TRATADO
DE ELECTRONICA AUTOMOTRIZ

SEGUNDA EDICIÓN

VOLUMEN 4

FUNCIONAMIENTO DE ACTUADORES

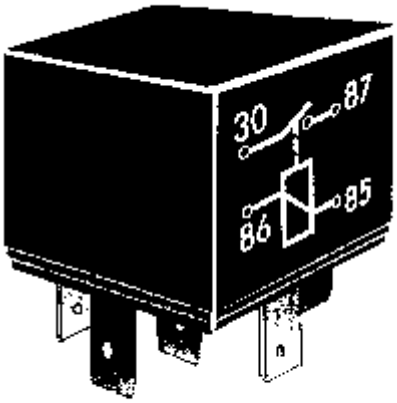
Jorge Alberto Garbero
Ingeniería Electrónica

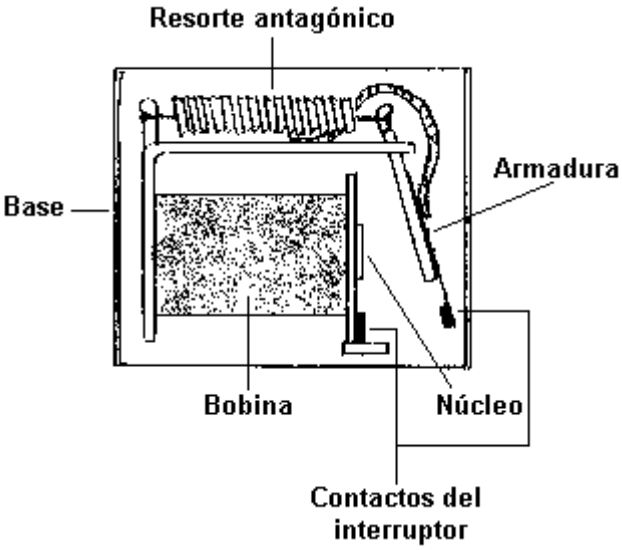
Email: jagelectronica@live.com

RELAY O RELEVADOR

Como funcionan; como seleccionarlos de acuerdo a la función que deben cumplir

- Básicamente un relay es un electroimán.





Consta de una bobina formada por un conductor de alambre de cobre arrollado sobre un núcleo cilíndrico ferro magnético de baja remanencia o sea no imanable.
Frente a uno de los extremos del núcleo se dispone una armadura, que consiste en una pequeña platina de material ferro magnético no imanable. Esta platina puede pivotar sobre uno de sus lados y es mantenida en su posición de reposo por medio de un resorte de extensión calibrado. Solidario con esta platina pueden existir uno o más platinos de contacto, logrando según la combinación de contactos que se dispongan al fabricar el relay, sistemas de una vía (dos; tres; etc.) normalmente abiertos o cerrados, inversores o no.

Para realizar el análisis de funcionamiento de un relay utilizaremos un ejemplo real, para ello hemos tomado un ejemplar de una marca reconocida de plaza.
Se trata de un relay de una vía, no inversor, especificado como 12 Volt / 10 Amper.

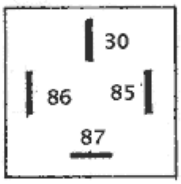
¿Que significa dicha especificación?

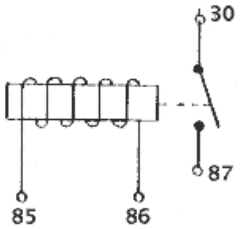
Nos esta informando el fabricante que la tensión (voltaje) de operación de la bobina del relay debe ser de 12 Volt y la intensidad máxima de corriente (amperaje) que pueden manejar los contactos de la llave que opera el mismo es de 10 Amper.

¿Para conectar la bobina del relay se debe respetar alguna polaridad?

No, en absoluto. La bobina no tiene polaridad, tanto es así que el relay también operaria si se aplicara a la bobina 12 Volt de Corriente Alternada.

- En la figura siguiente se muestra la disposición de los pines de conexión en la base del relay y su circuito eléctrico equivalente:





Veamos a continuación algunos circuitos de aplicación y analicemos su funcionamiento.

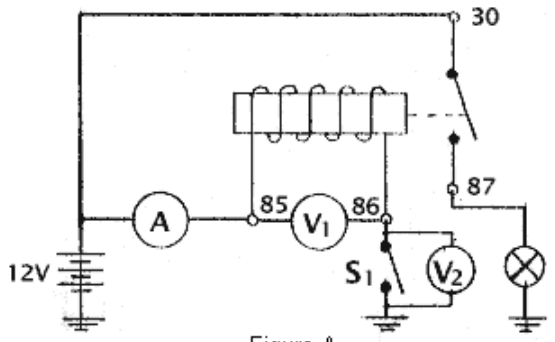


Figura A

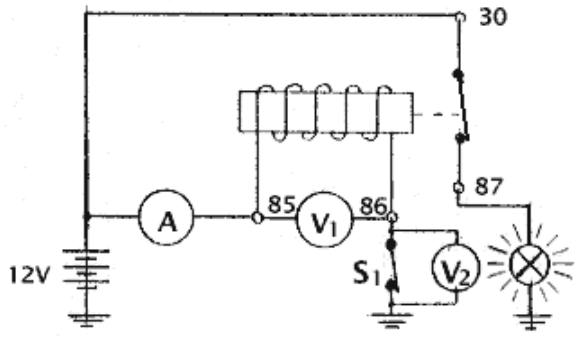


Figura B

Fig.A – En ella observamos que la llave S1 está abierta. En este caso no hay tensión aplicada a la bobina, por lo tanto no fluirá corriente a través de su devanado. Como consecuencia el relay se mantendrá desactivado, los contactos de su llave se mantendrán abiertos y la lámpara no encenderá.

- Como no tenemos circulación de corriente por la bobina, el amperímetro indicará 0 (cero) Amper.
- En el voltímetro V1 leeremos una tensión de 0 (cero) Volt puesto que los pines 85 y 86 se encuentran al mismo potencial, + 12 Volt.
- En el voltímetro V2 leeremos la tensión de batería, + 12 Volt.

Fig. B – Ahora observamos que la llave S1 está cerrada, por lo tanto tenemos la tensión de batería (+/- 12 V.) aplicada a los extremos de la bobina (pines 85 y 86). Al aplicar tensión a la bobina circulará corriente por su devanado, hecho que dará lugar a la formación de un campo magnético, evidentemente se ha conformado un electroimán. Como sabemos todo circuito magnético (se trate de un imán permanente o de un electroimán), atraerá todo elemento compuesto por material ferro magnético que se encuentre dentro de su campo de acción, **"es el caso de la armadura del relay"**. La intensidad del campo magnético formado, tiene nivel suficiente para vencer la fuerza del resorte antagónico de la armadura, logrando así que la misma quede firmemente adosada al núcleo. Como consecuencia también los contactos de la llave del relay quedaran intima mente cerrados.
*En este caso el relay está activado, los contactos de su llave se han cerrado y por lo tanto la lámpara encenderá.

- El amperímetro ahora si dará una lectura equivalente a la intensidad de corriente consumida por la bobina del relay. **¿que nivel tendrá dicha intensidad de corriente?**
  La bobina de este relay tiene una resistencia de 67 ohms, por lo tanto de acuerdo a la Ley de Ohm para corriente continua:

  $$I = V/R = 12 \text{ Volt} / 67 \text{ ohms} = 0{,}179 \text{ Amper}$$

  y si queremos calcular el consumo de potencia de acuerdo a la citada ley:

  $$W = V \times I = 12 \text{ Volt} \times 0{,}179 \text{ Amper} = 2{,}148 \text{ Watts}$$

  <u>Este es el consumo real demandado a la fuente por el relay</u>, la intensidad de corriente circulante por sus contactos será un factor determinado por la carga alimentada, intensidad que evidentemente no tiene nada que ver con la corriente de operación del relay.

  Si por ejemplo la llave del relay conmutara una lámpara de 85watts, la intensidad de corriente circulante por sus contactos seria:

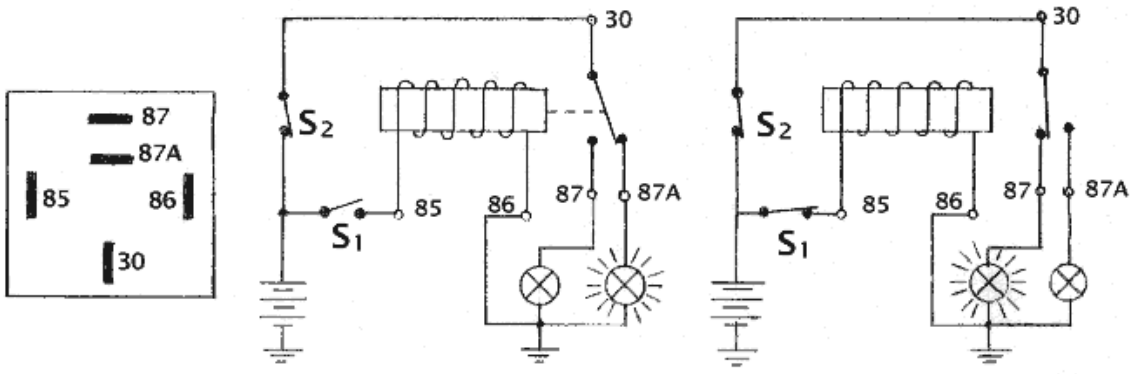
  $$I = W / V = 85 \text{ watt} / 12 \text{ volt} = 7{,}08 \text{ Amper}$$

Se puntualiza este caso del consumo real del relay, debido a que a menudo se confunde con el consumo del elemento conmutado por la llave del mismo.

- En el voltímetro V1 tendremos ahora una lectura de 12 Volt, puesto que está midiendo la tensión de batería.
- En el voltímetro V2 leeremos 0 (cero) Volt, observemos que sus terminales están al mismo potencial al estar cortocircuitados por S1.

En los dos casos anteriores hemos planteado el circuito conmutando su activación/desactivación por negativo (masa), por medio de la llave S1. Es indudable que la misma operación se puede efectuar por positivo, insertando en esa línea dicha llave.

