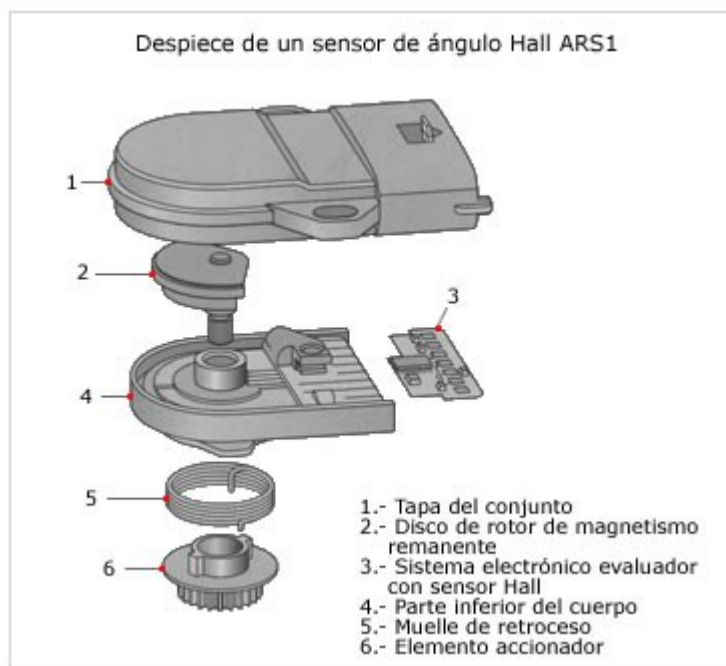
Su componente principal es un potenciómetro en el que se ajusta una tensión en función de la posición del acelerador. Con ayuda de una curva característica de sensor almacenada, la unidad de control convierte esta tensión en el recorrido relativo o posición angular del acelerador.

Para fines de diagnóstico y para el caso de un funcionamiento irregular hay integrado un sensor redundante (doble). Este es parte integrante del sistema de control. Una versión del sensor trabaja con un segundo potenciómetro que en todos los puntos de servicio suministra siempre la mitad de la tensión del primer potenciómetro, a fin de recibir dos señales independientes para la identificación de defectos (figura inferior). Otra versión trabaja, en lugar del segundo potenciómetro, con un interruptor de ralentí que señala a la unidad de control la posición de ralentí del pedal acelerador. Para vehículos con cambio automático, un interruptor adicional puede generar una señal eléctrica de sobregás.

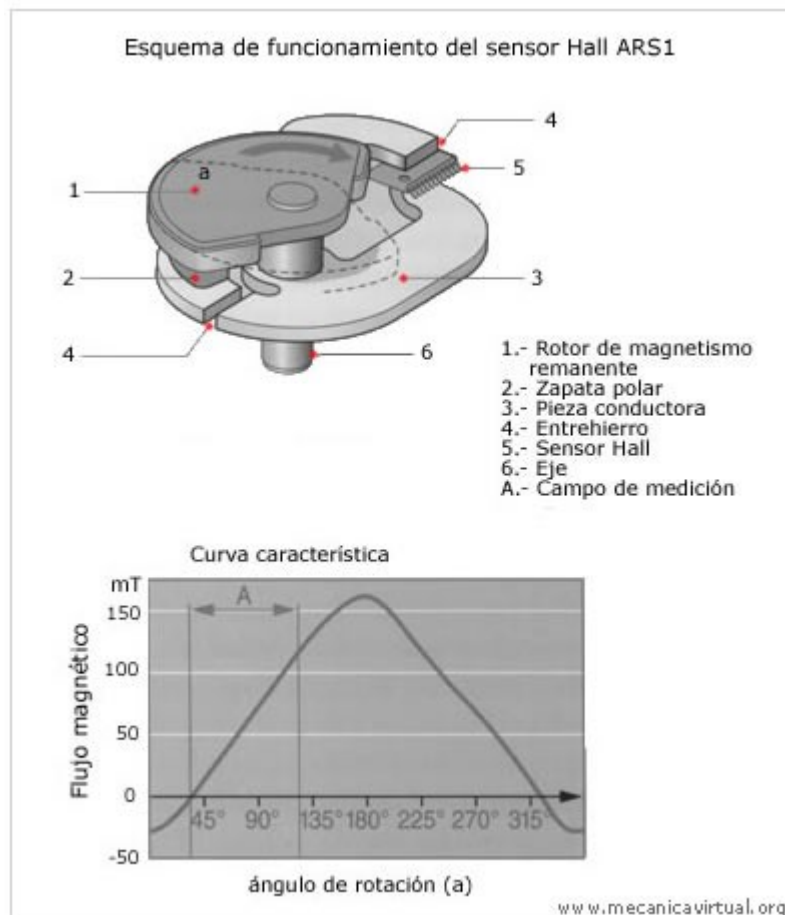


Sensores de ángulo Hall

El sensor de ángulo Hall del tipo ARS1 (Angle of Rotation Sensor) está derivado del principio básico de "imán móvil". Tiene un alcance de medición de aproximadamente. 90°.



El flujo magnético de un rotor (figura inferior, pos. 1), constituido por un disco semicircular de magnetismo remanente, es reconducido al rotor a través de una zapata polar (2), pieza conductora (3) y el eje (6). Según la posición angular (a), el flujo es conducido en mayor o menor medida a través de los dos conductos de flujo (pieza conductora) en cuyo circuito magnético se encuentra también el sensor Hall (5). Así se consigue una característica considerablemente lineal en el campo de medición.



Sensores de ángulo del volante de dirección

Aplicación

El control electrónico de la estabilidad (ESP) tiene por función mantener el vehículo en la trayectoria prescrita por el conductor mediante intervenciones apropiadas en los frenos. Para ello, una unidad de control compara el ángulo de giro ajustado al volante y la presión de frenado deseada con el movimiento de giro y la velocidad efectivos del vehículo, efectuando en caso necesario un frenado selectivo de las ruedas. De este modo se consigue un "ángulo de deriva" (desviación de la trayectoria en relación con el eje longitudinal del vehículo) pequeño y se impide un derrape hasta los límites fijados por la física.

Para la detección del ángulo del volante son apropiados en principio todos los tipos de sensores angulares. Sin embargo, con objeto de garantizar la seguridad se requieren versiones cuya plausibilidad se pueda comprobar fácilmente o que, mejor aún, posean una función de autocontrol. Se utilizan potenciómetros, detectores ópticos de código y sistemas magnéticos.

En la mayoría de sensores utilizados es necesario sin embargo registrar y memorizar constantemente la posición actual del volante, ya que los sensores angulares usuales pueden medir como máximo 360°, mientras que un volante de turismo puede describir en cambio un ángulo de $\pm 720^\circ$ (cuatro vueltas en total).

Estructura y funcionamiento

Existen dos sensores angulares magnéticos de medición absoluta adaptados a unidades de control Bosch, que (al contrario de los sensores de medición incremental) pueden detectar en todo momento el ángulo de giro del volante en todo el campo angular que alcanza éste.

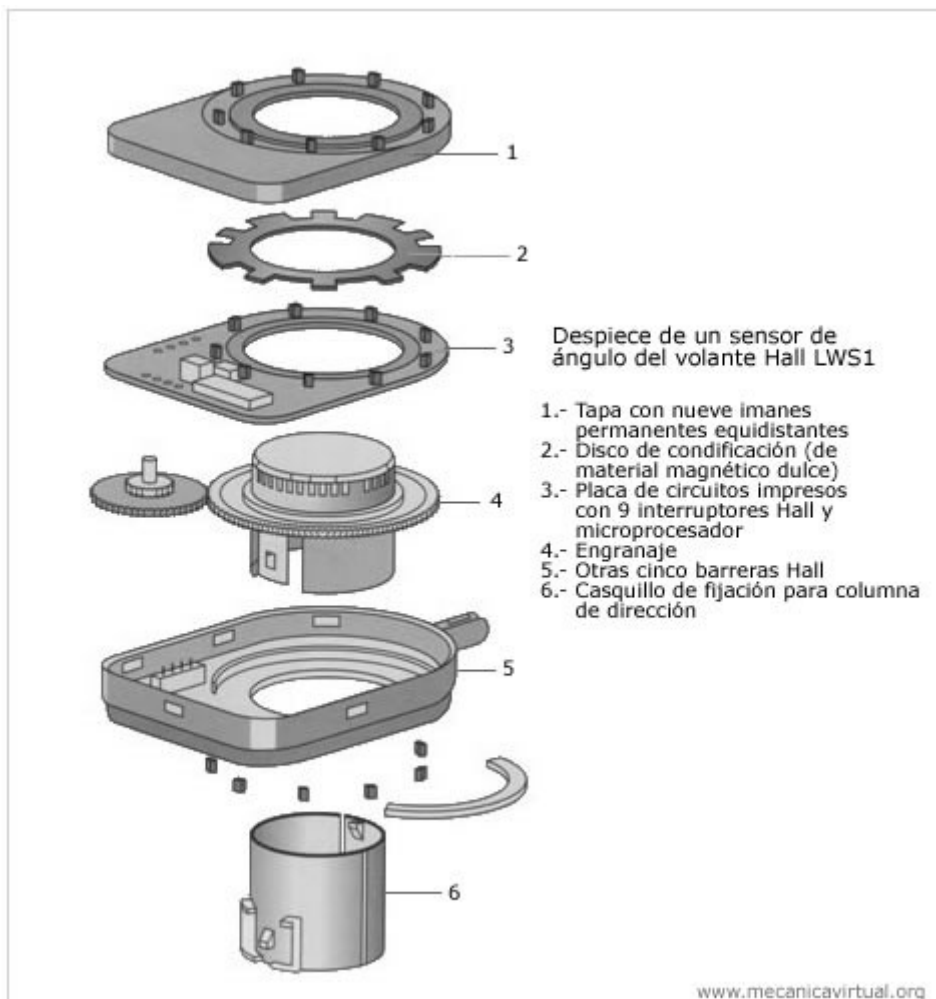
Sensor Hall de ángulo de giro del volante LWS1

El sensor del tipo LWS1 detecta mediante 14 "barreras Hall" la posición angular y el número de

vueltas del volante. El funcionamiento de una barrera Hall es semejante al de una barrera de luz; un elemento Hall mide el campo generado por un imán vecino, campo que puede ser fuertemente debilitado o tapado por un disco metálico de codificación. La utilización de nueve circuitos integrados Hall permite obtener una información digital sobre el ángulo del volante. Los otros cinco sensores Hall restantes registran el número de vueltas, que es transmitido por medio de un engranaje en relación 4:1 dentro del campo unívoco de 360°.

La representación en despiece del sensor de ángulo del volante LWS1 (figura 1) muestra arriba los nueve imanes que son tapados, cada uno por separado según la posición del volante, por el disco magnético dulce de codificación dispuesto debajo. Sobre la placa de circuitos impresos que sigue inmediatamente al disco de codificación se encuentran interruptores Hall (C.I.) y un microprocesador en el que se desarrollan pruebas de plausibilidad (valores dentro de lo posible) y se descodifica la información angular, siendo preparada para el bus CAN. En la parte inferior siguen el engranaje reductor y las otras cinco barreras Hall.

El gran número de elementos sensores, así como la equidistancia necesaria en la disposición de los imanes que han de estar alineados con los circuitos integrados Hall, ha conducido a la sustitución progresiva del tipo LWS1 por el LWS3.

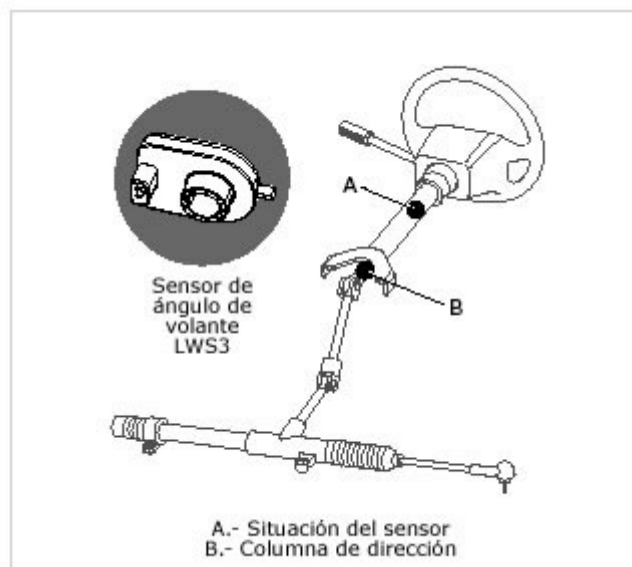


Sensor magnetorresistivo de ángulo del volante LWS3

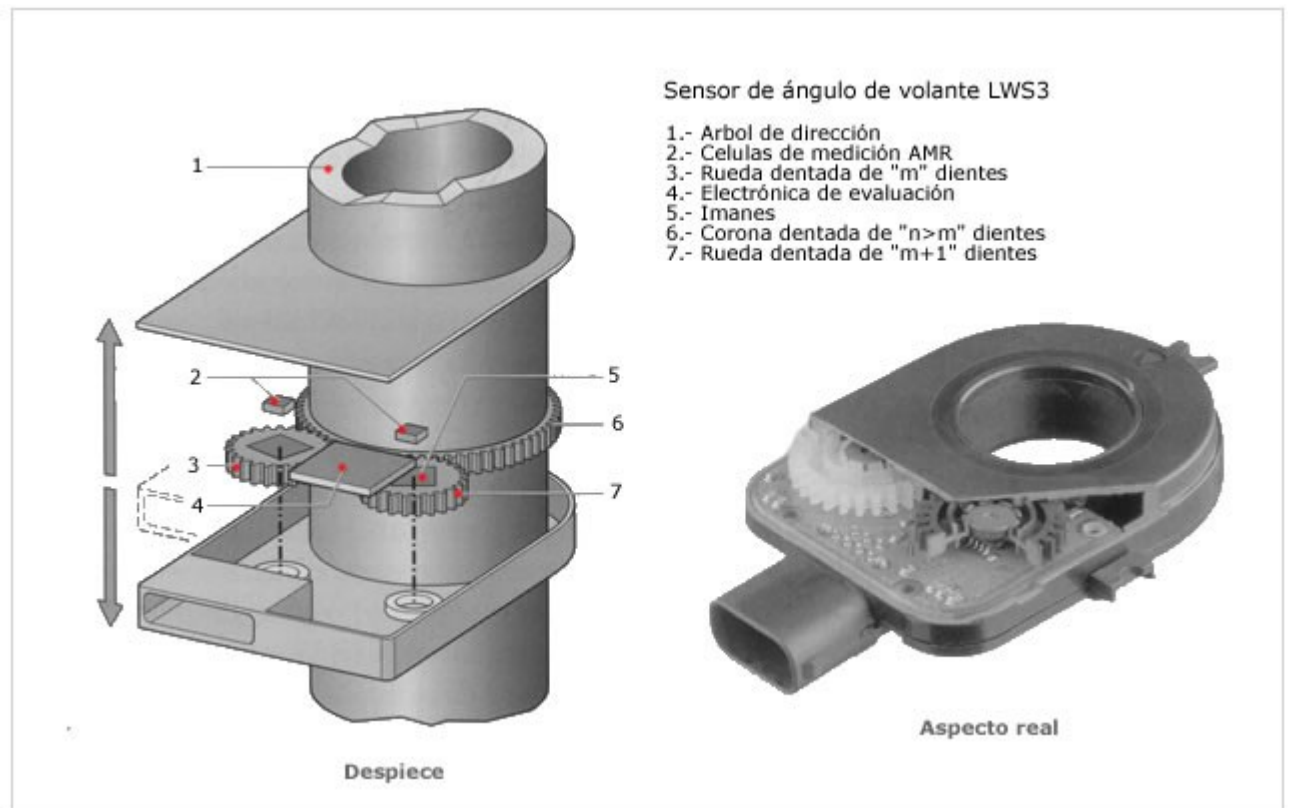
También el sensor de ángulo del volante LWS3 funciona con sensores AMR (Anisotrop Magneto resistive), cuya resistencia eléctrica varía en función del sentido de un campo

magnético externo. La formación angular sobre un campo de cuatro vueltas completas del volante resulta de la medición de las posiciones angulares de dos ruedas dentadas que acciona una corona dentada fijada en el árbol de la dirección. Las dos ruedas dentadas diferencian por tener una de ellas un diente de más, lo que permite asignar a cada posición posible del volante un par de valores de ángulo unívocamente definido.

Un algoritmo matemático (operación de cálculo que se desarrolla según un esquema determinado), calificado como principio de vernier modificado permite a un microprocesador calcular el ángulo del volante, pudiéndose corregir incluso imprecisiones de medición de los dos sensores AMR. Adicionalmente existe la posibilidad de un autocontrol, de manera que a través de la salida CAN se puede transmitir un valor de medición muy plausible a la unidad de control.



En la figura inferior se muestra la estructura esquemática del sensor de ángulo del volante LWS3. Se pueden distinguir las dos ruedas dentadas, en las que hay imanes integrados. Encima están dispuestos los sensores y la electrónica de evaluación.



Sensores de eje

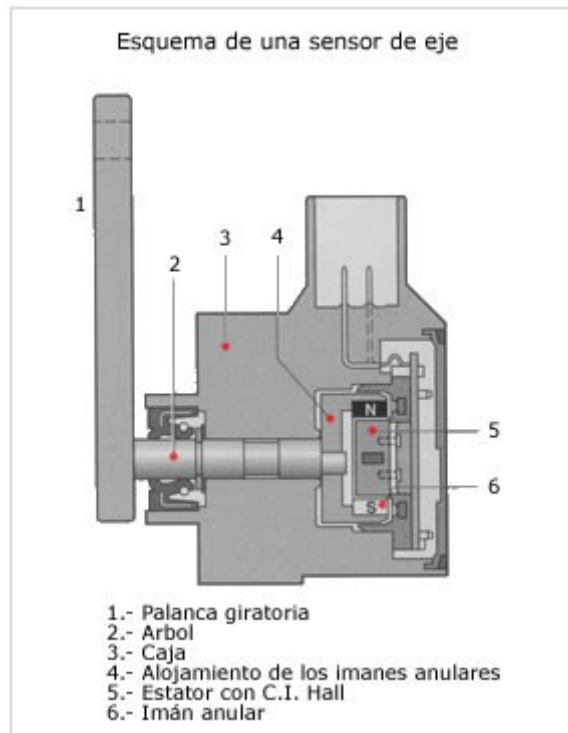
Aplicación

Con ayuda de la regulación automática del alcance de las luces se corrige el enfoque de los faros del vehículo. Estando conectada la luz de cruce se regula la inclinación del automóvil, de manera que se pueda disponer de una visibilidad suficiente al volante sin peligro de deslumbrar a los conductores que circulan en sentido contrario. El sistema de regulación estático corrige la inclinación del vehículo ocasionada por la carga del vehículo. El sistema de regulación dinámico corrige adicionalmente los movimientos de cabeceo del vehículo ocasionados por las aceleraciones y los frenados (dinámica de marcha). Los sensores de eje detectan muy exactamente el ángulo de inclinación de la carrocería.

Estructura y funcionamiento

La medición de la inclinación del vehículo se efectúa por medio de sensores de eje (sensores de ángulo de giro), montados en las partes delantera y trasera de la carrocería. Mediante una palanca giratoria unida a través de una biela con el respectivo eje del vehículo o suspensión de rueda, se mide la compresión de los elementos de suspensión que se produce. La inclinación del vehículo se calcula luego partiendo de la diferencia de tensión entre los sensores de los ejes delantero y trasero.

El funcionamiento de los sensores de eje (figura inferior) se basa en el principio del efecto Hall. En el estator (5) hay integrado un C.I. Hall, que se encuentra dentro de un campo magnético homogéneo. El campo magnético produce en el C.I. una tensión Hall que es proporcional a este campo. Al girarse los imanes anulares (6) con el árbol (2) se produce una variación del campo magnético que atraviesa el C.I. Hall.



En función de la compresión de los elementos de suspensión por la carga y/o las aceleraciones, la biela (figura inferior, pos. 4) transmite el valor correspondiente a la palanca giratoria del sensor de eje, que lo convierte en una señal de tensión eléctrica proporcional al ángulo de giro.

La unidad de control detecta las señales de los sensores de eje, evalúa la diferencia entre el eje delantero y el eje trasero y calcula el valor teórico para la posición de los servomotores, teniendo en cuenta la velocidad de marcha. En marcha constante, la regulación dinámica del alcance de las luces permanece en el modo de gran amortiguación. Los motores paso a paso son adaptados sólo lentamente a la inclinación del vehículo, para evitar que ondulaciones o baches de la calzada ocasionen correcciones constantes del alcance de los faros. En las aceleraciones o frenados se conecta inmediatamente el modo dinámico. En pocas milésimas de segundo asegura la adaptación del alcance de las luces. A continuación el sistema conecta de nuevo automáticamente al modo de amortiguación lenta.

Sensor de eje montado en el vehículo



- 1.- Fijación en la carrocería
- 2.- Sensor de eje con conexión por enchufe
- 3.- Palanca giratoria
- 4.- Biela
- 5.- Eje del vehículo

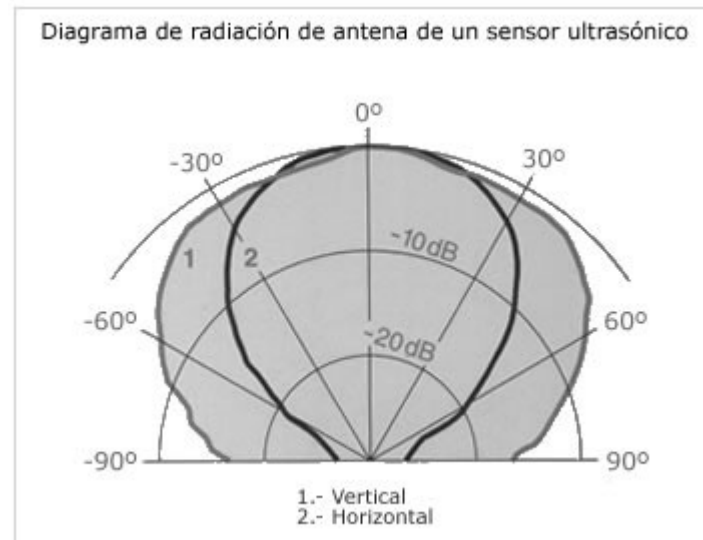
Sensores en el automóvil

Sensores de posición (recorrido/posición angular)

Sensores ultrasónicos

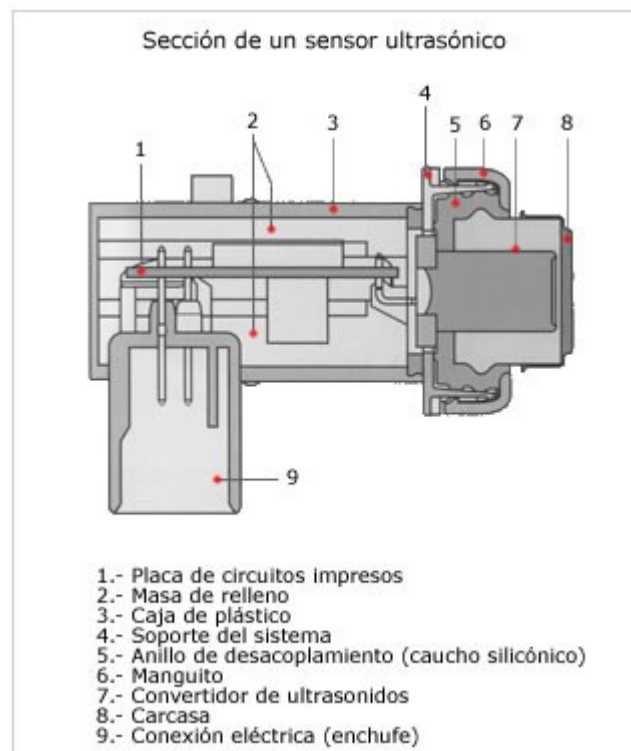
Aplicación

Los sensores ultrasónicos se utilizan para averiguar las distancias a que se encuentran posibles obstáculos y para vigilar un espacio; están integrados en los parachoques de vehículos p. ej. para facilitar entrada y salida de aparcamientos y las maniobras de estacionamiento. El gran ángulo de abertura que se obtiene con el empleo de varios sensores (cuatro en la parte trasera y de cuatro a seis en la parte delantera) permite determinar con ayuda de la "triangulación" la distancia y el ángulo en relación con un obstáculo. El alcance de detección de un sistema de tal clase cubre una distancia de aprox. 0,25 a 1,5 m.



Estructura

Un sensor se compone de una caja de plástico con conexión por enchufe integrada, un convertidor de ultrasonidos (membrana de aluminio en cuyo lado interior hay pegada una pastilla piezoceramica) y una placa de circuitos impresos con electrónica de emisión y evaluación (figura inferior). Dos de las tres líneas eléctricas de conexión a la unidad de control sirven para la alimentación de tensión. Por la tercera línea, bidireccional, se conecta la función emisora y se transmite la señal de recepción evaluada de vuelta a la unidad de control (conexión de colector abierto de alto potencial de reposo).

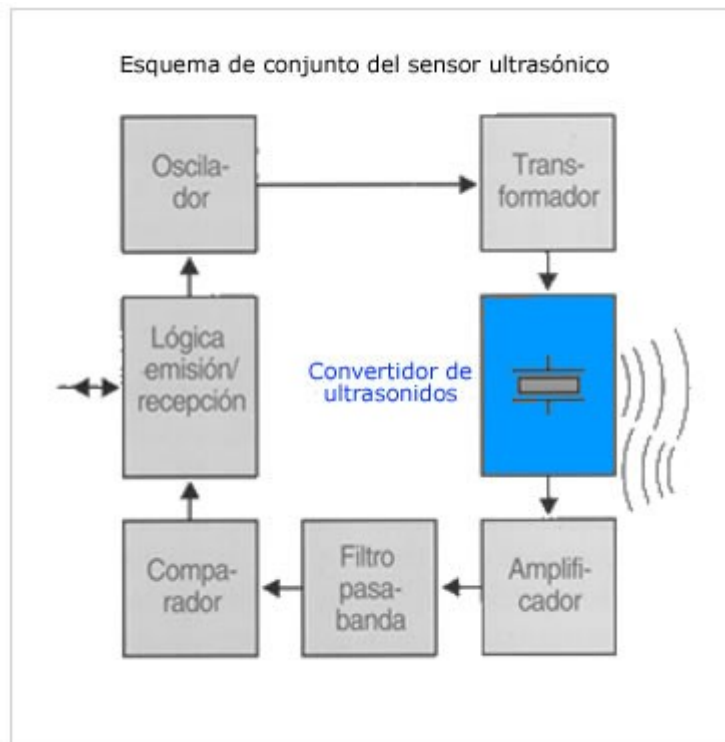


Funcionamiento

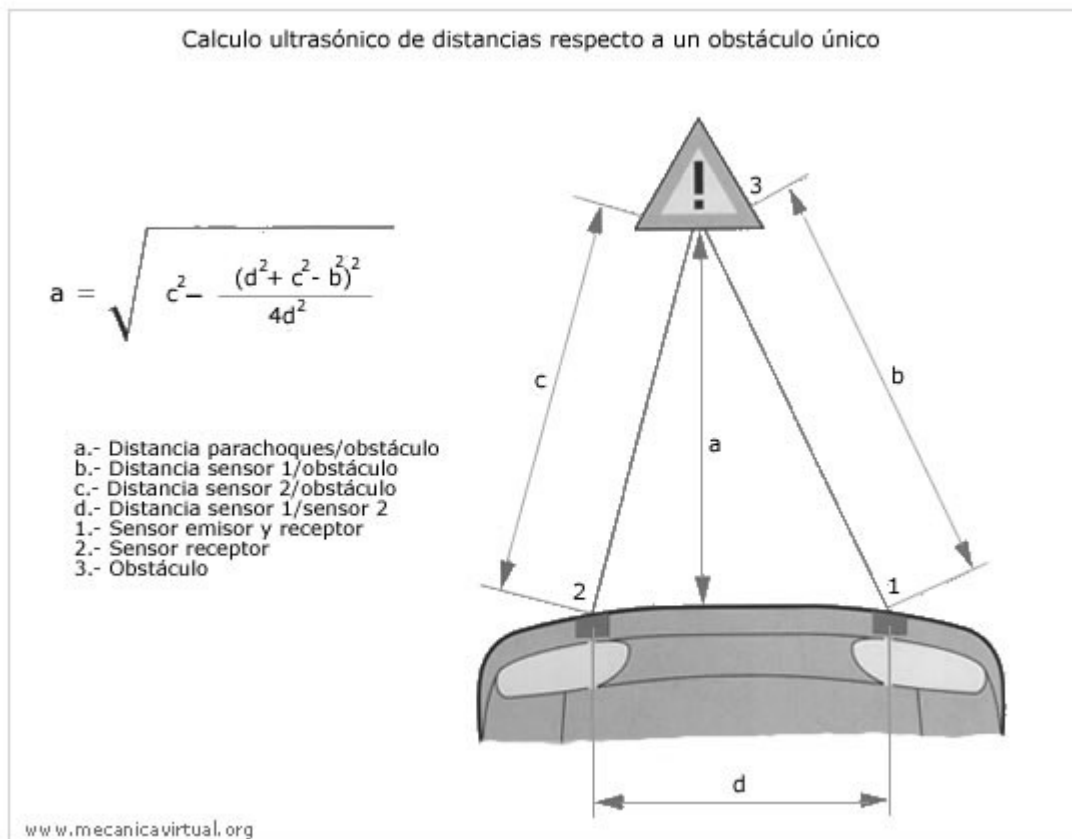
El sensor ultrasónico funciona según el principio "impulso-eco" en combinación con la "triangulación". Cuando recibe de la unidad de control un impulso digital de emisión, el circuito electrónico excita la membrana de aluminio mediante impulsos rectangulares dentro de la frecuencia de resonancia para generar vibraciones típicas de aprox. 300 μ s, emitiéndose entonces ondas ultrasónicas: la onda sonora reflejada por el obstáculo hace vibrar a su vez la

membrana, que entretanto se había estabilizado (durante el período de extinción de aprox. 900 μ s no es posible ninguna recepción). La piezocerámica convierte estas vibraciones en una señal eléctrica analógica, que la electrónica del sensor amplifica y transforma en una señal digital (figura inferior). El sensor tiene prioridad frente a la unidad de control y, al detectar una señal de eco, conmuta la conexión de la señal a "bajo potencial" (<0,5 V). Si se encuentra una señal de eco en la línea, no se puede procesar la señal de emisión. Cuando la tensión se vuelve inferior al umbral de conmutación de 1,5 V en la línea de señales, la unidad de control incita al sensor a que realice la emisión.

A fin de poder cubrir una zona lo más extensa posible, el ángulo de detección es grande en el plano horizontal. En el plano vertical, por el contrario, es necesario que el ángulo sea pequeño, para evitar reflexiones perturbadoras procedentes del suelo.



La distancia "a" que hay hasta el primer obstáculo más cercano se calcula a partir del tiempo de propagación del primer impulso de eco llegado y de la velocidad del sonido.

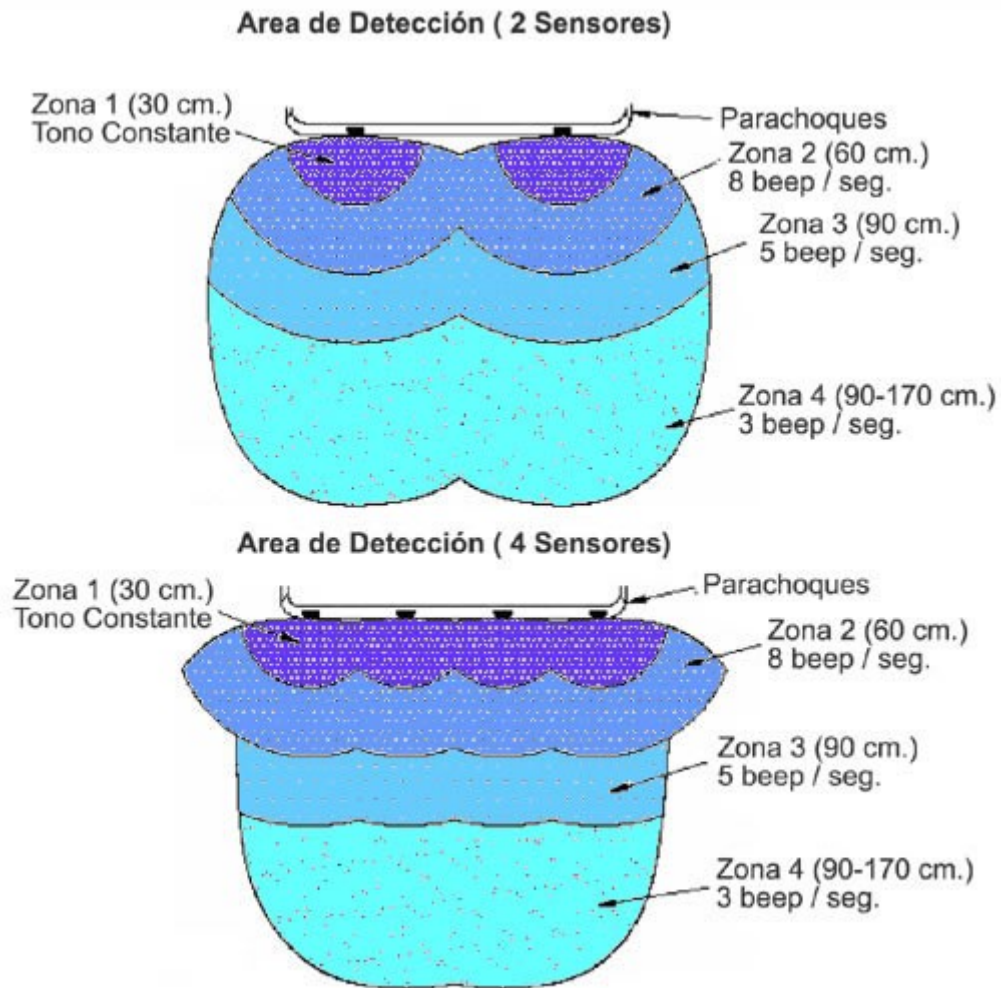


Un ejemplo: actual de utilización son los sensores de aparcamiento, Estos son unos sensores de ultrasonidos de un diámetro de 19mm.. Los sensores de tercera generación utilizan la más avanzada tecnología de sensibilidad asimétrica.. El micro sensor tiene una capacidad de detección muy amplia, abarcando un ángulo de 160° horizontalmente y 60° verticalmente. Esta avanzada tecnología aumenta la capacidad de detección en un 100% comparado con otros sistemas convencionales.

El minúsculo tamaño de los sensores, permite la instalación en todos los coches, ya que pueden ser pintados con spray para conservar la imagen original del vehículo.

Este dispositivo consta, de dos o cuatro sensores de ultrasonidos, a elección del cliente, que son instalados en el parachoques trasero. El sistema únicamente se activará cuando este activada la marcha atrás, indicado por un suave sonido.

La frecuencia del tono indicara al conductor de la cercanía de algún objeto, y la distancia hasta el vehículo.



Sensores electromagnéticos (radar)

El radar lo consideramos como un sensor, pues mide la distancia, la velocidad relativa y la posición lateral de los vehículos que marchan delante. Para ello el radar (Radiation Detecting and Ranging) emite paquetes de ondas milimétricas. Para su empleo en la circulación por las principales marcas de automóviles se ha autorizado la banda de frecuencias de 76...77 GHz (longitud de onda = 4 mm). Los paquetes de ondas emitidos son reflejados por las superficies de metal o material de alta dielectricidad y son detectados de nuevo por el módulo receptor del radar. La duración y/o frecuencia de las señales recibidas es comparada con la de las señales emitidas. A fin de que la comparación pueda ser utilizada para las interpretaciones deseadas, el paquete de ondas que ha de ser emitido es conformado en función del transcurso frecuencia-tiempo (modulación). Los modos más conocidos son la modulación de impulsos, en la que se forman impulsos de una dimensión de 10...30 ns (lo que corresponde a una longitud de 3...10 m), y la modulación de frecuencia, que en el momento de la emisión varía la frecuencia (momentánea) de las ondas en función del tiempo.



La señal recibida ha de ser demodulada para que pueda suministrar la información deseada. Si se trata de una señal de modulación de impulsos, se mide el tiempo transcurrido y entre la emisión y la recepción puede ser determinada a partir de esta diferencia de tiempo y en relación con la velocidad de la luz "c" (aproximadamente 300.000 km/s):

$$d = t \cdot c/2$$

El divisor 2 tiene en cuenta el recorrido de ida y vuelta de la señal (ejemplo: $t = 1 \mu\text{s}$ corresponde a una distancia de $d = 150 \text{ m}$).

Si se trata de la modulación de frecuencia, la variación de la frecuencia tiene lugar durante la emisión. En caso de variación lineal, la señal de impacto retardada en función del tiempo de recorrido presenta, en comparación con la señal actual emitida, una diferencia de frecuencia que es proporcional a la distancia (para 100 MHz/ms y una distancia $d = 150 \text{ m}$, la diferencia de frecuencia obtenida es de 100 kHz). Si bien la velocidad relativa del objeto de medición se puede determinar a partir de mediciones sucesivas de la distancia, este parámetro se puede medir con una fiabilidad y precisión considerablemente mayores utilizando el efecto Doppler.

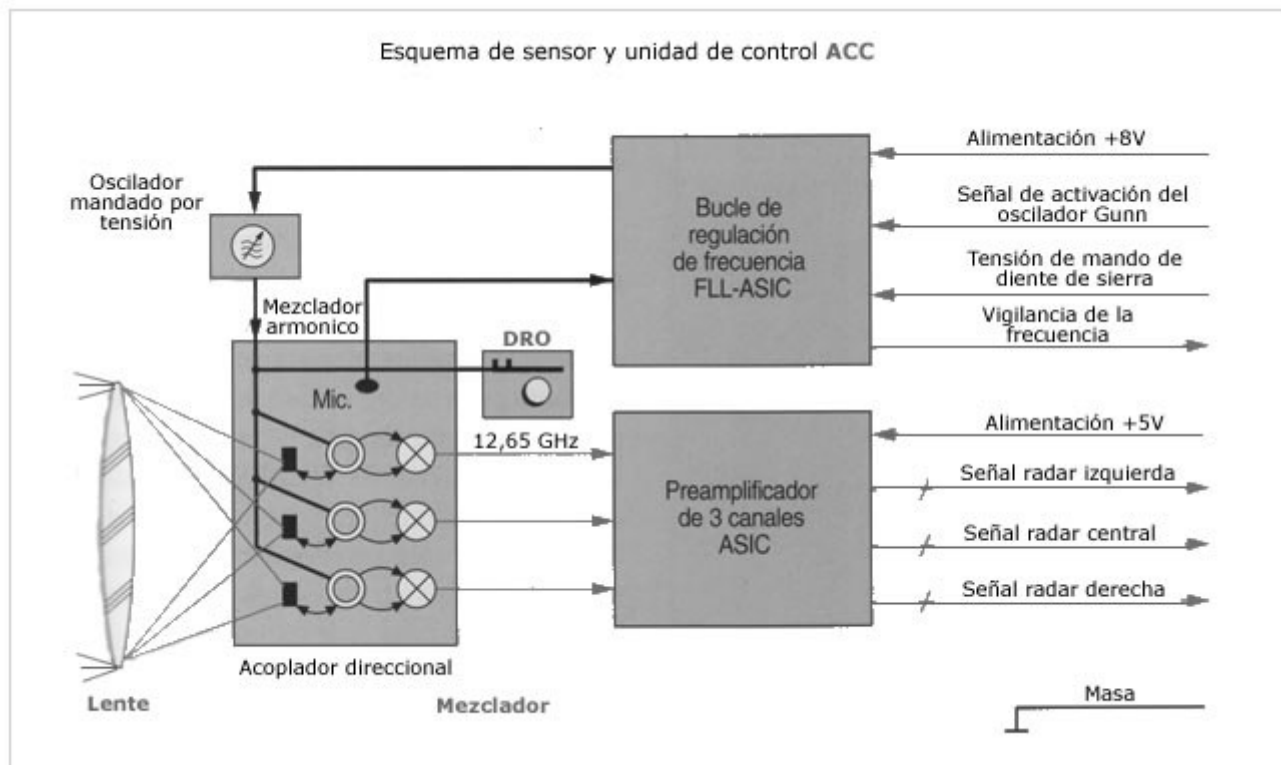
En caso de un acercamiento aumenta la frecuencia de las ondas recibidas en 510 Hz por m/s de velocidad relativa (a 76 GHz).

La posición lateral del objeto del radar constituye la tercera dimensión de base buscada. Esta sólo puede ser determinada si el haz del radar es dirigido en diferentes direcciones; partiendo de la intensidad de la señal, se determina la dirección que ofrece la reflexión más fuerte. Para ello es necesario un rápido barrido ("scanear") mediante un haz o una configuración multihaz. Con varias antenas.