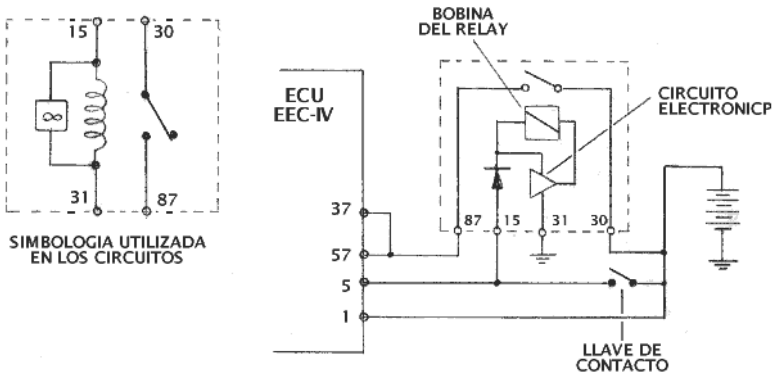
- **Relay de una vía inversor**



Como se puede observar en las figuras precedentes, el circuito eléctrico de este relay es similar al descripto en las páginas anteriores, con el simple agregado de un contacto extra (87a) con el que cierra el circuito el contacto móvil cuando el relay no está activado (Fig.A).En ese caso si la llave de luces S2 se encuentra cerrada encenderá la lámpara 2.
En estas condiciones, cuando el relay es activado por el cierre de la llave S1, la armadura es atraída por el campo magnético y el contacto móvil solidario con ella cerrará el circuito con el contacto 87, apagándose la lámpara 2 y encendiéndose la 1 (Fig. B).
Tenemos así presentada una simple aplicación de un relay de una vía inversor, un sistema de cambio de luces.

- **Relay temporizado**

Para describir el funcionamiento de este componente, tomaremos como ejemplo el **Relay del Sistema de Inyección o Relay Principal** utilizado por Ford y Volkswagen en varios de sus modelos, con **Sistema de Inyección EEC-IV**.



Este relay alimenta los siguientes componentes:

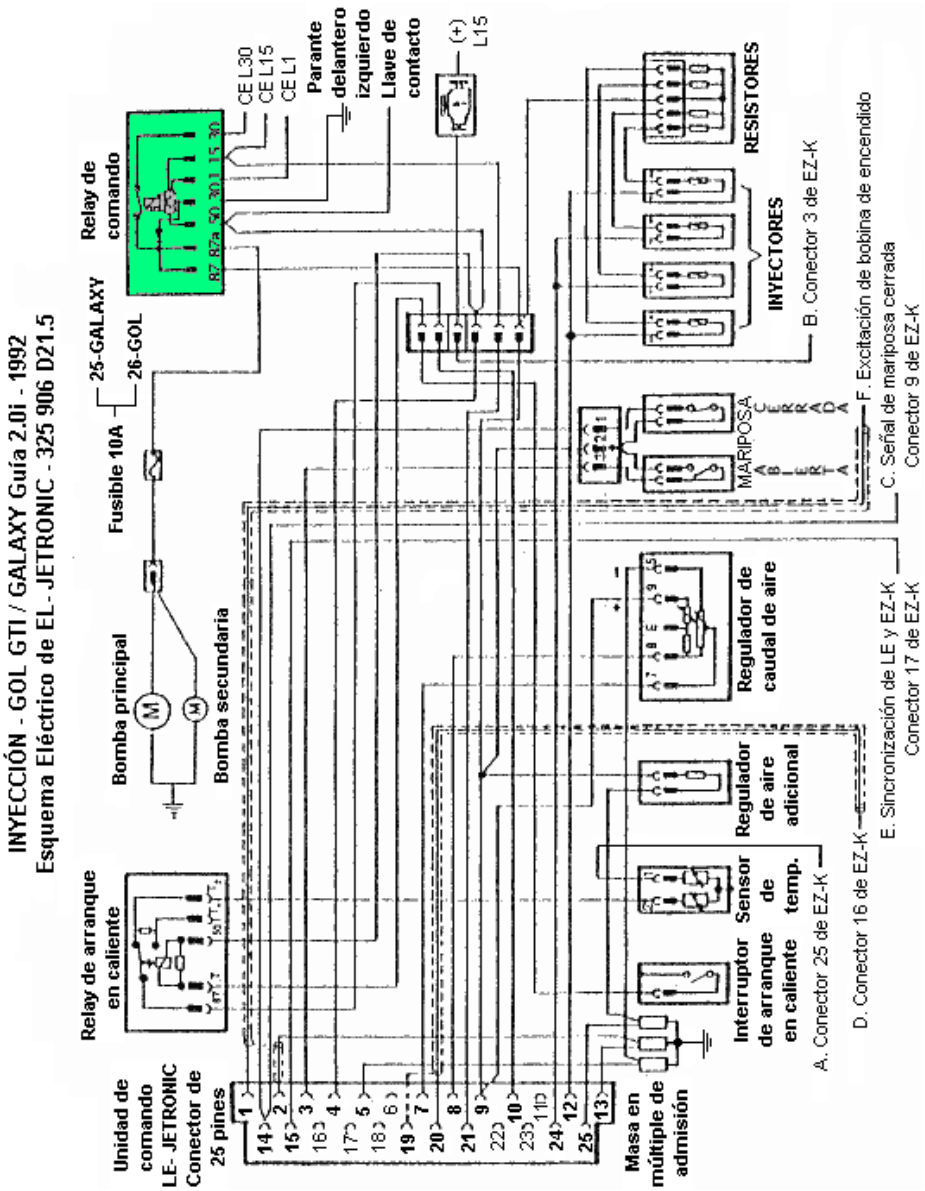
- Unidad de Comando CFI (ECU); (Bornes 37 y 57)
- Inyectores
- Válvula del filtro de carbón activado
- Relay de plena potencia del A/A

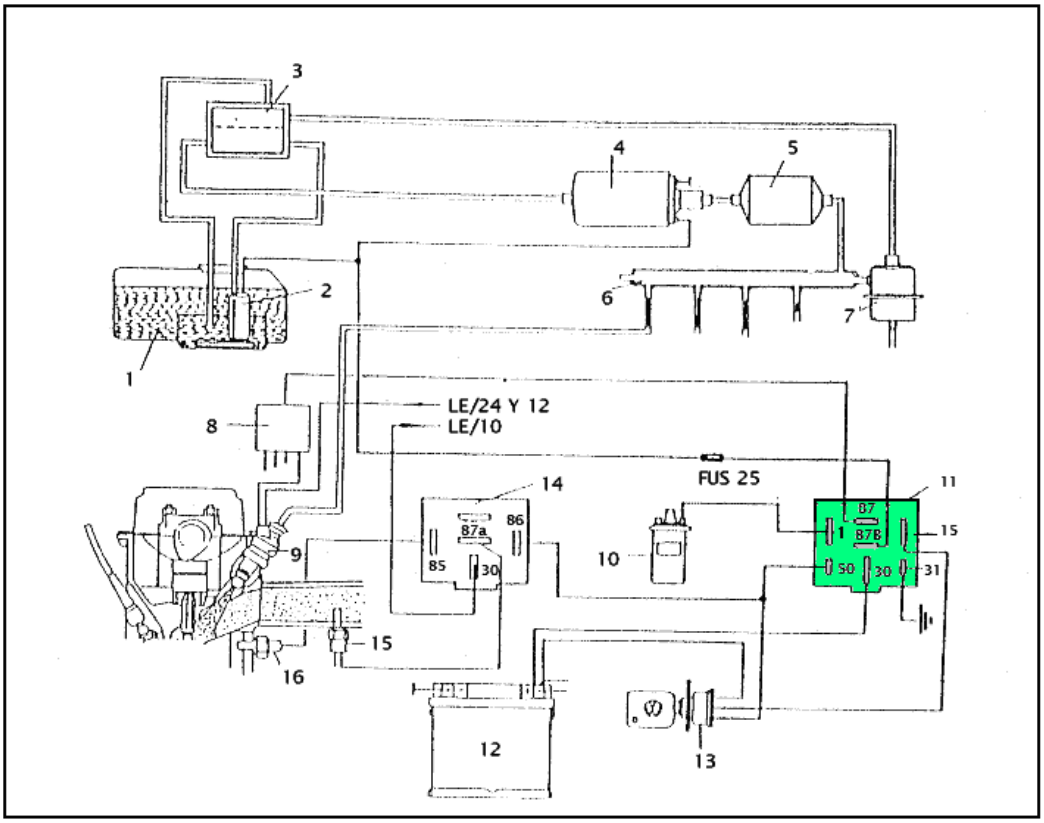
El relay se activa con la llave de contacto, en las posiciones de ignición y arranque (pin 15).
Un diodo conectado en serie con el circuito entrada de + 12 V. desde la llave de contacto por el pin 15 del relay, no permite que este sea activado en el caso de inversión en la polaridad de conexión de la batería, previniendo así daños importantes en la ECU.
Cuando se desconecta la llave de contacto, el circuito electrónico que se encuentra en el interior del relay y que maneja la bobina del mismo, lo mantiene activado por un período de tiempo de alrededor de 10 segundos, durante este período, la Unidad de Comando (ECU) que sigue siendo alimentada con + 12 V. por sus pines 37 y 57, acciona el

motor del corrector de marcha lenta (motor paso a paso), provocando su apertura total y permitiendo también que se almacene en la memoria KAM de la misma el último valor de presión atmosférica indicada por el sensor de presión absoluta (MAP).
Transcurrido el período de tiempo citado, el circuito electrónico desactivará el relay.

Es importante tener presente que los relays que alimentan las bombas de combustible no tienen nada que ver con estos relays. En ese caso los relays utilizados, no son temporizados, son relays comunes tal como los que se describió en las primeras páginas (relay de una vía no inversores). Su activación por breves segundos cuando se cierra la llave de contacto, es una estrategia que maneja exclusivamente la ECU, así como su activación durante la faz de arranque y funcionamiento del motor (acción comúnmente conocida como taquimétrica). En breves palabras, ellos no cuentan con ningún circuito electrónico incorporado, el circuito electrónico de mando se encuentra en la ECU.

Casos de sistemas de inyección electrónica que cuenten con relays temporizados para la bomba de combustible, es decir que tengan circuitos electrónicos incorporados en el relay. Es posible encontrarlos en modelos de vehículos de generaciones muy anteriores, por ejemplo Ford Galaxy y Volkswagen Gol equipados con Unidades de Comando LE-Jetronic/EZK.
En este caso el relay no solo opera como relay temporizado ante la puesta en contacto accionando la bomba de combustible por unos segundos, sino que también opera como taquimétrico, funciones que actualmente como ya vimos cumple la Unidad de Comando.(ver Fig. siguiente)





Componentes:

1 - Depósito de combustible
2 - Bomba auxiliar de combustible
3 - Eliminador de burbujas
4 - Bomba de combustible
5 - Filtro de combustible
6 - Rampa de inyectores
7 - Regulador de presión de combustible
8 - Pack de resistores en serie con los inyectores
9 - Inyector
10 - Bobina de ignición
11 - Relay dealimentación del sistema
12 - Batería
13 - Llave de contacto
14 - Relay de arranque en caliente
15 - Interruptor de arranque en caliente
16 - Sensor de temperatura de motor

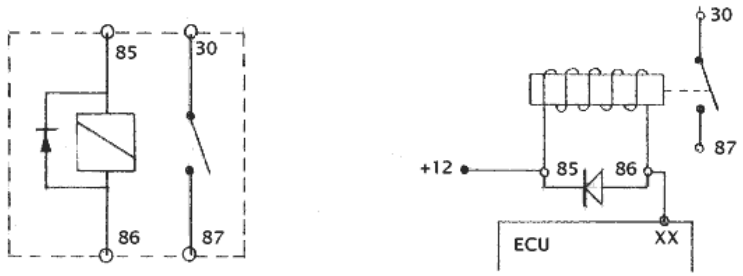
Como podemos ver en el circuito precedente, este relay tiene incorporado en la caja que lo contiene un circuito electrónico complejo, veamos como opera.

- El pin 30 (contacto móvil del relay), está conectado en forma permanente a el ramal positivo (+ 12 V.) de la batería.
- El pin 15 recibe + 12 V. cuando se cierra la llave de contacto. En ese instante el circuito electrónico activará el relay por 2 o 3 segundos, durante ese lapso la llave del relay se mantendrá cerrada alimentando con + 12 V., a través del pin 87b, a la bomba y pre bomba de combustible y por el 87 a los inyectores (observar en el diagrama que los pines 87 y 87b están conectados al mismo contacto de la llave del relay). Transcurrido ese lapso, si no se activa el arranque, el circuito electrónico desactivará el relay.
- Llevando la llave a la posición de arranque, el circuito electrónico recibirá + 12 V. desde la llave de contacto por el pin 50 del relay, en esta condición el circuito activará a este, volviendo así a
  recibir alimentación de + 12 V. las bombas y los inyectores acondicionando al sistema de inyección para que se produzca el arranque del motor.
- Una vez arrancado el motor, el circuito electrónico recibirá los pulsos generados en el negativo de la bobina de ignición a través del pin 1 del relay, señal que le servirá como referencia para mantener el relay activado.

Evidentemente en este sistema, por el modo de operación del relay, si en el circuito de encendido o en la bobina de ignición se produce algún tipo de falla que produzca la no generación de pulsos en el negativo de la bobina de ignición, el sistema no producirá encendido ni inyección puesto que se desactivará el relay por la falta de pulsos y los circuitos no serán alimentados con positivo de + 12 Volt.

¿Que función cumple el diodo que vemos en muchos relays colocado en paralelo con la bobina del mismo?

Normalmente estos casos se ven en los relays que son manejados por el computador de a bordo.



Generalmente los circuitos electrónicos internos de las ECU que manejan relays, operan a estos cerrando el circuito de la bobina por negativo (masa). Estos circuitos no son más que una llave electrónica que conecta y desconecta de negativo un extremo de la bobina, el otro extremo indudablemente debe estar conectado al positivo de batería.
Vimos que cuando un relay está operado, circula a través de su bobina una corriente, esta corriente genera un campo magnético que es el que atrae a la armadura. Cuando la corriente es interrumpida por la apertura de la llave electrónica (desactivación del relay), el campo magnético desaparece retrayéndose rápidamente (normalmente se dice que colapsa). Las líneas de fuerza de dicho campo al retraerse, barren las espiras que conforman la bobina induciendo en ella una F.E.M. (Fuerza Electro Motriz), es decir, se produce un pico de tensión entre los extremos de la misma. Este pico en relays del tipo común, como los que hemos utilizado como ejemplo, pueden alcanzar niveles de 45 Volt o mayores, estos niveles de tensión pueden resultar perniciosos para los semiconductores (transistores) utilizados en las ECU como llaves para operar los relays o pueden propagarse hacia otros circuitos a través de la línea de positivo.

➢ En la Figura A se muestra este fenómeno, téngase en cuenta que en este ejemplo no se ha colocado diodo de protección en paralelo con la bobina del relay:

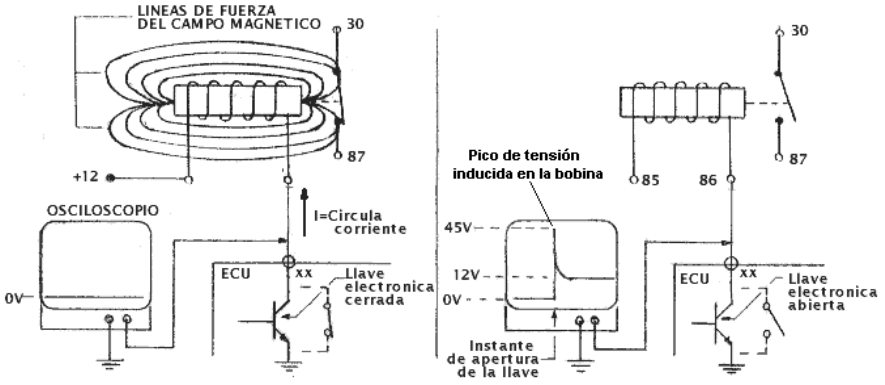


Figura A

➢ **Resultado con diodo colocado**

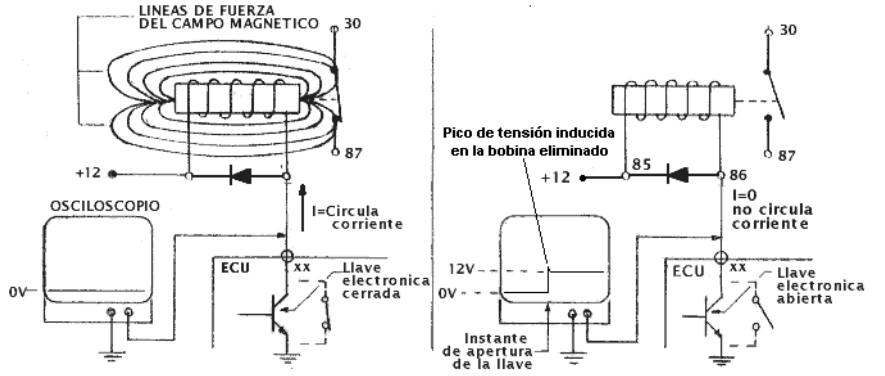
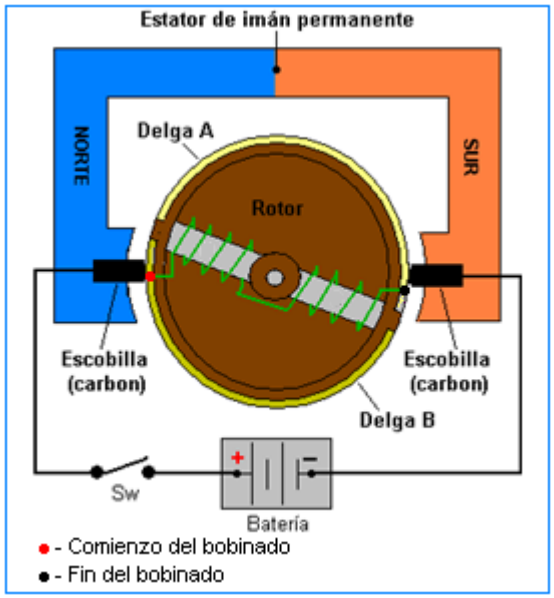


Figura B

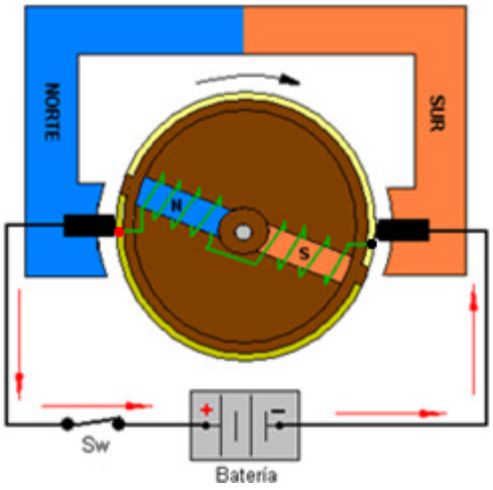
Analicemos como se produce la eliminación del pico de tensión inducida.
En la Figura B precedente, el pin 85 del relay está a potencial de masa y el 86 a + 12 V., por **lo tanto el diodo estará polarizado inversamente**, puesto que su **ánodo** está conectado a negativo (0 V.) y su **cátodo** a positivo (+ 12 V.), **en estas condiciones el diodo no conduce**.
Un diodo de silicio, conduce plenamente cuando su ánodo es por lo menos 0,7 Volt más positivo que su cátodo.
Cuando la llave electrónica abre el circuito y se produce el pico de fuerza electromotriz inducida entre los extremos de la bobina (caso visto anteriormente al no existir el diodo), vemos que en el pin 86 aparece un pico de tensión de aproximadamente 45 Volt positivos con respecto al pin 85.
Si tenemos un diodo conectado entre esos dos puntos, tal como se muestra en el esquema, evidentemente el diodo entrará en plena conducción apenas dicho pico supere los 0,7 Volt debido a que ahora su ánodo se polariza en el sentido de conducción, ánodo positivo con respecto a cátodo. Al entrar el diodo en estado de plena conducción cortocircuita prácticamente los extremos de la bobina, de esta forma el pico indeseado de tensión inducida es eliminado.

Tengamos en cuenta que el fenómeno descripto de Fuerza Electro Motriz Inducida, en una bobina alimentada por una tensión dada y a la que se le cierra y abre el circuito, no es privativo de un relay, también sucede en un inyector y sobre todo no olvidemos que es el principio básico en que se basan las bobinas de encendido para producir la extra tensión necesaria para la ignición.