Estructura

La frecuencia de trabajo de 76 GHz (longitud de onda de aprox. 3,8 mm) hace posible una construcción compacta, requerida para el empleo en vehículos. Un oscilador Gunn (diodo Gunn dentro de una caja ecoica) alimenta en paralelo tres antenas patch dispuestas en yuxtaposición, que sirven al mismo tiempo para la recepción de las señales reflejadas (figura inferior). Una lente de plástico colocada delante (lente de Fresnel) concentra el haz de rayos de emisión dentro de una ventana angular de $\pm 5^\circ$ en el plano horizontal y de $\pm 1,5^\circ$ en el vertical, referida al eje del vehículo. Por el desplazamiento lateral de las antenas, la característica de recepción de éstas (ancho de 6-dB : 4°) señala en diferentes direcciones. Además de la distancia de los vehículos que marchan delante y de su velocidad relativa, se puede averiguar de ese modo también la dirección en la que son detectados. Unos acopladores direccionales separan las señales emitidas de las señales recibidas. Tres mezcladores posconectados transponen la frecuencia de recepción en bajas frecuencias casi hasta el cero (0...300 kHz), mediante su mezcla con la frecuencia de emisión. Las señales de baja frecuencia son

digitalizadas para su ulterior evaluación y sometidas a un rápido análisis de Fourier para determinar la frecuencia.



La frecuencia del oscilador Gunn se compara continuamente con la de un oscilador estable de referencia DRO (Dielectric Resonance Oscillator), siendo regulada a un valor teórico prefijado. A la vez se varía la tensión de alimentación del diodo Gunn, hasta que corresponde de nuevo al valor teórico. Para la medición, a través de este bucle de regulación se aumenta y reduce brevemente la frecuencia del oscilador Gunn cada 100 ms alrededor de 300 MHz en forma de dientes de sierra (FMCW Frequency Modulated Continuous Wave). La señal reflejada en un vehículo que marcha delante sufre un retardo relacionado con el tiempo de propagación de la onda (que se traduce en una disminución de la frecuencia en el flanco ascendente y un aumento igual de la frecuencia en el flanco descendente).

La diferencia de frecuencia es directamente proporcional a la distancia (p. ej. 2 kHz/m). Si los dos vehículos señalados no marchan a la misma velocidad, la frecuencia de recepción aumenta entonces por razón del efecto Doppler, tanto en el flanco ascendente como en el descendente.

Regulador inteligente de velocidad de marcha ACC (Adaptive Cruise Control)

Claro que este radar regulador de la distancia es mucho más que sólo un sensor. Pues además de determinar la distancia, la velocidad relativa y la posición lateral de vehículos que marchan delante, este aparato que los ingenieros constructores SCU (Sensor & Control Unit), o sea, unidad sensible y de control, realiza un procesamiento subsiguiente muy complejo que termina con instrucciones de regulación para el motor y los frenos (figura inferior). Las funciones de este aparato exceden a una simple regulación de la distancia y se extienden a una regulación inteligente de la velocidad de marcha ACC (Adaptive Cruise Control),

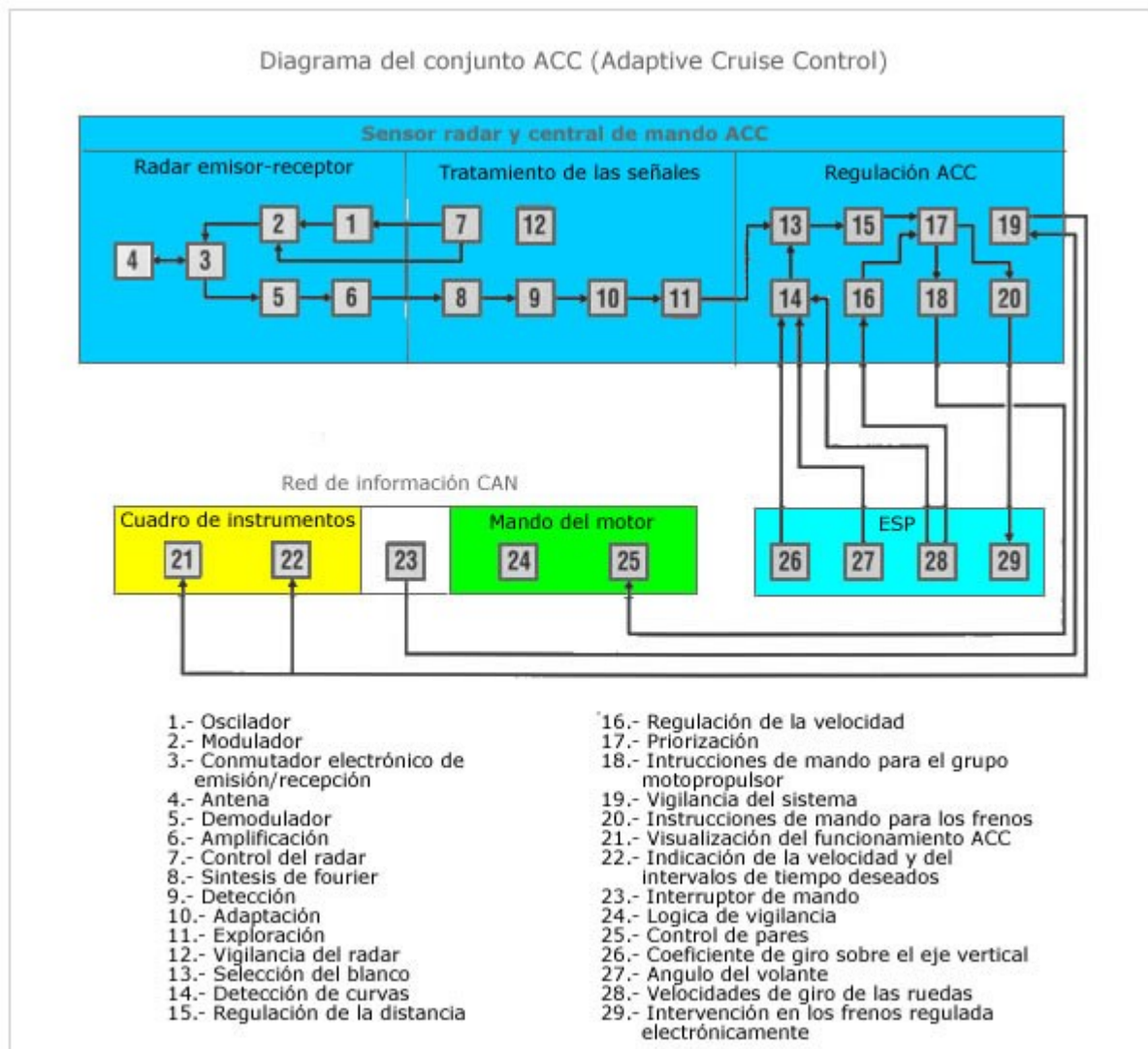
Radar regulador de la distancia entre vehículos



Una de las funciones de base es en primer lugar la regulación convencional de la velocidad de marcha, con la que se mantiene constante, una vez ajustada, la velocidad de marcha deseada. Esta función permanece activa mientras no se detecte ningún vehículo precedente cuya velocidad sea inferior a la velocidad deseada ajustada por el conductor. Pero cuando en la zona de detección del radar (aprox. 100 a 150 m) se descubre un vehículo que impide seguir la marcha con la velocidad deseada, ésta adapta entonces a la velocidad del vehículo que precede. Si las diferencias de velocidad son ligeras, ello se puede realizar simplemente reduciendo la admisión de gas; si las diferencias son de mayor importancia, se hace necesaria una intervención en los frenos.

Una vez se ha compensado la velocidad, el vehículo equipado con ACC sigue al vehículo precedente con un intervalo de tiempo ampliamente constante, es decir, con una distancia que aumenta también la velocidad.

La dificultad técnica mayor para el procesamiento de las señales dentro de la ACC-SCU la depara la elección del vehículo objetivo "correcto". Se trata en primer lugar de reconocer, entre las muchas reflexiones del radar, aquéllas que proceden de los vehículos precedentes ya detectados. Luego hay que apreciar si esos vehículos marchan realmente en el mismo carril (lo que particularmente antes de las curvas y durante ellas no es fácil de evaluar, si bien los sensores del sistema de control electrónico de la estabilidad ESP para la regulación de la dinámica de marcha suministran importantes magnitudes comparativas).

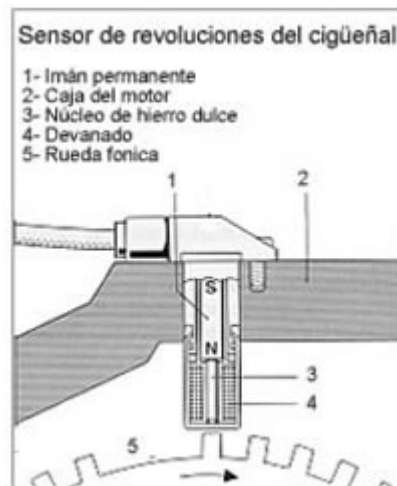


Sensores en el automóvil

Sensores de velocidad de rotación/velocidad lineal

Magnitudes de medición

Los sensores de velocidad de rotación y de velocidad lineal miden el ángulo descrito o el espacio recorrido por unidad de tiempo. En ambos casos de aplicación en el automóvil se trata generalmente de magnitudes de medición relativas que aparecen entre dos piezas o también en relación con la calzada u otro vehículo. En algunos casos, sin embargo, hay que medir también la velocidad de rotación absoluta en el espacio o alrededor de los ejes del vehículo (giro sobre si mismo y vuelco), parámetro designado a menudo "velocidad de convolución". Así, p. ejemplo., para la regulación de la dinámica de marcha (ESP) hay que detectar la velocidad de giro del vehículo alrededor de su eje vertical. En la figura inferior tenemos un sensor de rotación también conocido como sensor de revoluciones o r.p.m.



Para la detección de la velocidad de rotación relativa se hace una distinción, según el número y el tamaño de las marcas periféricas exploradas de un rotor.

- Sensor incremental de paso estrecho, que permite detectar también hasta cierto grado la velocidad instantánea periférica y/o una subdivisión angular muy fina,
- Sensor segmentado, que distingue un pequeño número de segmentos periféricos (p.ej. el número de cilindros del motor) y
- Sensor de velocidad de rotación sencillo, que con la ayuda de una sola marca detecta únicamente la velocidad de rotación media por vuelta.

Son ejemplos de velocidad de rotación relativa::

- Velocidad de rotación del cigüeñal y del árbol de levas,
- Velocidad de giro de las ruedas (para ABS/ASR/ESP)
- Velocidad de rotación de la bomba de inyección diesel.

La medición se efectúa generalmente con la ayuda de un sistema detector incremental, compuesto de rueda dentada y sensor tacométrico.

Son además nuevas aplicaciones:

- medición de velocidades de rotación por medio de sensores tacométricos integrados en los cojinetes (cojinetes de rueda, módulo de retén de aceite en el cigüeñal),
- velocidad en relación con el suelo,
- velocidad de giro del vehículo alrededor de su eje longitudinal (alzable) y del eje de cabeceo (protección contra el vuelco).

Principios de medición

Los sensores tacométricos convencionales se basan en efectos de medición grandes (p. ej. inducción). Por eso son en la mayoría de los casos eléctricamente "pasivos", es decir, no poseen generalmente ninguna electrónica integrada. Los sensores más recientes se basan en efectos de medición muy pequeños (p. ej. los basados en el efecto Hall) y requieren por tanto una electrónica integrada. Estos sensores se denominan "inteligentes" (llamados a menudo también sensores "activos"). Los detectores de velocidades de rotación absolutas (velocidad de convolución o de girar sobre si mismo, también el vuelco) requieren incluso una electrónica muy compleja directamente en el sensor, pues los efectos de medición aquí utilizados no sólo son muy pequeños, sino que necesitan también una compleja regeneración de las señales.

Dentro de los sensores de rotación podemos encontrar los sensores "inductivos" y los "magnetostáticos (efecto Hall).

Sensores inductivos

Los sensores inductivos de bobina estaban ya disponibles para la medición de velocidades de rotación cuando no existía aún ninguna versión en absoluto o todavía no adecuada en tecnología magnetoestática (efecto Hall).

Los sensores inductivos de velocidad de rotación constan en principio de tres componentes magnéticos esenciales (figura superior):

- bobina fija,
- pieza de hierro dulce
- imán permanente.

Los sensores inductivos actuales están constituidos preferentemente por un imán de barra (figura arriba, pos. 1) con espiga polar de hierro dulce (3) que soporta la bobina de inducción (4) de dos conexiones. Cuando gira una corona dentada ferromagnética (5) u otro rotor de estructura similar por delante de este detector, se induce en la bobina una tensión proporcional (casi sinusoidal) a la variación del flujo magnético en función del tiempo.

Los sensores inductivos son siempre, por tanto, sensores dinámicos. En principio no son apropiados para detectar velocidades extremadamente lentas (casi estáticas o estáticas), pues su señal de salida tiende entonces a ser cero.

Para que la unidad de control pueda efectuar una evaluación segura y fiable, la tensión generada por el sensor debería ser de 30 mV como mínimo. La desventaja de los sensores inductivos, sin embargo, reside en el hecho de que su tensión de salida puede tener a grandes velocidades valores muy altos, superiores en mucho a 100 V, que son difíciles de procesar por vía electrónica.

Si las altas puntas de tensión son recortadas con la ayuda de diodos Zener, se producen muy pronto considerables errores angulares a causa de la variación consecutiva de la impedancia de carga del sensor. Eso puede ser muy desfavorable por lo menos en el caso de los sensores angulares de cigüeñal y de árbol de levas, que participan en la regulación del avance del encendido. Para estas aplicaciones se requiere una tolerancia angular de aprox. $0,2^\circ$.

Las coronas dentadas montadas en los cigüeñales y las ruedas (ABS) están previstas para cubrir entrehierros de hasta 0,8 o 1,5 mm. La marca de referencia necesaria para el encendido se obtiene suprimiendo un diente o llenando un hueco entre dientes. Se identifica por la mayor distancia de los pasajes por cero y genera (como si hubiera un diente más grande) una tensión de señal mucho más alta.

Ventajas de los sensores inductivos

- Bajos costes de fabricación,
- Alta estabilidad a perturbaciones: baja resistencia interna estática (más elevada en modo dinámico), ninguna electrónica local (pasividad eléctrica) que haya de ser protegido
- Ningún problema en caso de derivas de la tensión continua (principio de medición dinámico)
- Amplio margen de temperaturas (depende sobre todo de la masa de llenado).

Desventajas

- Límites de reducción del tamaño constructivo en caso de tecnología de bobinado convencional
- Señal de salida dependiente de la velocidad de rotación, no sirve para movimientos casi estáticos
- Sensibilidad a variaciones del entrehierro.

Ejemplos de aplicación

- Sensor inductivo de la velocidad de rotación del motor (sensor de revoluciones del cigüeñal),
- Sensor inductivo de la velocidad de giro de rueda,
- Sensor inductivo de la velocidad de rotación del árbol de levas (encendido transistorizado de detector inductivo TZ-I),
- Sensor de movimiento de aguja (inyección diesel).

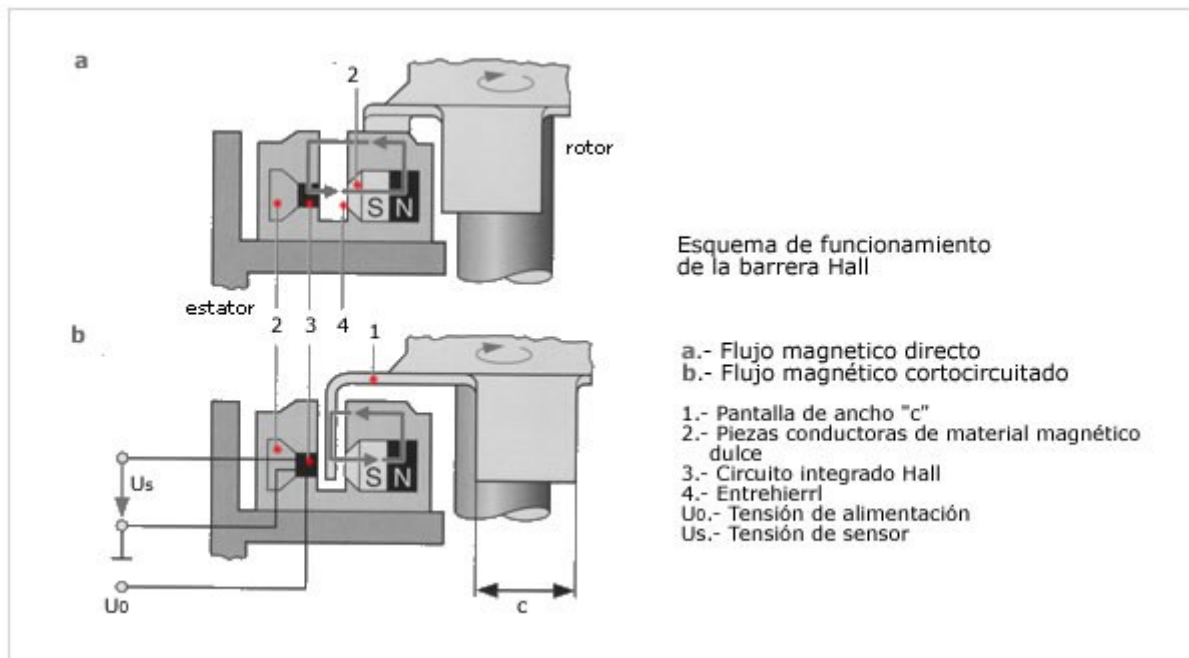
Sensores magnetostáticos

La detección casi estática de la velocidad de rotación se puede realizar con eficacia mediante sensores magnetostáticos. Su señal de salida independiente de la velocidad de rotación y únicamente dependiente del campo magnético facilita y simplifica, incluso en el caso de velocidades elevadas, el tratamiento electrónico de tensiones de señales de valores limitados. Ofrecen además una posibilidad de miniaturización del sensor y la ventaja de tener integrados la amplificación y el tratamiento de las señales en ellos mismos. Gracias a su pequeño tamaño de construcción se pueden realizar también fácilmente sistemas múltiples tales como p. ej. configuraciones diferenciales o sistemas de detección integrada del sentido de rotación. Una desventaja importante de tales sensores activos radica sin embargo en el hecho de que el margen de su temperatura de funcionamiento lo determina muy ampliamente la correspondiente electrónica de evaluación a base de componentes de silicio que, en general, no puede resistir temperaturas tan altas como los elementos sensores mismos. Desde hace algún tiempo se suministran a opción sensores activos equipados con una salida de corriente (bipolares), de modo que la económica conexión bifilar de los sensores inductivos de bobina no podrá ser considerada en el futuro ya como una ventaja específica.

Barreras Hall

Un ejemplo de sensor manetostático es la "barrera Hall" (utilizado p. ejemplo como sensores generadores de impulsos en el distribuidor de encendido). Los correspondientes circuitos electrónicos de alimentación y de evaluación de las señales están integrados directamente en el mismo chip del sensor.

Este "C.I. Hall" (realizado en tecnología bipolar para temperaturas continuas $<150^{\circ}\text{C}$ y conexión directa a la red de a bordo) se encuentra en un circuito magnético prácticamente cerrado, consistente en un imán permanente y piezas polares (figura inferior). El entrehierro aún restante lo recorre un rotor de pantallas de magnetismo dulce (p. ej. accionado por el árbol de levas). Cuando una pantalla penetra en el entrehierro cortocircuita el flujo magnético (es decir, lo desvía del sensor); cuando la pantalla abandona el entrehierro, el hueco entre pantallas del rotor deja que el flujo atraviese sin obstáculo el sensor. El funcionamiento fiable del sensor está garantizado también si el rotor de pantallas penetra con profundidad irregular en la barrera o si la posición del entrehierro se desplaza en sentido radial, es decir, verticalmente al sentido de rotación.

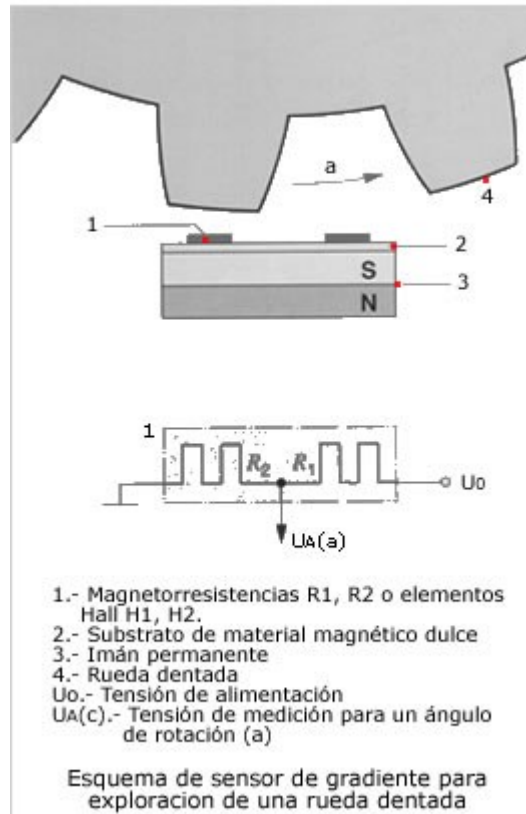


Las barreras Hall de este tipo sólo se pueden realizar para una resolución periférica limitada y se utilizan principalmente como sensores de segmentos. Si las hendiduras entre las pantallas son demasiado estrechas, el campo magnético no atraviesa ya el rotor y no puede alcanzarse ya el nivel de inducción necesario.

Sensores de gradiente

Otro sensor magnetostático son los sensores (sondas) de gradiente, que pueden realizarse a elección sobre la base de sensores Hall o de sensores magnetorresistivos diferenciales, son mucho más a propósito que los sensores Hall sencillos para la exploración de rotores magnéticamente pasivos. Poseen un imán permanente cuya superficie polar orientada hacia la rueda dentada es homogeneizada por una delgada plaquita ferromagnética (figura inferior). Sobre ésta hay colocados dos elementos galvanomagnéticos (término genérico para designar sensores Hall y magnetorresistencias) espaciados a una distancia que corresponde a la mitad de la distancia entre dientes. De ese modo un elemento se encuentra exactamente frente a un hueco entre dientes cuando el otro está frente a un diente. El sensor mide la diferencia de campo magnético entre dos puntos muy próximos en el sentido periférico. La señal de salida corresponde aproximadamente a la derivación del campo magnético en función del ángulo periférico y, desde el punto de vista de la polaridad, es independiente por tanto del entrehierro. Las variaciones del entrehierro no producen impulsos parásitos, pues no cambian el signo de la señal de gradiente.

Para la evaluación de las señales las dos magnetorresistencias pueden estar sencillamente conectadas formando un divisor de tensión que es alimentado con una tensión constante y cuya señal de salida es detectada por la unidad de control generalmente sin carga. A temperatura ambiente y para entrehierros estándar esta señal se aproxima al voltio, pero también a temperaturas más altas es aún suficientemente grande para que se pueda transmitir a la unidad de control sin ser preamplificada.



Ejemplos de aplicación de sensores magnetostáticos

- Sensor Hall (encendido transistorizado TZ-H),
- sensor de fase Hall (árbol de levas),
- sensor Hall de cajas de cambios (RS50, RS51),
- sensor activo Hall de velocidad de rotación,
- sensor activo AMR de velocidad de rotación,
- sensor magnetorresistivo (para bomba rotativa de inyección diesel de émbolos radiales).

Medición absoluta de velocidades de convolución

Funcionamiento

Para medir la velocidades de convolución (derrapes o vuelcos del vehículo) se utiliza el giroscopio. Los giroscopios mecánicos aprovechan las fuerzas de inercia para medir con mucha precisión movimientos angulares en el espacio, independientemente de sistemas de referencia. A pesar de su gran aptitud para la medición, ni los girómetros de giroscopio ni los sensores ópticos basados en el efecto de Sagnac (girómetros de láser o de fibra óptica) entran en consideración para sistemas del automóvil, a causa de aspectos económicos muy rigurosos. Por el contrario, las exigencias de precisión no tan severas de nuevos sistemas del automóvil se pueden satisfacer mediante girómetros realizados en mecánica de precisión o micromecánica, que en vez de un movimiento de rotación aprovechan únicamente un movimiento vibratorio elástico equivalente para la generación de un efecto de medición. Estos sensores llamados girómetros de vibración o sensores de convolución por diapason eran utilizados hasta ahora predominantemente para regulaciones de estabilización. Responden también en grado suficiente a todas las otras exigencias específicas del automóvil, tales como exención de mantenimiento, vida útil, constante de la duración de funcionamiento, etc., incluso respecto a los costes de fabricación que cabe esperar. Los girómetros de vibración miden el ángulo de aro absoluto sobre el eje vertical del vehículo (eje de guiñada) p. ej. en sistemas para la regulación de la dinámica de marcha (ESP, estabilización de fenómenos de derrape) y para la navegación de corta duración (p. ej. en la zona de un cruce de carreteras). Sistemas

avanzados para la activación de sistemas de protección contra el vuelco necesitan las velocidades de convolución alrededor de los ejes alzable y de cabeceo del vehículo. El principio de estos sensores se asemeja al de los giroscopios mecánicos. Aprovechan para la medición las aceleraciones de Coriolis que se presentan cuando se producen movimientos de rotación acompañados de un movimiento vibratorio.

Ejemplos de aplicación.

- Sensores piezoeléctricos de velocidad de convolución
- Sensores micromecánicos de velocidad de convolución MM1 y MM2

Sensores en el automóvil

Sensores de velocidad de rotación/velocidad lineal

Sensores de revoluciones inductivos

Aplicación

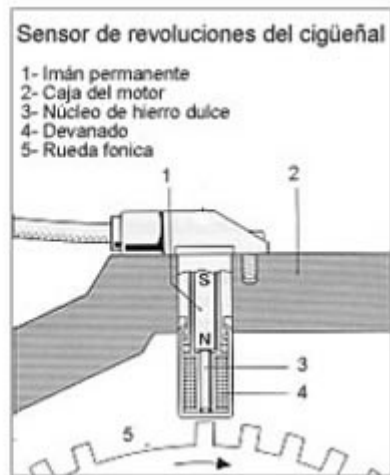
Los sensores de revoluciones del motor (sensores de barra), también llamados transmisores de revoluciones o r.p.m, se emplean para:

- Medir el número de revoluciones del motor
- Detectar la posición del cigüeñal (posición de los pistones del motor).

El número de revoluciones se calcula mediante el intervalo de tiempo entre las señales del sensor. La señal de este sensor es una de las magnitudes más importantes del control electrónico del motor.

Estructura y funcionamiento

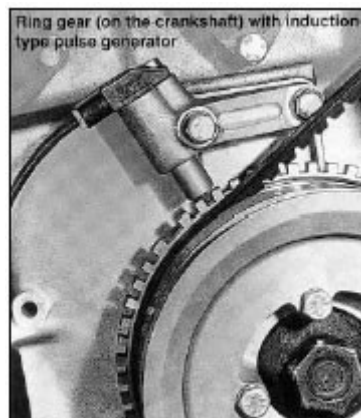
El sensor está montado (separado por un entrehierro) directamente frente a una rueda de impulsos ferromagnética (figura inferior, pos. 5). Contiene un núcleo de hierro dulce (espiga polar) (3) rodeado por un devanado (4). La espiga polar comunica con un imán permanente (1). Hay un campo magnético que se extiende sobre la espiga polar y penetra en la rueda de impulsos (5). El flujo magnético a través de la bobina depende de si delante del sensor se encuentra un hueco o un diente de la rueda de impulsos. Un diente concentra el flujo de dispersión del imán. Se produce una intensificación del flujo útil a través de la bobina. Por contra, un hueco debilita el flujo magnético. Estos cambios en el flujo magnético inducen en la bobina una tensión sinusoidal de salida que es proporcional a la velocidad de las variaciones y, por tanto, al número de revoluciones (figura 2). La amplitud de la tensión alterna crece intensamente a medida que aumenta el número de revoluciones (pocos mV... >100 V). Existe una amplitud suficiente a partir de un número mínimo de 30 revoluciones por minuto.

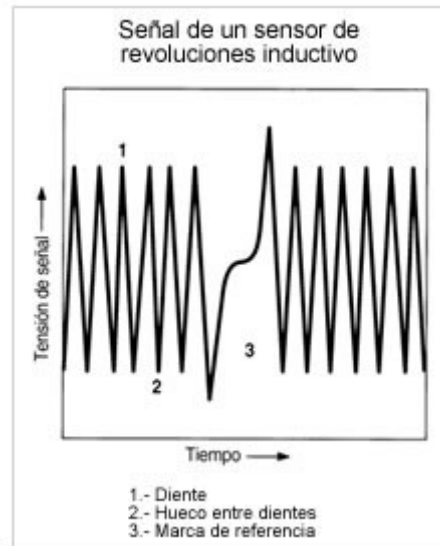


El número de dientes de la rueda de impulsos depende de la aplicación. Los motores con sistemas de gestión por electroválvulas tienen ruedas de impulsos con división 60, existiendo en ellas un hueco correspondiente a dos dientes (5). Esto quiere decir que la rueda tiene $60 - 2 = 58$ dientes. El hueco por dientes faltantes especialmente grande es una marca de referencia y está asignado a una posición definida del cigüeñal. Sirve para la sincronización de la unidad de control.

Otra ejecución de la rueda de impulsos lleva un diente por cilindro en el perímetro. Si el motor es de cuatro cilindros p.ej. hay cuatro dientes; por tanto, por cada vuelta se producen cuatro impulsos.

Los dientes y la espiga polar han de estar ajustados entre sí en su geometría. El circuito de evaluación en la unidad de control convierte la tensión sinusoidal de amplitud muy diferenciada en una tensión rectangular de amplitud constante. Esta señal se evalúa en el microcontrolador de la unidad de control.





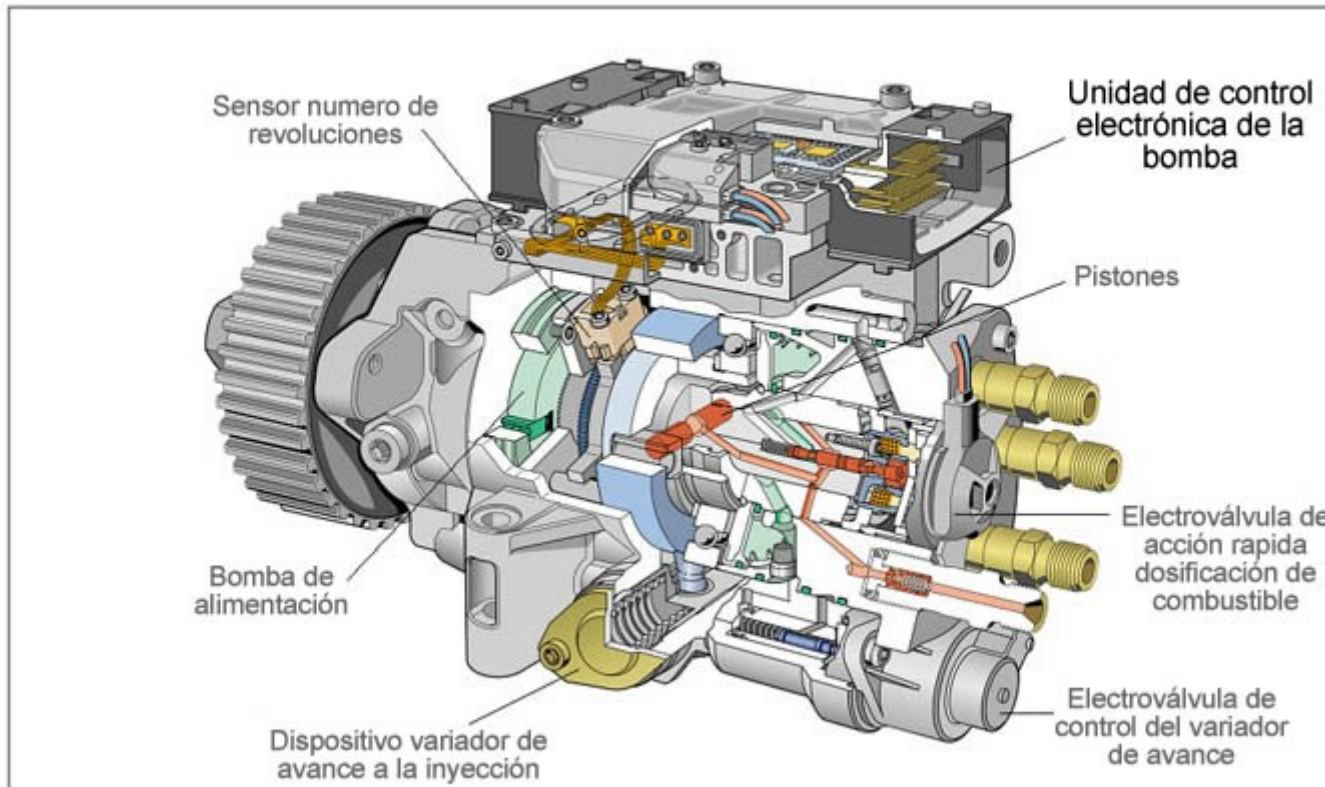
Sensores de revoluciones y sensores de ángulo de giro

Aplicación

Estos sensores están montados en las bombas rotativas de inyección Diesel de mando por electroválvula de alta presión. Su señal se emplea para:

- Medir el número de revoluciones actual de la bomba rotativa,
- Determinar la posición del ángulo momentáneo bomba/árbol de levas del motor y
- Medir la posición de regulación momentánea del variador de avance.

Bomba de inyección de pistón radial VP44 de BOSCH



BOSCH

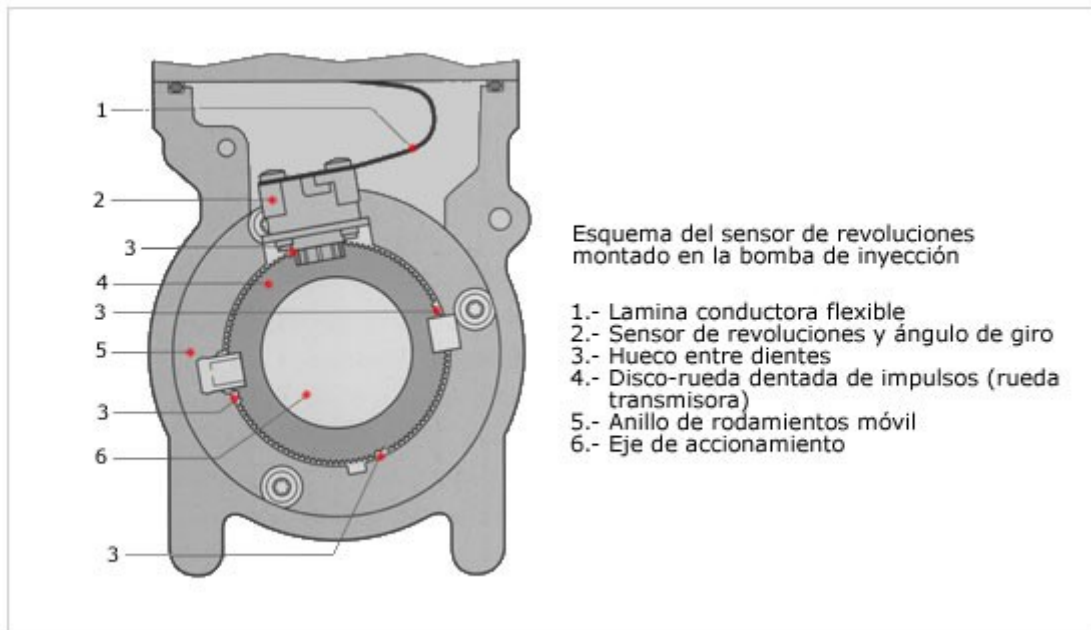


1-K5-1067

El número de revoluciones actual de la bomba es una de las magnitudes de entrada para la unidad de control de ésta. La unidad determina así el tiempo de activación de la válvula de alta presión y, dado el caso, de la válvula del variador de avance.

El tiempo de activación de la válvula de alta presión es necesario para adaptar el caudal de inyección teórico a las condiciones de servicio presentes en ese momento. La posición del ángulo en el instante determina los momentos de activación para la válvula de alta presión. Sólo con una activación correcta respecto al ángulo se garantiza que tanto el cierre como la apertura de la válvula de alta presión tengan lugar en la carrera de leva correspondiente. La activación exacta asegura el comienzo y el caudal de inyección correctos.

La posición necesaria para la regulación del variador del avance se determina comparando las señales del sensor de revoluciones del cigüeñal con las del sensor del ángulo de giro.

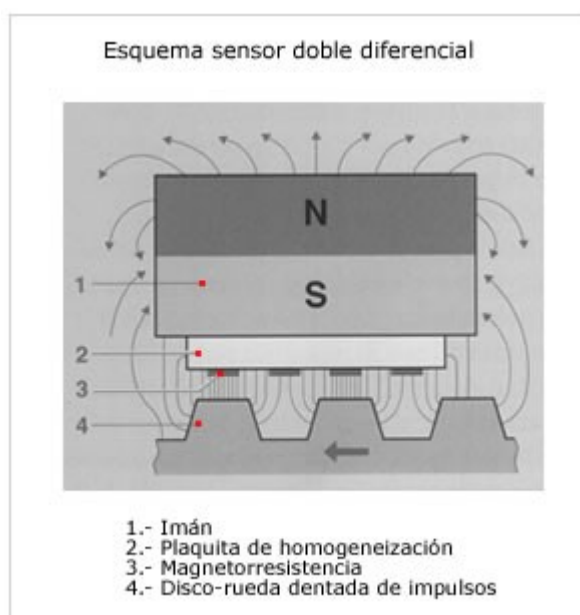


Estructura y funcionamiento

El sensor de revoluciones o sensor de ángulo de giro explora un disco-rueda de impulsos que tiene 120 dientes y está montado sobre el eje de accionamiento de la bomba rotativa. El disco-rueda tiene (repartidos uniformemente en su perímetro) huecos entre dientes, cuyo número corresponde al número de cilindros del motor.

El sensor empleado es un sensor doble diferencial de células resistivas. Estas son resistencias de semiconductor mandadas por campo magnético; su estructura es similar a la de los sensores Hall. Las cuatro resistencias del sensor doble diferencial están conectadas eléctricamente como puente integral.

El sensor tiene un imán permanente cuya cara polar dirigida al disco-rueda de impulsos es homogeneizada por una delgada plaquita ferromagnética. Sobre ella están fijas las cuatro magnetorresistencias a media distancia de la existente entre dientes. De este modo se encuentran siempre alternadas dos resistencias frente a huecos y dos frente a dientes. Las células magnetorresistivas para automóviles soportan temperaturas de hasta $< 170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (por breve período $< 200\text{ }^{\circ}\text{C}$).



Sensores de fase Hall

Aplicación

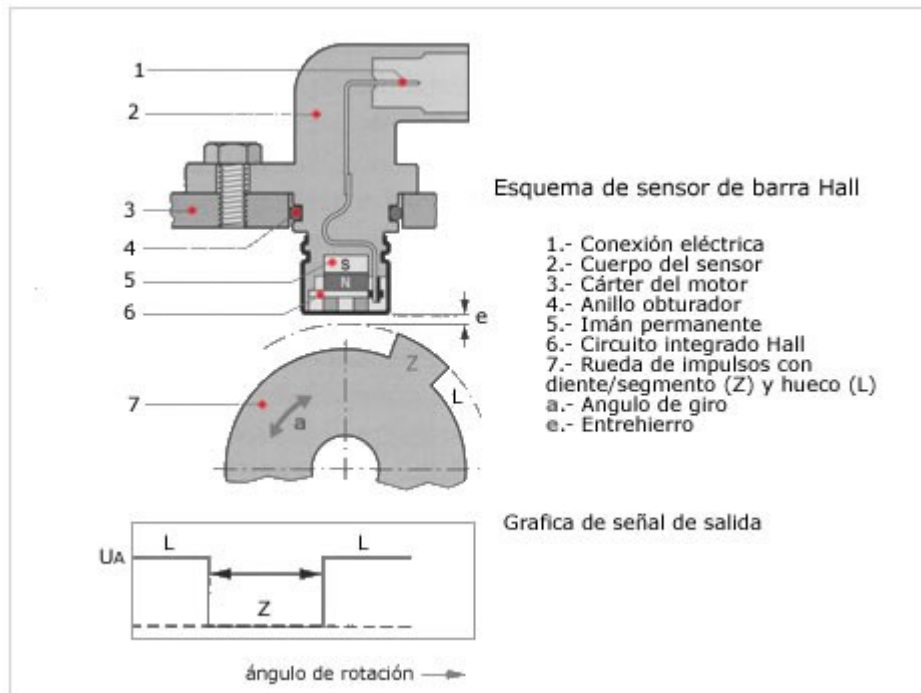
El árbol de levas está desmultiplicado en una relación de 1:2 respecto al cigüeñal. Su posición indica si un pistón del motor que se mueve hacia el punto muerto superior se encuentra en el tiempo de compresión o en el de escape. El sensor de fase junto al árbol de levas (también llamado transmisor de fase) suministra esta información a la unidad de control.



Estructura y funcionamiento

Sensores de barra Hall

Los sensores de barra Hall (figura 2 a) aprovechan el efecto Hall: con el árbol de levas gira un rotor (pos. 7, rueda de impulsos con dientes, segmentos o un diafragma con aberturas) de material ferromagnético. El circuito integrado Hall (6) se encuentra entre el rotor y un imán permanente (5) que proporciona un campo magnético perpendicular al elemento Hall. Cuando pasa un diente (Z) por delante del elemento sensor atravesado por corriente (plaquita de semiconductor) del sensor de barra, varía él la intensidad del campo magnético perpendicularmente al elemento Hall. Por tanto, los electrones impulsados por el componente longitudinal de una tensión aplicada al elemento son desviados en mayor grado perpendicularmente al sentido de la corriente (figura 1, ángulo "a").



De este modo se genera una señal de tensión (tensión Hall), en un margen de milivoltios, independiente de la velocidad relativa entre el sensor y la rueda de impulsos. El sistema electrónico evaluador incorporado en el circuito integrado Hall del sensor prepara la señal y la entrega como una señal de salida rectangular.

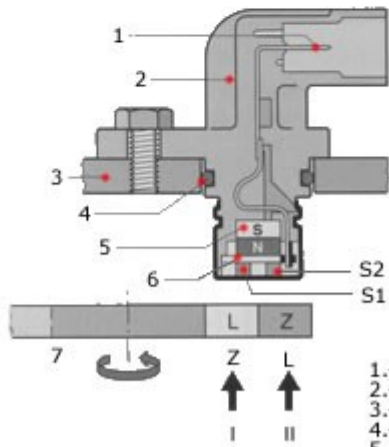
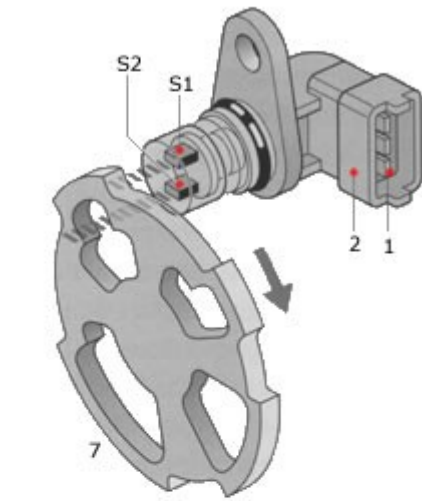
Sensores de barra Hall diferenciales

Los sensores de barra que trabajan según el principio diferencial disponen de dos elementos Hall desplazados en los sentidos radial y axial en el espacio (figura inferior, S1 y S2). Éstos suministran una señal de salida proporcional a la diferencia de la densidad de flujo entre los dos puntos de medición. Para ello es necesario, sin embargo, un "diafragma con aberturas" de doble vía o una "rueda de impulsos de doble vía" para poder generar una señal opuesta en ambos elementos Hall.

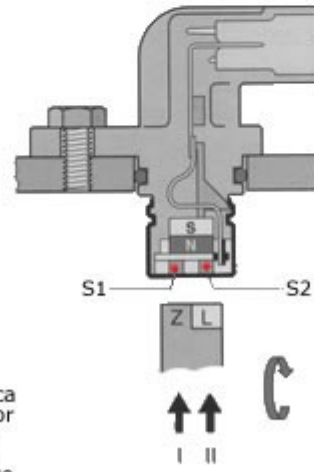
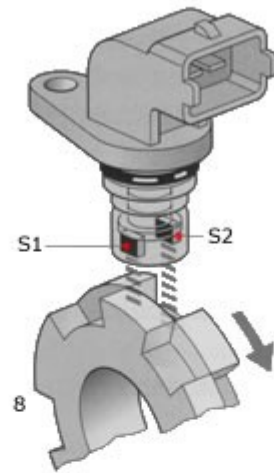
Estos sensores se emplean cuando las exigencias de precisión son muy elevadas. Constituyen otras ventajas el mayor entrehierro y una buena compensación de la temperatura.

Sensores de barra Hall diferenciales

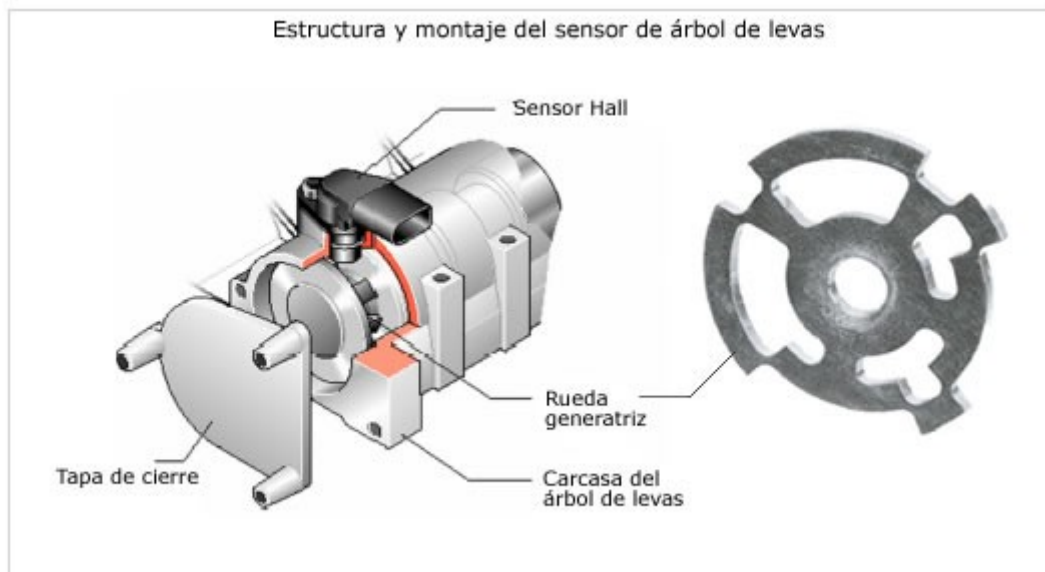
Detección axial (diafragma con aberturas)



Detección radial (rueda de impulsos de dos vías)



- 1.- Conexión eléctrica
- 2.- Cuerpo del sensor
- 3.- Cáster del motor
- 4.- Anillo obturador
- 5.- Imán permanente
- 6.- Circuito integrado Hall diferencial con elementos Hall S1 y S2
- 7.- Diafragma de aberturas
- 8.- Rueda de impulsos de dos vías
- I.- Vía 1
- II.- Vía 2



Sensores de velocidad de giro de las ruedas

Aplicaciones

De las señales de los sensores de velocidad de giro de las ruedas las unidades de control de los sistemas ABS, ASR y ESP derivan la velocidad de rotación de las ruedas (número de vueltas), para impedir el bloqueo o el patinaje de las ruedas y asegurar así la estabilidad y dirigibilidad del vehículo. A partir de estas señales, los sistemas de navegación calculan la distancia recorrida.

Estructura y funcionamiento

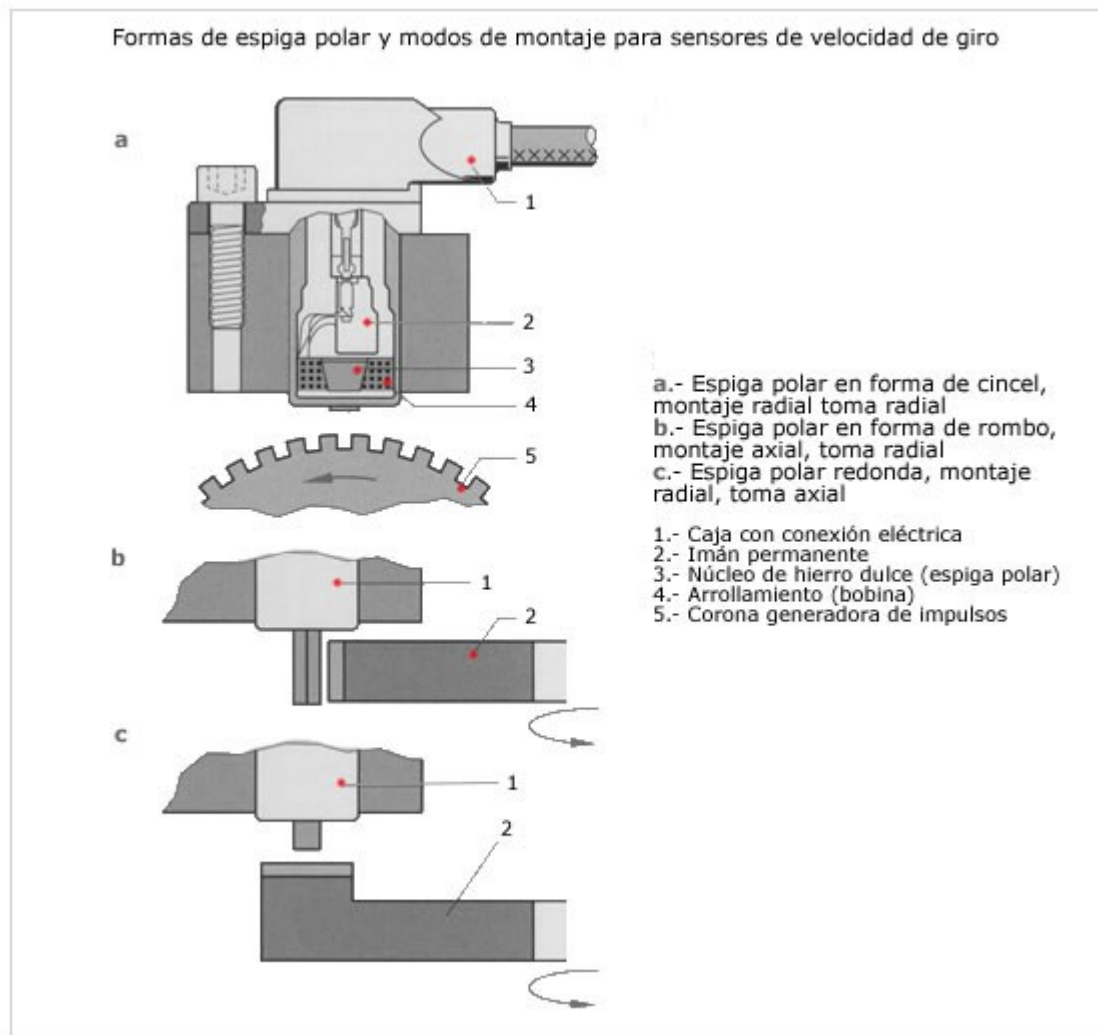
Sensor de velocidad de rotación pasivo (inductivo) La espiga polar del sensor inductivo de velocidad de rotación, que está rodeada de un arrollamiento, se encuentra directamente sobre la corona generadora de impulsos, fijamente unida con el cubo de rueda. La espiga polar de magnetismo dulce está unida con un imán permanente, cuyo campo magnético llega hasta la corona generadora de impulsos, penetrando en ella. A causa de la alternancia permanente entre los dientes y los entredientes, el giro de la rueda ocasiona la variación del flujo magnético dentro de la espiga polar y, por consiguiente, también dentro del arrollamiento que la rodea. La variación del campo magnético induce en el arrollamiento una tensión alterna, que se toma en cada extremo del bobinado.

Tanto la frecuencia como la amplitud de la tensión alterna son proporcionales a la velocidad de giro de la rueda. Cuando la rueda está parada, la tensión inducida es igual a cero. La velocidad mínima mensurable depende de la forma de los dientes, del entrehierro, de la pendiente de la subida de tensión y de la sensibilidad de entrada de la unidad de control; partiendo de este parámetro se puede conocer la velocidad mínima de conexión alcanzable para la aplicación del ABS.

El sensor de velocidad de giro y la rueda de impulsión están separados por un entrehierro de aprox. 1 mm con estrechas tolerancias, para garantizar una detección eficaz de las señales. Además, una fijación firme del sensor de velocidad de giro impide que sus señales sean alteradas por vibraciones procedentes del freno de rueda.

Como las condiciones de montaje en la zona de la rueda no son siempre idénticas, existen diferentes formas de la espiga polar y distintos modos de montaje. La más difundida es la espiga polar en forma de cincel (llamada también polo plano, figura inferior a) para montaje radial, perpendicular a la corona generadora de impulsos. La espiga polar en forma de rombo (llamada también polo en cruz, figura inferior b), para montaje axial, se encuentra en posición radial respecto a la corona generadora de impulsos. Los dos tipos de espiga polar han de estar exactamente ajustados a la corona generadora de impulsos en su montaje. La espiga polar redonda (figura inferior c) no exige una alineación exacta con la corona generadora de

impulsos; ésta, sin embargo, ha de tener un diámetro suficientemente grande o un número reducido de dientes.



Sensores tacométricos de cajas de cambios

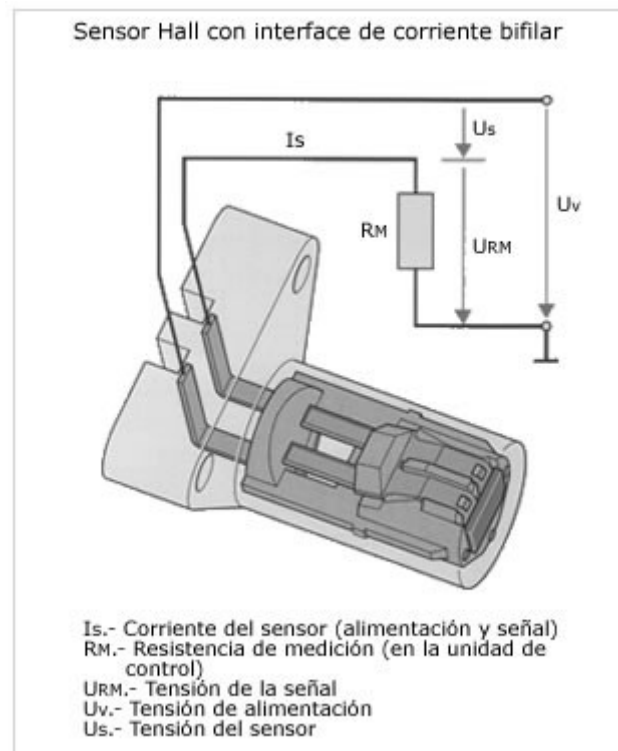
Aplicación

Los sensores tacométricos RS (Rotational Speed Sensor) detectan la velocidad de rotación en cambios de marchas automáticos, semiautomáticos y de variación continua (CVT). Para esta utilización, los sensores son por su concepción resistentes a los aceites ATF para transmisiones automáticas. El "concepto de compactación" prevé la integración en el módulo de mando del cambio de marchas o en versión independiente. La tensión de alimentación U_v se encuentra entre 4,5 y 16,5 V y el margen de temperaturas de funcionamiento alcanza de -40 a $+150^{\circ}\text{C}$.

Estructura y funcionamiento

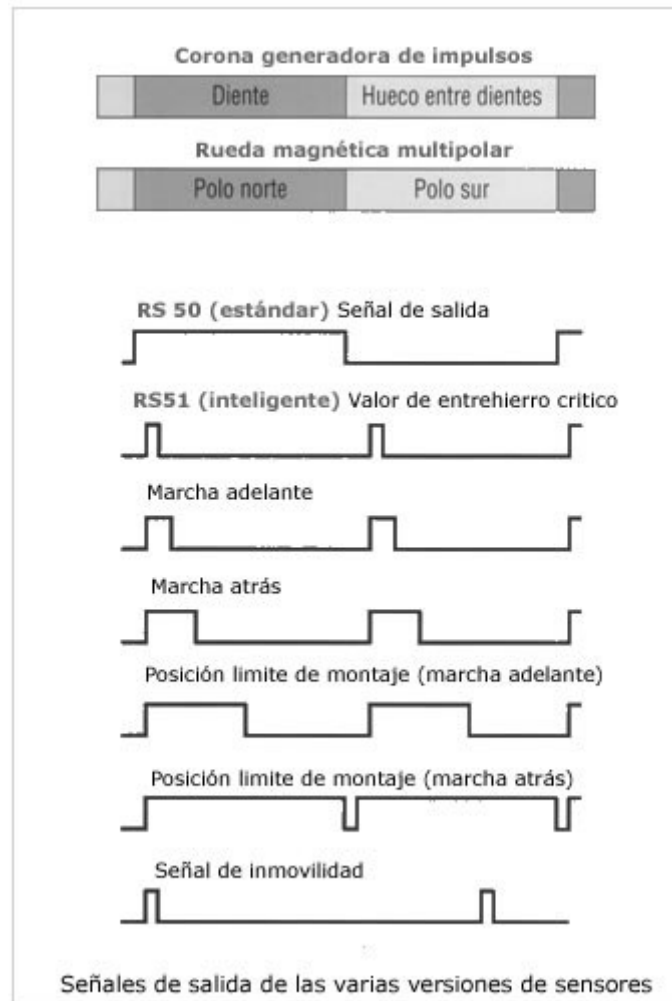
El sensor tacométrico activo posee un C.I. de efecto Hall diferencial y un interface de corriente bifilar. Para el funcionamiento ha de ser conectado a una fuente de tensión (tensión de alimentación U_v). El sensor puede detectar la señal de velocidad de rotación generada por ruedas dentadas y discos de chapa ferromagnéticos o por coronas multipolares (entrehierro entre 0,1 y 2,5 mm); aprovecha el efecto Hall y suministra una señal de amplitud constante, independiente de la velocidad de rotación. Eso hace posible una detección de velocidades de rotación de hasta casi $n = 0$. Para la entrega de la señal se modula la corriente de alimentación en el ritmo de la señal incremental. La modulación de la corriente (baja: 7 mA, alta: 14 mA) es

convertida luego mediante una resistencia de medición R_M integrada en la unidad de control en una tensión de señal U_{RM} (figura inferior).



Existen dos versiones de sensores tacométricos de cajas de cambios:

- **RS50**
 Protocolo de datos: información de velocidad de rotación en forma de señal rectangular.
 Extensión funcional: señal de frecuencia proporcional a la velocidad de impulso y ocasionada por la corona generadora de impulsos al girar pasando por delante de la superficie del sensor.
- **RS51**
 Protocolo de datos: información de velocidad de rotación en forma de señal rectangular e informaciones adicionales transmitidas por el procedimiento de modulación de duración de impulsos.
 Extensión funcional: señal de velocidad de rotación, identificación de inmovilización, del sentido de rotación, de la reserva de entrehierro y de la posición de montaje.



Portainyector con sensor de movimiento de aguja

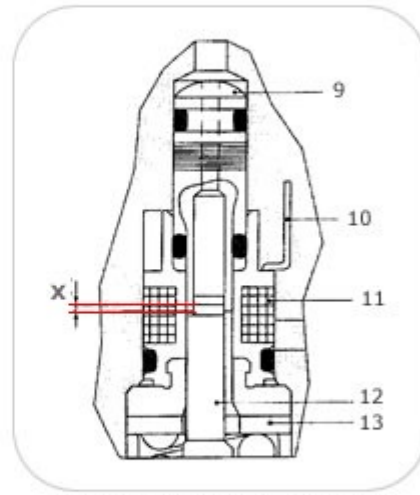
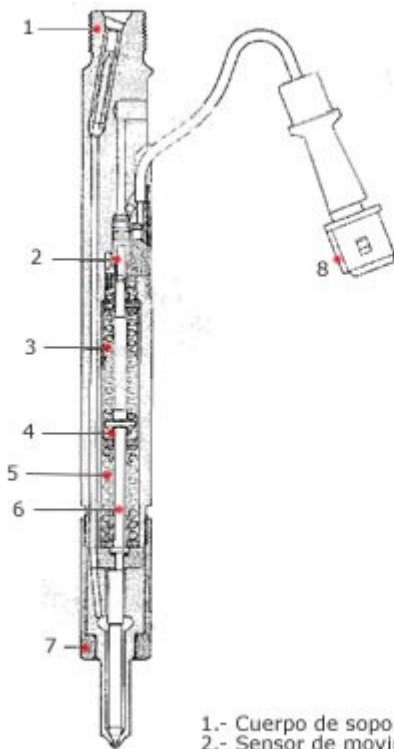
Aplicación

El comienzo de inyección es una magnitud característica importante para el funcionamiento óptimo de los motores Diesel. Su detección hace posible p.ej. una variación del avance de inyección en función de la carga y del número de revoluciones en el circuito de regulación cerrado. Sirve para ello en las bombas rotativas o en línea un portainyector con sensor de movimiento de aguja (figura inferior) que suministra una señal cuando se levanta la aguja del inyector.

Estructura y funcionamiento

El perno de presión prolongado, de magnetismo permanente (12), penetra en la bobina (11). La profundidad de penetración (longitud de recubrimiento "X") determina el flujo magnético en la bobina. Un movimiento de la aguja del inyector induce, con la variación del flujo magnético en la bobina, una señal de tensión dependiente de la velocidad que es procesada directamente en un circuito de evaluación en la unidad de control. La superación de una tensión umbral le sirve al circuito de evaluación como señal para el comienzo de inyección.

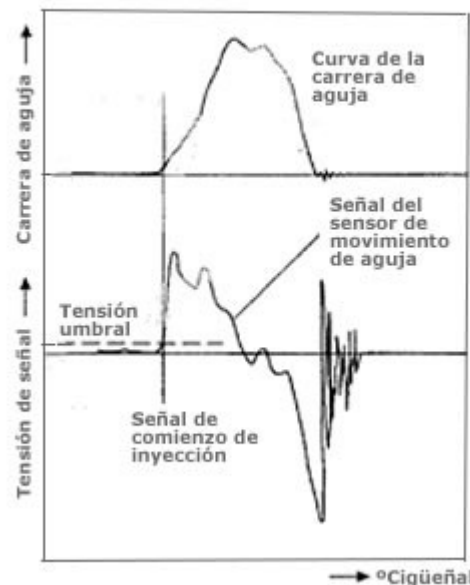
Portainyector de dos muelles con sensor de movimiento de aguja para motores de inyección directa



Detalle del sensor de movimiento

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| 1.- Cuerpo de soporte | 8.- Conexión eléctrica |
| 2.- Sensor de movimiento de aguja | 9.- Perno de ajuste |
| 3.- Muelle de compresión | 10.- Talón de contacto |
| 4.- Disco de conducción | 11.- Bobina de transmisor |
| 5.- Muelle de compresión | 12.- Perno de presión |
| 6.- Vástago de presión | 13.- Platillo elástico |
| 7.- Tuerca de fijación del inyector | X.- Longitud de movimiento |

Comparación de una curva de carrera de aguja con la correspondiente curva de la tensión del sensor de movimiento de aguja



Sensor inductivo para encendido transistorizado

Aplicación

Este sensor inductivo es un disparador de impulsos para el encendido transistorizado TZ-I. Representa un generador eléctrico de corriente alterna. El punto de conexión del ángulo de cierre se determina por comparación de la señal de tensión alterna del sensor con una señal de tensión correspondiente al tiempo de regulación de la corriente.

Estructura

El sensor inductivo está alojado en la caja del distribuidor de encendido, en el lugar que ocupaba el anterior ruptor convencional

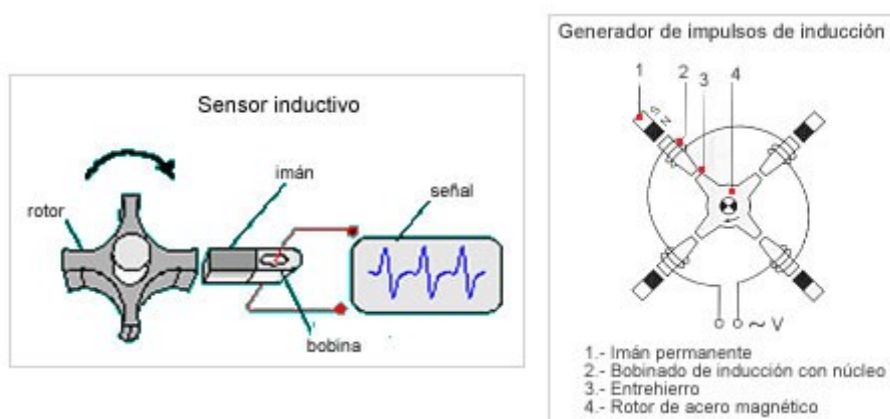
El núcleo magnético dulce del arrollamiento de inducción tiene la forma de un disco, llamado "disco polar". El imán permanente, el arrollamiento de inducción y el núcleo del sensor inductivo forman una unidad compacta, el "estator".

Frente a esta unidad gira la rueda generadora de impulsos, fijamente unida al árbol del distribuidor y llamada "rotor". El rotor (comparable a la leva de encendido del ruptor) está fijado sobre el árbol hueco que rodea el árbol del distribuidor.

El núcleo y el rotor son de acero magnético dulce; tienen prolongaciones en forma de dientes (dientes del estator y del rotor): El disco polar (núcleo) tiene p. ej. en el lado exterior dientes estatóricos doblados en ángulo recto hacia arriba.

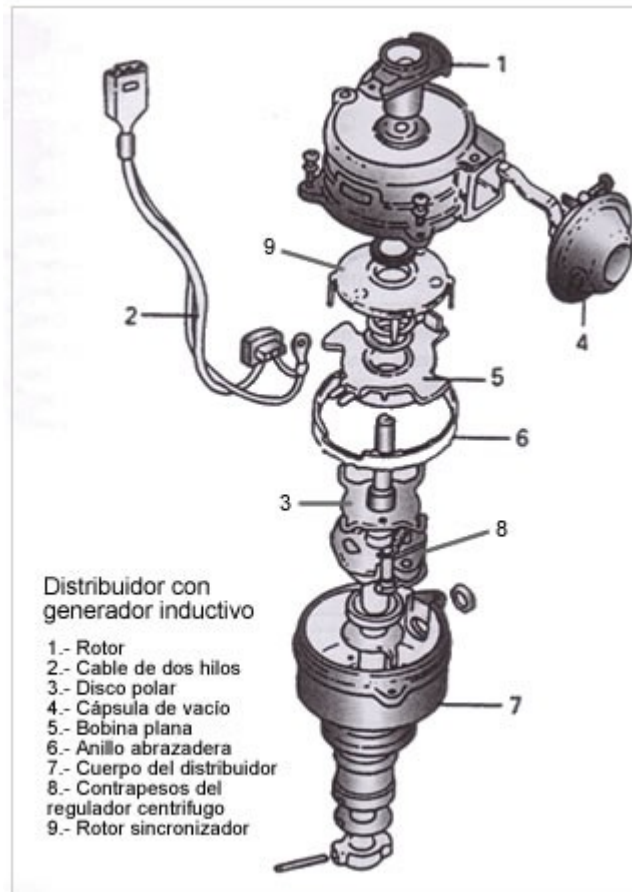
Conforme a ello, el rotor tiene dientes doblados hacia abajo.

El número de dientes del rotor y del disco polar corresponde generalmente al número de cilindros del motor. Cuando están frente a frente, los dientes fijos y los dientes móviles están distanciados unos de otros aproximadamente 0,5 mm.



Funcionamiento

El principio de funcionamiento se basa en el hecho de que el entrehierro entre los dientes del rotor y del estator varía periódicamente al girar el rotor. Con él varía el flujo magnético. La variación del flujo induce una tensión alterna en el arrollamiento de inducción. La tensión de cresta $\pm U_s$ es entonces proporcional a la velocidad de rotación: aprox. 0,5 V a baja velocidad y aprox. 100 V a alta velocidad. La frecuencia de esta tensión alterna corresponde al número de chispas de encendido por minuto,



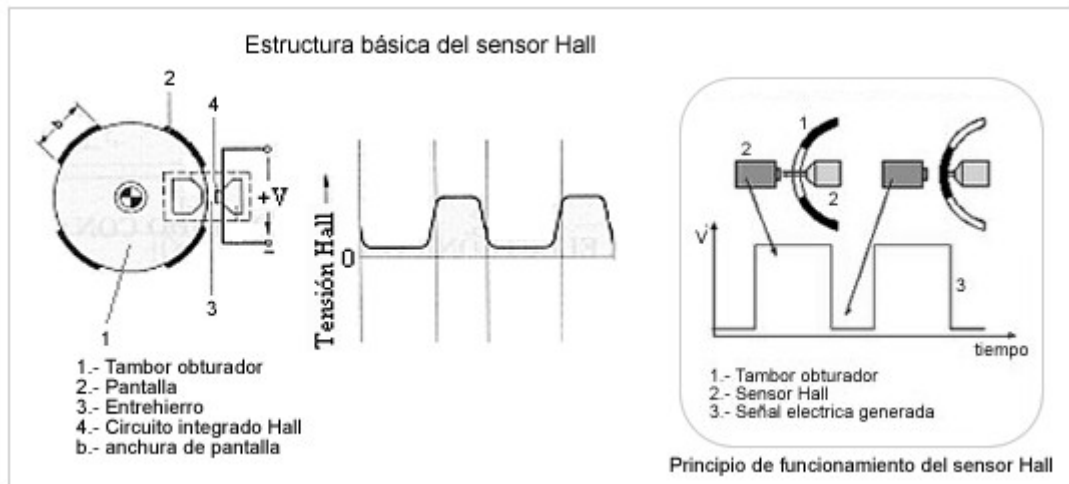
Sensor Hall para encendido transistorizado

Aplicación

Este sensor Hall es un disparador de impulsos para el encendido transistorizado TZ-H. La señal de esta "barrera Hall" integrada en el distribuidor de encendido corresponde, en su contenido de informaciones, a la señal del encendido convencional por bobina y mando por contactos: mientras que el ruptor del encendido en el distribuidor determina el ángulo de cierre con la ayuda de la leva de encendido, el sensor Hall en el distribuidor prefija la relación cíclica de impulsos mediante su rotor de pantallas.

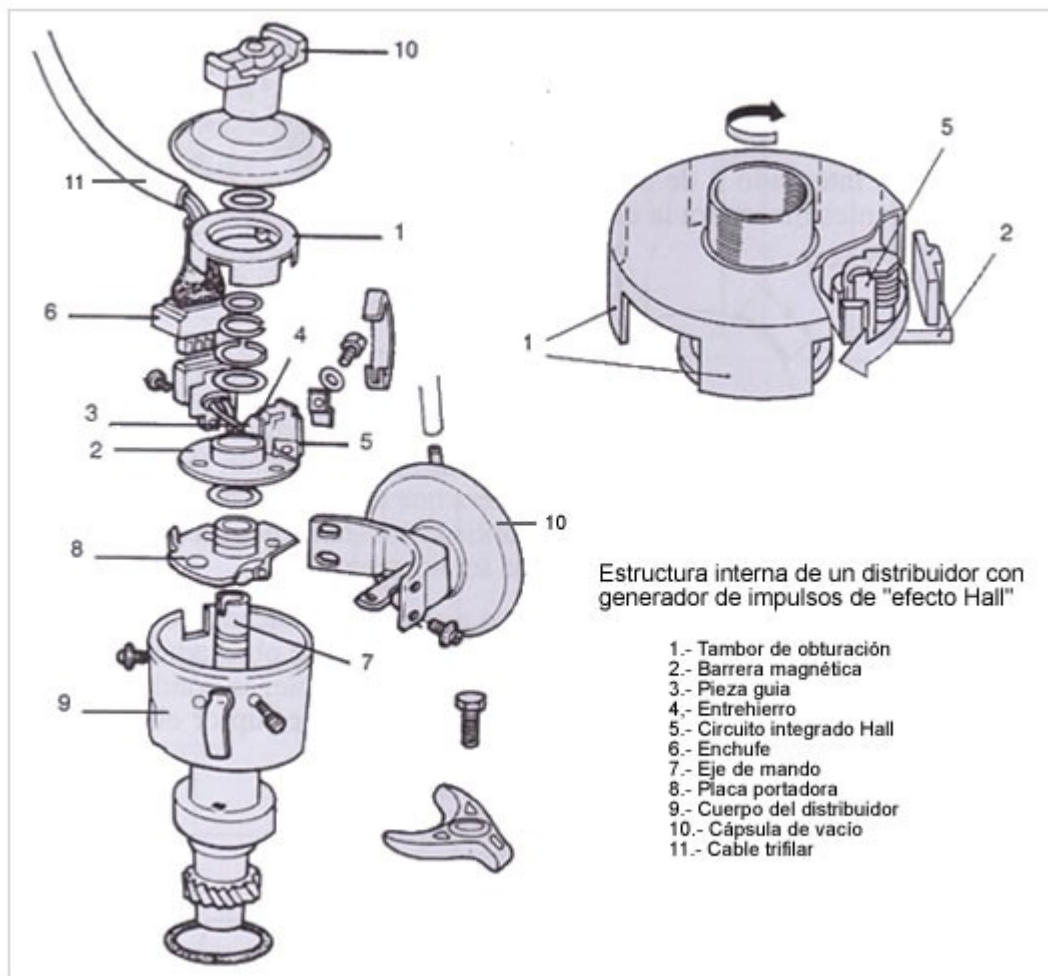
Estructura

El sensor Hall (figura inferior) está integrado en el distribuidor de encendido. Su barrera magnética está montada sobre la placa soporte móvil. El C. I. Hall se encuentra sobre un soporte cerámico; el circuito y una de sus piezas conductoras están rodeados de plástico fundido, como medida de protección contra la humedad, la suciedad y daños de orden mecánico. Las piezas conductoras y el rotor de pantallas son de material magnético dulce. El número de pantallas es igual al número de cilindros. El ancho "b" de cada pantalla puede determinar, según el módulo electrónico utilizado, el ángulo de cierre máximo de este sistema de encendido. Por ello, el ángulo de cierre permanece prácticamente constante durante toda la vida útil del sensor Hall; por tanto, no es necesario un ajuste del ángulo de encendido.



Funcionamiento

Cuando gira el árbol del distribuidor, las pantallas del rotor pasan sin contacto por el entrehierro de la barrera Hall; cuando el entrehierro está libre, el C.I. Hall incorporado y el elemento sensor Hall son atravesados por el campo magnético. El flujo magnético incide en el elemento sensor Hall y la tensión Hall alcanza su valor máximo. El C.I. Hall está activado. Tan pronto como una de las pantallas entra en el entrehierro, la mayor parte del flujo magnético se dispersa en la pantalla y es mantenido alejado así del C.I. La densidad del flujo desaparece del elemento sensor Hall, excepto un pequeño resto procedente del campo de dispersión. La tensión Hall alcanza un mínimo. La forma de la pantalla del rotor determina el ángulo de cierre por generación inmediata de una tensión de rampa a partir de la tensión de la señal i/s (tensión Hall convertida, figura 2); sobre esta tensión de rampa se desplaza el punto de activación del ángulo de cierre. El principio de trabajo y la forma de construcción del sensor Hall permiten un ajuste del encendido estando el motor parado, siempre que no se haya previsto ninguna desconexión de la corriente de reposo.



Sensores de convolución (viraje) piezoeléctricos de diapasón

Estructura

El sensor de ángulo de rotación (llamado también girómetro) se compone de un cuerpo de acero en forma de diapasón provisto de cuatro piezoelementos (dos en la parte inferior y dos en la parte superior, figura 1) y de una electrónica de detección.

Este sensor, insensible a perturbaciones magnéticas, efectúa mediciones muy precisas.

Se monta bajo la columna de dirección, junto al transmisor de aceleración transversal, en un soporte común.

Detectan en vehículos con regulación de la dinámica de marcha (ESP) los movimientos de rotación del vehículo sobre su eje vertical, p. ej. al recorrer curvas o en caso de desviarse de la dirección o de patinar (derrapar). Este sensor mide la velocidad de viraje, indicado en el equipo de autodiagnóstico como $^{\circ}/s$ (grados/segundo).

Por esta razón la posición de montaje es crítica, ya que un mal montaje implica una señal errónea.

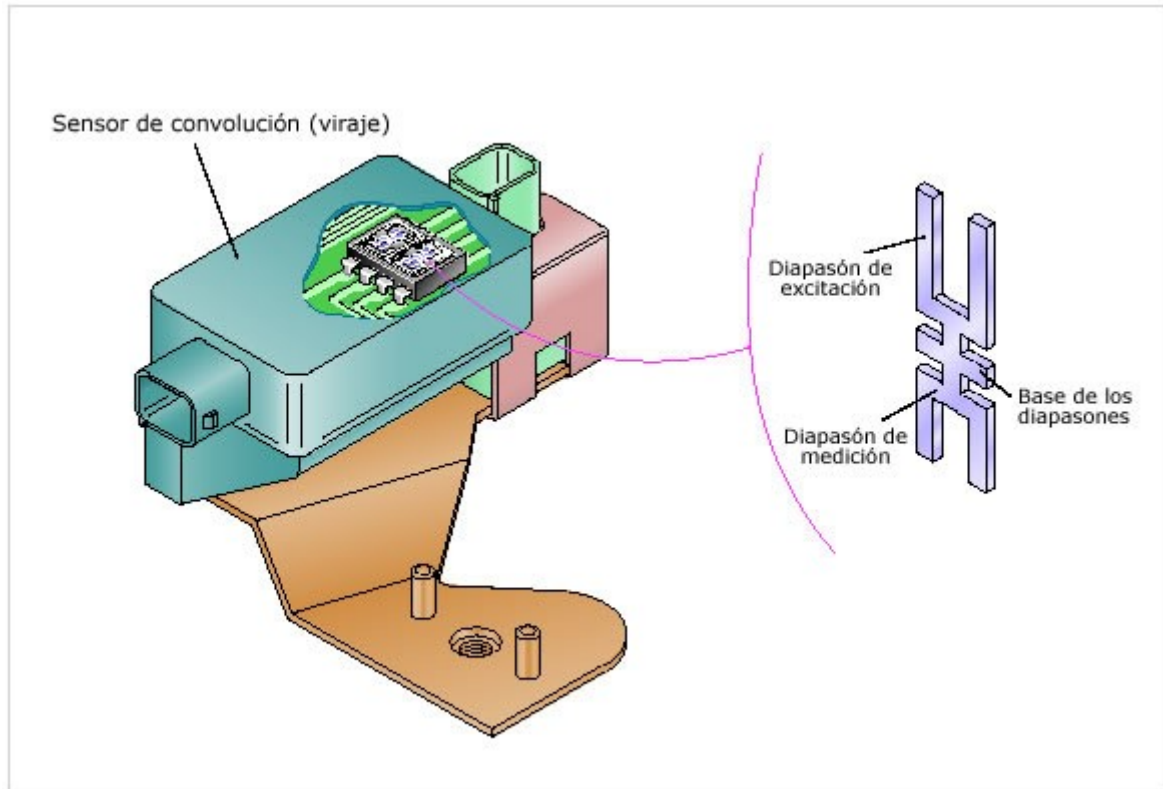
Está compuesto por una electrónica de control y un sensor capaz de medir los giros sobre el eje vertical, denominado diapasón doble. El diapasón está construido a partir de silicio monocristalino.

Cuando el diapasón doble se torsiona bajo el efecto de los pares de viraje, la electrónica de control detecta estas sollicitaciones mecánicas y las transforma en señales eléctricas.

Esto requiere que el transmisor sea alimentado con 5 V y masa por la unidad de control, en tanto que la señal enviada del transmisor a la unidad es una tensión que varía en función del par de viraje entre 0 y 5 V, dando un valor de 2,5 V cuando no hay ningún par de viraje aplicado.

Si se analiza el diapasón doble en detalle se observa que consta de dos diapasones simples opuestos entre sí y unidos por la base. Al diapasón superior se le llama de excitación y al inferior, de medición.

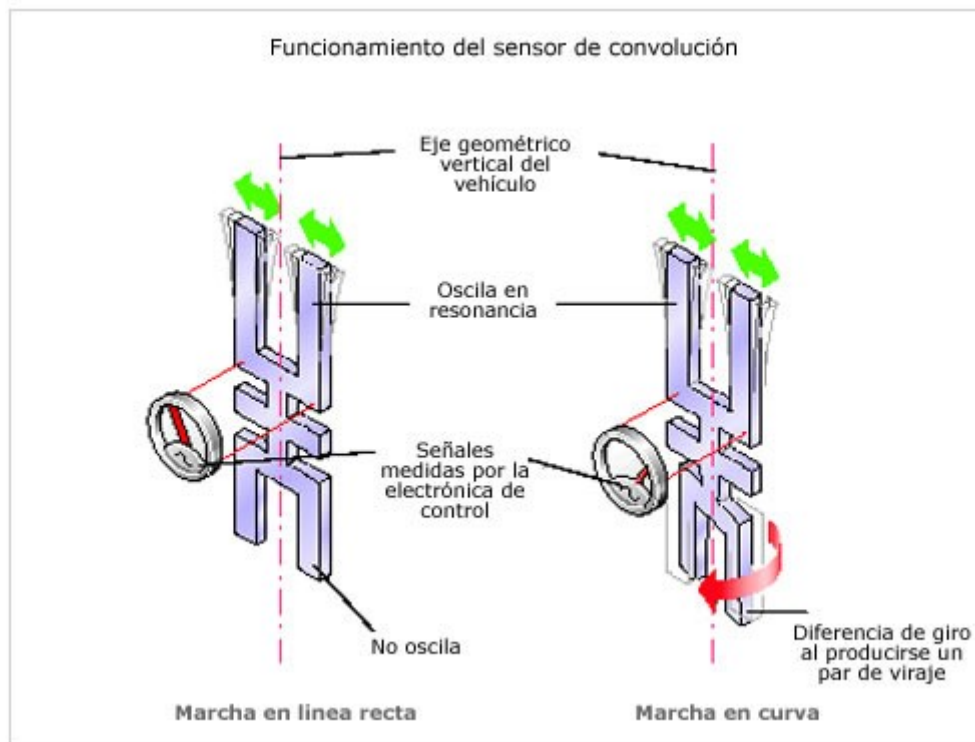
Están diseñados de tal forma que el diapasón de excitación entra en resonancia al alcanzar una frecuencia de 11 kHz, mientras que el diapasón de medición tiene la frecuencia de resonancia a 11,33 kHz.