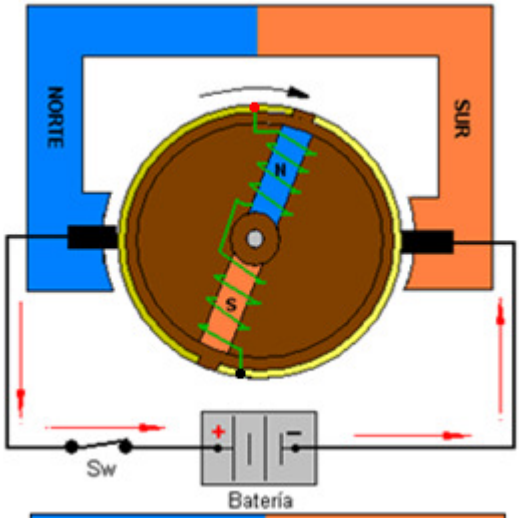
MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA DE IMÁN PERMANENTE
En el automotor, motores de corriente continua del tipo de "Imán Permanente" son utilizados en múltiples aplicaciones. Por ejemplo en electro ventiladores, en la operación del posicionamiento de asientos del conductor y acompañante, apertura y cierre de ventanillas, trabas de puertas, antenas de radio; lava parabrisas y limpia parabrisas, bombas eléctricas, dirección asistida y muchas otras aplicaciones más.
Básicamente los motores de corriente continua usados en automoción son máquinas rotativas que convierten energía eléctrica en energía mecánica.
Pueden ser de 1 velocidad, 2 velocidades o de velocidad variable y también pueden girar en el sentido de las agujas del reloj o en dirección contraria a la misma.
Algunos motores son diseñados para desarrollar un gran torque por pequeños períodos, caso de los motores de arranque y otros se diseñan para trabajar a una determinada velocidad durante largos períodos, caso de los forzadores de aire hacia el habitáculo



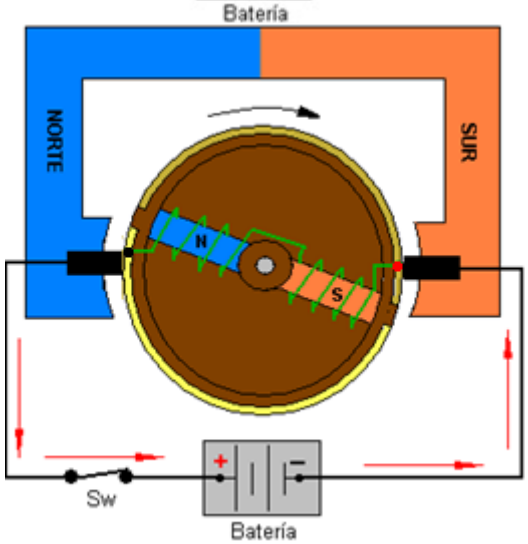
En la figura se representa un motor elemental con estator de imán permanente.
La armadura o rotor está formada por una bobina arrollada sobre un núcleo ferro magnético conformando un electro imán. Cada extremo de esta bobina está conectado a una lámina metálica llamada delga, conformando ambas el colector, las delgas están aisladas eléctricamente de toda parte metálica. Sobre ellas hacen contacto eléctrico dos escobillas, también conocidas como carbones y que también están aisladas eléctricamente. A través de las escobillas y las delgas, la bobina del rotor recibe alimentación de C.C. desde la batería.
Todo el conjunto del rotor está montado sobre un eje axial que le permite girar libremente.



El principio de funcionamiento del motor se basa en la fuerza de atracción y de repulsión que se genera entre los polos de los campos magnéticos. Polos de igual nombre se rechazan, polos de distinto nombre se atraen
Al cerrar el interruptor Sw, la bobina del rotor queda alimentada por la batería, polo positivo de esta a “Delga B” y polo negativo a la “Delga A”. Circula ahora corriente por la bobina de la armadura generando un campo magnético cuyos polos magnéticos Norte y Sur se muestran en la figura.
Al quedar enfrentados el Polo Norte de la armadura con el Polo Norte del estator y el Polo Sur de la armadura con el Polo Sur del estator, se genera una fuerza de repulsión ente ellos que hace girar al rotor en la dirección graficada.



El rotor impulsado por la fuerza de repulsión enunciada esta girando y cuando alcanza la posición vertical, el Polo Norte de la armadura comienza a ser atraído por el Polo Sur del estator y el Polo Norte de este comienza a atraer el Polo Sur de la armadura, acción esta que facilita que el rotor siga girando. Cuando la armadura llega a la posición horizontal las escobillas ya no hacen contacto con las delgas, debido a que se están apoyando en la aislación dispuesta entre las mismas, por lo que la bobina queda sin alimentación y desaparece el campo magnético generado por la corriente que la recorre. El rotor por inercia sigue girando.



Ahora el polo positivo de la batería queda conectado a la “Delga A” y el polo negativo a la “Delga B”. Vuelve a circular corriente por la bobina de la armadura, pero en sentido contrario, el campo magnético generado por la bobina cambia su polaridad y vuelve a repetirse el proceso de repulsión y atracción entre los polos magnéticos de estator y armadura. Este proceso se repetirá indefinidamente hasta que se corte la alimentación del motor abriendo el interruptor Sw.

El sentido de rotación del motor se puede invertir fácilmente invirtiendo la conexión de la batería a la bobina de la armadura.
La velocidad de rotación de estos motores puede ser variada empleando distintas estrategias. Una muy utilizada en los electro ventiladores de enfriamiento del liquido refrigerante del motor, es la de colocar una resistencia en serie con la alimentación del motor para lograr que este gire aproximadamente a la mitad de las RPM máximas nominales. Cuando se necesita que el motor gire a las máximas RPM la resistencia es puenteada (Fig.1).

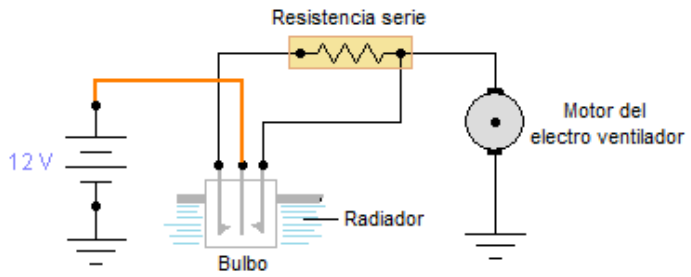


Figura 1

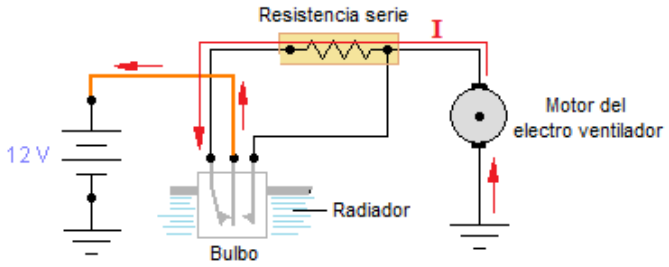


Figura 2

Al funcionar el motor del automóvil se irá elevando su temperatura, elevándose también la temperatura del líquido refrigerante. Por efecto de esta temperatura las láminas de contacto del bulbo se van deformando hasta que al llegar entre los 92ºC a 95ºC, según el bulbo, una de las láminas hace contacto con el electrodo referido al positivo de batería alimentando al motor a través de la resistencia serie. Este, al tener limitada la corriente por dicha resistencia girara a una velocidad menor que su máxima nominal, velocidad baja del electro ventilador (Figura 2). La corriente de aire generada por este último
enfría el líquido refrigerante, la lámina que estableció el contacto comienza a retomar su posición inicial cortando la alimentación del motor y este se detiene, esto sucede, según el bulbo, al descender la temperatura hasta los 85ºC o 87ºC. Si por el contrario, a pesar que el electro ventilador ya esté funcionando en la velocidad baja la temperatura del motor se siguiera elevando, la segunda lamina que también se está deformando hará contacto con el electrodo referido al positivo de batería, el motor girara ahora a su máxima velocidad al quedar alimentado directamente por la batería, la resistencia serie queda así puenteada (Figura 3).

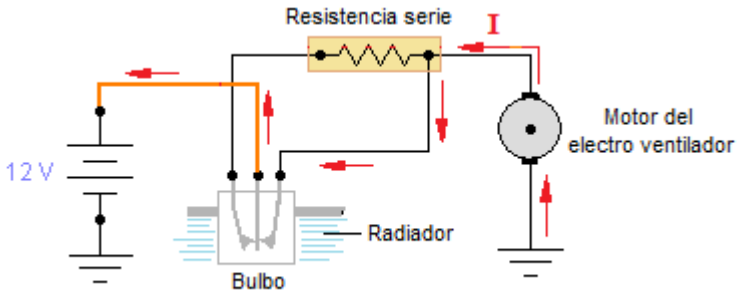
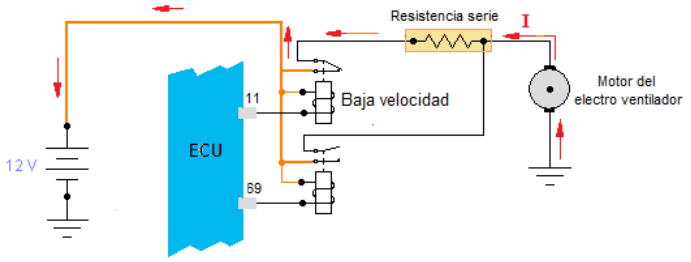
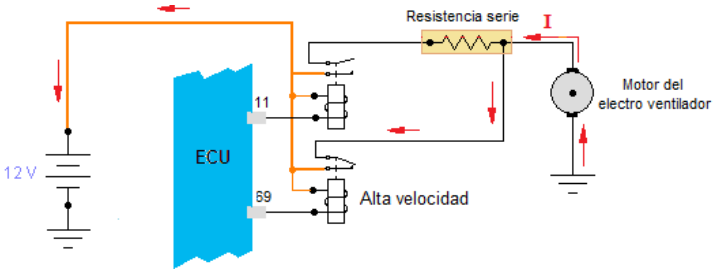


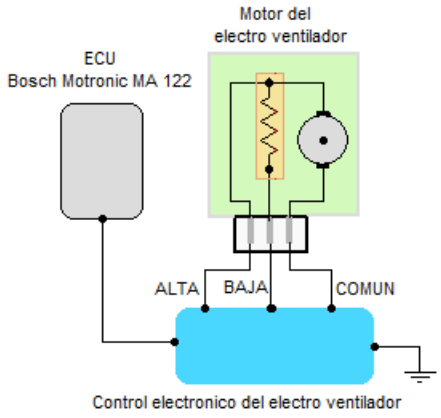
Figura 3

Esta misma estrategia es utilizada por ejemplo por Renault en modelos Kangoo del año 2005 – Motor 1.6 16V – ECU Siemens Sirius 34 EMS 31-34.
La diferencia con el sistema anterior radica en que la conmutación de la resistencia se efectúa por medio de relays excitados por la ECU. Esta se informa de la temperatura del motor a través del sensor de temperatura de motor ECT.