Funcionamiento

Al aplicarse una tensión, los piezoelementos inferiores comienzan a vibrar y excitan a su vez los piezoelementos en los extremos superiores del diapasón, haciendo que generen vibraciones de fase opuesta.

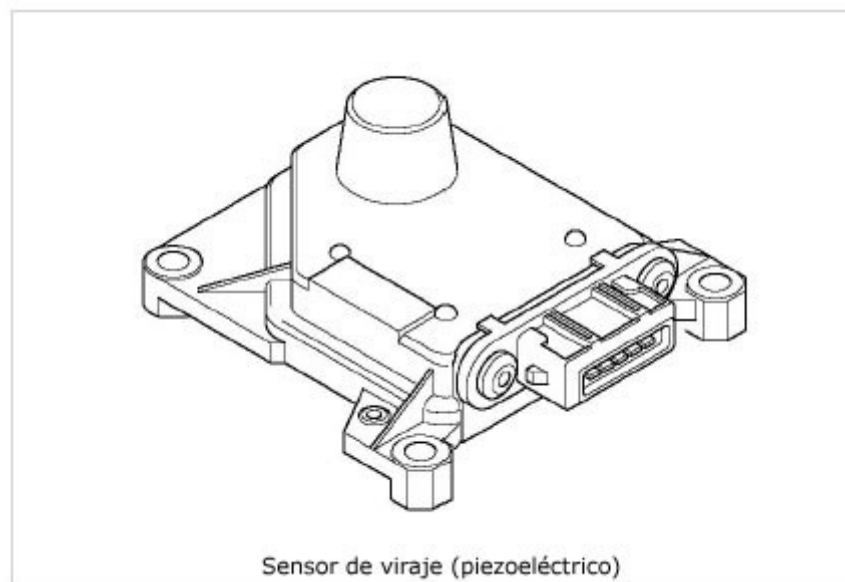
- Marcha en línea recta
Al marchar en línea recta, ninguna aceleración de Coriolis actúa sobre el diapasón. Como los piezoelementos superiores vibran siempre en fase opuesta y sólo son sensitivos perpendicularmente al sentido de las vibraciones (figura 1a), no generan ninguna tensión.
- Marcha por una curva
La aceleración de Coriolis, que se manifiesta cuando tiene lugar un movimiento de giro en unión con el movimiento vibratorio (pero perpendicular a éste último), se aprovecha para la medición en la curva. El movimiento de giro ocasiona entonces el desplazamiento de las zonas superiores del diapasón fuera del plano de vibración (figura 1b). A causa de ello se origina en los piezoelementos superiores una tensión eléctrica alterna, que llega a la centralita del control de estabilidad a través de una electrónica integrada en la caja del sensor. La amplitud de la señal de tensión depende tanto de la velocidad de giro como de la velocidad de vibración; su signo, del sentido de giro del recorrido en la curva.



Sensores de convolución piezoeléctricos ("vasos" oscilantes)

Aplicación

Se trata de otro modelo de sensor de viraje o de velocidad de viraje (llamados también girómetros).

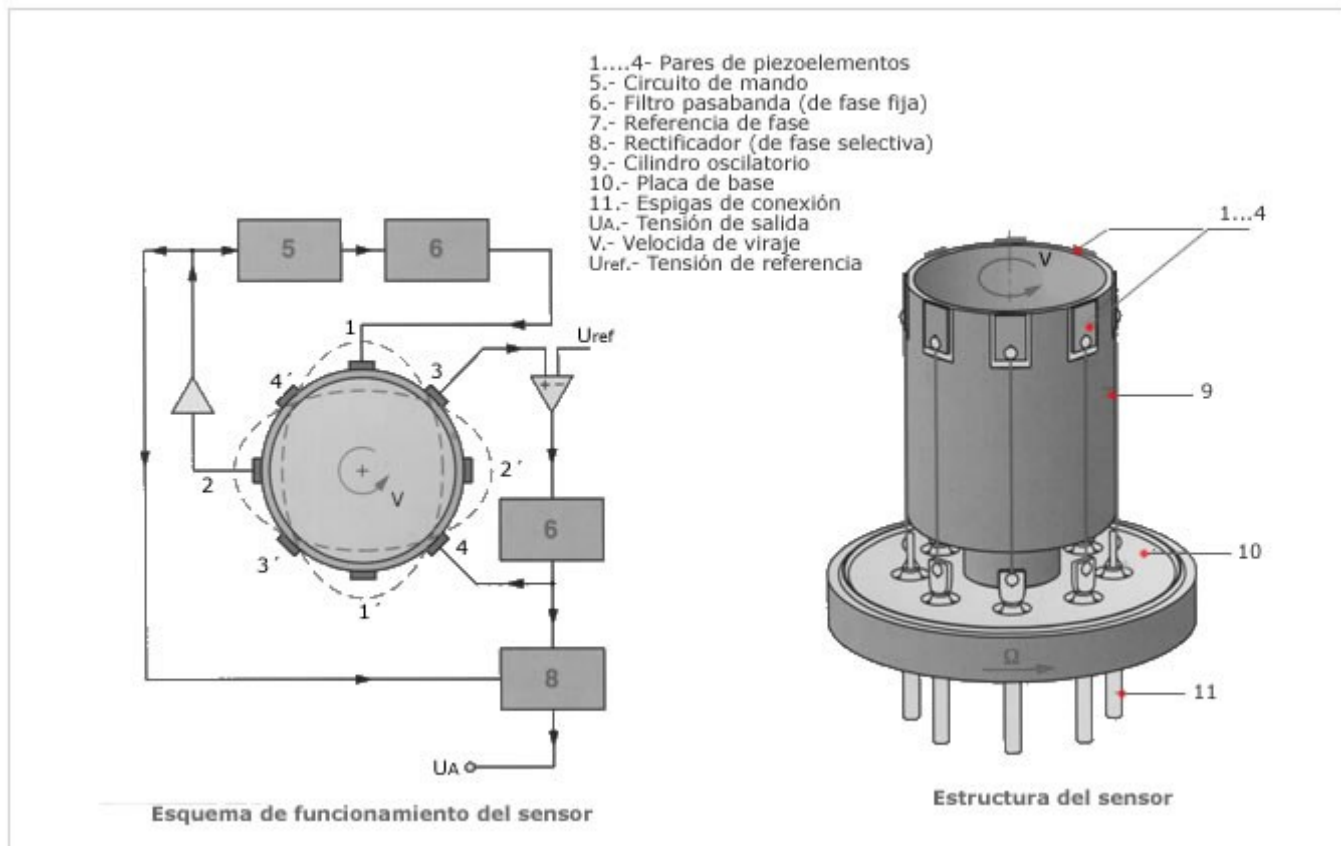


Estructura y funcionamiento

Los sensores de convolución piezoeléctricos son detectores mecánicos de precisión. Un cilindro metálico hueco oscilatorio (9) es excitado a oscilar y es mantenido en resonancia en sentido radial por dos cerámicas piezoeléctricas 1-1' diametralmente opuestas fijadas en el cilindro; un segundo par de cerámicas piezoeléctricas 2-2', dispuesto desplazado en 90° del

primero, estabiliza la oscilación a una amplitud constante, que presenta cuatro nudos de oscilación alineados en sentido axial (desplazados en 45° del sentido de excitación) (figuras 1 a 3).

Al girar a la velocidad de convolución (V) alrededor del eje del cilindro, los nudos se desplazan ligeramente en la periferia por el efecto de la aceleración de Coriolis; en esos nudos que, normalmente están libres de fuerza, aparecen entonces unas fuerzas proporcionales a la velocidad de rotación, que son detectadas por un tercer par de cerámicas piezoeléctricas 3-3'. Un cuarto par de excitación 4-4' y un bucle cerrado de regulación reducen la tensión resultante a un valor de referencia $U_{ref} = 0$. La magnitud de ajuste necesaria para ello sirve, tras un esmerado filtrado por un rectificador de sincronización de fases, como señal de salida extremadamente precisa. Mediante una encauzada variación provisional del valor teórico a $ref = 0$ se puede comprobar fácilmente el sistema total del sensor (test integrado). La derivación térmica de este sensor requiere la existencia de un complejo circuito de compensación. La inevitable alteración con el tiempo de las características del material de los elementos piezoeléctricos obliga además a realizar un envejecimiento prematuro esmerado.



Sensores en el automóvil

Sensores de aceleración y de vibraciones

Magnitudes de medición

Los sensores de aceleración y de vibraciones son apropiados para la regulación contra la detonación (picado) en motores de combustión interna, también sirven para activar sistemas de protección de los pasajeros (airbag, sensores de cinturón, arco contra el vuelco) y para detectar aceleraciones en las curvas y variaciones de velocidad en vehículos de tracción integral

equipados con el sistema antibloqueo ABS o el programa electrónico de estabilidad ESP, o con un sistema de regulación del tren de rodaje.

La magnitud de medición es la aceleración "a", que con frecuencia se indica como múltiple de la aceleración de la gravedad "g" (1g = 9,81 m/s²) para valores típicos de los automóviles

Sensores de aceleración y de vibraciones	
Aplicación	Campo de medición
Regulación contra la detonación	1....10g
Protección de los pasajeros - Airbag, tensor de cinturón - Arco contra el vuelco - Bloqueador de cinturón	50g 4g 0,4g
ABS, ESP	0,8g.....1.2g
Regulación del tren de rodaje: - Carrocería - Eje	1g 10g

Principios de medición

Todos los sensores de aceleración miden en principio, con arreglo a la ley fundamental de la mecánica, las fuerzas F, ejercidas por la aceleración "a" sobre las masas (inertes) "m", sea ya de modo únicamente dinámico (sensores de vibraciones) o también estático:

$$F = m \cdot a$$

Como en el caso de medición de una fuerza, existen sensores que miden un desplazamiento y otros que miden esfuerzos mecánicos.

El encapsulamiento en estos sensores tiene una importancia decisiva para la calidad de la detección. En su función de sensores de inercia detectan la magnitud de medición sin la menor comunicación con el exterior; puede encapsularse pues fácilmente de modo hermético. Han de disponer, sin embargo, de medios apropiados para un acoplamiento mecánico lo mas rígido posible al cuerpo a medir, pues elementos intermedios adicionales elásticos o sueltos alterarían considerablemente la medición. Este acoplamiento rígido y fijo no debe dar lugar, sin embargo, a que las posibles dilataciones térmicas del cuerpo a medir se transmitan p.ej. al sensor, lo que podría influir en el valor medido.

Hay que tener en cuenta que los sensores piezoeléctricos tienen una alta resistencia interior, es recomendable instalar un primer amplificador desacoplador directamente junto al sensor (a ser posible incluso dentro de una caja hermética común), para detectar la tensión de salida. Largos cables de alimentación alteran la señal, tanto por su capacidad parásita (divisor de tensión) como por su resistencia efectiva parásita.

Ejemplo de sensores de aceleración:

- Sensores de aceleración de efecto Hall.
- Sensores de aceleración piezoeléctricos
- Sensores de aceleración micromecánicos

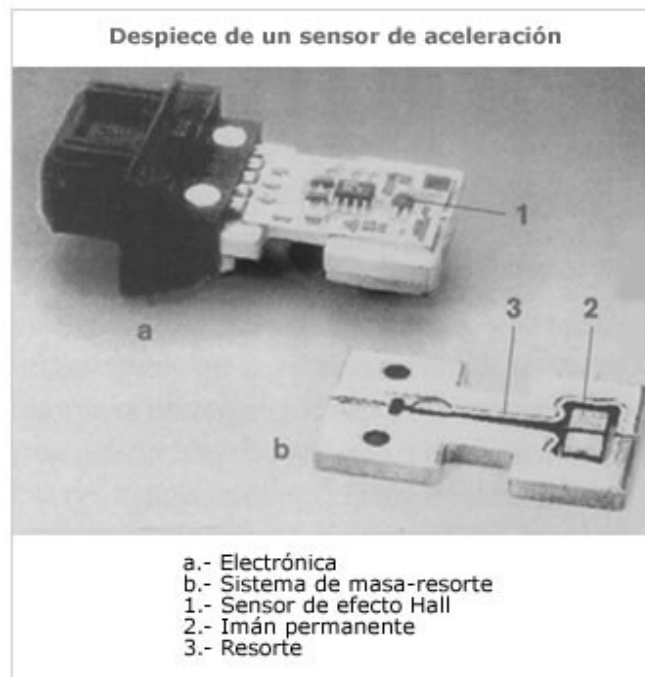
Sensores de aceleración de efecto Hall.

Aplicación

Los vehículos equipados con el sistema antibloqueo ABS, el control de tracción ASR, una tracción integral o con el programa electrónico de estabilidad ESP disponen, además de los sensores de velocidad de giro de las ruedas, de un sensor de aceleración de efecto Hall para la medición de las aceleraciones longitudinal y transversal del vehículo (referido al sentido de marcha, según la posición de montaje).

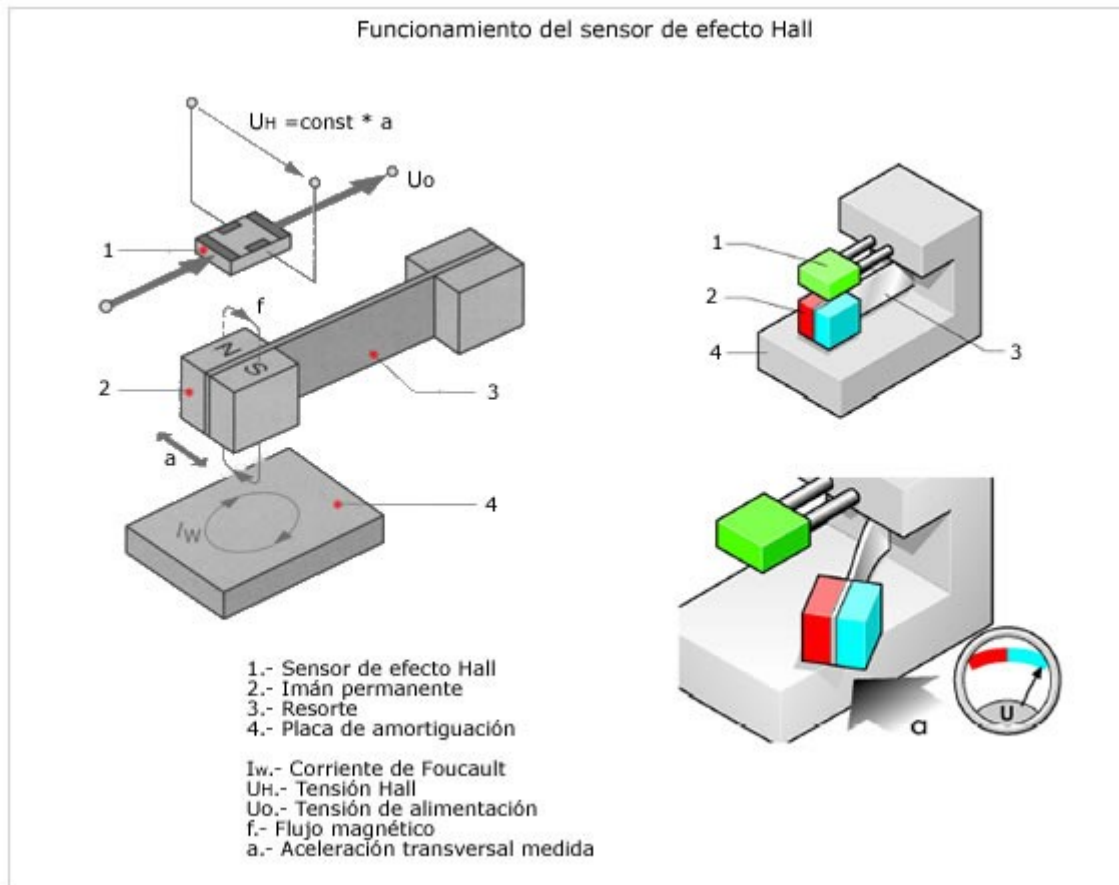
Para su correcto funcionamiento y debido a su función en el sistema, es conveniente que este sensor esté instalado lo más cerca posible del centro de gravedad del vehículo.

Su misión es la de detectar si existen fuerzas laterales que traten de sacar el vehículo de la trayectoria deseada y detectar su intensidad. Este detector es muy sensible y delicado, por lo que puede sufrir daños con facilidad.



Estructura

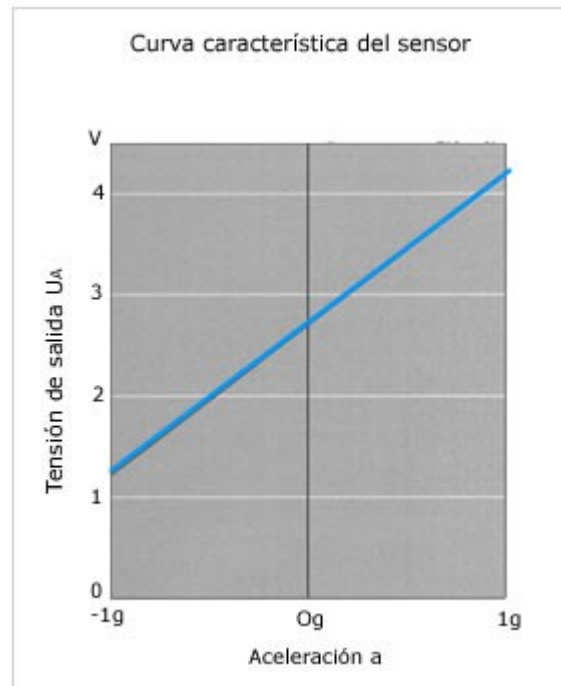
El sensor de aceleración de efecto Hall utiliza un sistema masa-resorte de fijación "elástica". Está constituido por un resorte en forma de cinta puesto de canto (3), fijado por uno de sus extremos. En el extremo libre opuesto está colocado un imán permanente (2) en función de masa sísmica (que se mueve). Sobre el imán permanente se encuentra el verdadero sensor de efecto Hall (1) con la electrónica de evaluación. Debajo del imán hay colocada una plaquita de amortiguación (4) de cobre.



Funcionamiento

Al estar sujeto el sensor a una aceleración transversal al resorte, la posición de reposo del sistema masa-resorte cambia. Su desplazamiento es un parámetro específico de la aceleración. El flujo magnético "F" ocasionado por el movimiento del imán genera una tensión Hall U_H en el sensor de efecto Hall. La tensión de salida U_A resultante de ello y procedente de la electrónica de evaluación aumenta linealmente con la aceleración (figura inferior, campo de medición aprox. 1 g).

El sensor está concebido para un reducido ancho de banda de algunos Hz (herzios) y posee una amortiguación electrodinámica.



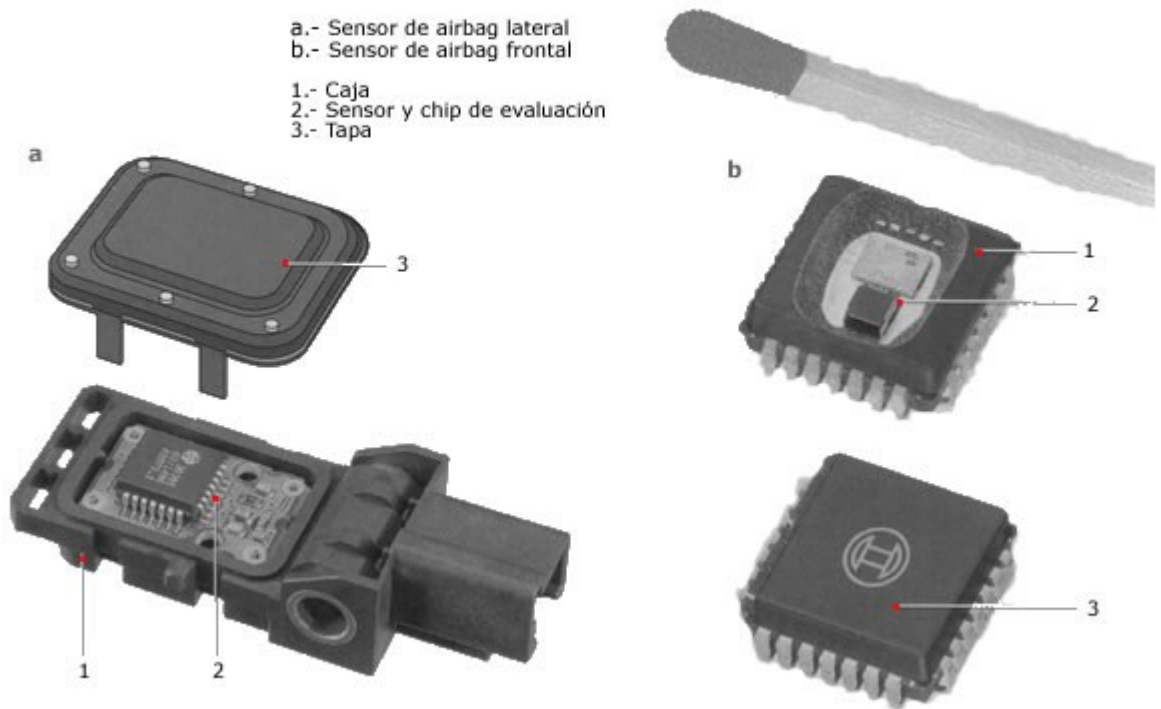
Sensores de aceleración realizados por micromecánica de superficie

Aplicación

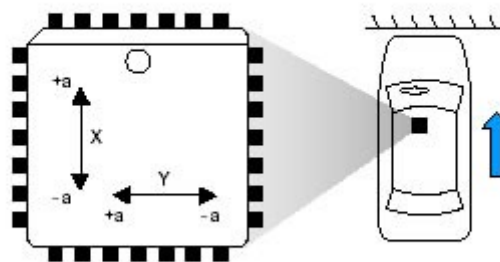
Los sensores de aceleración realizados por micromecánica de superficie y destinados a los sistemas de retención de pasajeros detectan los valores de aceleración de un choque frontal o lateral y provocan la activación de los sensores de cinturón, el disparo de los airbag y la actuación del arco antivuelco.

Sensores de aceleración realizados por micromecánica de superficie, para el disparo del airbag

- a.- Sensor de airbag lateral
- b.- Sensor de airbag frontal
- 1.- Caja
- 2.- Sensor y chip de evaluación
- 3.- Tapa



Situación del sensor de aceleración en el automóvil

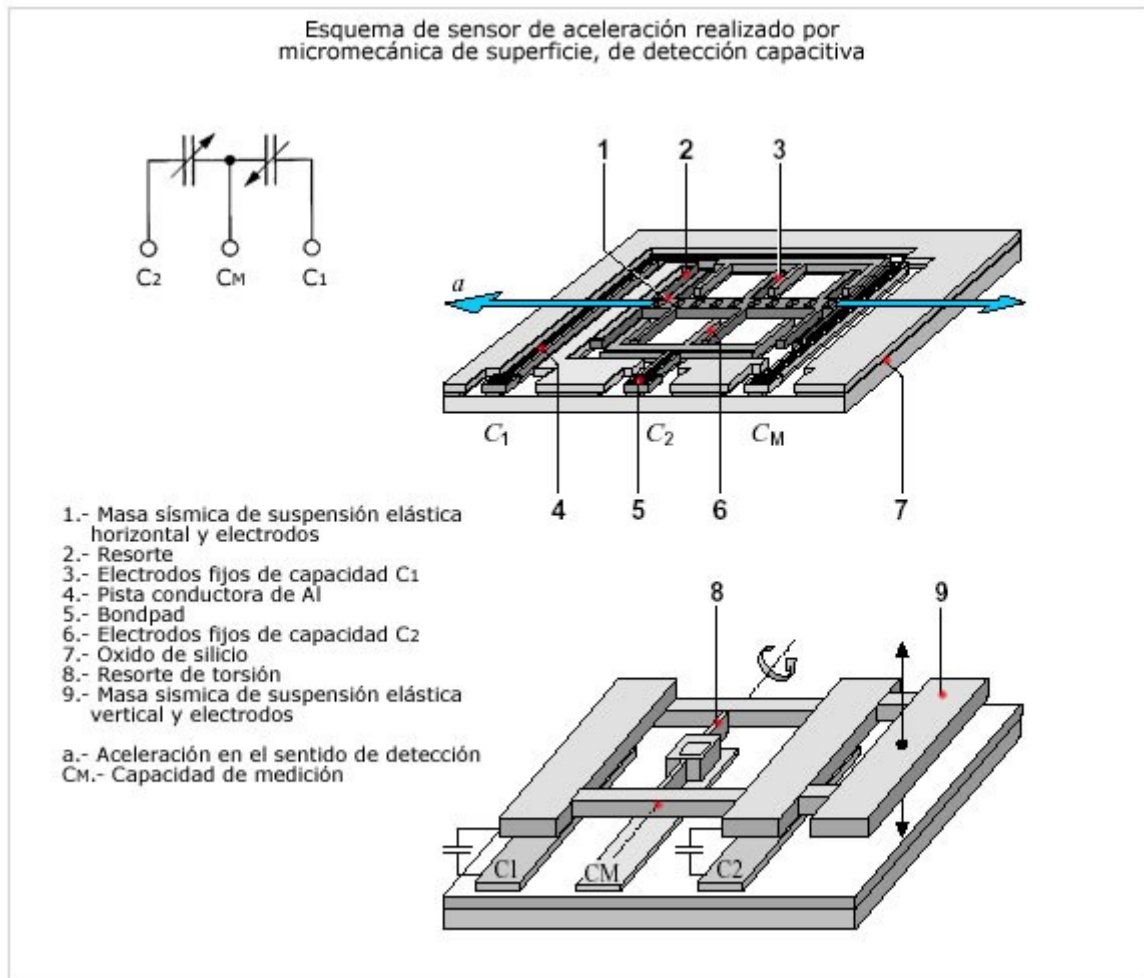


Estructura y funcionamiento

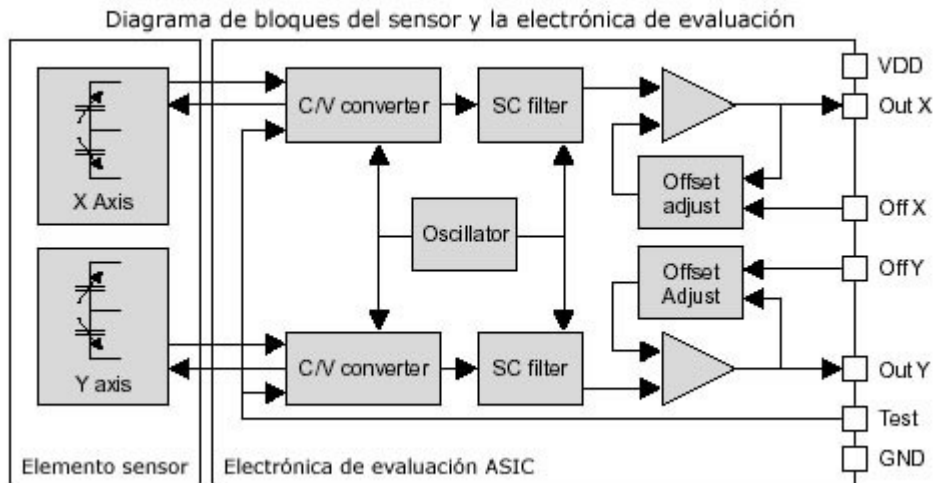
Estos sensores, utilizados primero para detectar altas aceleraciones (50 a 100 g) en sistemas de protección de pasajeros, son también apropiados para medir aceleraciones de reducida intensidad. Comparados con los sensores de silicio realizados por micromecánica de volumen, son mucho más compactos y están alojados junto con la electrónica de evaluación (ASIC) en una caja estanca al agua. Su sistema de masa-resorte está montado sobre la superficie de la plaquita de silicio por un procedimiento aditivo.

La masa sísmica, cuyos electrodos tienen la forma de un peine, está suspendida elásticamente dentro de la célula de medición. A ambos lados de esos electrodos móviles hay colocados sobre el chip electrodos fijos, asimismo en forma de peine (6). Esta disposición de electrodos fijos y móviles corresponde a una conexión en serie de dos condensadores diferenciales C1 y C2 (capacidad de la estructura de peine, aprox. 1 pF) . A los bornes de estos condensadores se

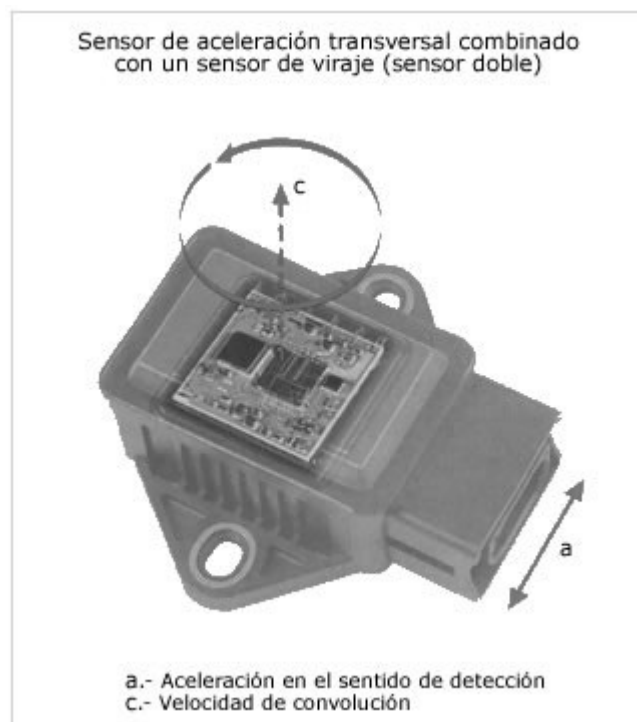
aplican tensiones alternas de fases opuestas, cuya superposición es detectada en el punto C_M (capacidad de medición) entre los condensadores, o sea, en la masa sísmica. Como la masa sísmica está suspendida de resortes (2), una aceleración lineal a en el sentido de detección ocasiona una variación de la distancia entre los electrodos fijos y móviles y, por consiguiente, una variación de capacidad en los condensadores C_1 y C_2 . De ello resulta una variación de la señal eléctrica que en la electrónica de evaluación (ASIC) es amplificada, filtrada y digitalizada para su transmisión a la unidad de control de los airbag. Por razón de la reducida capacidad de aprox. 1 pF, la electrónica de evaluación está integrada directamente en el sensor sobre el mismo chip o estrechamente unida al sensor. Es posible la realización de sistemas reguladores de posición con vuelta electrostática al estado inicial.



El circuito de evaluación dispone también de una compensación de desviaciones del sensor y de una autodiagnosis durante la fase de puesta en funcionamiento. Para la autodiagnosis, unas fuerzas electrostáticas provocan el desplazamiento de la estructura en forma de peine y simulan así el proceso que tiene lugar durante la aceleración en el vehículo.



Existen también sensores micromecánicos "dobles", utilizados p. ej. en el programa electrónico de estabilidad ESP para la regulación de la dinámica de marcha (figura inferior). Están constituidos en realidad por dos sensores individuales. Un sensor de convolución (sensor de viraje o derrapaje) y un sensor de aceleración micromecánicos forman un módulo compacto. De ese modo se reduce el número de componentes y de líneas transmisoras de señales. Además, se necesitan menos puntos de fijación y espacio de montaje en el vehículo.



Sensores de picado piezoeléctricos

Aplicación

Los sensores de picado son por su principio de funcionamiento sensores de vibraciones; son muy a propósito para detectar vibraciones debidas a ruidos de impacto. Estas pueden presentarse en el motor de un vehículo en caso de combustión incontrolada y se conocen bajo el nombre de "picado". El sensor convierte las vibraciones en señales eléctricas y las transmite

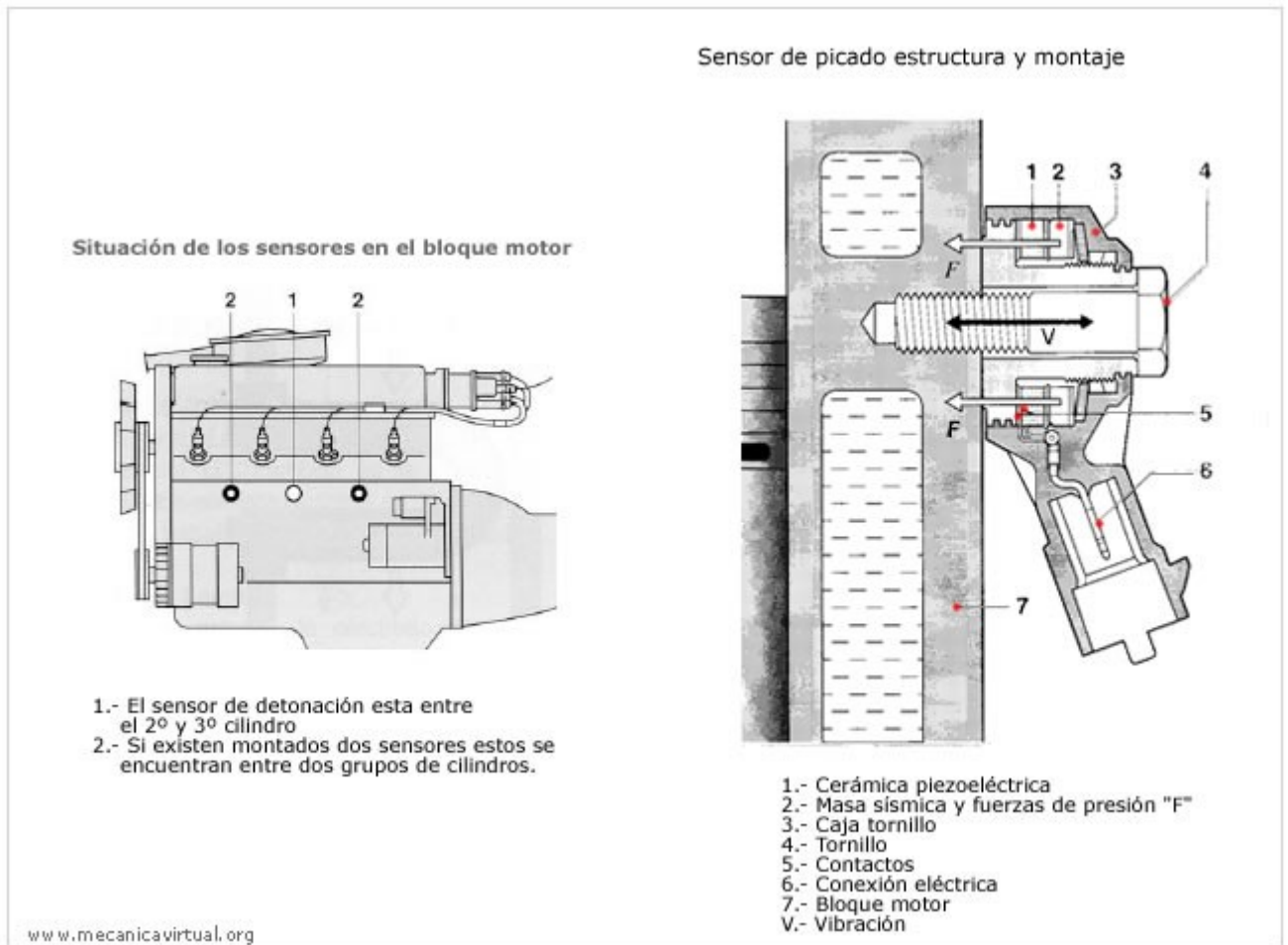
a la unidad de control. En general, los motores de 4 cilindros en línea son equipados con un solo sensor de picado, los motores de 5 ó 6 cilindros con dos sensores, los motores de 8 ó 12 cilindros con dos sensores o más. Se conmutan en función del orden de encendido.



Sensores de picado piezoeléctricos

Estructura y funcionamiento

Por razón de su inercia, una masa ejerce fuerzas de presión al ritmo de las vibraciones incitantes sobre un elemento piezocerámico de forma anular. Estas fuerzas provocan una transferencia de carga dentro del elemento de cerámica: entre los lados superior e inferior de este elemento se origina una tensión eléctrica que es tomada por discos de contacto y procesada subsiguientemente en la unidad de control. La sensibilidad corresponde a la tensión de salida por unidad de aceleración [mV/g].

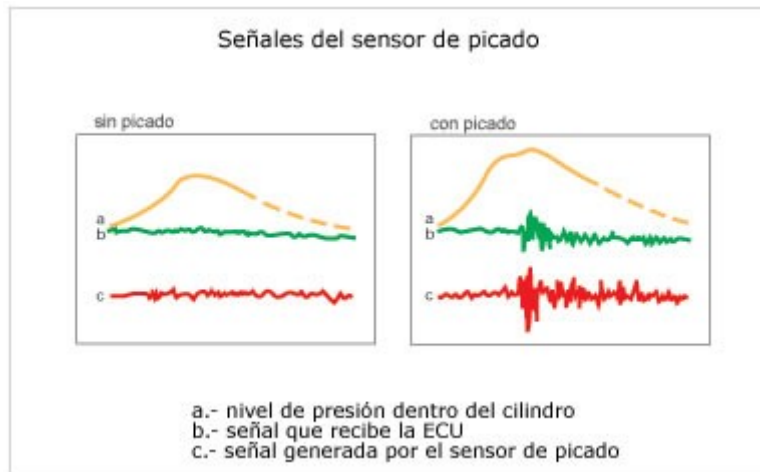


Las tensiones transmitidas por el sensor son evaluables por medio de un amplificador de tensión alterna de alta impedancia, p. ej. en la unidad de control del sistema de encendido o en la del sistema de gestión del motor Motronic..

Montaje adosado

El lugar de montaje de un sensor de picado se elige para el respectivo motor de manera que se pueda detectar fiablemente el picado originado en cada cilindro. Generalmente se encuentra en el lado ancho del bloque motor. A fin de que las señales generadas (vibraciones debidas a los ruidos de impacto) puedan ser transmitidas directamente, sin resonancia y de acuerdo con la característica seleccionada, del punto de medición en el bloque motor al sensor fijado con un tornillo, es conveniente que:

- el tornillo de fijación esté apretado con un par definido,
- la superficie de contacto y el taladro en el motor presenten la calidad prescrita,
- no se utilice ninguna arandela simple o elástica para asegurar el sensor.



Sensores en el automóvil

Sensores de presión

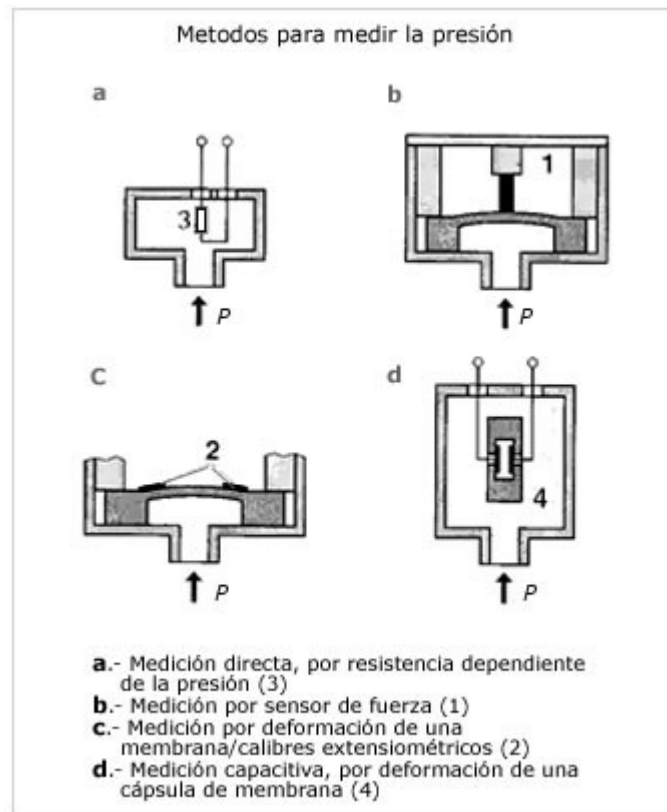
Magnitudes de medición

Las presiones se miden directamente, por deformación de una membrana o por un sensor de fuerza, para las siguientes aplicaciones (ejemplos):

- presión de admisión o de sobrealimentación (1...5 bares), inyección de gasolina,
- presión de frenado (10 bares), frenos electroneumáticos,
- presión de resorte neumático (16 bares), vehículos de suspensión neumática,
- presión de neumáticos (5 bares absoluta), sistema de control o de regulación de la presión de inflado,
- presión de alimentación hidráulica (aprox. 200 bares), ABS, servodirección,
- presión de amortiguadores (+200 bares), sistemas de regulación de la suspensión,
- presión del agente frigorífico (35 bares), sistemas de aire acondicionado,
- presión de modulación (35 bares), cambios automáticos,
- presión de frenado en el cilindro principal y en los cilindros de freno de rueda (200 bares), compensación automática del momento de convolución, freno de mando electrónico,
- sobrepresión/depresión dentro del depósito de combustible (0,5 bares), "diagnóstico de a bordo",
- presión en la cámara de combustión (100 bares, dinámica), detección de fallos del encendido y de picado,
- presión dentro de un elemento de bomba de inyección diesel (1000 bares, dinámica), regulación electrónica diesel,
- presión del combustible en sistemas "Common Rail" diesel (1500 ó 1800 bares),
- presión del combustible en sistemas "Common Rail" gasolina (100 bares).

Principios de medición

La magnitud de medición "presión" se manifiesta en los gases y líquidos como efecto de fuerza no dirigible, es decir, que actúa en todas las direcciones.



Sensores de membrana

El método de detección de presiones más usual (también en el automóvil) utiliza para la obtención de señales una etapa mecánica intermedia constituida por una delgada membrana que en uno de sus lados está sometida a la presión a medir y se deforma más o menos bajo su acción. El diámetro y el grosor de esta membrana pueden ser adaptados a los diferentes márgenes de presión. Para la medición de presiones bajas hay que utilizar membranas relativamente grandes, cuya deformación puede encontrarse todavía dentro del margen de 1 a 0,1 mm. Por el contrario, las presiones altas exigen membranas más gruesas de reducido diámetro, que en general se deforman sólo pocos μm .

La curvatura de la membrana depende en realidad de la diferencia de presión existente entre sus lados superior e inferior. Por consiguiente, existen cuatro tipos de base diferentes de sensores de presión para medir:

- Presión absoluta
- Presión de referencia
- Presión barométrica
- Presión diferencial

Existen diferentes modelos de sensores de presión:

- Sensores de presión de capas gruesas
- Sensores de presión micromecánicos
- Sensores de presión de combustión en silicio
- Sensores de alta presión de membrana metálica

Sensores de presión de capas gruesas

Aplicación

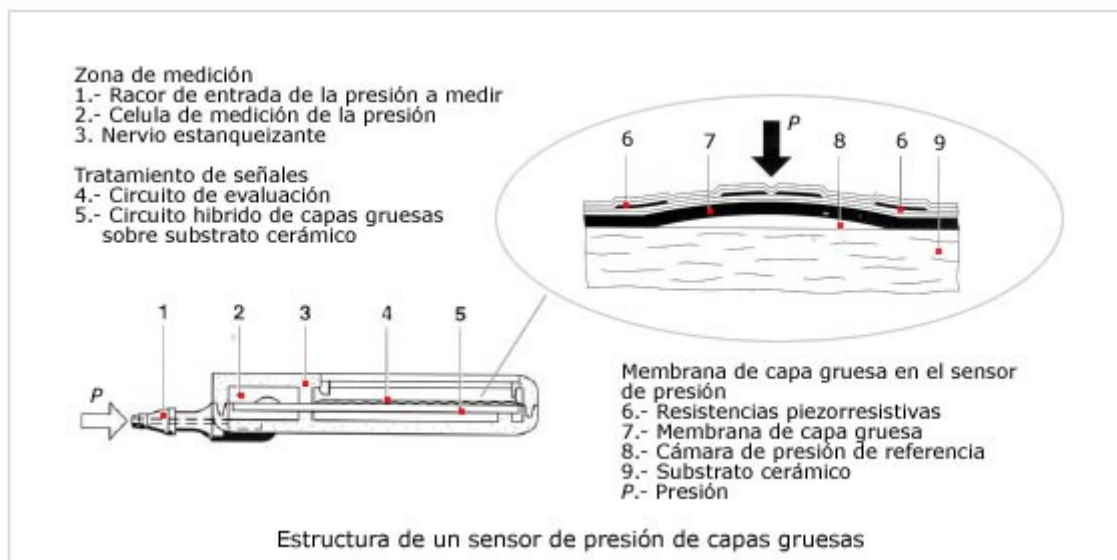
Estos sensores se utilizan de modo aislado integrados, como alternativa a los sensores de presión micromecánicos, en la unidad de control (p. ej. de los sistemas de gestión del motor M y ME-Motronic) o como componentes independientes. Se emplean como:

- sensor de presión de admisión o de sobrealimentación (margen de presión de 20 a 400 kPa o 0,2 a 4,0 bares),
- sensor de presión ambiente (margen de presión de 60 a 115 kPa o resp. 0,6 a 1,15 bares).

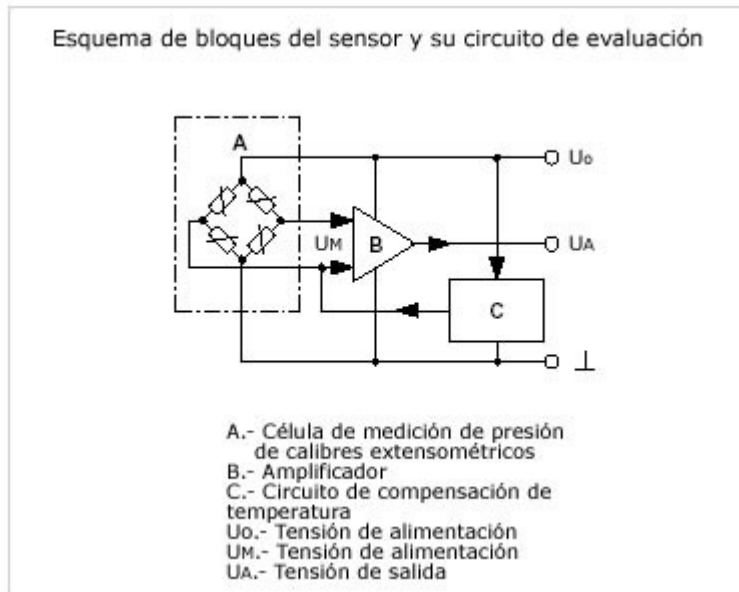
Estructura y funcionamiento

El sensor está dividido (figuro inferior) en una célula de medición de presión y en un compartimiento para el circuito de evaluación. Los dos elementos están dispuestos sobre un substrato cerámico común.

La célula de medición consiste en una membrana de capas gruesas "campaniforme" que encierra una presión de referencia de 0,1 bares. La curvatura de la membrana varía en función del nivel de la presión a medir. Cuatro elementos piezorresistivos montados en puente están dispuestos en la membrana: Dos elementos piezorresistivos activos, cuya conductibilidad varía bajo el efecto de un esfuerzo mecánico (presión), se encuentran en el centro de la membrana. Dos elementos piezorresistivos pasivos de referencia se encuentran sobre el borde de la membrana; actúan en primer lugar como resistencias complementarias del puente para la compensación térmica y apenas participan en la generación de la señal de salida.

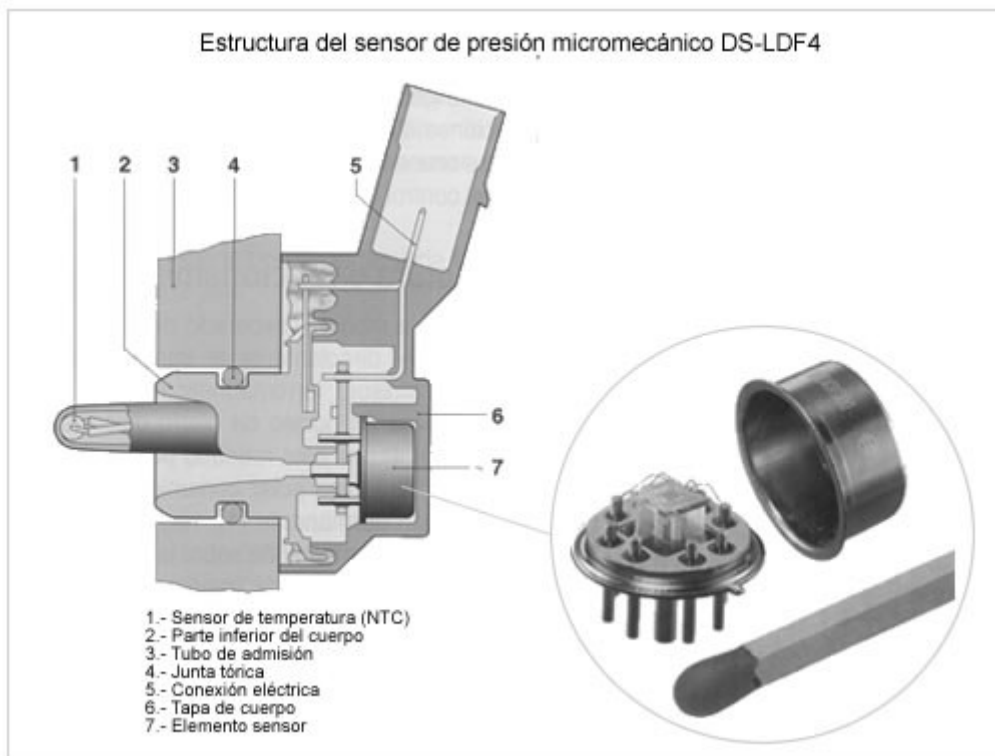


El desplazamiento de la membrana bajo el efecto de una presión ocasiona una variación del equilibrio del puente. La tensión de medición U_m del puente constituye por tanto un parámetro específico de la presión a medir "P". El circuito de evaluación amplifica la tensión del puente, compensa los efectos de la temperatura y linealiza la característica de presión. La tensión de salida U_A del circuito de evaluación es transmitida a la unidad de control.



Sensores de presión micromecánicos

- El sensor de presión de alimentación está montado por lo general directamente en el tubo de admisión. Mide la presión absoluta en el tubo de admisión (2 400 kPa o 0,024,0 bar), o sea que mide la presión contra un vacío de referencia y no contra la presión del entorno. De este modo es posible determinar la masa de aire con toda exactitud y regular el compresor de acuerdo con las necesidades del motor. Si el sensor no esta montado directamente en el tubo de admisión, este se hace comunicar neumáticamente con el tubo de admisión mediante una tubería flexible.
- Sensor de presión atmosférica (ADF)**
 Este sensor puede estar montado en la unidad de control o en otro lugar del vano motor. Su señal sirve para la corrección, en función de la altura, de los valores teóricos para los circuitos reguladores (como ejemplo: retroalimentación de gases de escape EGR, regulación de la presión de sobrealimentación). Con ello se pueden tener en cuenta las diferencias de la densidad del aire del entorno. El sensor de presión de entorno mide la presión absoluta (60115 kPa o 0,61,15 bar).
- Sensor de presión del aceite y combustible**
 Los sensores de presión de aceite están montados en el filtro de aceite y miden la presión absoluta del aceite para que se pueda averiguar la carga del motor para la indicación de servicio. Su margen de presiones se sitúa en 501000 kPa o 0,5 ...10,00 bar.



Estructura

El componente esencial del sensor de presión micromecánico es el elemento sensor con la "célula de sensor" (figura inferior). Ella consta de un chip de silicio (2) micromecánico que lleva grabada una membrana delgada (1). Sobre la membrana hay dispuestas cuatro resistencias de medición (R_1 , R_2), cuya resistencia eléctrica varía bajo tensión mecánica.

En el sensor de presión puede estar integrado adicionalmente un sensor de temperatura que se puede evaluar independientemente. Esto significa que hay que montar solamente un sensor para medir la temperatura y la presión.

Funcionamiento

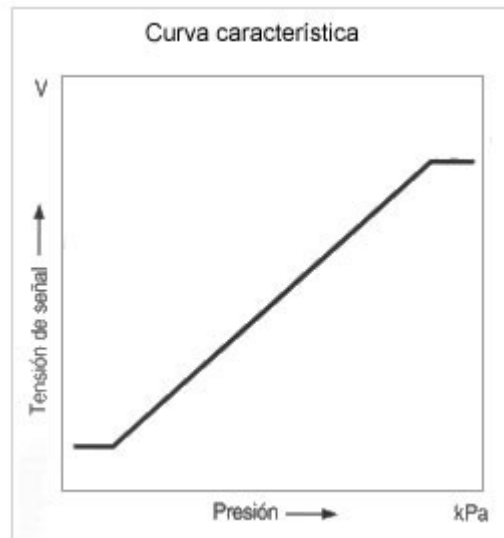
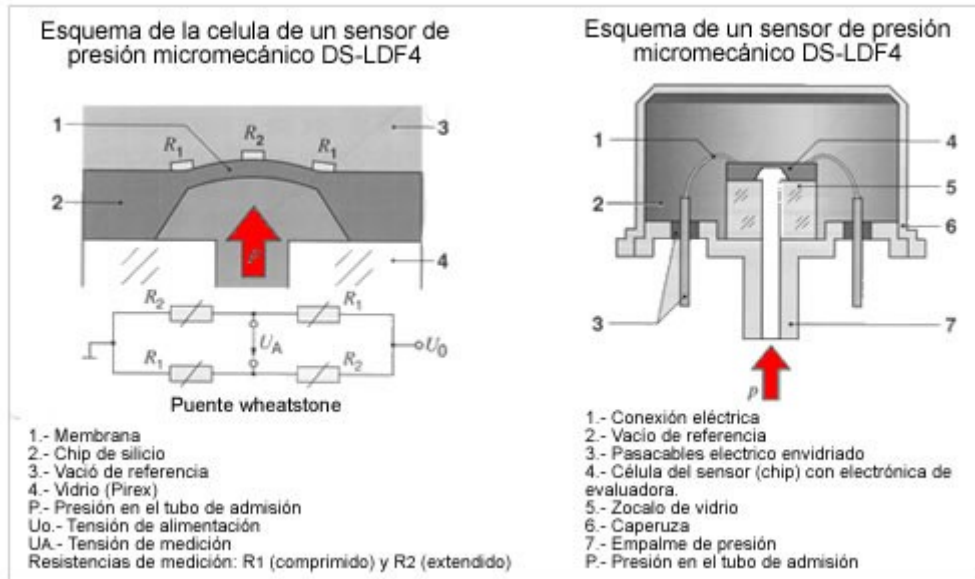
Según cual sea la magnitud de la presión se curva de manera distinta la membrana de la célula del sensor (pocos micrómetros). Las cuatro resistencias de medición sobre la membrana modifican su resistencia eléctrica bajo las tensiones mecánicas producidas (efecto piezorresistivo).

Las resistencias de medición (R_1 , R_2) están dispuestas sobre el chip de silicio (2) de tal forma que al deformarse la membrana (1) aumenta la resistencia de dos de las resistencias de medición, a la vez que disminuye la misma en las dos restantes. Las resistencias de medición están dispuestas en un "puente Wheatstone". Debido al cambio de las resistencias se va modificando también la relación de las tensiones eléctricas en las resistencias de medición. Debido a ello se modifica la tensión de medición (U_A). La tensión de medición es, pues, una medida para la presión en la membrana.

Mediante el puente resulta una tensión de medición más alta que al evaluarse solamente una resistencia individual. El "puente Wheatstone" permite obtener así una alta sensibilidad.

El lado de la membrana que no queda sometida a la presión de medición se encuentra expuesto a un vacío de referencia (3), de modo que el sensor mide el valor absoluto de la presión.

El sistema electrónico evaluador completo está integrado en el chip y tiene la misión de amplificar la tensión de puente, de compensar influencias de temperatura y de linealizar la curva característica de presión. La tensión de salida es del orden de 0 ...5 V y se suministra a la unidad de control de motor a través de conexiones eléctricas. Mediante una curva característica programada se calcula la presión.



Ejecución de sensor con vacío de referencia en una cavidad

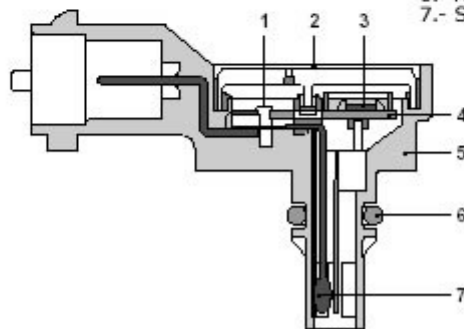
Estructura

El sensor de presión con vacío de referencia en una cavidad para su aplicación como sensor en el tubo de admisión o de presión de sobrealimentación es de forma más sencilla que la del sensor con vacío de referencia en el lado de la estructura: un chip de silicio con una membrana grabada y cuatro resistencias dilatables conectadas en puente está fijo (al igual que en el sensor de presión con tapa y vacío de referencia sobre el lado de la estructura) como celda de medición sobre un zócalo de vidrio.

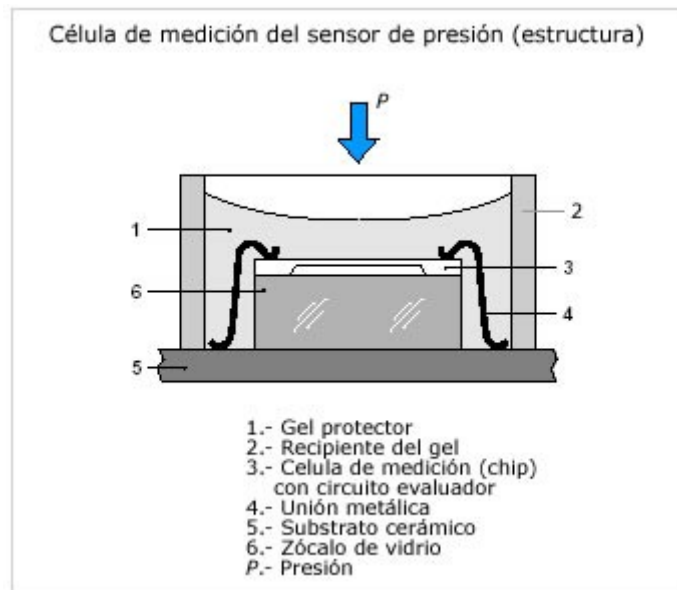
Sensor de presión micromecánico con vacío de referencia en una cavidad



- 1.- Conexión pegada
- 2.- Tapa del cuerpo
- 3.- Celula de medición
- 4.- Substrato de medición
- 5.- Cuerpo
- 6.- Anillo obturador (Junta)
- 7.- Sensor de temperatura (NTC)



Este zócalo, sin embargo, al contrario de aquel sensor no tiene ningún agujero por el que la presión de medición actúe desde la parte posterior sobre la célula de medición (figura inferior). Es decir, el chip de silicio recibe la presión por el lado en el que se encuentra el sistema electrónico evaluador. Por eso este lado debe estar protegido con un gel especial contra influencias del ambiente (1). El vacío de referencia se encuentra en la cavidad entre el chip (3) y el zócalo de vidrio (6). El elemento de medición completo está soportado por un híbrido cerámico (5) que tiene superficies de soldadura para su ulterior empalme dentro del sensor. El cuerpo del sensor de presión puede tener integrado adicionalmente un sensor termoeléctrico. Este sensor de temperatura se eleva, descubierto, penetrando en la corriente de aire y reacciona así lo más rápidamente posible a los cambios de temperatura.



Funcionamiento

El funcionamiento y por tanto la regeneración y amplificación de las señales, así como la línea característica, coinciden con los del sensor de presión con tapa y vacío de referencia en el lado de la estructura. La única diferencia consiste en que la membrana de la celda de medición se deforma en dirección contraria, por lo que también las resistencias experimentan una deformación inversa.

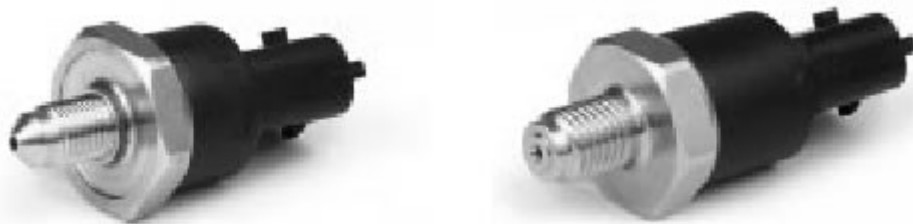
Sensores de alta presión

Aplicación

Los sensores de alta presión se emplean en el automóvil para medir la presión del combustible y del líquido de freno:

- Sensor de presión "rail" diesel
 Este sensor mide la presión del combustible en el tubo distribuidor (rail) del sistema de inyección diesel "Common Rail". La presión máxima de trabajo (presión nominal) Pmax: es de 160 MPa (1600 bares). La presión del combustible es modulada en un circuito de regulación. Es casi constante e independiente de la carga y de la velocidad de rotación. Las posibles desviaciones del valor teórico se compensan mediante una válvula reguladora de presión.
- Sensor de presión "rail" para gasolina
 Este sensor mide la presión del combustible en el tubo distribuidor (rail) del sistema MED-Motronic de inyección directa de gasolina; la presión, que depende de la carga y de la velocidad de rotación, es de 5 a 12 MPa (50 a 120 bares). La presión medida se utiliza como magnitud real para la regulación de la presión rail. El valor teórico, que depende de la carga y del número de revoluciones, está memorizado en un diagrama característico y se ajusta mediante una válvula de control de la presión en el rail.
- Sensor de presión del líquido de freno
 Este sensor de alta presión mide la presión del líquido de freno en el grupo hidráulico de sistemas de seguridad de marcha (p. ej. ESP); la presión es en general de 25 MPa (250 bares). Los valores de presión máximos pmáx pueden subir hasta 35 MPa (350 bares). La medición y la vigilancia de la presión son activados por la unidad de control, que efectúa asimismo la evaluación a partir de una señal retrocesiva.

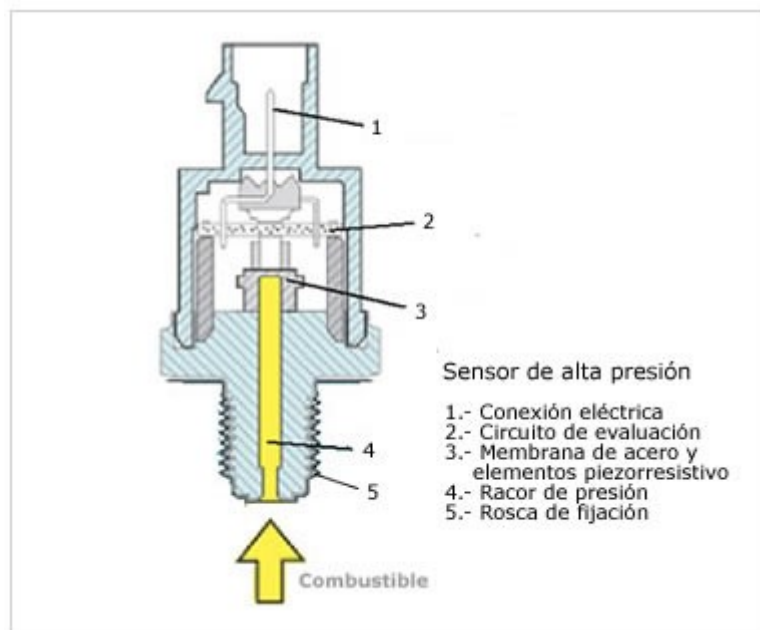
Sensor de presión de rail

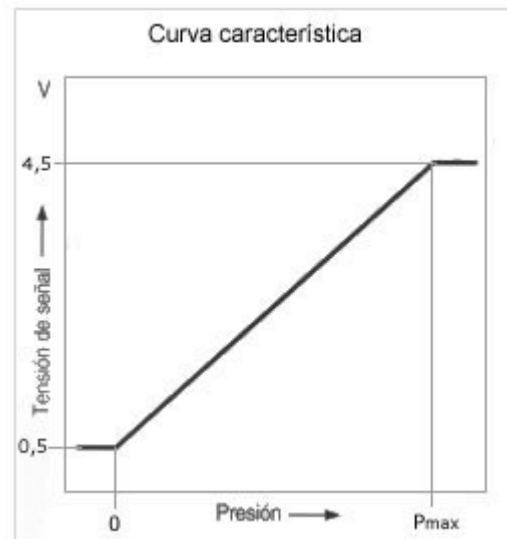
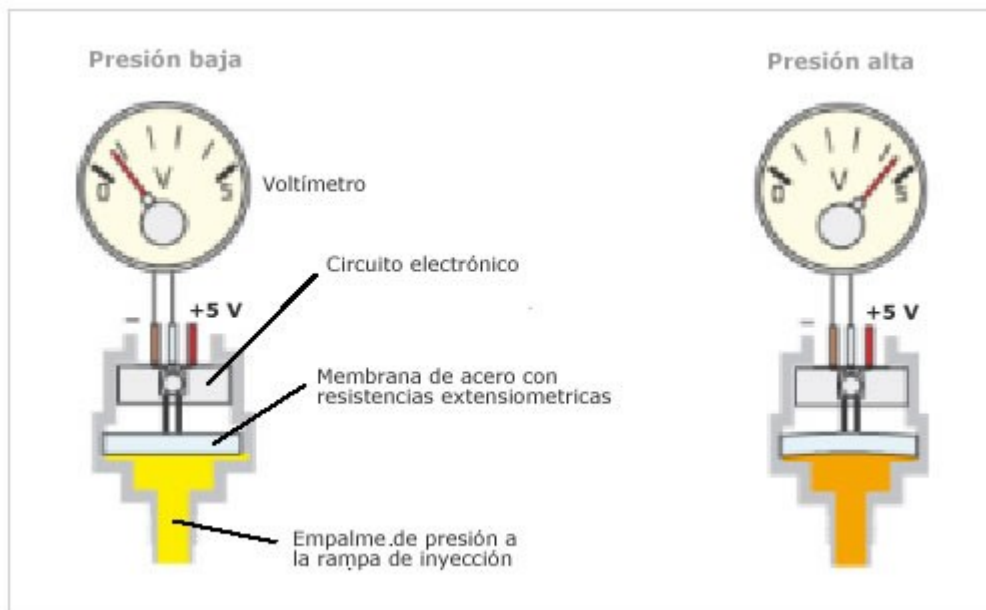


Estructura y funcionamiento

El corazón del sensor lo constituye una membrana de acero, sobre la que están metalizados por evaporación unos elementos piezorresistivos formando un circuito en puente (figura 1, pos. 3). El campo de medición del sensor depende del espesor de la membrana (membrana gruesa para presiones elevadas, membrana delgada para presiones reducidas). Tan pronto como la presión a medir atraviesa el racor (4) y actúa sobre un lado de la membrana, el valor de resistencia de los elementos piezorresistivos varía a causa de la deformación de la membrana (aprox. 20 μm a 1500 bares).

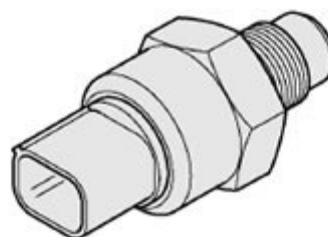
La tensión de salida de 0 a 80 mV generada por el puente es conducida por líneas de unión a un circuito de evaluación (2) del sensor. Este circuito amplifica la señal emitida por el puente a un valor entre 0 y 5 V y lo transmite a la unidad de control, que partiendo de él calcula la presión con la ayuda de una característica memorizada



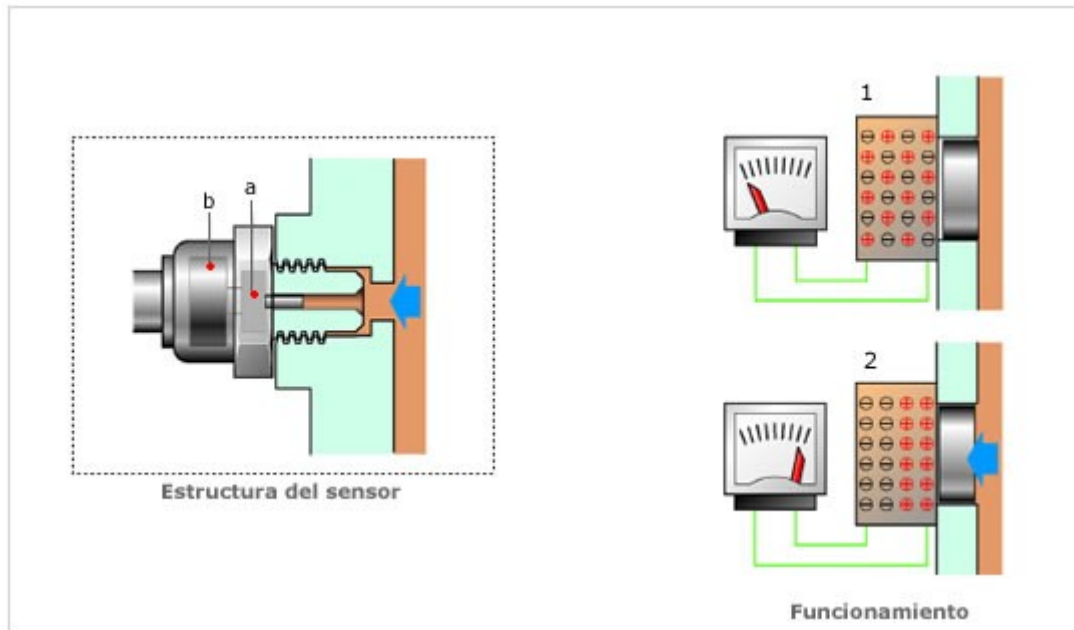


Sensor de presión de frenado

Su misión consiste en suministrar valores de medición para el cálculo de las fuerzas de frenado. La pieza principal del sensor es un elemento piezoeléctrico (a), sobre el cual puede efectuarse la presión del líquido de frenos, el sensor incluye también la electrónica de evaluación (b).



Al actuar la presión del líquido de frenos sobre el elemento piezoeléctrico (figura inferior) varía el reparto de las cargas en el elemento. Sin la actuación de la presión en el sensor piezoeléctrico las cargas tienen un reparto uniforme (1). Al actuar una presión, las cargas se desplazan espacialmente (2), produciéndose una tensión eléctrica.



Sensores en el automóvil

Medidores de caudal

Magnitudes de medición

La función de medir caudales se utiliza en el automóvil sólo en dos sectores principales:

- para la detección de la cantidad de combustible suministrado y
- sobre todo para medir la cantidad de aire aspirado para la combustión.

Medición del caudal de combustible

Los sistemas de inyección de mando electrónico efectúan la dosificación precisa de la cantidad de combustible requerida por el motor de combustión interna partiendo de parámetros bien definidos, tales como duración de inyección, posición del dispositivo de dosificación, presión de inyección, temperatura del combustible, etc. La dosificación puede efectuarse de modo continuo o intermitente, e incluso sin medición especial del caudal. Con la llegada de la gestión electrónica para la alimentación de motores, no es necesario la medición del caudal de combustible ya que la electrónica ya se encarga de dosificarlo correctamente.

Medición caudal de aire

El término "cantidad de aire" frecuentemente usado no precisa si se trata de un volumen o de una masa. Pero como el proceso químico de la combustión se basa terminantemente en relaciones de masa, el objetivo explícito de la medición lo constituye la "masa de aire" de admisión o de sobrealimentación. El flujo de masa de aire es, por lo menos en los motores de gasolina, el parámetro de carga más importante. Los sensores que miden una cantidad o en general un flujo gaseoso se llaman también "anemómetros" y "caudalímetros".

El flujo de masa de aire máximo a medir está comprendido, por término medio, entre 400 y

1200 kg/h, según la potencia del motor. Por razón de la baja demanda de aire en ralentí de los motores modernos, la relación entre los caudales mínimo y máximo es de 1:90 a 1:100. Las severas exigencias impuestas a causa de las emisiones de gases de escape y del consumo obligan a alcanzar exactitudes del 1 al 2% del valor de medido.

El motor no recibe el aire en forma de corriente continua, sino al ritmo de los tiempos de apertura de las válvulas de admisión. Y así ocurre que la corriente de masa de aire sea afectada entonces por fuertes pulsaciones (particularmente si la mariposa está ampliamente abierta) en el punto de medición que se encuentra siempre en el tramo de admisión entre el filtro de aire y la mariposa. A causa de resonancias que se generan en el tubo de admisión, la pulsación es a veces tan fuerte que incluso se producen por breve tiempo reflujos del aire. Este fenómeno aparece sobre todo en motores de cuatro cilindros, en los que no se solapan las fases de admisión y de carga. Un medidor de caudal exacto ha de detectar el sentido de esos reflujos del aire.

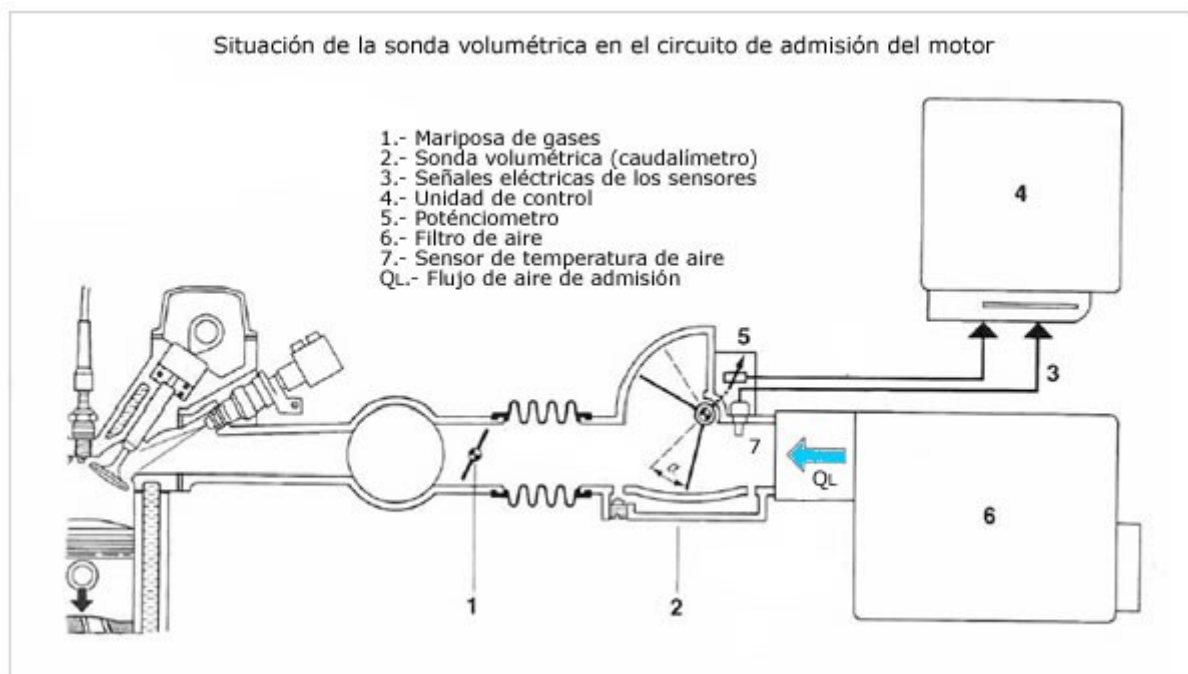
Como ejemplos de medidores de caudal de aire tenemos de la marca BOSCH los siguientes:

- Sonda volumétrica de aire por plato sonda LMM.
- Medidor de masa de aire por hilo caliente HLM.
- Medidor de masa de aire por película caliente HFM5

Sonda volumétrica de aire por plato sonda LMM

Aplicación

La sonda volumétrica de aire de presión dinámica LMM es utilizada todavía en numerosos motores de gasolina equipados con determinadas versiones de un sistema de inyección, modelos L-Jetronic o M-Motronic. Se encuentra entre el filtro de aire y la mariposa (figura inferior). Tiene la función de detectar el flujo volumico de aire Q_L aspirado por el motor, a fin de determinar la carga según el principio de la presión dinámica.



Estructura y funcionamiento

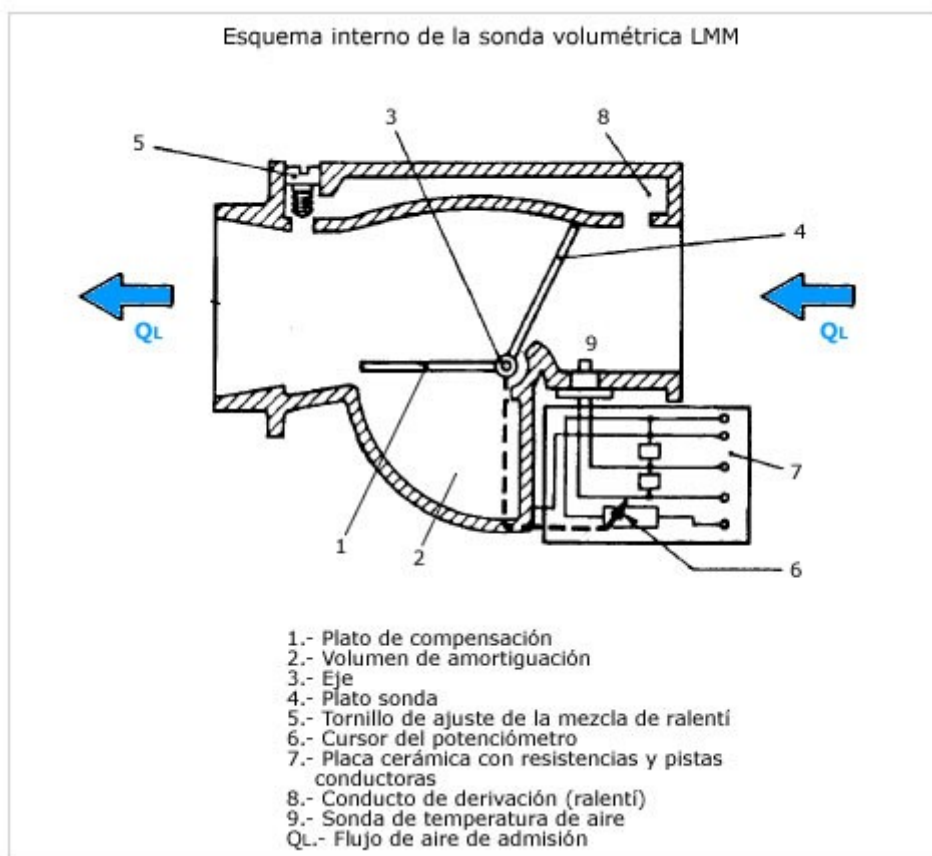
El plato sonda móvil de la sonda volumétrica de aire (figura inferior, pos. 4) desempeña el papel de un diafragma variable. El flujo del aire de admisión Q_L desplaza el plato sonda contra la

fuerza constante de un muelle antagonista, de manera que la sección de paso libre se vuelve mayor a medida que aumenta el volumen de aire.

La variación de la sección de paso libre de la sonda volumétrica de aire en función de la posición del plato sonda se ha elegido de manera que obtuviera una relación logarítmica entre el ángulo del plato y el volumen de aire aspirado. Eso ha dado por resultado una gran sensibilidad de la sonda volumétrica de aire para pequeños caudales de aire que exigen una alta precisión de medición. La precisión requerida es de un 1 a un 3 % del valor de medición a lo largo de un campo de $Q_{max} : Q_{min} = 100 : 1$.

Un potenciómetro cuyo cursor (6) toma la posición angular del plato sonda y la convierte en una tensión de salida U_A , que es transmitida a la unidad de control. A fin de que el envejecimiento y la derivación térmica del potenciómetro no influyan en la precisión, la unidad de control evalúa solamente relaciones de resistencia.

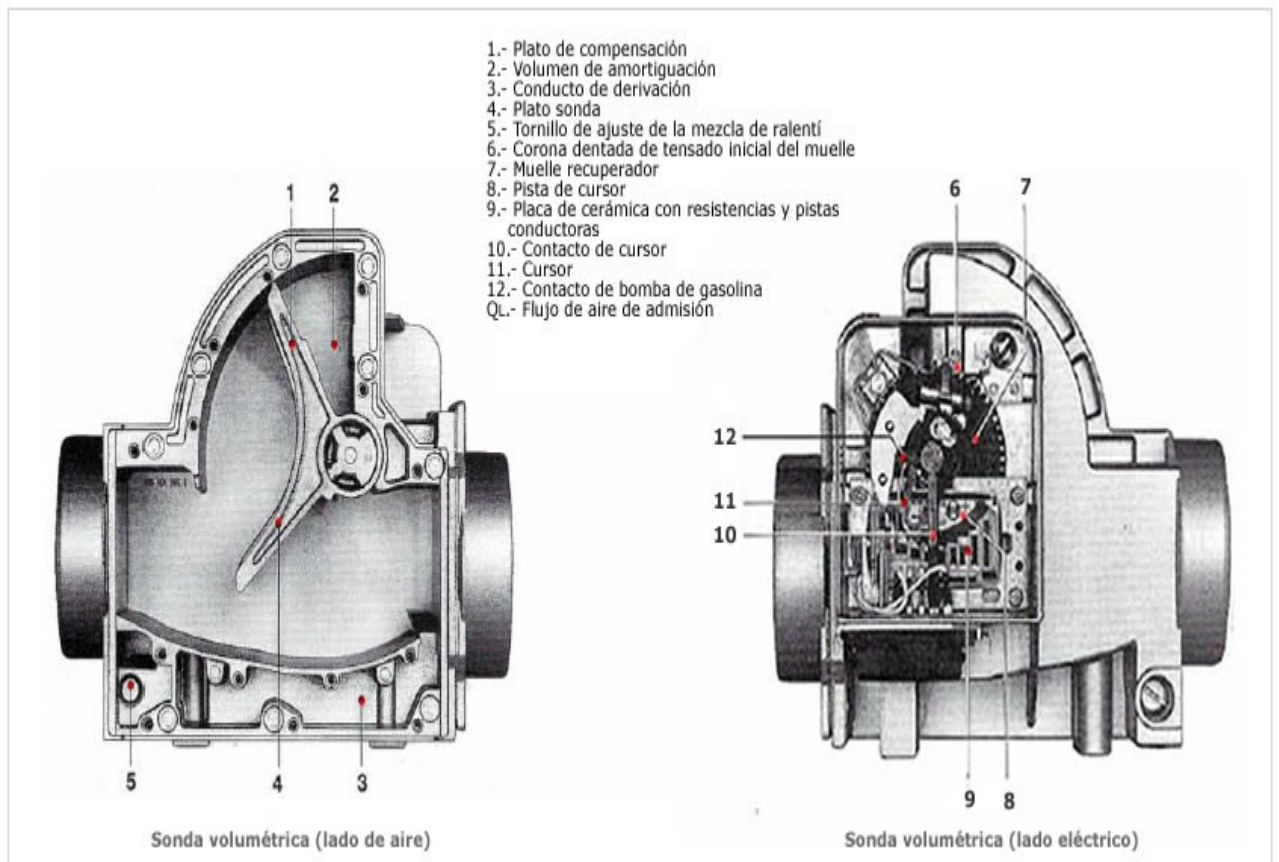
Otro efecto que hay que tener en cuenta procede de las carreras de admisión de los diversos cilindros, que producen oscilaciones en el sistema de admisión del motor. El sensor sólo puede seguir tales oscilaciones de frecuencia hasta 10 Hz. A fin de reducir estas influencias todo lo posible, un plato de compensación (1) unido fijamente con el plato sonda de medición y trabajando en cooperación con un "volumen de amortiguación" (2), amortigua las oscilaciones originadas por el aire aspirado pulsante.