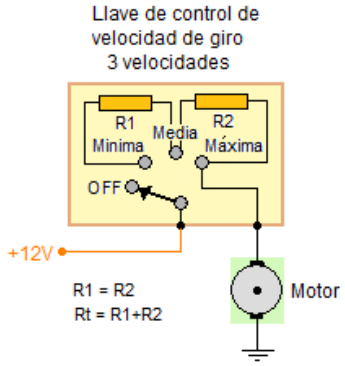
Diagramas esquemáticos simplificados de esta estrategia



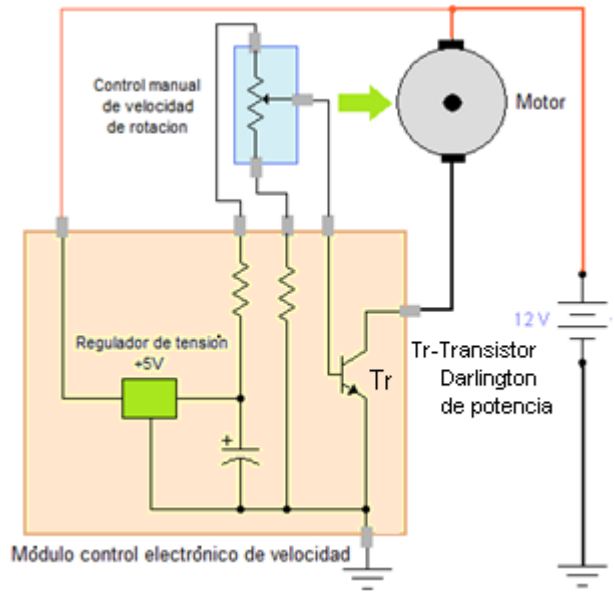




Una estrategia similar es utilizada en algunos modelos de automóviles de la marca SEAT, por ejemplo el modelo Ibiza - motor1.4i año 2000 – ECU Bosch MA 122. Las diferencias fundamentales con el sistema anterior radican en que la resistencia serie del motor se encuentra ubicada dentro de la carcasa del mismo, por lo que el motor tiene un conector de tres pines y que el sistema no utiliza relays, el motor es excitado por un control electrónico. Este control conoce la temperatura de motor a través de la información que le envía la ECU.

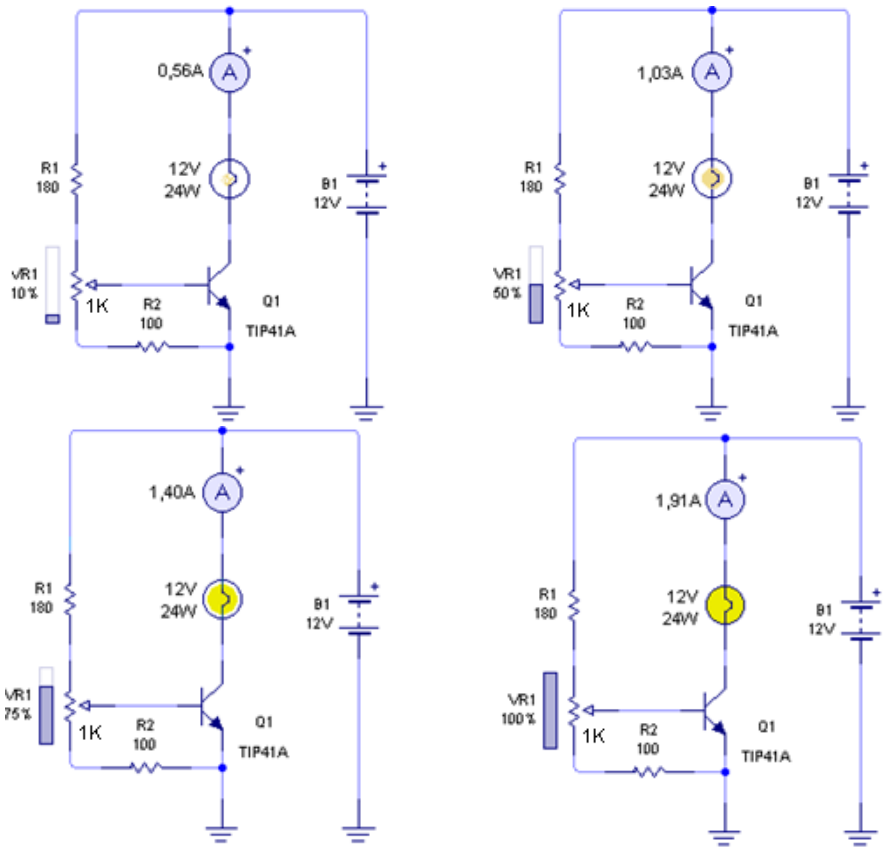


En turbinas forzadoras de aire frio o caliente para el interior del habitáculo se utiliza también resistencias en serie con el motor del forzador. Por medio de una llave conmutadora manual se posibilita seleccionar distintas velocidades del motor. En el esquema se muestra la disposición del circuito.
Cuando con la llave se selecciona la velocidad Mínima, en serie con la bobina del motor queda insertada el total de la resistencia Rt = R1+ R2. Con la llave en la posición Media, en serie con el motor queda insertada la mitad de Rt por ser R1 = R2, el motor girara a una velocidad intermedia entre la Mínima y la Máxima. Al posicionar la llave en Máxima toda la tensión de la batería queda aplicada al motor y este girara al máximo de velocidad.

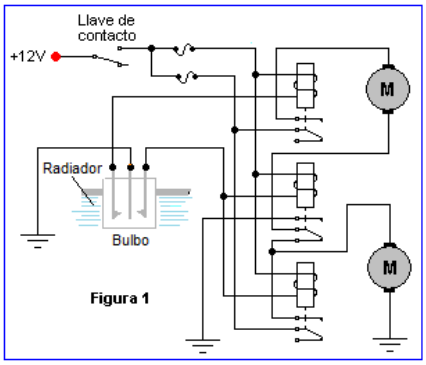


En el sistema visto anteriormente, en el que para lograr distintas velocidades en una turbina forzadora de aire se utiliza una llave que conmuta una serie de resistencias, tiene el inconveniente que los cambios de velocidad son por saltos y no se puede tener velocidades intermedias. En la figura se plantea un circuito electrónico simplificado de un control de velocidad continuamente variable desde una velocidad mínima a una máxima. El mando del control de velocidad sigue siendo manual y se realiza por medio de un potenciómetro de deslizamiento lineal montado en el tablero del automóvil. El transistor Tr actúa como una resistencia continuamente variable.

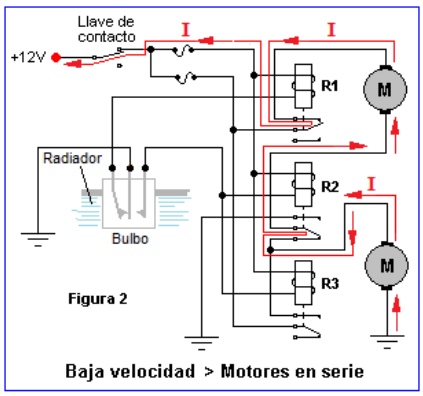
En las cuatro imágenes de la página siguiente se muestra como el transistor regula la corriente circulante por la carga de acuerdo a la posición fijada en el potenciómetro (VR1) que polariza su base. El funcionamiento esta planteado en un laboratorio virtual y se reemplazo el motor por una lámpara incandescente para poder visualizar el efecto.

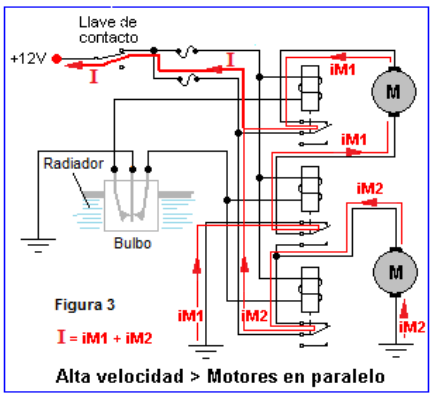


Si bien este sistema de control de velocidad es efectivo, su aplicación es aconsejable reducirla a motores de potencias pequeñas a medianas debido a que manejar corrientes importantes con transistores de potencia bipolares es riesgoso y además, al tener que montarlos sobre grandes disipadores de calor ocupan grandes espacios. En algunos vehículos están colocados de modo que el flujo de aire del forzador les ayude a disipar la temperatura.

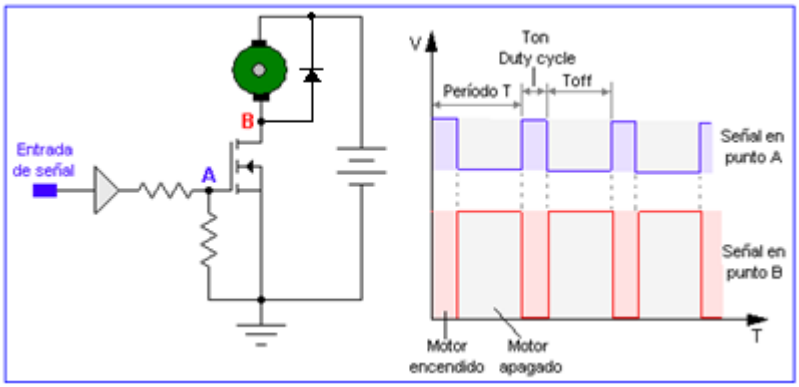


En sistemas de enfriamiento del líquido refrigerante del motor que utilizan dos motores en lugar de uno, es bastante común que para lograr una velocidad lenta y otra máxima se haga trabajar a los dos motores en serie para lograr la velocidad baja y en paralelo para la velocidad alta (Fig.1/2/3).

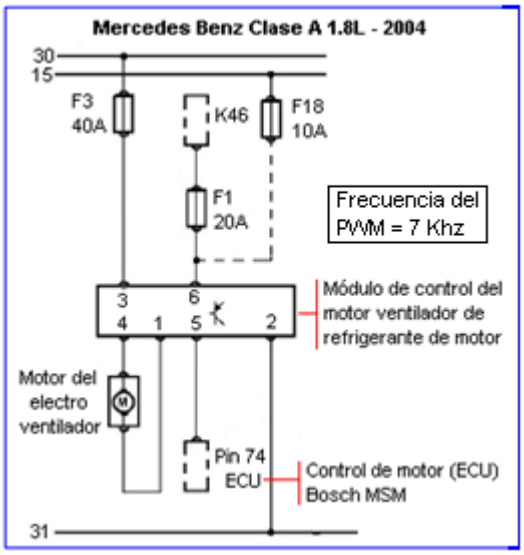




Los motores de electro ventiladores, estén comandadas sus velocidades por cualquiera de las técnicas descriptas, resistencias en serie con el motor, dos motores conmutados de serie a paralelo, tienen únicamente dos estados posibles ON (encendido) y OFF (apagado). Su arranque y parada es brusca y en el arranque demandan gran intensidad de corriente. Si se tiene en cuenta que la intensidad de corriente de trabajo esta comprendida entre los 20A a 25A, la intensidad de corriente en el instante del arranque puede llegar a los 40A a 50A o más, dependiendo del motor.
Otro tipo de tecnología se esta empleando para excitar a estos motores, es el control de velocidad por **"Modulación de Ancho de Pulso"** (PWM – Pulse Width Modulation)
El método para lograr controlar la velocidad de un motor de corriente continua empleando la técnica PWM consiste en alimentarlo con una corriente continua pulsante de frecuencia fija y variar el tiempo de encendido (ON) denominado **"Duty Cycle"** y por consecuencia el de apagado (OFF).
La frecuencia debe ser lo suficiente elevada para que en el motor no se produzcan tironeos.