La medición según el principio de presión dinámica no determina el flujo másico real del aire aspirado por el motor, por esta razón para la dosificación precisa del combustible es necesario por tanto realizar una corrección de la masa volúmica teniendo en cuenta la temperatura del aire y la presión atmosférica.

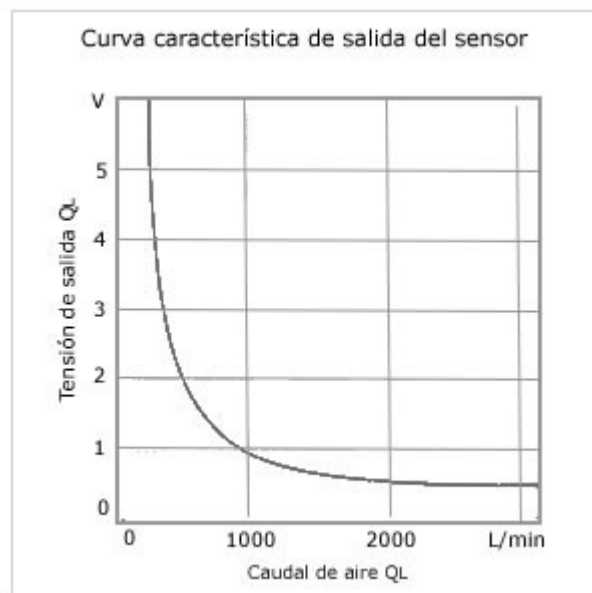
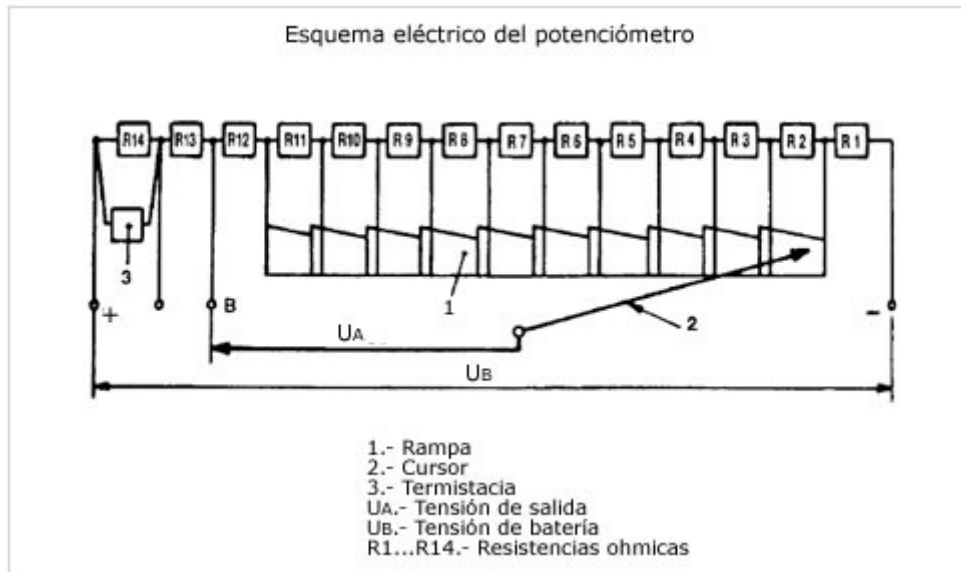
A fin de tener en cuenta las variaciones de la masa volúmica del aire al fluctuar la temperatura del aire de admisión, la unidad de control determina un valor de corrección a partir de la resistencia termosensible de un sensor de temperatura (9) integrado en la sonda volumétrica de aire. En versiones destinadas a la M-Motronic se efectúa además una corrección

barométrica. A este efecto, un sensor de presión comunica neumáticamente con el colector de admisión y detecta así la presión absoluta del colector de admisión. El sensor está integrado directamente en la unidad de control (empalmado por un tubo flexible al colector de admisión), o se encuentra montado cerca del colector, o está fijado directamente en él.



En la figura inferior puede verse un esquema que muestra la constitución eléctrica interna de un potenciómetro. La rampa (1) intercalada con respecto a la posición del cursor (2), la serie de resistencias que van de R1 a R12, de alto valor óhmico. La corriente de la batería mantiene una tensión (U_B) entre el borne de entrada y el de salida. La corriente atraviesa las resistencias R14 y R13 y por el borne (B) se pone en contacto con el cursor. En la posición indicada en la figura la corriente solo ha de atravesar la resistencia R1 por lo que su señal de salida hacia la unidad de control tiene un valor de tensión alto. A medida que el cursor se desplaza hacia la izquierda entran en juego mayor número de resistencias y ello hace que la tensión de salida (U_A) sea cada vez mas baja.

En el esquema se ve también una termistancia (3) que controla la temperatura del aire, dato que afecta a su densidad. El valor óhmico de la termistancia al variar con la temperatura influye en valor total de la tensión de salida (U_A) que se envía a la unidad de control.



Medidor de masa de aire por hilo caliente HLM

Aplicación

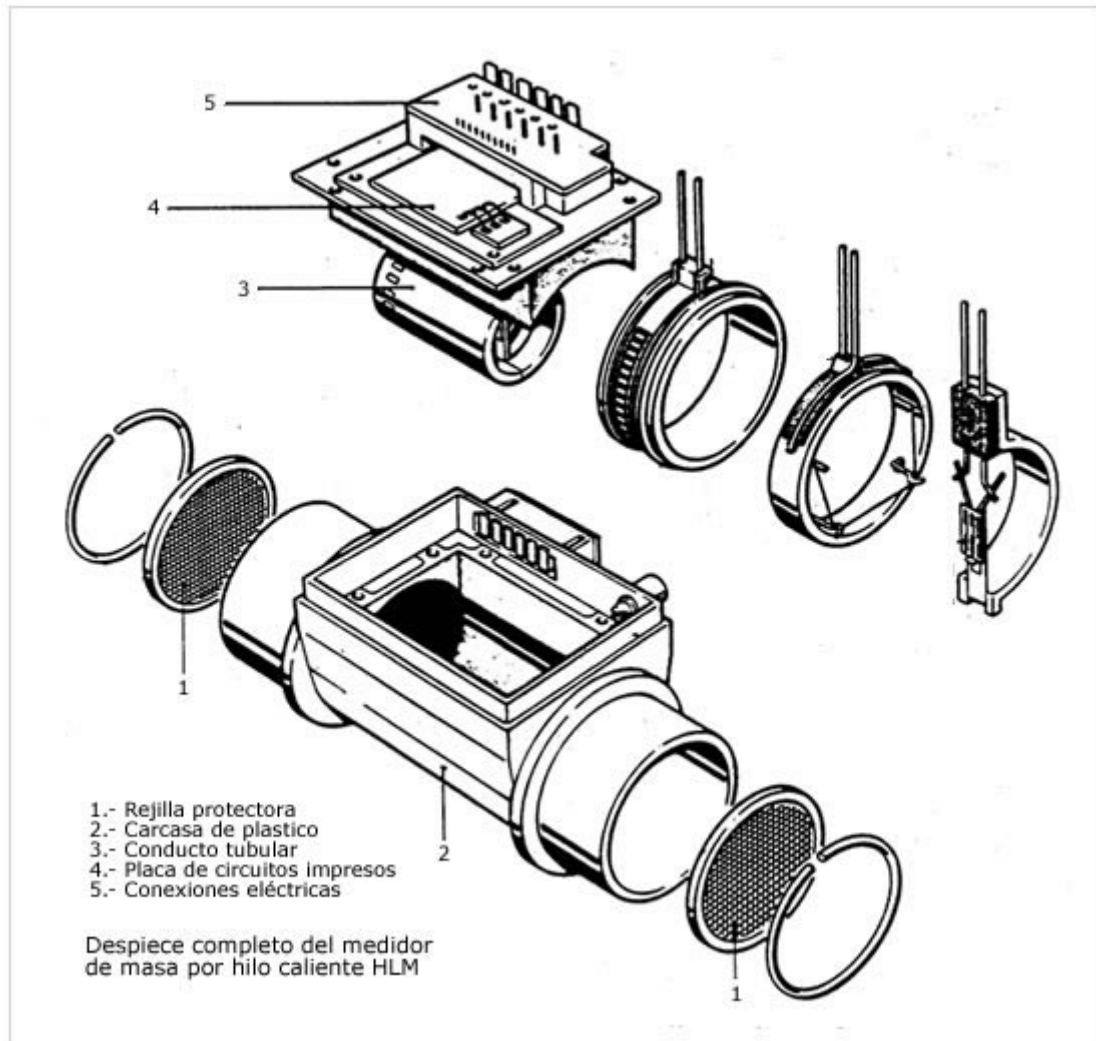
El medidor de masa de aire por hilo caliente HLM se encuentra en determinados motores de gasolina equipados con un sistema de inyección LH-Jetronic o M-Motronic; está montado como sensor de carga "térmico" entre el filtro de aire y la mariposa. Detecta el flujo másico de aire Q_M para determinar la carga del motor. El HLM es el medidor de caudal de aire más rápido de los que se encuentran en funcionamiento, pues es capaz de seguir oscilaciones del promedio de hasta 1 kHz.

Estructura

El HLM consiste en un cuerpo tubular protegido en cada extremo por una reja y a través del cual circula el flujo de aire de admisión. Un delgado hilo calefaccionable de $70 \mu\text{m}$, de platino, está tendido en forma de trapecio sobre toda la sección de este tubo de medición y detecta así, con una buena aproximación, toda la sección de flujo. Delante de él (en sentido ascendente), una resistencia compensadora de temperatura (realizada en tecnología de capas delgadas) penetra en el flujo de aire. Los dos componentes forman parte de un circuito de regulación y

ejercen la función de resistencias dependientes de la temperatura.

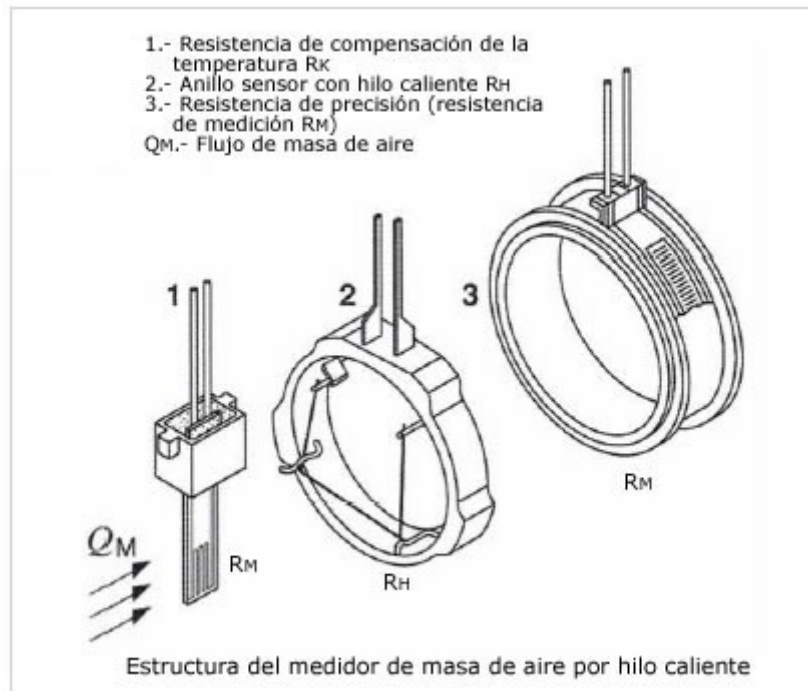
La rejilla protectora además de filtrar el aire, lo conduce en régimen laminar para evitar turbulencias dentro del medidor.



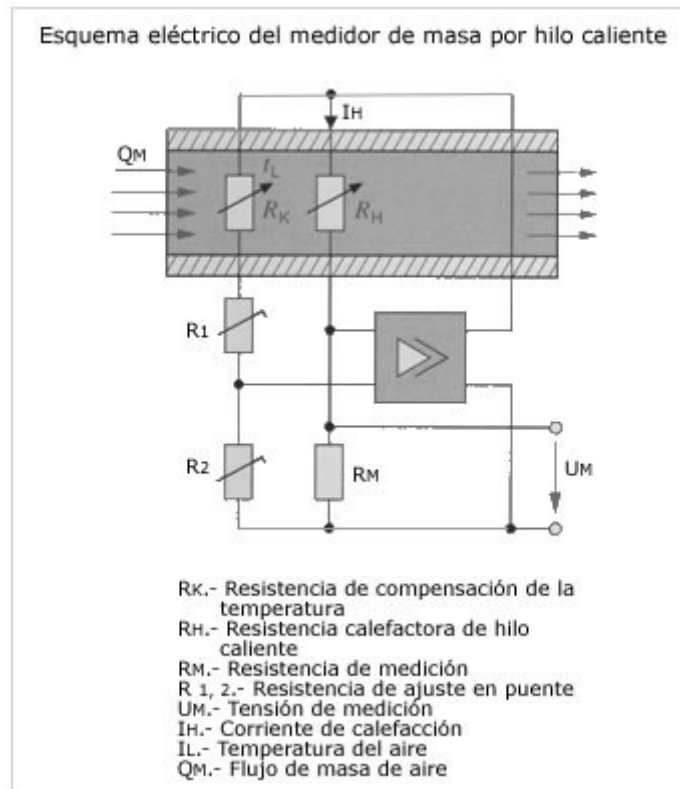
Funcionamiento

La resistencia de compensación mide primero la temperatura del aire de admisión entrante, que enfría a continuación el hilo calefaccionado. Un circuito de regulación reajusta la corriente de calefacción de tal manera que el hilo caliente adopta una temperatura constante superior a la del aire de admisión. Este principio de medición tiene en cuenta la masa volúmica del aire en las proporciones correctas, puesto que ella codetermina el nivel de cesión de calor del hilo caliente al aire. La corriente de calefacción representa, pues, una medida del flujo de masa de aire. La corriente de calefacción genera en una resistencia de precisión (resistencia de medición R_M) una señal de tensión U_M que es proporcional al flujo de masa de aire y que se transmite a la unidad de control. El medidor de masa de aire HLM no puede reconocer, sin embargo, el sentido del flujo.

A fin de evitar una "deriva" de los resultados de medición a causa de depósitos de suciedad en el hilo de platino, éste es llevado por un segundo a una alta temperatura de autolimpieza de unos 1000 °C después de cada parada del motor. El hilo se limpia entonces por evaporación y desprendimiento de la suciedad depositada.



El circuito de regulación (medición) se compone esencialmente de un circuito en puente y de un amplificador (figura inferior).



Medidor de masa de aire de película caliente HFM5

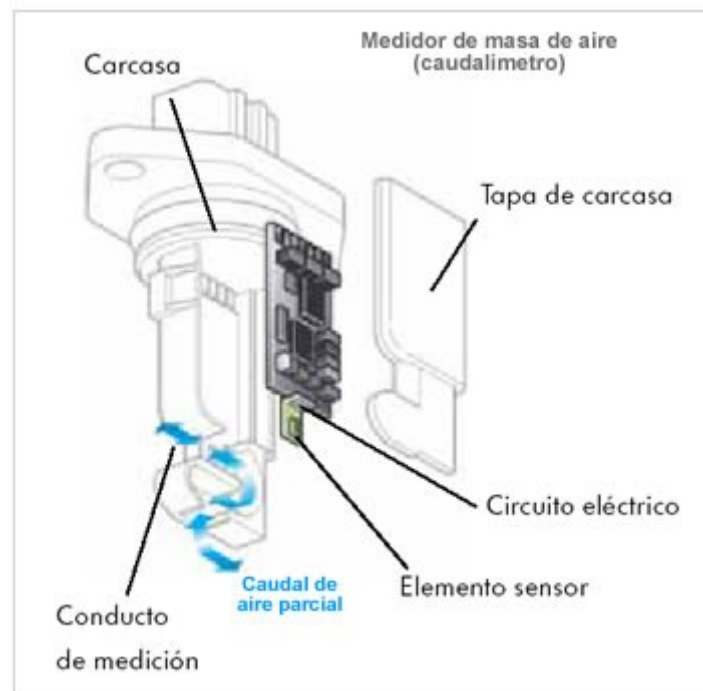
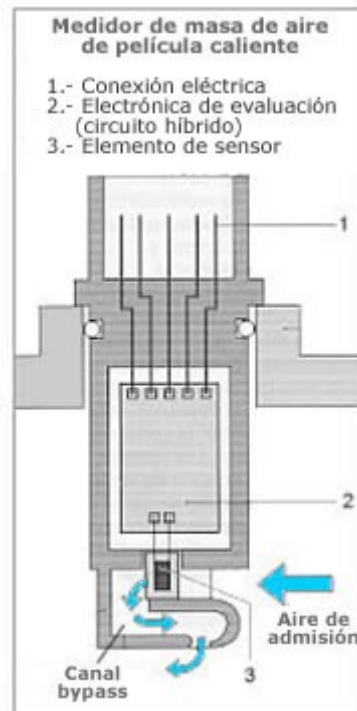
Aplicación

Una combustión óptima dentro de los valores límite establecidos por la Ley para los gases de escape presupone que se suministre la masa de aire precisa que necesita el motor en el respectivo estado de servicio.

Con este objeto el medidor de masa de aire de película caliente mide con gran exactitud una parte de la corriente de masa de aire que realmente circula por el filtro de aire o el conducto de medición. El tiene también en cuenta las pulsaciones y reflujos causados por la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape. Las modificaciones de la temperatura del aire aspirado no tienen ninguna influencia en la exactitud de medición.

Estructura

El medidor de masa de aire de película caliente HFM5 está introducido (figura inferior) en un conducto de medición, que puede tener diferente diámetro según la masa de aire necesaria para el motor (para 370... 970 kg/h). El conducto de medición está montado detrás del filtro de aire en el tramo de admisión. Hay también sensores de clavija montados en el filtro de aire. Las partes esenciales del sensor son una célula de medición (3) bañada por la corriente de aire parcial en la entrada de aire de admisión, y un sistema electrónico evaluador integrado (2). Los elementos de la célula de medición están metalizados por evaporación sobre un sustrato semiconductor, y los elementos del sistema electrónico evaluador (circuito híbrido) sobre un sustrato cerámico. De este modo es posible un tamaño muy pequeño. El sistema electrónico evaluador comunica a su vez con la unidad de control a través de conexiones eléctricas (1). El canal de medición de la corriente parcial (bypass) está conformado de manera que el aire puede fluir sin remolinos por delante de la célula y refluir por la salida hacia el conducto de medición. De ese modo se mejora el comportamiento del sensor en caso de corrientes de fuerte pulsación y, además de las corrientes en sentido directo, se reconocen también los reflujos.



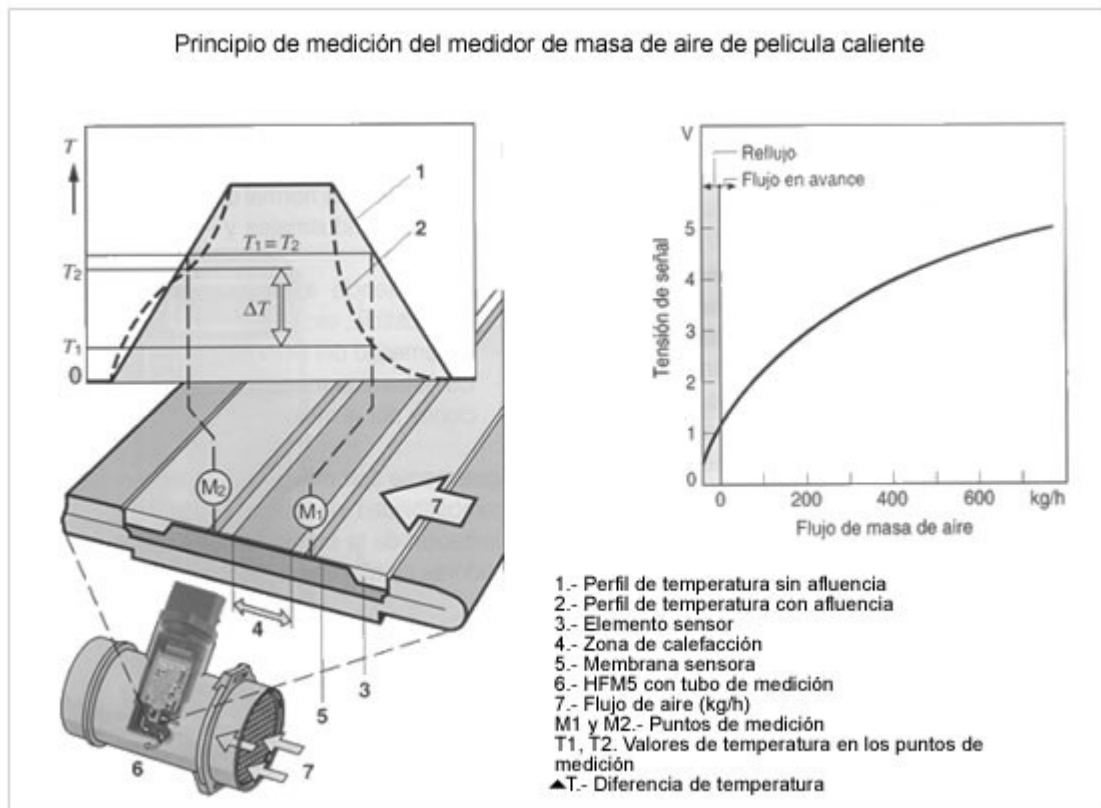
Funcionamiento

El medidor de masa de aire de película caliente es un "sensor térmico". Trabaja según el siguiente principio:

Una resistencia calefactora dispuesta en el centro sobre la célula de medición (figura inferior, pos. 3) calienta una membrana sensible micromecánica (5) y la mantiene a una temperatura constante. Fuera de esta zona de calefacción regulada (4) disminuye la temperatura a ambos lados.

Dos resistencias dependientes de la temperatura montadas simétricamente respecto a la

resistencia calefactora flujo arriba y flujo abajo sobre la membrana (puntos de medición M1, M2) detectan la distribución de la temperatura sobre ésta. Cuando no pasa aire, el perfil de temperaturas (1) es igual en ambos lados ($T_1 = T_2$).



Cuando pasa aire por encima de la célula de medición, el perfil uniforme de temperaturas sobre la membrana sufre un cambio (2). En el lado de aspiración la variación de la temperatura es más pronunciada, pues la corriente de aire enfría esta parte. En el lado opuesto, orientado hacia el motor, se enfría primero la célula de medición del sensor. Luego, el aire calentado por el elemento de calefacción caldea la célula de medición. La variación de la distribución de temperaturas ocasiona una diferencia de temperatura (ΔT) entre los puntos de medición M1 y M2.

El calor cedido al aire, y con ello la caída de temperatura en la célula de medición del sensor, depende de la masa de aire que pasa por delante de ella. La diferencia de temperatura (independientemente de la temperatura absoluta del aire que pasa) constituye una medida para la masa de la corriente de aire; además depende de la dirección, de manera que el medidor de masa de aire puede detectar tanto la cantidad como el sentido de una corriente de masa de aire.

Por ser la membrana micromecánica sumamente fina, el sensor reacciona muy rápidamente a las variaciones (< 15 ms). Esto es importante, especialmente con corrientes de aire de fuerte pulsación.

La diferencia de resistencia en los puntos de medición M1 y M2 la convierte el sistema electrónico evaluador integrado en el sensor en una señal de tensión analógica entre 0...5 V, adecuada a la unidad de control. Con la ayuda de la curva característica del sensor almacenada en la unidad de control (figura superior derecha), la tensión medida es convertida en un valor para la corriente de masa de aire [kg/h].

La curva característica está conformada de manera que la diagnosis integrada en la unidad de control puede identificar defectos como p. ej. una interrupción de línea. En el medidor de masa de aire de película caliente HFM5 puede haber integrado un sensor de temperatura para

evaluaciones adicionales. Este sensor se encuentra sobre la célula de medición, delante de la zona caliente.

El no es necesario para determinar la masa de aire. Para ciertas aplicaciones en algunos vehículos se toman medidas adicionales contra el agua y la suciedad (conducto interior, rejilla protectora).

Captadores de presión absoluta

Otra forma de medir el aire de admisión que entra al motor es mediante captadores de presión absoluta

El captador o sensor de presión proporciona una señal eléctrica a la unidad de control (ECU) en función de la depresión que existe en el colector de admisión del motor. Como ejemplos vamos a ver los sensores utilizados en los sistemas de inyección Renix de Renault y D-Jetronic de Bosch.

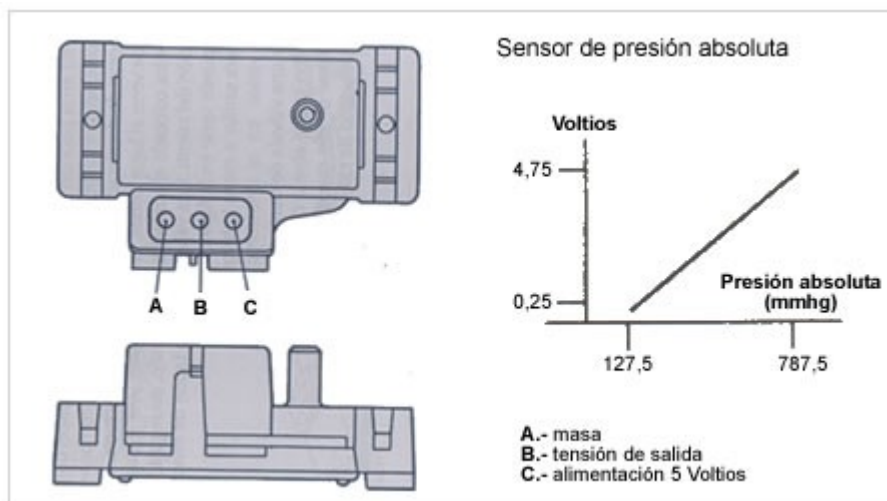
- El sistema de inyección de gasolina de Renix de Renault utiliza un sensor de presión absoluta que permite junto con el valor de temperatura de aire saber el peso del aire que entra en el colector de admisión y así poder establecer con exactitud la cantidad de gasolina a inyectar para conseguir una determinada relación de mezcla.

El captador esta constituido por un diafragma realizado en materia aislante dentro del cual están emplazadas unas resistencias que forman un puente de medida.

El puente de resistencias esta formado por sensores piezoelectricos que son sensibles a las deformaciones mecánicas.

El diafragma esta unido mediante un tubo al colector de admisión de manera que las variaciones de presión actúan directamente sobre el diafragma provocando su deformación. Esta deformación actúa sobre el puente de resistencias variando la tensión de salida.

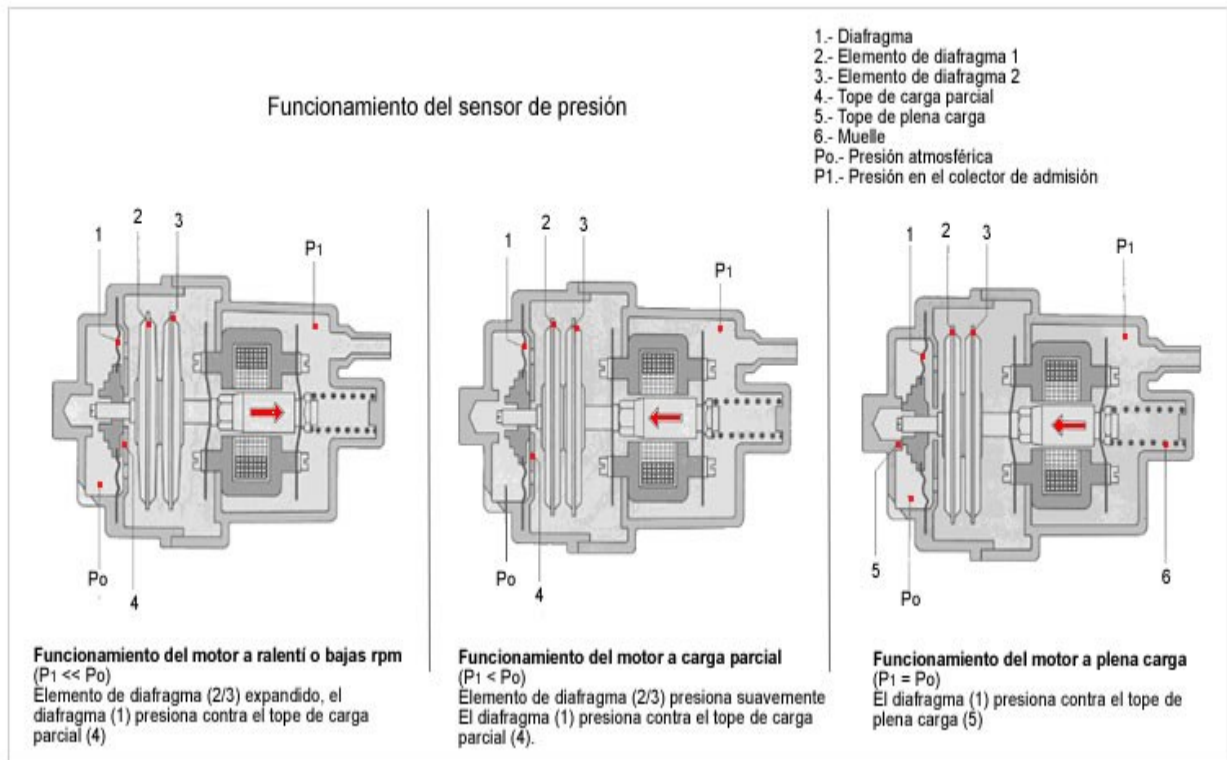
La tensión de salida del puente es ajustada a las escalas de trabajo deseadas de manera que se obtiene una tensión final de salida comprendida entre 0 y 5 V. siguiendo de manera lineal las variaciones de presión.

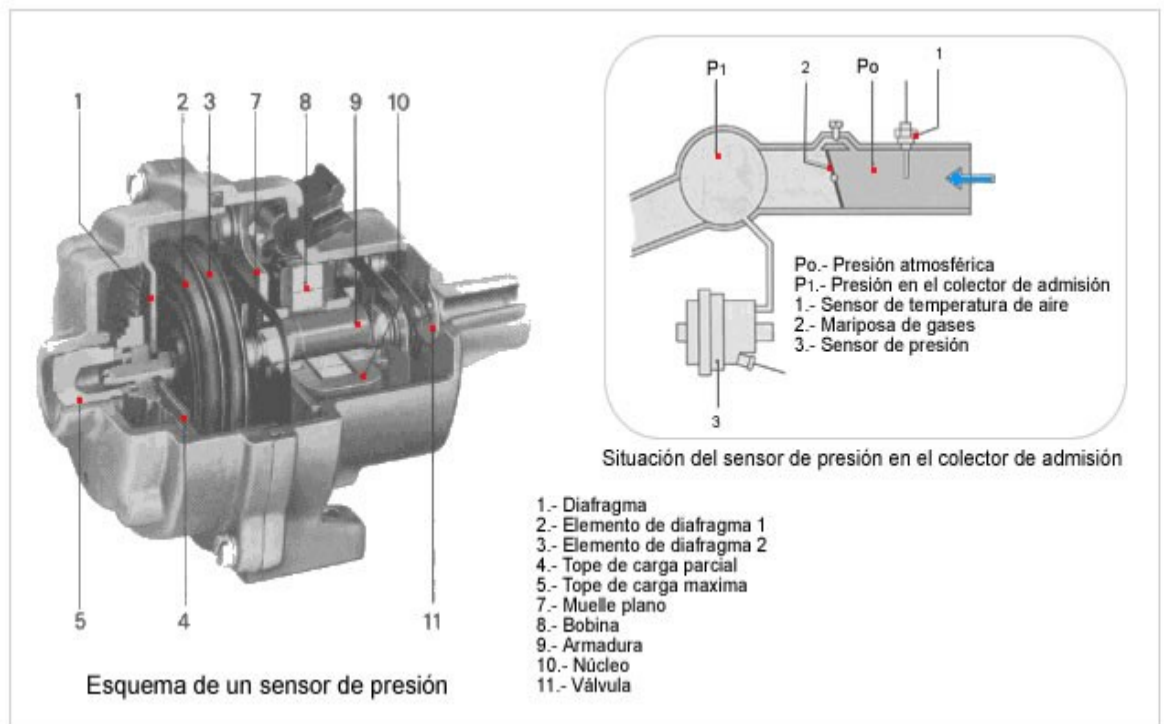


- El Sensor de presión utilizado en el sistema de inyección D-Jetronic de Bosch. Este sensor proporciona una señal eléctrica a la unidad de control (ECU) en función de la depresión que existe en el colector de admisión del motor. Para cargas parciales cuando la presión en el colector de admisión es mayor que la presión atmosférica, el diafragma (1) es presionado contra el tope de carga parcial (4), en este caso solo los elementos de diafragma (1 y 2) actúan sobre el diafragma haciendo que la armadura adopte una posición relativa con respecto a la bobina que generara una determinada tensión que informara a la unidad de control de la presión en el colector de admisión.

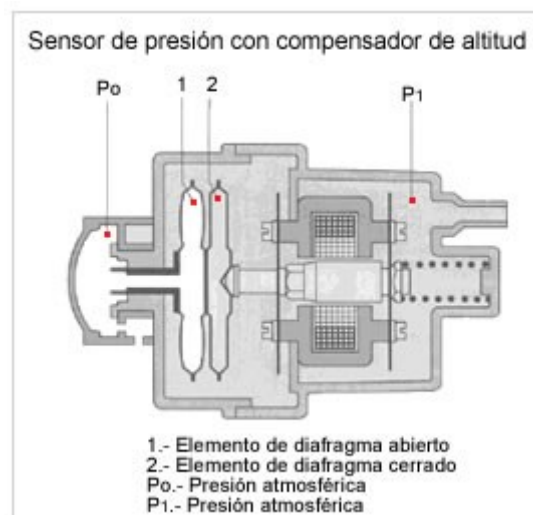
Para plenas cargas, la presión en el colector de admisión es igual a la presión atmosférica por lo que solo actúa el muelle (6) moviendo la armadura y haciendo que el diafragma presione contra el tope de plena carga.(5).

El sensor de presión manda permanentemente información eléctrica a la unidad de control (ECU) del estado de depresión reinante en el colector, y la ECU es capaz de interpretar las más ligeras variaciones como diferentes estados de llenado de aire en el colector. A una alta depresión se corresponde un pequeño volumen de aire mientras ocurre lo contrario cuando la depresión es muy pequeña. Con este dato básico la ECU elabora el tiempo básico de inyección, que después será corregido por la aportación de datos procedentes de otros sensores.





También hay sensores de presión que tienen en cuenta la altitud para dosificar la mezcla en función de esta, teniendo en cuenta que a mayor altitud la presión atmosférica disminuye. La presión atmosférica se utiliza para determinar la densidad del aire a diferentes altitudes. Como el motor requiere menos carburante a altitudes elevadas, el sensor transmite una señal a la ECU para reducir el tiempo de apertura de los inyectores.



Sensores en el automóvil

Sensores de gas, sondas de concentración

Magnitudes de medición

La concentración de una sustancia determinada indica la fracción de masa o de volumen con que está contenida en otra sustancia o en una mezcla de otras sustancias. La propiedad principal de un sensor de concentración (llamado a menudo también sonda de concentración) consiste en que es únicamente sensible a una sustancia de medición e "ignora" (en el caso ideal) a ser posible totalmente otras sustancias. En realidad, cada sonda posee sin embargo una "sensibilidad transversal" a otras sustancias, incluso si los parámetros de medición "temperatura" y "presión" se mantienen constantes (lo que ocurre con frecuencia).

En el automóvil hay que medir las siguientes magnitudes:

- Contenido de oxígeno en los gases de escape (regulación de la combustión, vigilancia del catalizador).
- Contenido de monóxido de carbono, de óxido de nitrógeno y de humedad en el habitáculo (calidad del aire, empañamiento de los vidrios del vehículo).
- Humedad del aire en sistemas de freno neumáticos (vigilancia del secador de aire).
- Humedad del aire exterior (aviso de superficie helada).
- Concentración de hollín en los gases de escape de motores Diesel, aunque este es un problema todavía no resuelto. Contrariamente a las concentraciones de gas antes mencionadas, se trata aquí de una concentración de partículas. La función de medición la dificulta adicionalmente la circunstancia de que las partículas pueden obturar el sensor hasta ser éste incapaz de funcionar.

La introducción de pilas de combustible como sistema de tracción de automóviles exigirá ciertamente el desarrollo de otros sensores de gas, como p. ej. para la detección de hidrógeno.

Principios de medición

Las sustancias a medir se presentan en estado gaseoso, líquido o sólido, habiéndose desarrollado por ello en el transcurso del tiempo un gran número de métodos de medición. Hasta el presente para la técnica del automóvil es sólo de interés el campo del análisis de gases, con un sector especial para la medición de la humedad en forma gaseosa.

- Medición de gases en general
Los sensores de gas, que generalmente están expuestos directamente y sin protección al medio a medir (es decir, a sustancias extrañas), corren el riesgo de sufrir un daño irreversible. Este daño recibe también la designación de "envenenamiento" de la sonda. Así, por ejemplo, el plomo eventualmente contenido en el combustible o en los gases de escape puede hacer inservibles las sondas de oxígeno (sondas lambda).
- Medición de la humedad
Junto al papel esencial que desempeña la sonda de oxígeno (sonda lambda) en lo que se refiere a los gases de escape, hay que atribuir asimismo una gran importancia a la medición de la humedad del aire. La humedad indica por extensión el contenido de agua en sustancias gaseosas, líquidas y sólidas.

Sensores de calidad del aire

Aplicación

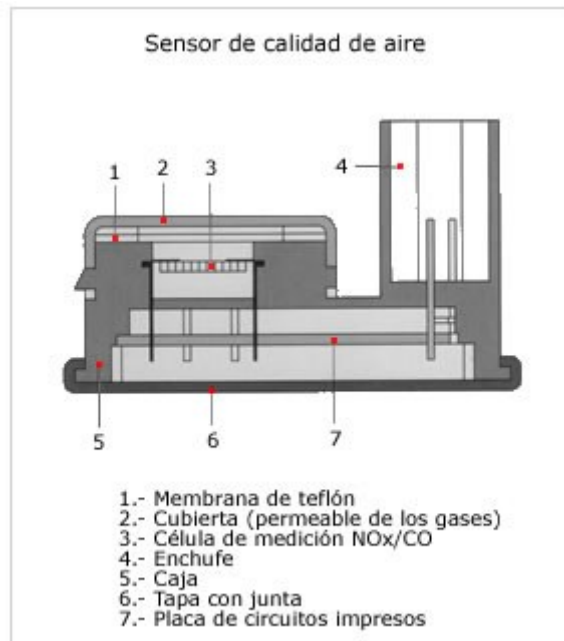
Estos sensores (figura inferior) comprueban continuamente la calidad del aire en la zona de entrada de la ventilación. Reaccionan especialmente a los componentes nocivos de los gases de escape CO (principalmente de motores de gasolina) y NOX (sobre todo de motores Diesel). Otra función de estos sensores es impedir el empañamiento de los cristales de un vehículo. A este efecto, un sensor de humedad detecta el contenido de vapor de agua en el aire.