En la técnica PWM se varia el Duty Cycle y de esta manera se modifica el valor medio de la energía suministrada al motor, esto se traduce en que de acuerdo al tiempo que dure el Duty Cycle el motor gire a mayores o menores RPM pero manteniendo su torque nominal, cosa que no sucede al hacer variar su velocidad con resistencias en serie o al hacer trabajar dos motores en serie para lograr la velocidad baja. En esta aplicación la velocidad de giro del motor varia en función de la temperatura del motor, para una temperatura normal de funcionamiento el duty cycle será de aproximadamente 50% del período T y si la temperatura aumenta, aumentara el tiempo de permanencia en nivel alto del Duty cycle. El arranque del motor es muy suave debido a que el módulo de control lo arranca con un duty cycle pequeño pero suficiente para que el motor venza la inercia, luego el control lo lleva a la velocidad necesaria. Esta estrategia permite al sistema mantener al motor trabajando en una temperatura estable de alrededor de 95º C.



Los circuitos de PWM tienen la desventaja de que es posible que produzcan interferencias por irradiación de radio frecuencia (RFI). Estas irradiaciones se minimizan utilizando un filtrado especialmente diseñado en la fuente de alimentación y además se ubica el controlador cerca de la carga (motor) y se blindan los conductores de conexión que van del módulo de control al motor con una malla de blindaje conectada a masa. Los módulos de control se los monta normalmente en el bastidor que soporta el electro ventilador al radiador del refrigerante del motor.

Funcionamiento del electro ventilador de enfriamiento del líquido refrigerante del motor en Chevrolet Meriva 1,8 lts. Modelo 2007 - Motor: Power Train C18NE - ECU: Multec H (Flex Power)

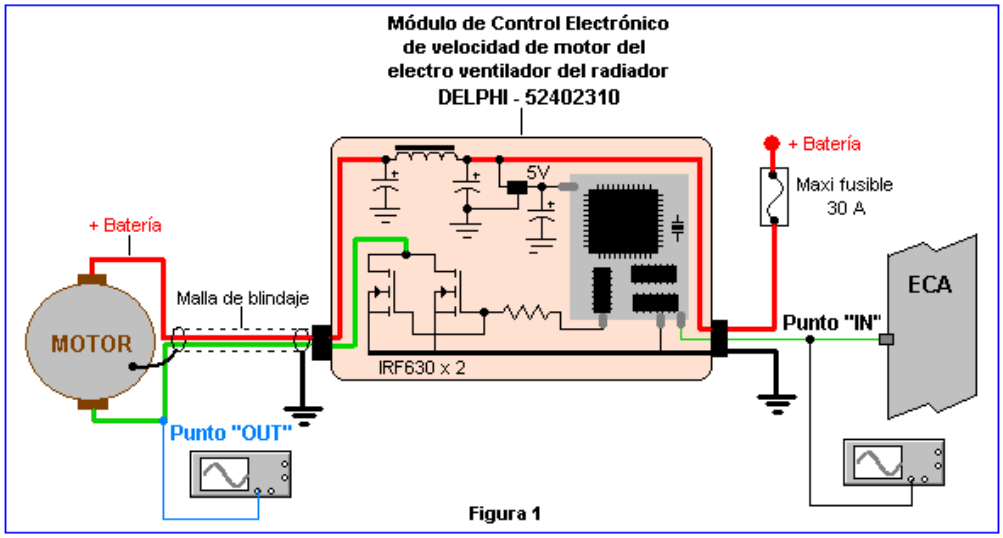


Figura 1

Este modelo de la línea General Motors utiliza un Módulo de Control Electrónico Micro procesado para controlar la velocidad de giro del Motor del Electro Ventilador de Enfriamiento del Líquido Refrigerante del Motor. Este motor que está especialmente diseñado requiere muy bajo torque para comenzar a girar. **Figura 1**

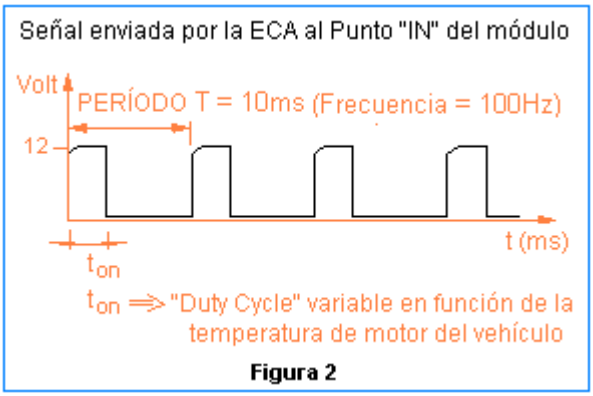


Figura 2

La velocidad es controlada por el módulo por medio de la técnica "PWM" (Pulse Width Modulation – Modulación Por Ancho de Pulso), facilitando así que la misma pueda ser variada desde 0 (cero) RPM a máximas RPM del motor del electro ventilador, de acuerdo a la temperatura a que se encuentre el motor del vehículo en cada condición de funcionamiento.
La temperatura a la que se encuentra el motor del vehículo para cada estado de funcionamiento del mismo es informada al módulo de control de velocidad del electro por la "ECA" (Electronic Control Assembly – Computadora de Control de la Gestión de Motor del Vehículo). Esta información consiste en una señal de onda cuadrada de 100 Hz, de 12 Volt de amplitud y de "Duty Cycle" variable en función de la temperatura de motor del vehículo – **Figura 2**.

Estrategia de funcionamiento del sistema:

Al dar contacto y estando el motor del vehículo a una temperatura inferior a 94ºC, las formas de onda de las señales vistas en los Puntos "IN" y "OUT" con osciloscopio se muestran en la **Figura 3A** y **3B**.

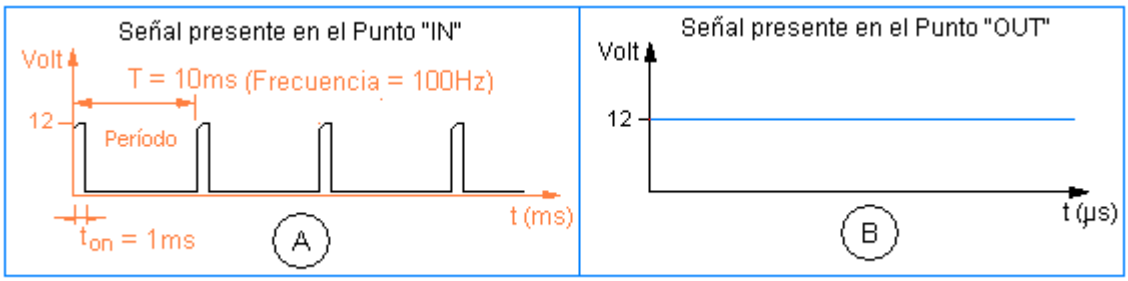


Figura 3

Al funcionar, el motor irá aumentando su temperatura y al llegar esta a los 94ºC la "ECA" aumentara el "Duty Cycle" de la señal que envía al módulo, llevándolo de 1ms a 5 ms. Esta variación no la realiza abruptamente, sino que aumenta el ancho de pulso en forma lenta y continua, emplea 1 a 1,2 segundo para aumentar el ancho de pulso de 1 ms a 5 ms – **Figura 4** (Señal presente en el Punto "IN").