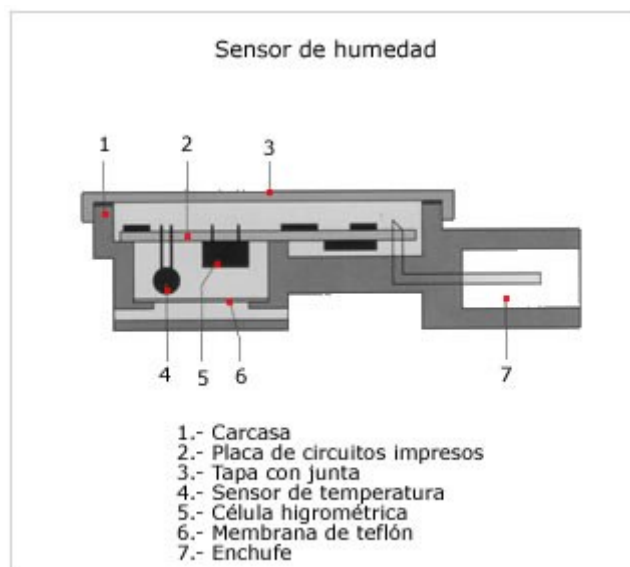
Estructura y funcionamiento

Estos sensores (figura inferior) integrados en la unidad de control de la calidad del aire, consisten en resistencias de capas gruesas que contienen óxido de estaño. En cuanto las sustancias a medir se depositan en ellos (de modo reversible), la resistencia eléctrica de los sensores varía en parte rápida e intensamente dentro de un amplio margen (p. ej. 1 a 100 kohmios). Las resistencias de esas sondas se encuentran sobre un substrato cerámico común, que por su parte trasera es calentado por un conductor de caldeo hasta una temperatura de funcionamiento de unos 330 °C. A causa de esta alta temperatura, el substrato está contactado sin apoyos.

La sonda de CO mide concentraciones del orden de 10 a 100 ppm (partes por millón) y la sonda de NOX, del orden de 0,5 a 5 ppm. Tan pronto como la concentración de gases nocivos es excesiva (en ocasiones casi 100 veces superior a la del aire limpio), la unidad de control de la calidad del aire cierra las chapaletas de aire fresco de ventilación del habitáculo del vehículo. Impide así que el conductor respire esos gases y se canse prematuramente. Al mantener apartadas esas sustancias nocivas, se prolonga la vida útil de los filtros de carbón activo. Una tapa metálica (6) ofrece una protección superficial. Una membrana de teflón (1) situada debajo para las dos cámaras del sensor deja pasar ciertamente los gases de medición, inclusive la humedad en forma de vapor, pero retiene la humedad líquida. Si bien los gases a medir tienen que difundirse a través de la membrana de teflón, el tiempo de reacción de los sensores es de algunos milisegundos.



Las unidades de la última versión para el control de la calidad del aire poseen asimismo un sensor de humedad (figura inferior). Su señal no sólo sirve para medir la temperatura del habitáculo mediante un sensor de temperatura NTC, sino también para calcular el punto de rocío, que influye en el empañamiento de los cristales del vehículo.



Sondas lambda

La sonda lambda mide la concentración de oxígeno en los gases de escape. Es parte integrante de un circuito de regulación encargado de mantener continuamente la composición correcta de la mezcla de combustible y aire.

La relación de mezcla del oxígeno atmosférico respecto al combustible, con la que se consiguen máximos niveles de conversión de los contaminantes en el catalizador es de $\lambda = 1$ (relación estequiométrica de la mezcla).



Hay dos modelos de sondas lambda:

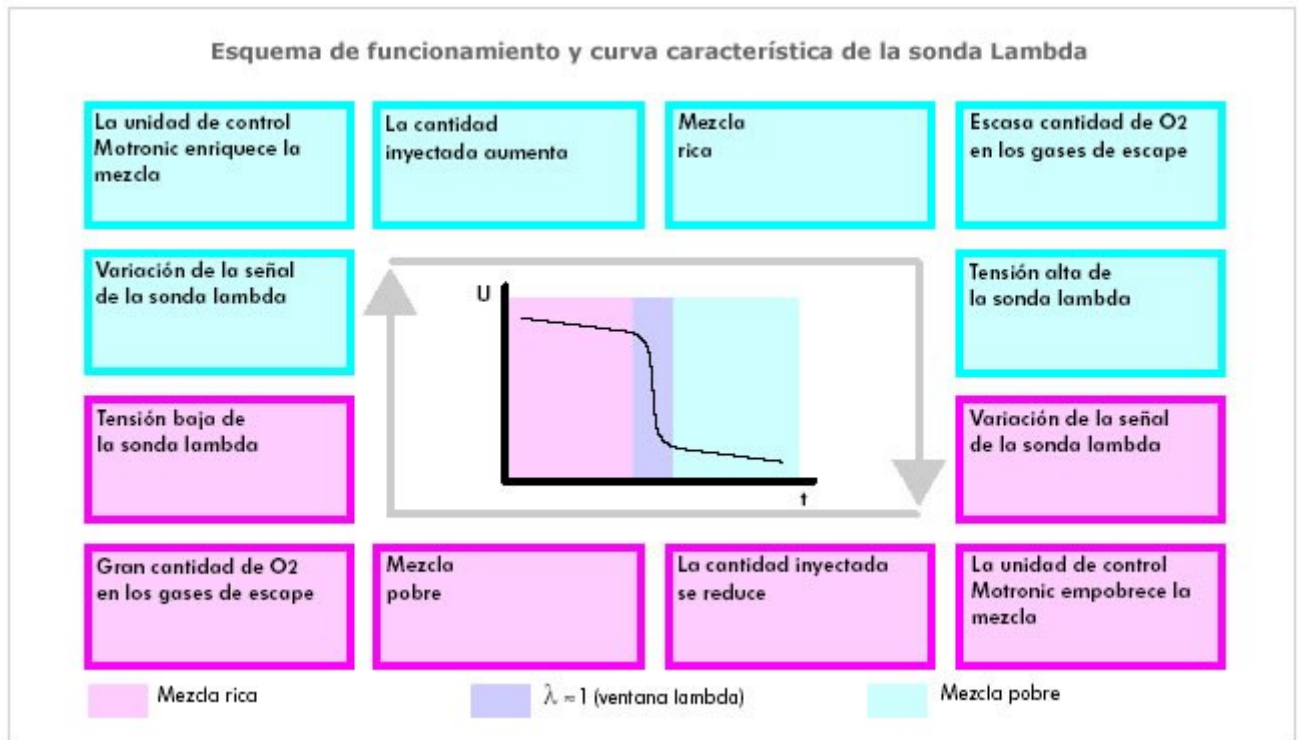
- Sondas lambda de dos puntos
- Sondas lambda de banda ancha

Sondas lambda de dos puntos

Aplicación

Las sondas lambda de este tipo se utilizan en motores de gasolina dotados de una regulación lambda de dos puntos. Las sondas están situadas en el tubo de escape y detectan simultáneamente el flujo de gases de escape de todos los cilindros. El modo de funcionar se basa en el principio de la célula galvánica de concentración de oxígeno en combinación con un electrólito sólido.

Las "sondas de dos puntos" indican si los gases de escape proceden de una mezcla rica (valor lambda < 1) o pobre (valor lambda > 1). La curva característica de variación brusca (salto) de estas sondas permite regular la mezcla "valor lambda" = 1.

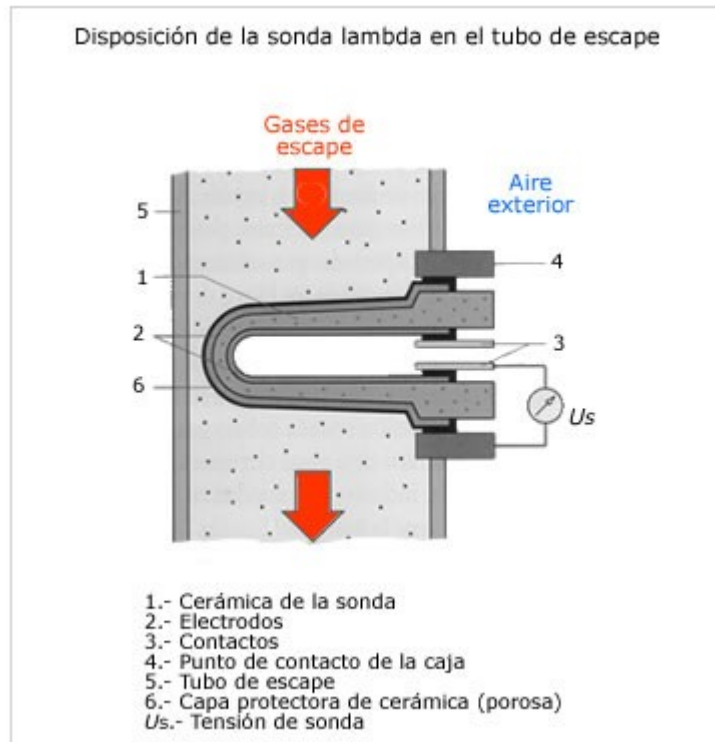


Estructura

Sondas digitiformes (en forma de dedo)

El electrólito sólido está constituido por un cuerpo cerámico cerrado por un lado, estanco a los gases, de dióxido de circonio estabilizado con óxido de itrio. Las superficies de la cerámica están provistas en ambos lados de electrodos realizados partiendo de una delgada capa porosa de platino.

El electrodo de platino en el lado externo, que está situado en el tubo de escape, actúa como un pequeño catalizador; los gases de escape son objeto allí de un tratamiento posterior catalítico y obtienen un equilibrio estequiométrico ($\lambda = 1$). El lado expuesto a los gases de escape está recubierto adicionalmente de una capa cerámica porosa (tipo espinela) que lo protege contra la suciedad. Un tubo metálico con varias ranuras protege el cuerpo cerámico contra esfuerzos mecánicos (golpes) y choques térmicos. El espacio interno abierto, en el lado opuesto al de los gases de escape, comunica con el aire exterior, que constituye el gas de referencia (figura inferior)



- Sonda digitiforme no calefaccionada LS21

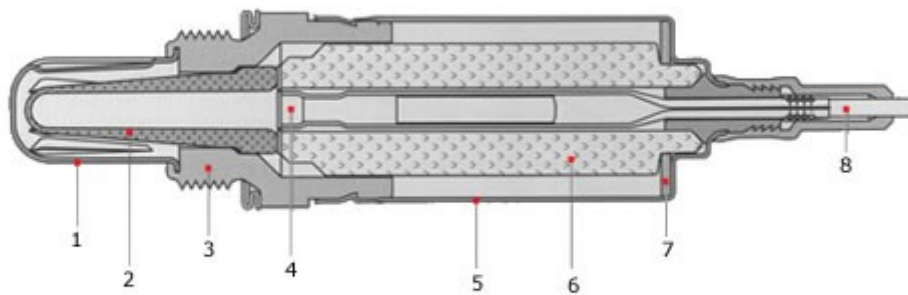
Un tubo cerámico de apoyo (6) y un resorte de disco (7) sostienen el elemento cerámico activo digitiforme (2) dentro de la caja de la sonda (3) y aseguran su estanqueidad (figura inferior). Un talón de contacto (4) entre el tubo de apoyo y la cerámica activa de la sonda constituye la unión eléctrica intermedia entre el electrodo interno y el cable de conexión (8).

Un anillo metálico estanqueizante une el electrodo externo con la caja de la sonda (3). Un casquillo metálico de protección (5), que al mismo tiempo sirve de contraapoyo al resorte de disco, sostiene y fija toda la estructura interna de la sonda. Protege también el interior de la sonda contra la suciedad.

El cable de conexión está engarzado a presión en el talón de contacto que conduce al exterior y es protegido por una caperuza estable a la temperatura contra la humedad y deterioros mecánicos.

Para que la cerámica de la sonda no esté expuesta a los residuos de combustión contenidos en los gases de escape, en el extremo sometido a éstos la caja de la sonda está provista de un tubo de protección de forma especial. Las ranuras de este tubo están diseñadas de manera que garantizan una protección eficaz contra grandes esfuerzos térmicos y químicos.

Estructura de una sonda lambda no calefaccionada LS21

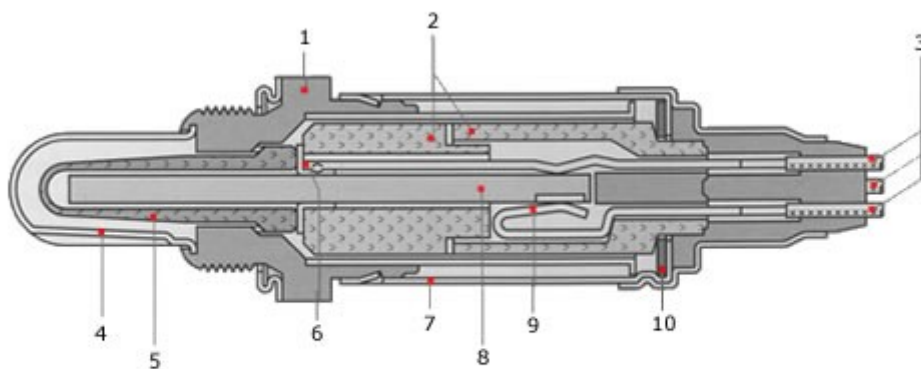


- | | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 1.- Tubo de protección | 5.- Casquillo de protección |
| 2.- Cerámica activa de la sonda | 6.- Tubo cerámico de apoyo |
| 3.- Caja de la sonda | 7.- Resorte de disco |
| 4.- Talón de contacto | 8.- Cable de conexión |

- Sonda digitiforme calefaccionada LSH24

La sonda lambda calefaccionada (figura inferior) posee adicionalmente un elemento calefactor. La temperatura de la cerámica es determinada por la calefacción eléctrica cuando la carga del motor es reducida (es decir, mientras la temperatura de los gases de escape es baja); a alta carga, por la temperatura de los gases de escape. La sonda lambda calefaccionada puede ser montada a una mayor distancia del motor, de manera que incluso un funcionamiento continuo a plena carga no plantea ningún problema. La calefacción externa proporciona un rápido calentamiento de la cerámica, alcanzándose la temperatura de servicio de ésta dentro de 20 a 30 s después del arranque del motor, estando entonces disponible ya la regulación lambda. Por tener la sonda calefaccionada una temperatura constantemente óptima de funcionamiento, se consiguen emisiones de gases de escape bajas y estables.

Sonda lambda calefaccionada LSH24



- | | |
|---------------------------------|--|
| 1.- Carcasa de la sonda | 6.- Talón de contacto |
| 2.- Tubo cerámico de apoyo | 7.- Casquillo |
| 3.- Cable de conexión | 8.- Elemento calefactor |
| 4.- Tubo protector de ranuras | 9.- Conexiones a presión del elemento calefactor |
| 5.- Cerámica activa de la sonda | 10.- Resorte de disco |

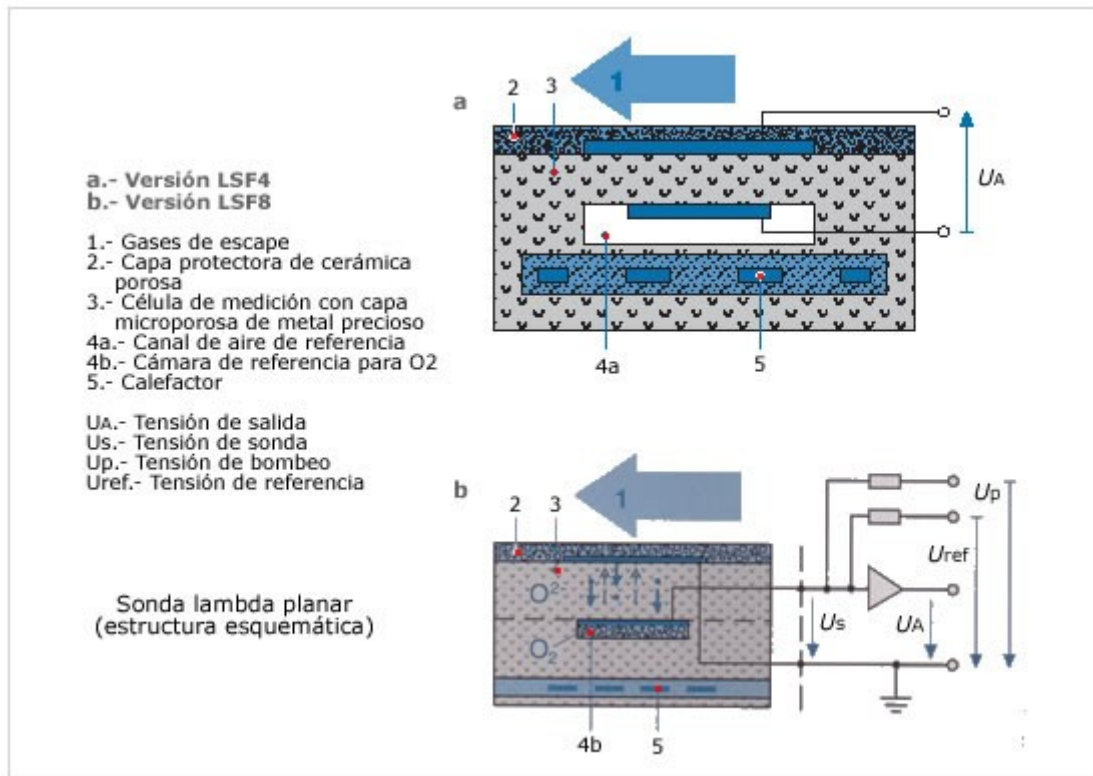


Sondas lambda planares

El modo de funcionamiento de las sondas planares corresponde al de las sondas digitiformes calefaccionadas con una variación brusca de la línea característica a "valor lambda" = 1. El electrólito sólido se compone, sin embargo, de hojas cerámicas laminadas superpuestas. Un tubo de doble pared lo protege contra influencias térmicas y mecánicas.

La cerámica planar (que integra la célula de medición y el calefactor) tiene la forma de una plaquita alargada de sección rectangular. La superficie de la célula de medición está provista de una capa microporosa de metal precioso. En el lado recorrido por los gases de escape, esta capa está recubierta adicionalmente por una capa protectora de cerámica porosa, para impedir daños por efecto de erosión causada por los residuos contenidos en los gases de escape. El calefactor está constituido por un serpentín que contiene metal precioso; está integrado, de modo aislado, en la plaquita cerámica y asegura un calentamiento rápido de la sonda.

Mientras que la cámara de referencia en el interior de la sonda LSF4 comunica con el aire ambiente (figura inferior, posición "a"), la sonda LSF8 (figuras inferior, posición "b") contiene una cámara de referencia de oxígeno hermética hacia el exterior.



Funcionamiento

La cerámica de la sonda de dos puntos, que funciona según el principio de Nernst, se vuelve conductora de los iones de oxígeno a partir de una temperatura de aprox. 350 °C. Como los gases de escape contienen un resto de oxígeno incluso funcionando el motor con un excedente de combustible (p. ej. para "valor lambda" = 0,95 todavía de un 0,2 a un 0,3 por ciento en volumen), se produce una tensión eléctrica entre las dos superficies límite a causa del diferente porcentaje de oxígeno en cada lado de la sonda. De ese modo es posible utilizar el porcentaje de oxígeno de los gases de escape como medida de la relación de aire y combustible.

La sonda **LSF8** tiene la particularidad de comparar el porcentaje de oxígeno residual de los gases de escape con el oxígeno encerrado en una cámara de referencia hermética hacia el exterior. La aplicación de una tensión de bombeo U_p a dos electrodos genera una corriente de 20 μA , que bombea permanentemente oxígeno de los gases de escape, a través de la cerámica ZrO_2 conductora de oxígeno, hacia la cámara de referencia, rellena de un material poroso. De la cámara de referencia se difunde también permanentemente oxígeno hacia el lado de gases de escape, en función del contenido de oxígeno que reina allí.

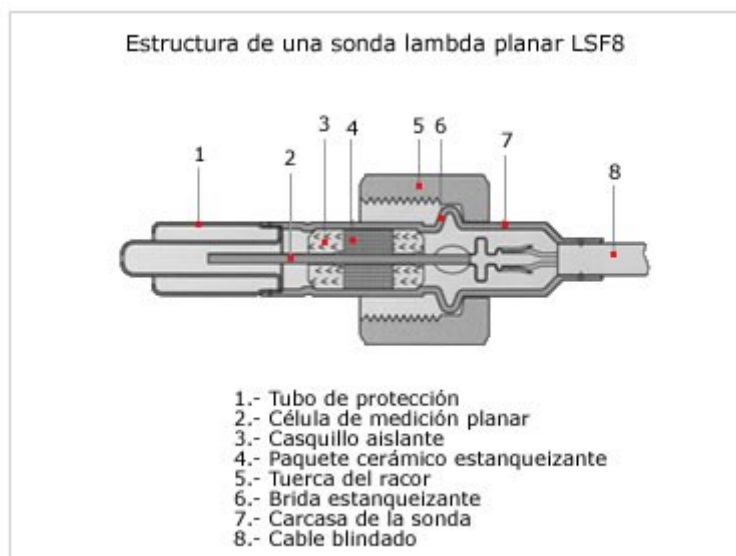
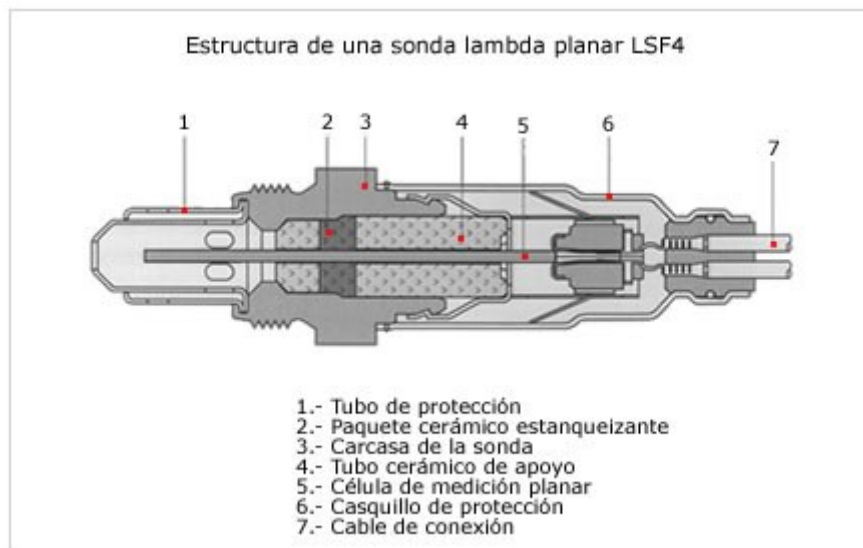
La tensión de la sonda en el momento resulta de este intercambio. La tensión suministrada por la sonda en función del porcentaje de oxígeno de los gases de escape alcanza 800 a 1000 mV para una mezcla rica ("valor lambda" < 1), y solamente 100 mV para una mezcla pobre ("valor lambda" > 1). La transición de la zona rica a la zona pobre tiene lugar a una tensión de 450 a 500 mV.

La temperatura del cuerpo cerámico influye también en la conductibilidad de los iones de oxígeno y, por tanto, en el desarrollo de la tensión suministrada en función del coeficiente de aire "valor lambda". Además, el tiempo de respuesta a una variación de la tensión en caso de cambiar la composición de la mezcla depende mucho de la temperatura.

Si esos tiempos de respuesta son de algunos segundos cuando la cerámica tiene una temperatura inferior a 350°C, la sonda reacciona ya tras un tiempo inferior a 50 ms al tener una temperatura óptima de funcionamiento de 600 °C. Por eso está desactivada la regulación lambda después del arranque del motor hasta alcanzarse la temperatura mínima de funcionamiento de unos 350 °C. El motor funciona entonces de modo controlado.

Si las temperaturas son demasiado elevadas, se acorta la vida útil. Por eso la sonda ha de

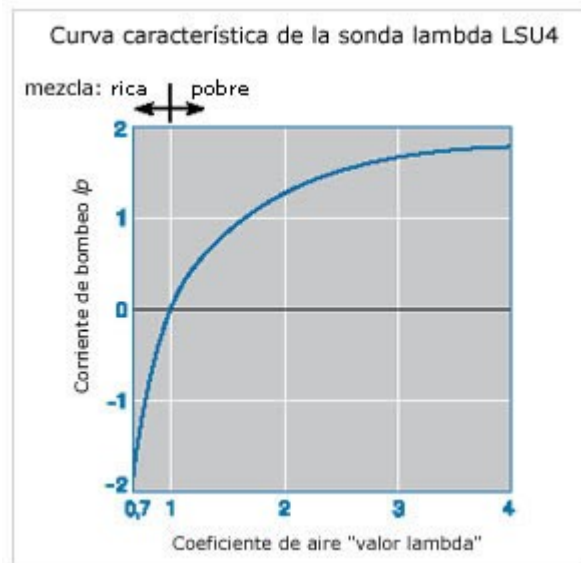
estar montada de modo que no se sobrepasen los 850 °C durante un largo funcionamiento a plena carga; para un corto período de tiempo se admite un límite máximo de 930 °C.



Sonda lambda planar de banda ancha LSU4

Aplicación

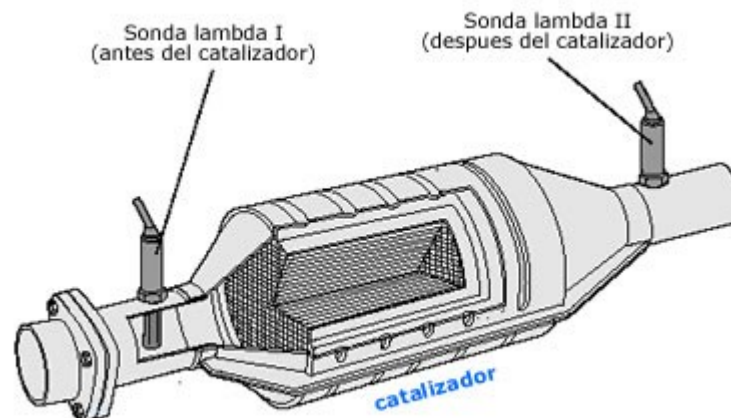
Con la sonda lambda de banda ancha se puede determinar en un gran margen la concentración de oxígeno en los gases de escape y juzgar por ella la relación aire-combustible en la cámara de combustión. El coeficiente de aire (valor lambda) describe esta relación de aire-combustible. Las sondas lambda de banda ancha no sólo pueden medir exactamente en el punto "estequiométrico" de "valor lambda" = 1, sino también en el margen pobre de combustible (valor lambda > 1) y en el rico (valor lambda < 1). Ellas suministran en el campo de $0,7 < \text{"valor lambda"} < \text{infinito}$ (infinito = aire con el 21 % O₂) una señal eléctrica unívoca y constante (figura inferior).



Con estas características, la sonda lambda de banda ancha no sólo se aplica en sistemas de gestión de motores con regulación de dos puntos (valor lambda = 1), sino también en conceptos de regulación con mezclas de aire y combustible pobres y ricas. También es idónea para la regulación lambda de motores de gasolina que funcionan con mezclas pobres, motores Diesel, motores de gas (por eso la denominación LSU: Lambda-Sonde-Universal).

La sonda penetra en el tubo de escape y detecta la corriente de gases de escape de todos los cilindros.

Para una regulación más exacta, en algunos sistemas se emplean varias sondas, p.ej. delante y detrás del catalizador (figura inferior), así como en los distintos tramos de gases de escape (bancos de cilindros).



Estructura

La sonda lambda de banda ancha **LSU4** es una sonda planar de dos células de corriente límite. Su célula de medición (figura inferior) es de cerámica de dióxido de circonio (ZrO_2).

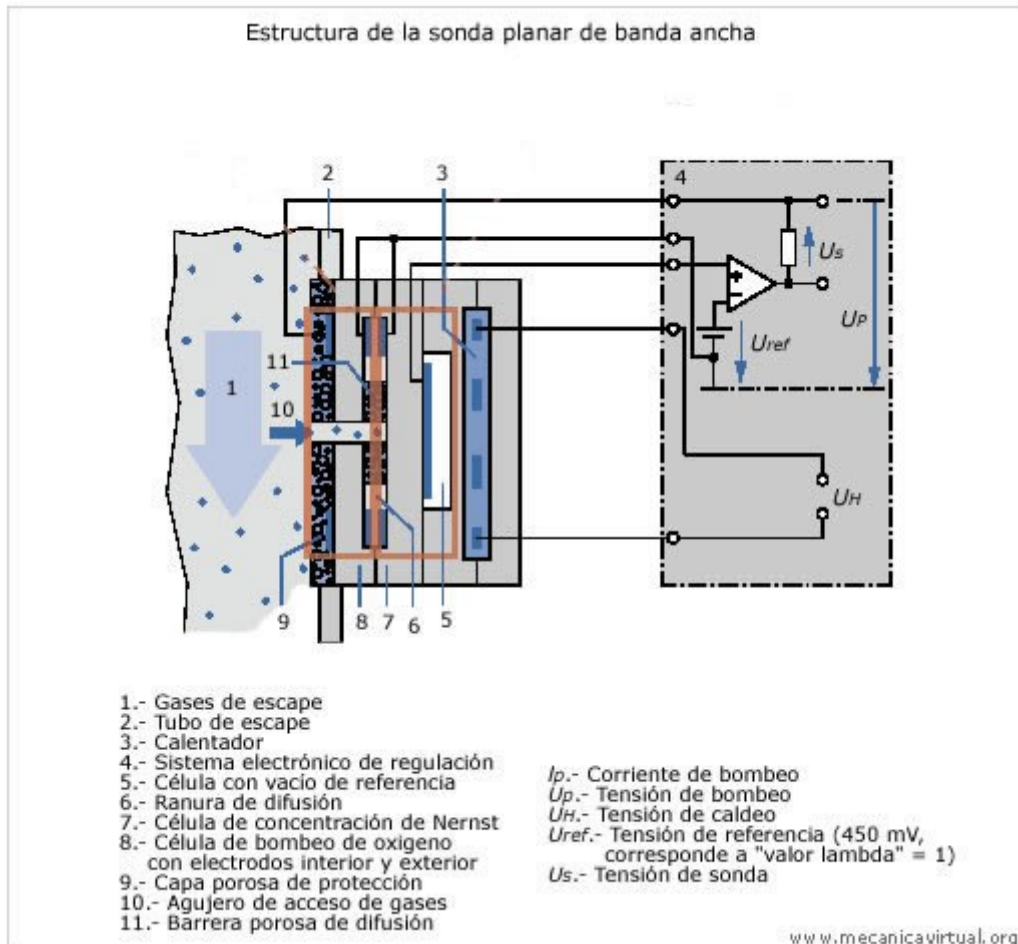
Está constituida por la combinación de una célula de concentración de Nernst (célula sensible, funciona como en una sonda lambda de dos puntos) y una célula de bombeo que transporta iones de oxígeno.

La célula de bombeo de oxígeno (figura inferior, pos. 8) está dispuesta de tal modo respecto a la célula de concentración de Nernst (7) que entre ambas se forma una ranura de difusión (6) de aprox. 10... 50 μm . Esta ranura está en comunicación con los gases de escape a través de

un agujero de acceso (10); la barrera porosa de difusión (11) limita el flujo sucesivo de las moléculas de oxígeno contenidas en los gases de escape.

La célula de concentración de Nernst comunica en un lado por un canal de aire de referencia (5), a través de una abertura, con la atmósfera ambiente; en el otro lado está expuesta a los gases de escape en la ranura de difusión.

La sonda no suministra una señal útil hasta que se alcanza una temperatura de servicio de 600... 800 °C como mínimo. Para que se alcance rápidamente esta temperatura, la sonda está provista de un calentador (3).

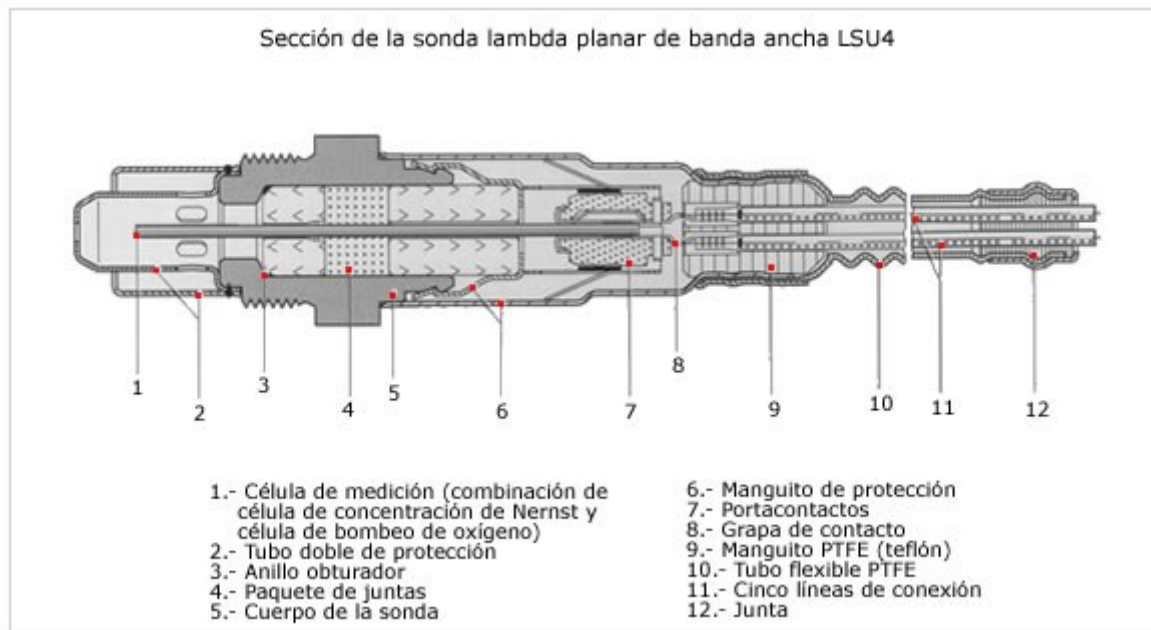


Funcionamiento

Los gases de escape llegan a través del pequeño agujero de acceso de la célula de bombeo a la verdadera cámara de medición (ranura de difusión) de la célula de concentración de Nernst. Para poder ajustar el coeficiente de aire "valor lambda" en la ranura de difusión, la célula de concentración de Nernst compara los gases en esta ranura con el aire ambiente en el canal de aire de referencia.

El proceso total se desarrolla del modo siguiente: Mediante la aplicación de una tensión U_p a los electrodos de platino de la célula de bombeo, a través de la barrera de difusión se puede bombear oxígeno de los gases de escape a la ranura de difusión o viceversa. Con ayuda de la célula de concentración de Nernst, un circuito electrónico en la unidad de control regula esta tensión aplicada a la célula de bombeo U_p , de manera que la composición de los gases en la ranura de difusión se mantenga constante en "valor lambda" = 1. Cuando los gases de escape son pobres, la célula de bombeo, bombea el oxígeno hacia afuera (corriente de bombeo positiva). Cuando son ricos, se bombea por el contrario el oxígeno (mediante descomposición catalítica de CO_2 y H_2O en el electrodo de gases de escape) de los gases del entorno a la

ranura de difusión (corriente de bombeo negativa). Con "valor lambda" = 1 no se ha de transportar oxígeno. La corriente de bombeo es cero. Ella es proporcional a la concentración de oxígeno en los gases de escape y constituye así una medida (no lineal) del coeficiente de aire "valor lambda".



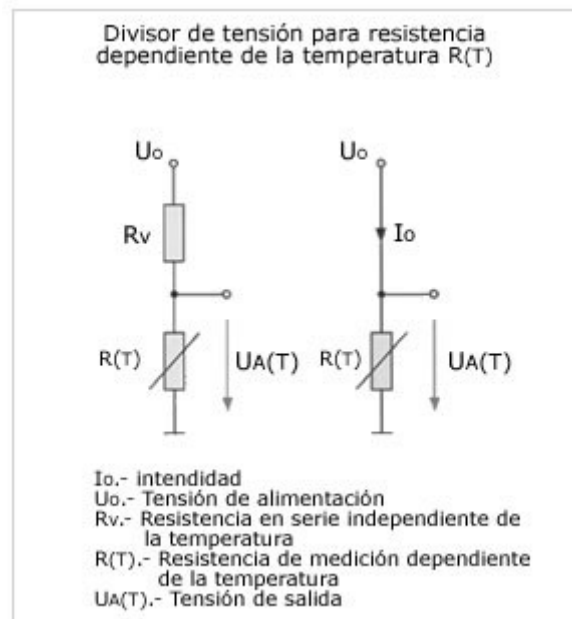
Sensores en el automóvil

Sensores de temperatura

Magnitudes de medición

Las temperaturas de gases o líquidos pueden medirse en general sin problemas en cualquier punto local, sin embargo la medición de la temperatura de cuerpos sólidos se limita casi siempre a la superficie. La mayoría de sensores de temperatura utilizados necesitan un estrecho contacto directo del elemento sensible con el medio en cuestión (termómetro de contacto), para tomar con la máxima precisión la temperatura del medio. Algunos casos especiales requieren, sin embargo, la aplicación de sensores sin contacto, que determinan la temperatura de un cuerpo o medio en virtud de su radiación térmica (infrarroja) (termómetro de radiación = pirómetro).

La medición de la temperatura en el automóvil se efectúa de modo casi exclusivo mediante termómetros de contacto constituidos por materiales resistivos de coeficiente de temperatura positivo (PTC) o negativo (NTC), aprovechando su dependencia de la temperatura. La conversión de la resistencia eléctrica en una tensión analógica se realiza casi siempre mediante el complemento de una resistencia térmicamente neutra o de sentido opuesto, formando un divisor de tensión (efecto linealizador).



Últimamente, desde la introducción de la tecnología de microsistemas, para la realización de la mayoría de funciones de seguridad pasiva y de confort (detección de la posición de los pasajeros para el disparo de los airbag, regulación de la climatización de acuerdo con la temperatura de la piel, desempañamiento de los cristales) se utilizan sensores de temperatura sin contacto (pirométricos), cuya fabricación es cada vez más económica.

La tabla inferior indica las mediciones de temperatura que se efectúan en el automóvil.

Temperaturas en el automóvil	
Punto de medición	magnitud en °C
Aire de admisión / sobrealimentación	- 40.....170
Aire ambiente	- 40.....60
Habitáculo	- 20.....80
Ventilación / calefacción	- 20.....60
Evaporador (acondicionador de aire)	- 10.....50
Agua refrigerante	- 40.....130
Aceite motor	- 40.....170
Batería	- 40.....100
Combustible	- 40.....120
Aire de los neumáticos	- 40.....120
Gases de escape	100.....1000
Pinza de freno	- 40.....2000

Los campos de medición en parte muy distintos exigen un gran número de conceptos y tecnologías de sensores, así como los requerimientos de precisión y de dinámica no mencionados aquí implican formas de sensores muy diversas. En muchos puntos se mide la

temperatura como magnitud auxiliar, para excluir sus efectos negativos o compensar sus influencias no deseadas

Estructura y funcionamiento

Existen sensores de temperatura de distintas formas constructivas, según su campo de aplicación. Dentro de un cuerpo hay montada una resistencia termosensible de medición, de material semiconductor. Normalmente tiene ella un coeficiente de temperatura negativo (NTC), raramente un coeficiente de temperatura positivo (PTC), es decir, que su resistencia disminuye o aumenta drásticamente al subir la temperatura.

La resistencia de medición forma parte de un circuito divisor de tensión alimentado con 5 V. La tensión que se mide en la resistencia depende, por tanto, de la temperatura. Ésta se lee a través de un convertidor analógico-digital y es una medida de la temperatura del sensor. La unidad de control del motor tiene almacenada una curva característica que indica la temperatura correspondiente a cada valor de resistencia o tensión de salida.



Sensores de temperatura NTC para líquidos

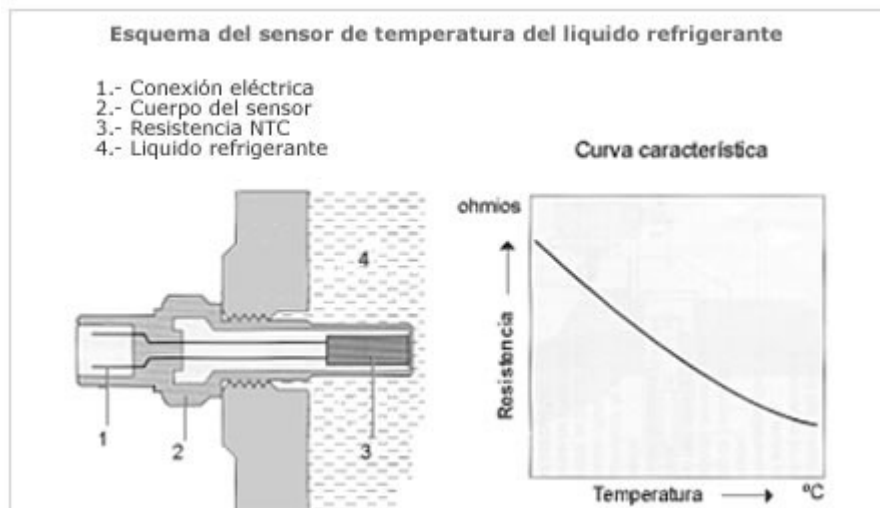


Sensores de temperatura NTC para medir la temperatura del aire

Aplicación

- **Sensor de temperatura del motor**

Este sensor está montado en el circuito del líquido refrigerante (figura 1), con el fin de determinar la temperatura del motor a partir de la temperatura del refrigerante (campo de medición - 40...+130 °C).