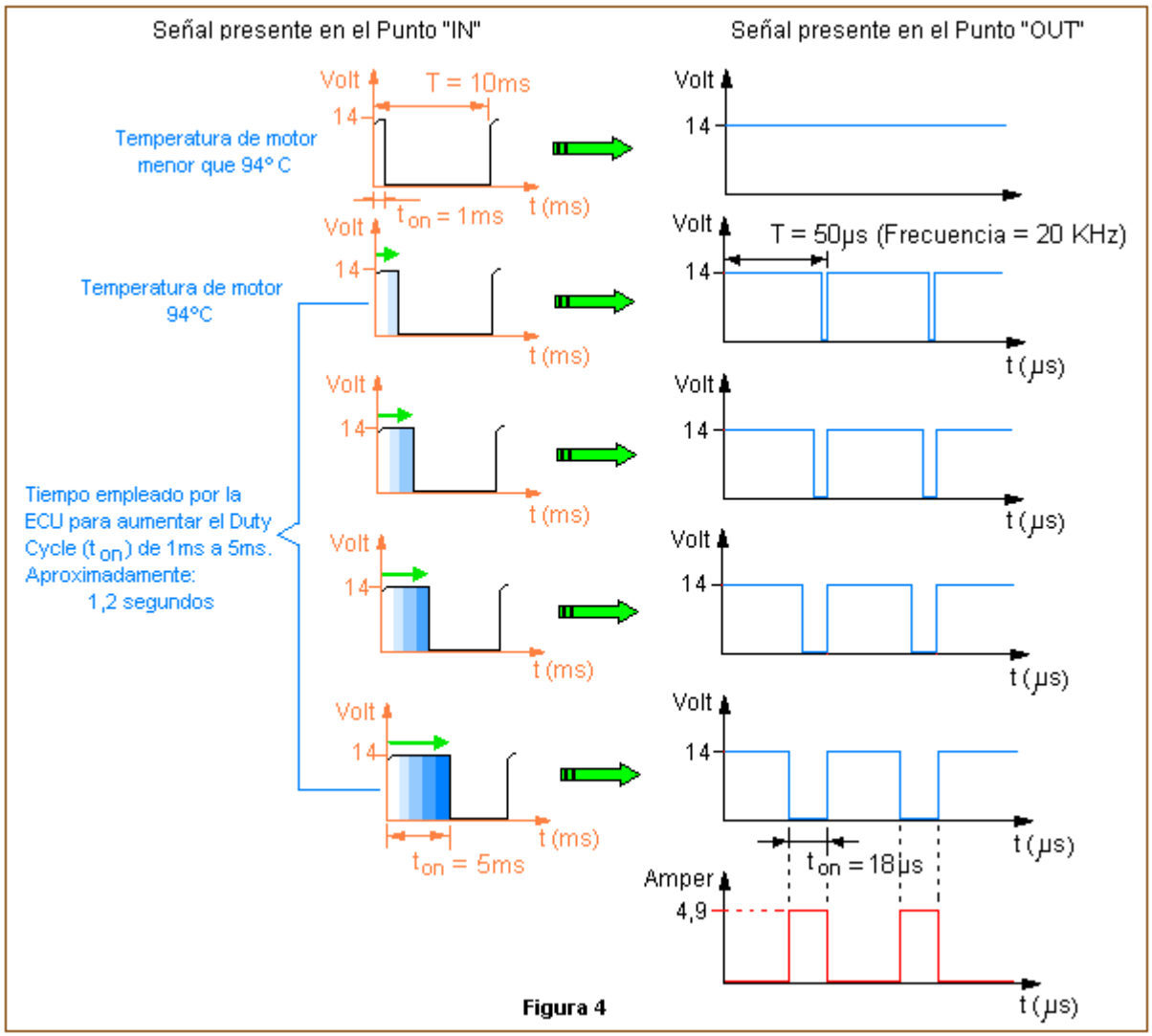


Figura 4

Al recibir la señal descripta, el Módulo de Control del Electro Ventilador reacciona comenzando a conmutar a masa el Punto "OUT", alimentando así al motor con la tensión de batería en forma pulsante, a una frecuencia de 20 KHz y un "Duty Cycle" que comienza de cero y llega a los 18 µs. Esta variación no la realiza abruptamente, sino que aumenta el ancho de pulso en forma lenta y continua, emplea 1 a 1,2 segundo para aumentar el ancho de pulso de 0 µs a 18 µs – **Figura 4** (Señal presente en el Punto "OUT"). Este tiempo es impuesto por el microprocesador de acuerdo al programa que tiene en su memoria y que corresponde al nivel de temperatura de motor informado por la "ECA".
Observe que el nivel de intensidad de corriente que alcanza a circular por el motor es de 4,9 Amper, nivel que hace que el motor gire a una velocidad baja.
El conmutar el motor a la alimentación de DC muy rápidamente y con tiempos que varían lentamente de cero µs a algunos µs, produce que el mismo arranque con una intensidad de corriente muy pequeña y la vaya aumentando paulatinamente hasta alcanzar el nivel mencionado. Esta condición evita los picos de intensidad de corriente bruscos e intensos que se producen en los sistemas de refrigeración en los que al motor del electro se le aplica la tensión total de batería, generalmente a través de los contactos de un relay, no olvide que en el arranque un motor normal puede llegar a tomar un nivel de intensidad de corriente 2 o 3 veces mayor que la intensidad nominal de trabajo.

En este sistema si el nivel de temperatura aumenta o disminuye, la "ECA" variara el "Duty Cycle" en la información en más ancho o menos ancho respectivamente. Estas acciones, en correspondencia, serán seguidas por el módulo aumentando o disminuyendo el tiempo en que mantiene conectado a masa al Punto "OUT", variando así la velocidad del motor en más RPM o en menos RPM.

En la **Figura 5** se muestra las formas de onda presentes en el Punto "IN" y el Punto "OUT" cuando la temperatura de motor alcanza los 98ºC.

Observe que ahora el nivel de intensidad de corriente que alcanza a circular por el motor es de 8,8 Amper, nivel que hace que el motor gire a una velocidad mayor que la anterior.

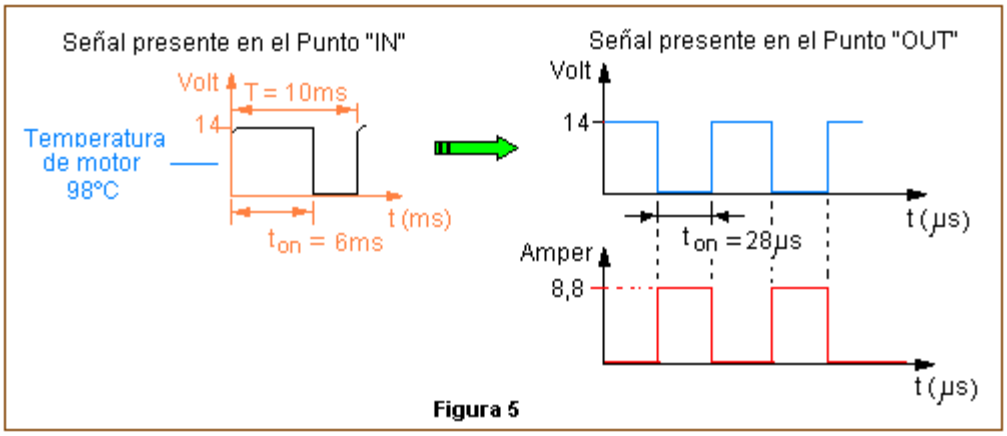


Figura 5

La variación constante de la velocidad de giro del motor del electro ventilador en función de la temperatura del motor del vehículo facilita que este trabaje dentro de un margen de temperatura muy estrecho, es decir sin estar sometido a variaciones de temperatura importantes.

Al encender el Aire Acondicionado, la “ECA” comunica esta situación al módulo de control del electro ventilador ampliando el “Duty Cycle” a un 90% del período (9 ms). Al recibir esta información, el módulo pone a masa en forma constante el Punto “OUT”, logrando así que el motor gire al máximo de las RPM que puede desarrollar.
Observe que ahora el nivel de intensidad de corriente que alcanza a circular por el motor es de 19,6 Amper.
En la **Figura 6** se muestra las formas de onda presentes en el Punto “IN” y el Punto “OUT” para esta condición de funcionamiento del motor del electro ventilador.

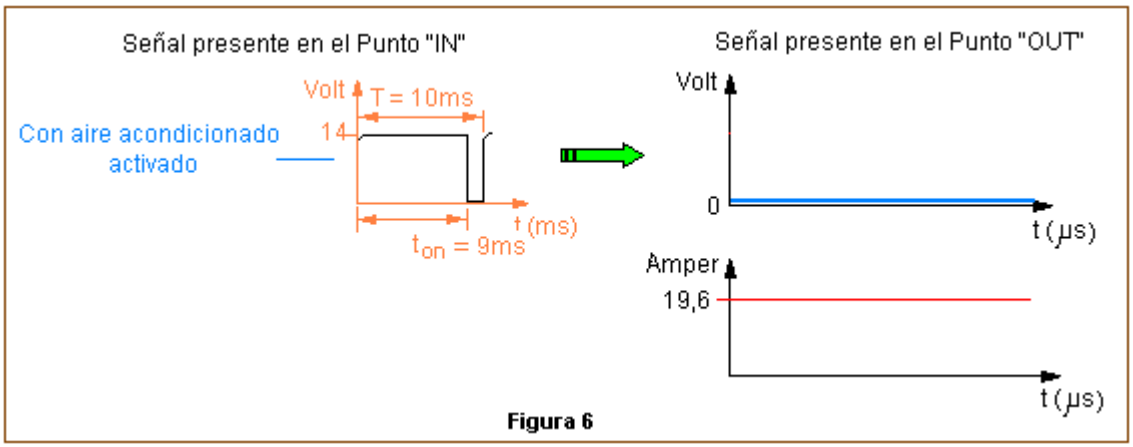


Figura 6

Si la temperatura de motor del vehículo desciende a 92ºC la “ECA” decide que el motor del electro ventilador debe detenerse. Para ello disminuye el “Duty Cycle” de la señal que envía al módulo de control del motor del electro ventilador, reduciéndolo en forma lenta y continua a 1 ms. Esta acción tarda entre 1 segundo a 1,2 segundos. En correspondencia, el módulo de control del motor del electro ventilador reduce, en el mismo lapso de tiempo, la duración del pulso en que esta conectado a masa el Punto “OUT” hasta llevarlo a cero µs, logrando así que el motor reduzca su velocidad a cero RPM lenta y suavemente. **Figura 7**

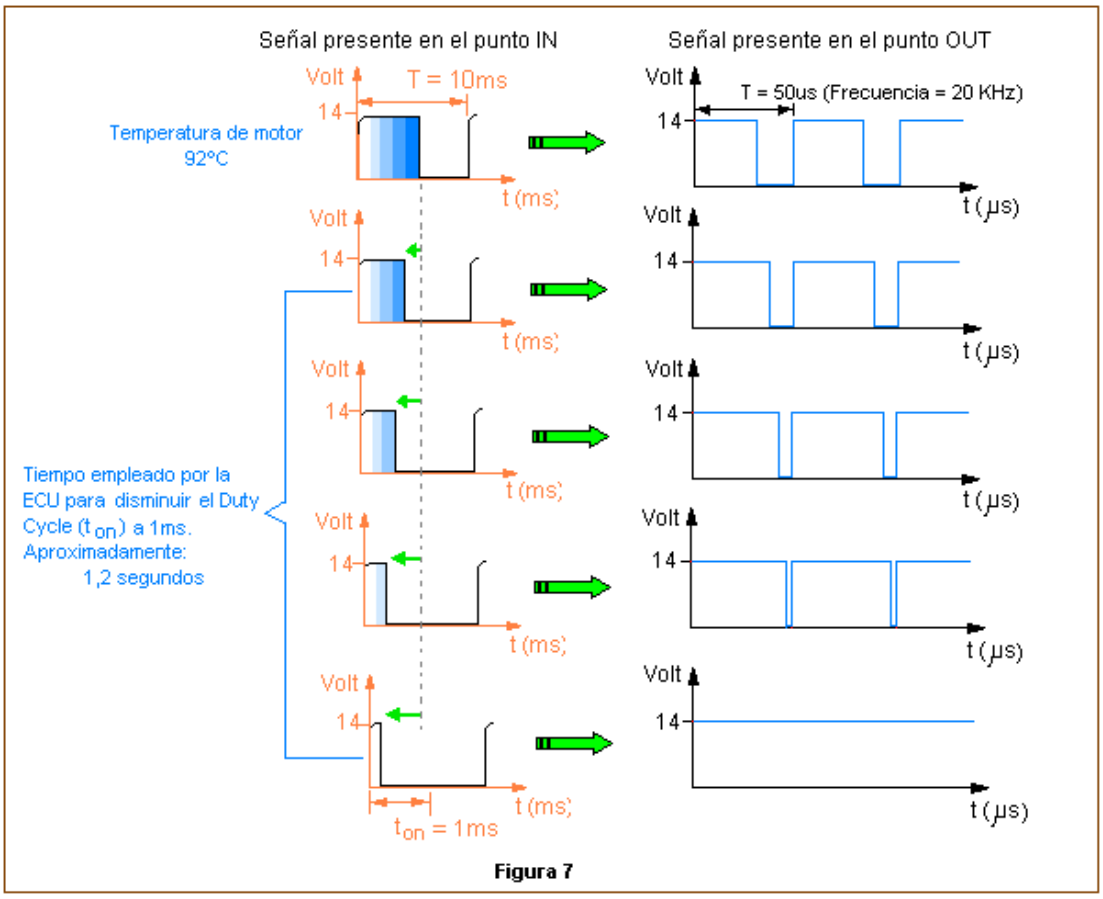
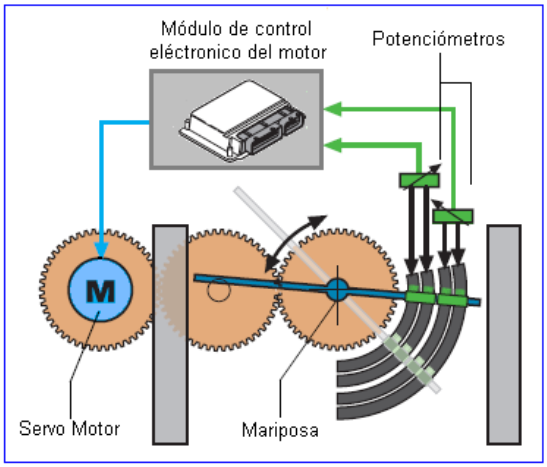