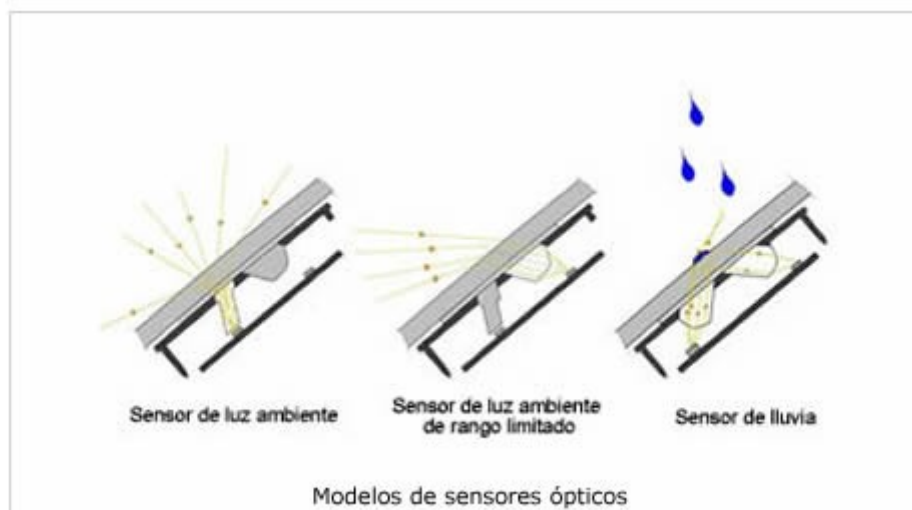
- Sensor de temperatura del aire**
Este sensor montado en el tramo de admisión registra la temperatura del aire aspirado con la que es posible calcular, en combinación con un sensor de presión de sobrealimentación, la masa de aire aspirada. Además de ello se pueden adaptar valores teóricos para circuitos reguladores (p.ej. realimentación de gases de escape, regulación de la presión de sobrealimentación) a la temperatura del aire (campo de medición - 40...+120 °C).
- Sensor de temperatura del aceite de motor**
La señal del sensor de temperatura del aceite de motor se emplea para calcular los intervalos de servicio (campo de medición - 40... +170 °C).
- Sensor de temperatura del combustible**
Está montado en la zona de baja presión del combustible Diesel. Con la temperatura de éste se puede calcular con exactitud el caudal inyectado (campo de medición - 40... + 120 °C).
- Sensor de temperatura de los gases de escape**
Este sensor se monta en puntos térmicamente críticos del sistema de escape. Se emplea también para regular sistemas de tratamiento ulterior de los gases de escape. La resistencia de medición es generalmente de platino (campo de medición -40...+1000°C).

Sensores en el automóvil

Otros sensores del automóvil

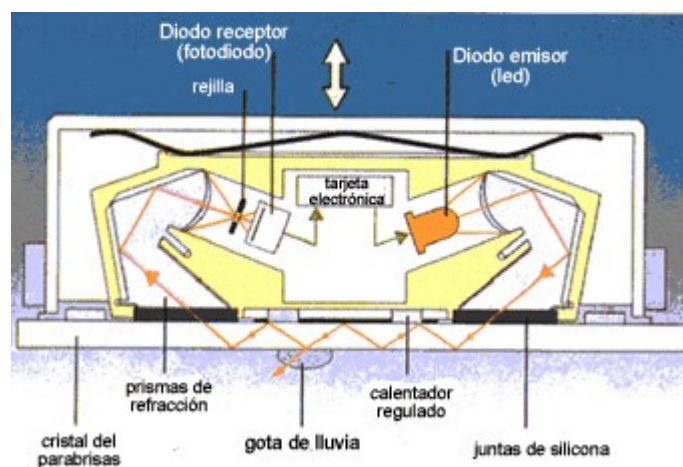
Sensores ópticos

Los sensores ópticos más sencillos se utilizan para el mando de la limpieza automática del parabrisas o del cristal de dispersión de los faros y para encender las luces del automóvil cuando se reduce las condiciones lumínicas.

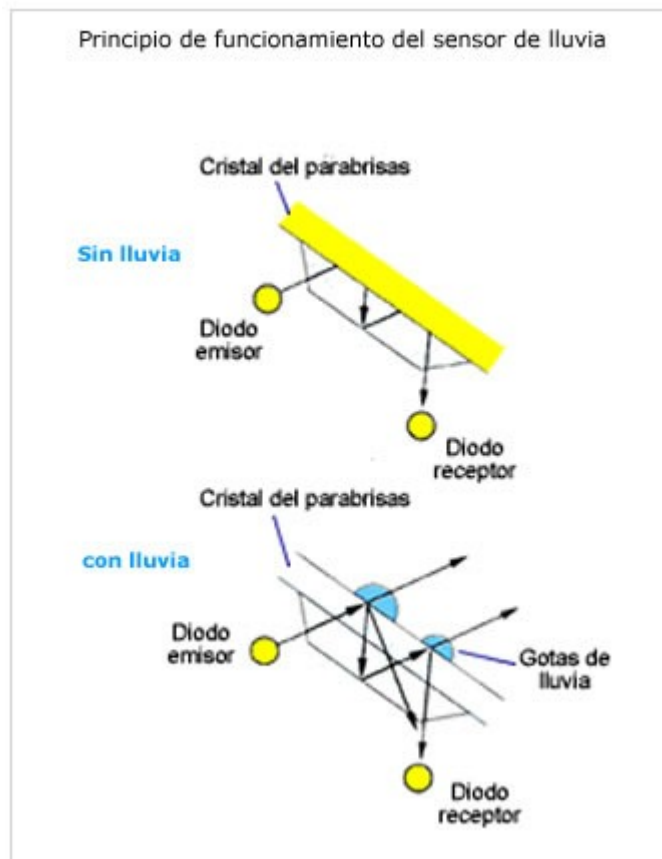


Sensor de lluvia

El sensor de lluvia (figura inferior) detecta la presencia de gotas de agua sobre el parabrisas y hace posible el accionamiento automático del limpiaparabrisas. De ese modo el conductor es aliviado de la necesidad de accionar repetidamente la palanca de mando del parabrisas y puede concentrar toda su atención en la conducción. El modo de accionamiento manual sigue siendo posible por de pronto como operación adicional. El modo automático (opcional) ha de ser reactivado después de todo nuevo arranque del motor.



El sensor está constituido por un sensor emisor-receptor óptico (análogo al del sensor de suciedad). Un diodo luminoso emite luz. Cuando el parabrisas está seco, la luz, que llega al cristal en un ángulo determinado, se refleja en la superficie exterior (reflexión total) e incide asimismo en el receptor (fotodiodo), dispuesto igualmente en un ángulo determinado. Si hay gotas de agua en la superficie exterior, una parte considerable de la luz se desvía hacia el exterior y debilita la señal de recepción. A partir de determinado grado se conecta el limpiaparabrisas automáticamente, incluso en caso de haber suciedad. En las últimas versiones del sensor se utiliza luz infrarroja, en lugar de la luz usual visible empleada anteriormente.



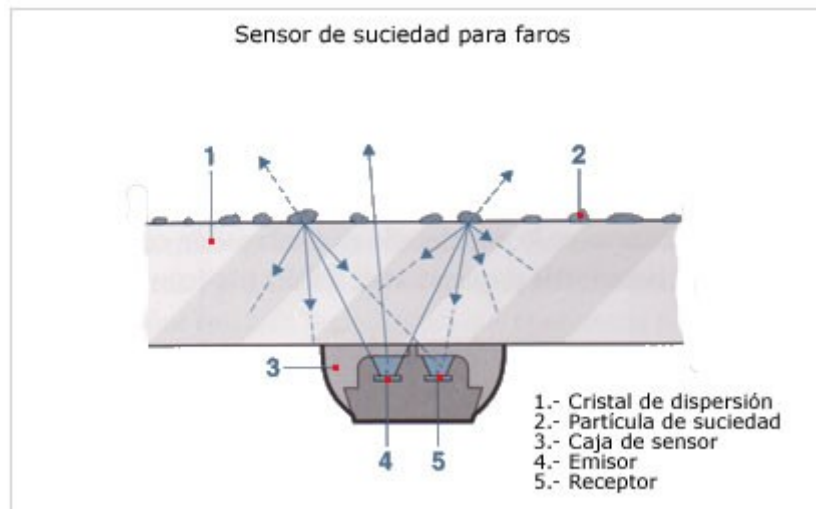
El sensor regula la velocidad del limpiaparabrisas en función de la cantidad de lluvia medida. En combinación con accionamientos del limpiaparabrisas de regulación electrónica, la velocidad de estregado en funcionamiento intermitente puede regularse de modo continuo. Si es proyectada de repente una gran cantidad de agua sobre el parabrisas, p. ej. al adelantar a un camión, el sistema conmuta inmediatamente al escalón de velocidad más alto. El sensor de regulación se puede utilizar también para el cierre automático de las ventanas y del techo corredizo. Equipado con un sensor de luz adicional, puede activar incluso el alumbrado del vehículo en caso de oscuridad o al entrar en un túnel, sin que intervenga el conductor. Es incluso imaginable utilizar en el futuro el sensor de lluvia para informar a sistemas telemáticos del tráfico sobre la situación meteorológica reinante en un tramo determinado de la carretera.

El inconveniente detectado en este dispositivo es que tiene que permanecer completamente limpio para así eliminar efectos desfavorables, como sería, por ejemplo, la formación de hielo o vaho sobre la zona sensible del captador. Para evitar este problema el dispositivo cuenta con un sistema de calentamiento regulado que se encuentra en contacto con la zona ocupada por el dispositivo en la luna del parabrisas. De esta forma se asegura el perfecto funcionamiento de la parte óptica de que dispone este aparato.

Sensor de suciedad

Este tipo de sensor (figura inferior) detecta el grado de suciedad de los cristales de dispersión de los faros, con el fin de iniciar su limpieza automática en caso necesario. La célula óptica de reflexión del sensor se compone de una fuente luminosa (LED) y de un receptor de luz (fototransistor). Está situada en el lado interior del cristal de dispersión, pero no en el trayecto óptico directo de los rayos de la luz de marcha. Si el cristal de dispersión está limpio o también cubierto de gotas de lluvia, el haz luminoso de medición radiante en la proximidad del espectro infrarrojo pasa al exterior sin obstáculo. Sólo una ínfima parte del haz se refleja en el receptor

de luz. Pero si el haz luminoso incide en la superficie exterior del cristal de dispersión sobre partículas de suciedad, una cantidad de luz proporcional al grado de suciedad se refleja en el receptor y a partir de determinada magnitud activa automáticamente del sistema limpiafaros.



Clasificación de pasajeros/detección de asientos para niños

Función

Tras la introducción del airbag para el acompañante, por razones técnicas de seguridad y del ramo de seguros se hizo necesario detectar si el asiento del acompañante está ocupado por una persona o no. Si el asiento del acompañante no está ocupado en caso de un accidente, no debiéndose efectuar por tanto ninguna función de protección, la activación del airbag ocasionaría costes de reparación innecesarios.

Con el desarrollo de "smartbags" (airbags inteligentes) han aumentado las exigencias de detectar la ocupación de los asientos del conductor y del acompañante. El smartbag debe ser variable en su comportamiento de inflado, en conformidad con la persona y la situación respectivas. La actuación del airbag debe impedirse si su inflado y despliegue pueden resultar desfavorables para el pasajero en determinadas circunstancias, (p. ej. si está sentado un niño en el asiento del acompañante o si se encuentra en éste un asiento para niños). Por eso se ha perfeccionado el "simple" modo de detección de ocupación de los asientos, realizándose una clasificación "inteligente" de los pasajeros OC (Occupant Classification). La integración de sensores adicionales permite detectar automáticamente la existencia de un asiento para niños. Equipado con transpondedores, este sistema permite detectar si un niño ocupa o no el asiento.

Estructura

Una esterilla de sensores con unidad de control (figuras inferiores) insertada en cada asiento delantero del vehículo detecta las informaciones sobre el ocupante y las transmite a la unidad de control de los airbags. Estos datos se tienen luego en cuenta para la activación adaptada de los sistemas de retención.



La esterilla de sensores OC se compone principalmente de una disposición de elementos resistivos en función de la presión (elementos FSR: Forcé Sensitive Resistance), cuyas informaciones son evaluables de modo selectivo. La resistencia eléctrica disminuye al aumentar la carga mecánica de un elemento sensor. Este efecto se detecta mediante el envío de una corriente de medición. Un análisis de todos los puntos de detección permite obtener una información sobre la magnitud de la superficie ocupada y sobre la distribución de los puntos de apoyo locales del perfil.

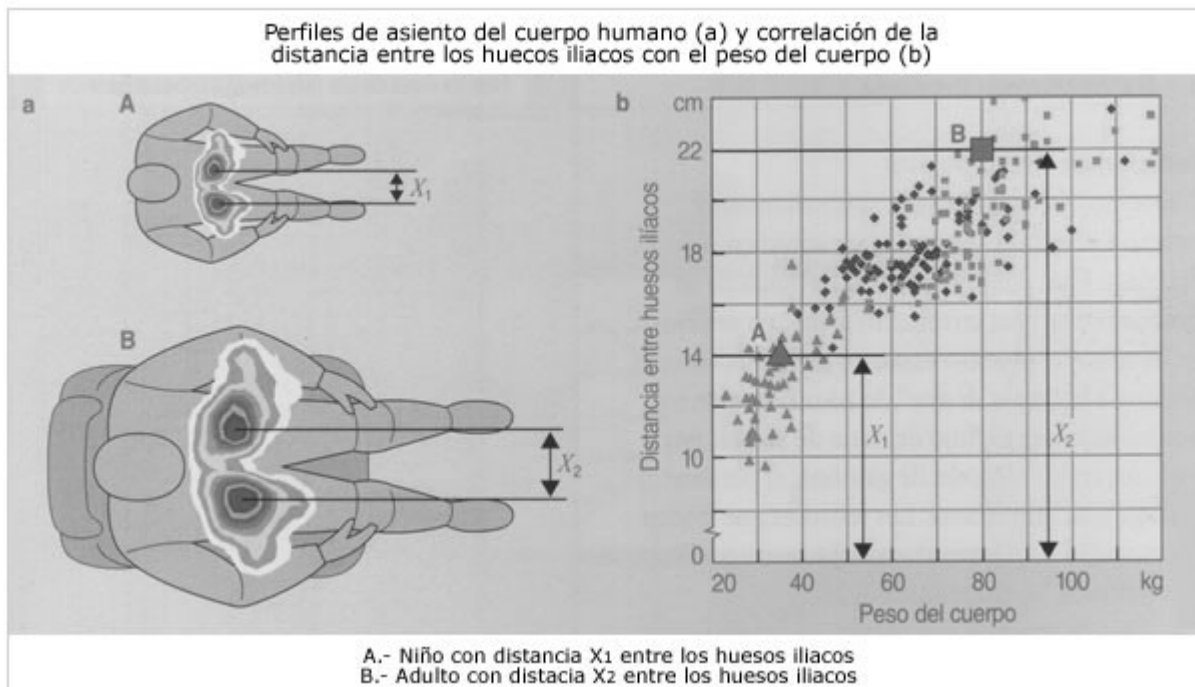
Una antena emisora independiente y dos antenas receptoras integradas en la esterilla de sensores OC realizan la función de detectar un asiento para niños. Unos transpondedores que equipan los asientos para niños son excitados a generar un campo emisor y ocasionan la modulación de una codificación específica de este campo. Los datos captados por las antenas receptoras y evaluados por la electrónica sirven para la detección del tipo y de la orientación del asiento.



Funcionamiento

El principio de medición se basa en clasificar las personas en función de su fisiología (peso, tamaño, etc.) y hacer así posible una activación optimizada de los airbags. En lugar de una medición directa del peso del ocupante, el sistema OC utiliza preferentemente la relación existente entre las propiedades antropométricas (p. ej. la distancia entre los huesos ilíacos) y el peso. A este efecto, la esterilla de sensores OC mide el perfil de presión sobre la superficie del asiento.

La evaluación muestra primero si el asiento está ocupado o no. El análisis siguiente permite asignar a la persona en cuestión a una categoría definida (figura inferior).



Unidad de control

La unidad de control alimenta la esterilla con corrientes de medición y evalúa las señales de los sensores con la ayuda de un programa de algoritmos que se desarrolla en el microcontrolador. Los datos de clasificación y las informaciones de detección de asientos para niños resultantes del cálculo son transmitidos en un protocolo cíclico a la unidad de control de los airbags y, con arreglo a una tabla de decisión, toman parte en la activación de éstos.

Algoritmo

Los siguientes criterios de decisión sirven, entre otros, al análisis de la impresión del perfil:

- Distancia entre los huesos ilíacos:
Un perfil de asiento típico tiene dos puntos de apoyo que corresponden a la distancia entre los huesos ilíacos del pasajero.
- Superficie ocupada:
La dimensión de la superficie ocupada se manifiesta en correlación con el peso del cuerpo.
- Coherencia del perfil:
Consideración de la estructura del perfil.

- Dinámica:
Variaciones del perfil en función del tiempo.

Detector de presión de neumáticos

Otro sensor utilizado en el automóvil es el que detecta la presión de los neumáticos. Visita el que ya tenemos publicado en la web.

Sensores en el automóvil

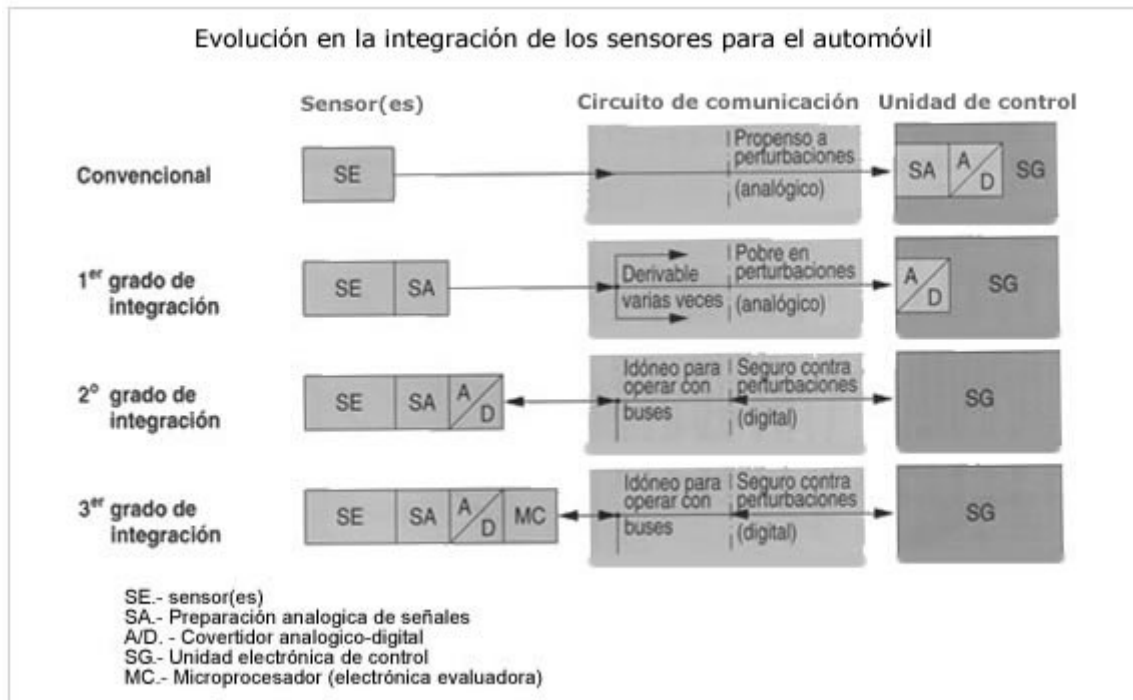
Adaptación de las señales de los sensores

Preparación de señales

Antes de enviar la señal del sensor para la evaluación digital por parte de la centralita, las señales de los sensores necesitan una preparación específica. La preparación de señales (SA) puede incluir, en tanto sea necesario, por ejemplo, las siguientes funciones:

- amplificación (DC, AC),
- rectificación (también con sincronización de fases),
- evaluación de valores umbral (también umbrales deslizantes), conformación de impulsos,
- conversión tensión/frecuencia, modulación de la duración de impulsos,
- filtrado de frecuencias, inclusive protección contra tensiones parásitas,
- conversión analógica/digital o digital/analógica,
- equilibrado de derivas (offset) y amplificación (característica general) analógica, digital (inclusive (E2)PROM),
- linealización,
- equilibrado de la compensación de temperatura (analógico, digital),
- puesta a cero automática, posibilidad de calibrado durante el funcionamiento,
- autovigilancia (diagnóstico de a bordo, salida de diagnóstico) y funciones de test,
- regulación de sensores sometidos a un servo-mando (principio de compensación),
- generación de una tensión alterna para sistemas de sensores de frecuencia portadora,
- estabilización de la alimentación de tensión,
- protección de las etapas de salida y de excitación contra cortocircuitos y sobretensiones,
- multiplexor de señales, serialización analógica y/o digital de las señales, codificación, inclusive identificación de defectos,
- interface para bus (p. ej. CAN), etc.

Todas estas funciones están generalmente disponibles en forma de circuitos integrados de aplicación específica llamados ASIC (**A**pplication **S**pecific **I**ntegrated **C**ircuits). Estos circuitos "hechos a medida" para la aplicación respectiva pueden estar dispuestos en el lado del sensor (integrados junto con el sensor) o en el lado de la unidad de control. En algunos casos las diversas funciones están repartidas incluso entre los dos lados. La integración del circuito junto al sensor (figura inferior, del primer al tercer grado de integración) ofrece la ventaja de que el sensor y la preparación de señales (SA) pueden ser equilibrados y compensados en común. Forman una unidad inseparable y casi inmune a perturbaciones. En caso de fallar un componente, se cambia la unidad entera.



Si la función hasta aquí descrita tenía que ser realizada antes mediante circuitos separados, las tecnologías mixtas actuales hacen posible también la integración de la función completa en un solo chip, inclusive las células de memoria digitales programables (PROM) eventualmente necesarias. Casi en todos los casos existe incluso la posibilidad de realizar una integración monolítica del sensor y de la preparación de señales (p. ej. en los sensores de presión del tubo de admisión y sensores Hall). La euforia inicial para este modo de integración ha sido suplantada entretanto por consideraciones objetivas en el aspecto de la economía. Hoy día se utilizan más bien otros métodos de integración más rentables, que corresponden al estado actual de la tecnología (p. ej. híbridos de capas gruesas, zócalo y caja de chip comunes). Este concepto, más modular, es también mucho más flexible, pues es más fácil de adaptar a las nuevas aplicaciones.

La mayoría de los sensores sólo pueden funcionar en combinación con estos ASIC y sus características son también definidas únicamente junto con estos circuitos. En caso de fabricar sensores no sólo para sistemas específicos de la marca, sino también para el mercado libre, esta comercialización externa debería efectuarse, en lo posible, sólo en combinación con los circuitos de preparación de señales respectivos.

Ejemplos de aplicación

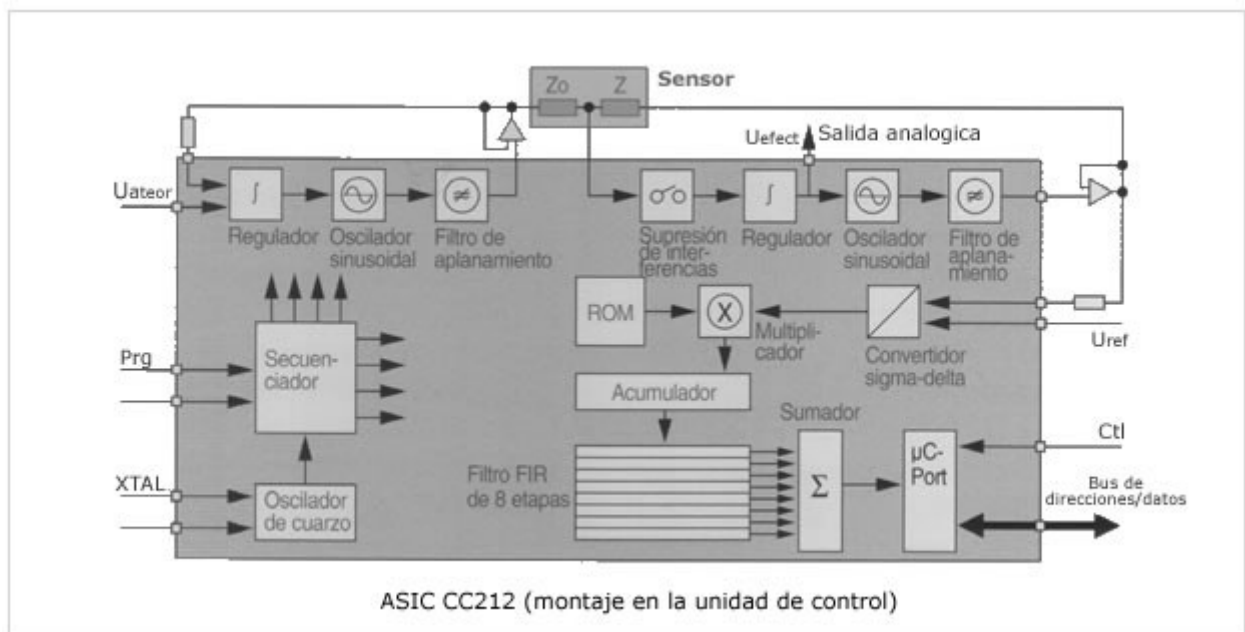
Al principio los ASIC fueron concebidos preferentemente para ser montados en unidades de control. Por eso no pudieron tomarse en consideración ciertas exigencias que se basan en propiedades especiales, en parte individuales, de los sensores. Ahora, los circuitos se conciben en general para ser montados directamente en el sensor. Los ASIC pueden en estos casos ejercer la función de un sensor "inteligente", memorizando magnitudes individuales para el equilibrado y compensación y efectuando así correcciones en caso de errores o defectos. De un sinnúmero de ASIC se expondrán aquí sólo algunos como ejemplo:

ASICCC212

El CC212 es un ASIC destinado a sensores de anillo de cortocircuito (p. ej. en versión semidiferencial) para la medición de recorridos y posiciones angulares utilizados en las bombas de inyección Diesel tanto rotativas como lineales. Por razón de su gran efecto de medición y de

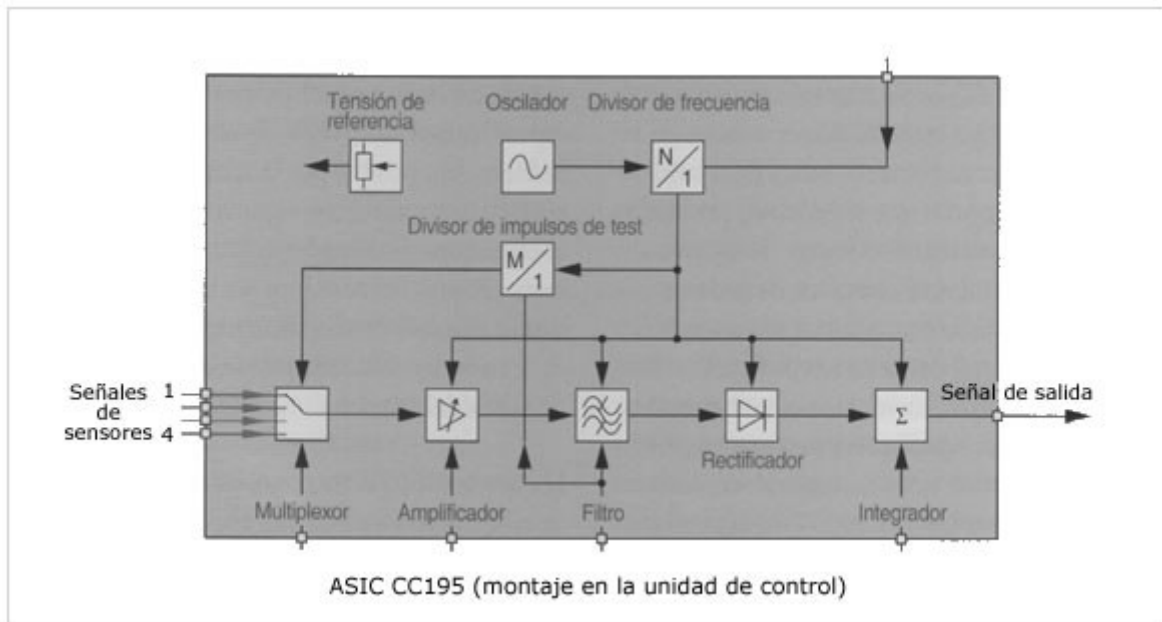
su moderada frecuencia de funcionamiento (5 ... 50 kHz), los sensores de anillo de cortocircuito no requieren en todo caso la presencia de la electrónica en el lugar de montaje. Por eso se encuentra el ASIC CC212 en la unidad de control. El reúne casi toda la electrónica que es necesaria p. ej. para la activación y evaluación del sensor en la unidad de control para la regulación electrónica diesel. Ofrece una señal de salida tanto analógica como digital. Al diseñar este ASIC se renunció intencionadamente a las ventajas que ofrece una corrección individual de la característica y de la temperatura específica de esta versión de sensor, función que hubiera sido posible por la adaptación directa de la electrónica al sensor y que hubiera simplificado la estructura de éste. El reconoce automáticamente un posible cortocircuito o rotura de cable en el sensor y suprime las puntas de tensión parásita que pueden aparecer en la línea de salida del sensor.

El circuito ASIC activa un sensor semidiferencial de anillo de cortocircuito en la forma de un divisor de tensión alterna (10 kHz), siendo alimentado un extremo del divisor con una amplitud constante. El otro extremo conduce una tensión de fase inversa, cuya longitud se regula hasta que desaparece la tensión de salida en la toma del divisor de tensión. La amplitud de tensión regulada representa simultáneamente la señal de salida analógica (figura inferior).



ASIC CC195

El CC195 es un ASIC destinado a sensores de picado. Los sensores de picado están fijados directamente en el bloque motor, donde registran señales de aceleración en forma de ruido propagado por estructuras sólidas. Las señales típicas en un margen de 5 a 15 kHz que se generan en caso de una combustión detonante, han de ser filtradas. Un mando de estrechas aberturas sincronizadas en función del tiempo neutraliza exactamente la fase del ciclo de trabajo en la que teóricamente puede aparecer la señal y la asigna incluso a un cilindro determinado. La señal que se manifiesta en el margen de frecuencias críticas es rectificadora y, después de su comunicación, es evaluada por la unidad de control. Esta desplaza el punto de encendido en caso necesario, hasta que desaparece el picado. El circuito ASIC, que realiza las funciones descritas, está montado en la unidad de control y puede evaluar las señales de hasta cuatro sensores de picado (figura inferior).



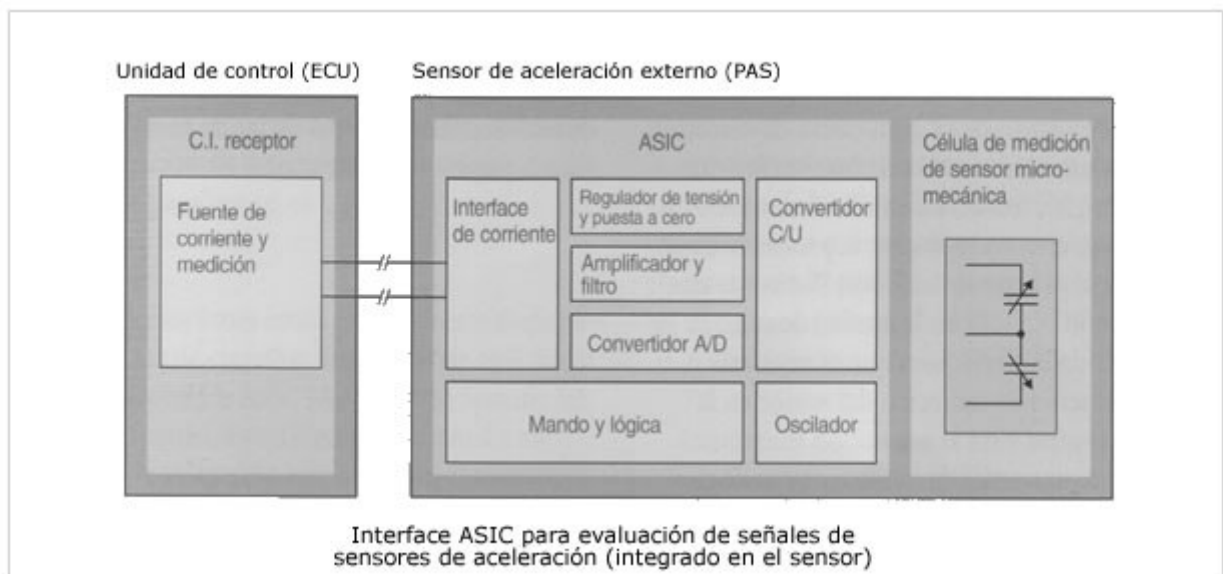
Interface ASIC

Los sensores de aceleración activan los sistemas de retención de un vehículo, para proteger a los ocupantes contra las consecuencias de una colisión frontal. Estos sensores se encuentran directamente dentro de la unidad de control de los airbag, montada generalmente en la consola del vehículo.

Como la activación de un sistema de protección contra un choque lateral ha de tener lugar mucho más rápidamente, existe la necesidad de disponer

los sensores de aceleración correspondientes en la periferia del vehículo (p.ej. en los travesaños). Desde allí transmiten sus señales digitales a la unidad central (ECU) por medio de una unión de dos conductores.

La transmisión de las señales la asegura un módulo electrónico llamado PAS (Peripheral Acceleration Sensor), que contiene en un concepto de dos chips tanto el sensor de aceleración capacitivo como también sus etapas de activación y evaluación (figura inferior). El circuito ASIC utilizado comprende no sólo la activación del sensor y la evaluación de sus señales, sino también la activación del interface de salida y la autovigilancia del sensor.

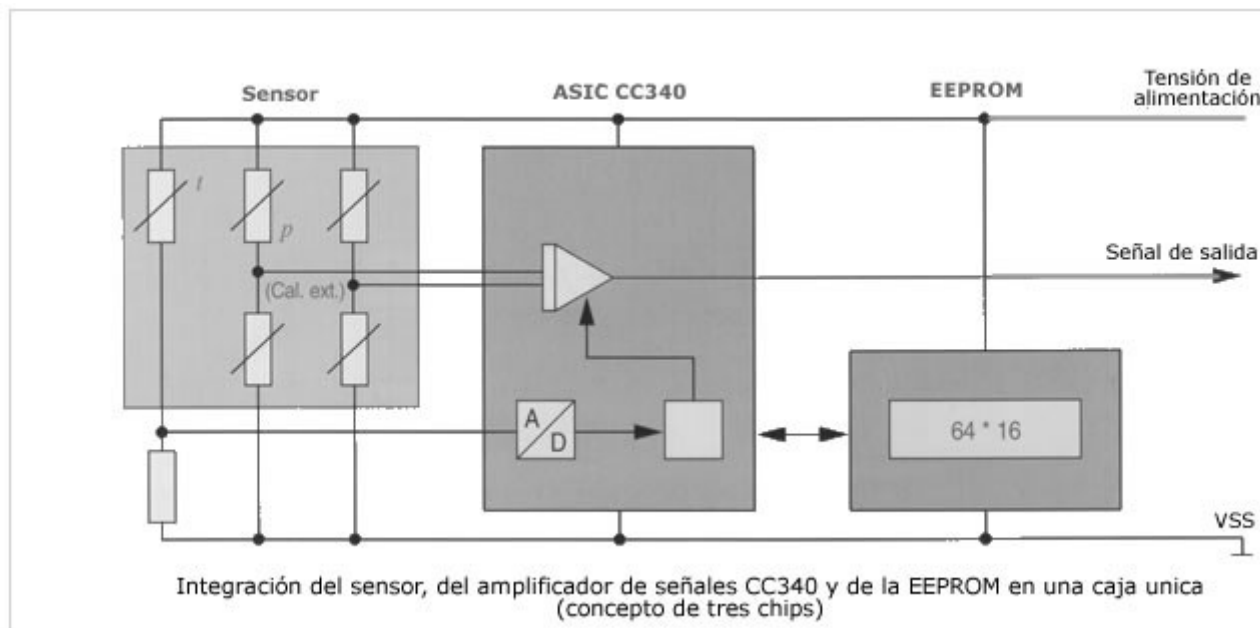


ASIC CC340

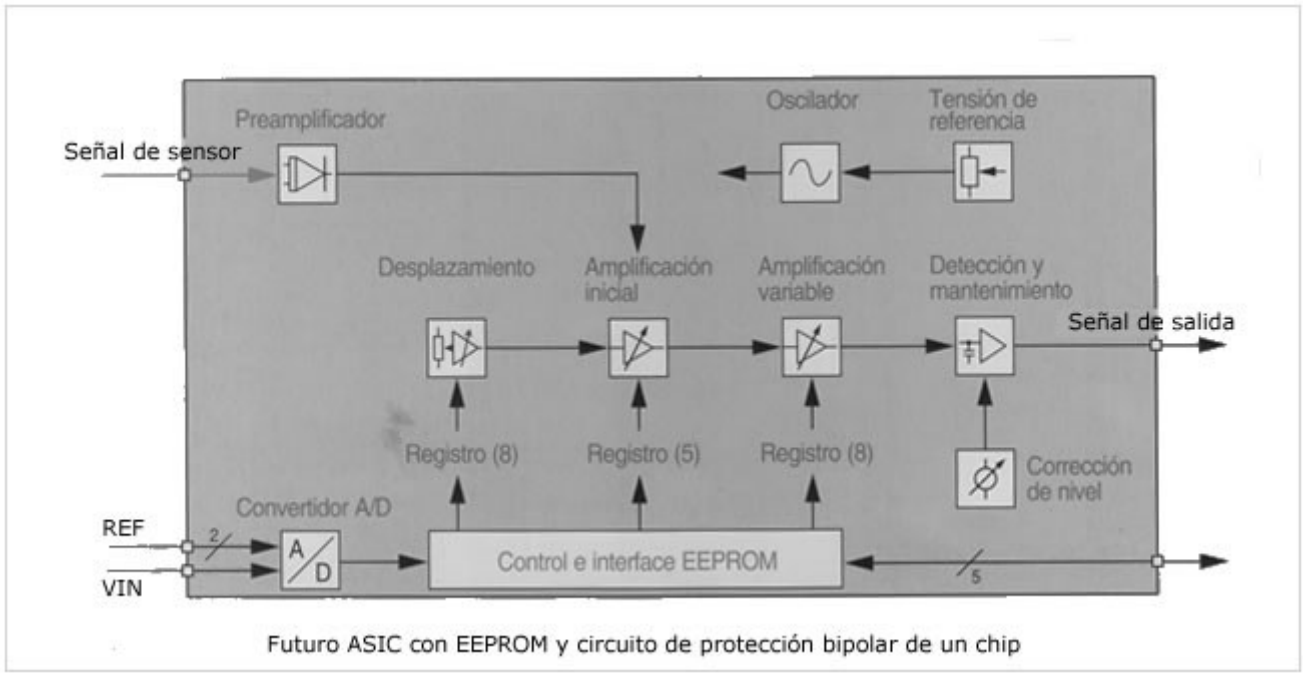
El circuito CC340 es un amplificador de señales universal de mando digital (figura inferior, concepto de tres chips). Este módulo concebido en técnica CMOS representa un amplificador analógico diferencial de tensión continua. Con la ayuda de un circuito digital de corrección, él puede regular simultáneamente el desplazamiento (offset) y la amplificación, en función de una señal.

El es apropiado p. ej. para amplificar muy exactamente la tensión de salida del puente de calibres extensométricos de un sensor de presión, si al mismo tiempo se detecta también la temperatura de funcionamiento "t" del puente. Por una parte se conservan así las ventajas de una sencilla amplificación analógica de banda ancha y exenta de retardo. Por otra parte se efectúa la corrección de temperatura en una sección del circuito totalmente digitalizada, a la que no hay que imponer ninguna exigencia respecto a una alta rapidez de funcionamiento ni de resolución.

La digitalización somera de la señal de temperatura se efectúa con 6 bits (64 escalones). La palabra digital permite tomar de una EEPROM dos funciones de corrección: una de desplazamiento y la otra de amplificación. Cada una de ellas está codificada con 8 bits y puede ser aplicada al amplificador. De esta manera se pueden corregir en un amplio margen también derivas de temperatura considerablemente no lineales. La memoria EEPROM contiene también una amplificación y un desplazamiento básicos seleccionables.



Una nueva versión de este ASIC tendrá integrados probablemente la EEPROM y el circuito bipolar de protección en un solo chip (figura 6); conforme al estado de la técnica, en una primera versión hubo que realizar todavía estas funciones aplicando el concepto de tres chips.



Futuro ASIC con EEPROM y circuito de protección bipolar de un chip