Figura 7

Servo motor

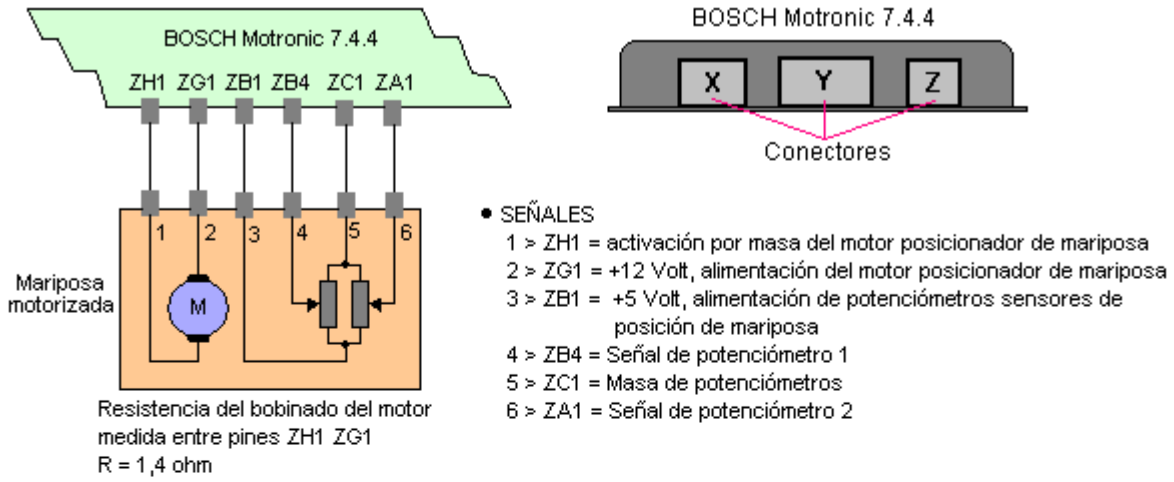


Un servo motor es un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ser controlado, tanto en su posición, como en su velocidad.
Un motor de corriente continua se convierte en servo motor cuando se le acopla un sensor en la parte posterior, denominado "encoder", que informa la posición del rotor o su velocidad o ambas variables.
Un ejemplo de servo motor utilizado en el automóvil, es el que acciona la mariposa de aceleración del múltiple de admisión en los sistemas con acelerador electrónico.
Está compuesto por un motor de corriente continua que es el encargado de producir el movimiento.
El eje del motor esta acoplado a un conjunto de engranajes reductores de velocidad y que a su vez aumentan mecánicamente el par motor entregado al eje de la mariposa. Este se encuentra acoplado a dos potenciómetros que informan al circuito de control, interno de la ECU, la posición de la mariposa. Esta es llevada a la posición de reposo mecánico por medio de un resorte antagónico helicoidal.

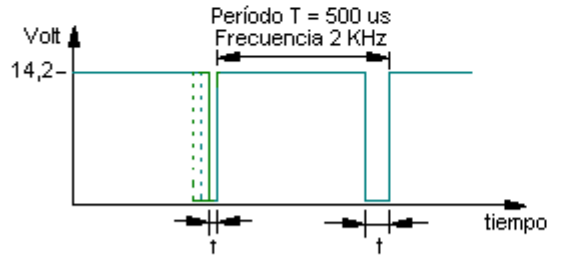
El control que realiza la ECU se basa en la técnica PWM trabajando en lazo cerrado. Ella excita al motor con pulsos de onda cuadrada de 12 Volt de amplitud de una determinada frecuencia fija y con un Duty Cycle proporcional a la posición requerida de la mariposa, los potenciómetros le informan de la posición adoptada por la mariposa, comparando las señales de activación con la información recibida desde los potenciómetros el circuito de control, si hay error, corrige la posición de la mariposa disminuyendo el tiempo del Duty Cycle o aumentándolo. Para lograr que el eje del motor se mantenga estable en una posición es necesario enviarle continuamente la señal de control con la posición deseada.

En estos sistemas ya no es necesario tener un regulador de marcha lenta (ralentí del motor), el circuito de control se encarga de esta función regulando la abertura de la mariposa.
Si el pedal del acelerador se mantiene fijo en un punto de su recorrido y se enciende el electro ventilador o el aire acondicionado, al demandar estos últimos potencia extra al motor del auto, este tendería a caer de vueltas, el circuito de control del servo motor resuelve esta situación aumentando el tiempo del Duty Cycle a pesar que no haya cambiado la posición del pedal del acelerador.
Todo el sistema tiene una alta velocidad de reacción ante cualquier demanda.

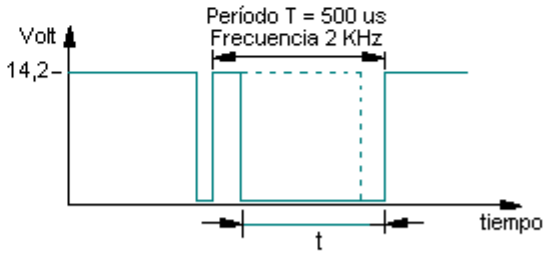
Como ejemplo de esta tecnología se muestra a continuación su aplicación en un:
PEUGEOT 206 - Año 2006
Motor: TU5JP4 – 1.6L 16V
ECU: BOSCH Motronic M7.4.4



• **Forma de onda en ZH1**



Estando el motor funcionando en ralentí, el tiempo "t" de activación del motor varía constantemente entre 20us y 90 us, variaciones impuestas por la ECU con el fin de mantener las RPM del motor constantes. El motor está sin carga, por más que se lo acelere la variación de "t" es imperceptible.



Apretando y soltando el acelerador rápidamente se puede apreciar la brusca variación del tiempo de activación del motor. Lógicamente al mismo tiempo se puede ver como cambia la apertura de la mariposa

MOTORES PASO A PASO

Tratar que los motores de Corriente Continua giren una cantidad determinada de vueltas (por ejemplo dos vueltas) y luego se detengan en ese punto es imposible.
Los motores no giran instantáneamente al aplicarle la tensión de alimentación, demandan un tiempo de arranque, esto se debe a la inercia que no les permite alcanzar la velocidad normal de manera inmediata. Al cortarle la tensión de alimentación, continúan girando también por inercia.

Los denominados motores paso a paso (PaP), son un caso particular dentro de los motores eléctricos en general.
Los motores paso a paso se basan en la atracción y repulsión entre polos magnéticos. Polos de distinto nombre se atraen, polos de igual nombre se rechazan.

La alimentación eléctrica no es ni C.C. ni C.A. como en otros casos, sino un tren de pulsos que se suceden con una secuencia, previamente definida, a cada una de las bobinas que componen el estator. Cada vez que a alguna de estas bobinas se les aplica un pulso, el rotor se desplaza un **paso**, y queda fijo en esa posición. Dependiendo de las características constructivas del motor este paso puede producir un ángulo de giro del rotor de 0,9º a 90º.
Por lo tanto, al ser posible mover el motor en pequeños pasos, esto permite **controlar su posición**, con mayor o menor precisión dependiendo de los grados de avance de cada paso.
Además, variando la frecuencia con la que se aplican los pulsos, también variara la velocidad con que se mueve el rotor, lo que permite tener el **control de velocidad del mismo**.
Por último si se invierte la secuencia de los pulsos de alimentación aplicados a las bobinas, se producirá la **inversión del sentido de giro del rotor**.
Se define el motor paso a paso, como aquel motor cuyas bobinas del estator son alimentadas mediante trenes de pulsos, con una determinada frecuencia, y que permite:

◇ Controlar la posición del rotor.
◇ Controlar su velocidad de giro.
◇ Controlar su sentido de giro.

Al tener estas características se utilizan motores paso a paso en robótica, control de discos duros, flexibles, unidades de CDROM o de DVD, impresoras, movimiento y posicionamiento de herramientas y piezas en general.
En el automóvil está muy difundido su uso en el control de marcha lenta (ralenti) del motor.
Un inconveniente de los motores PaP es que presentan una velocidad angular limitada. Dicha limitación surge que para realizar un paso, el motor requiere un tiempo para alcanzar la posición de equilibrio. Si dicho tiempo no se respeta (esto ocurriría si la frecuencia de los pulsos es demasiado elevada) el motor puede no encontrar nunca esa posición de equilibrio y se pierde el control sobre él (se mueve en forma de vaivén, no se mueve, o incluso se mueve en sentido contrario al deseado).

TIPOS DE MOTORES PaP

Desde el punto de vista constructivo existen tres tipos de motores PaP:

- **De imán permanente**
- **De reluctancia variable**
- **Híbridos**

✸ De imán permanente
El rotor está construido con imanes permanentes en forma de disco que proporcionan una polarización magnética constante. Tiene tallados un determinado número de dientes axialmente.
El estator, con forma cilíndrica, está formado por distintas bobinas que al ser excitadas secuencialmente generan un campo magnético giratorio. Al cambiar el estado de las bobinas del estator, el rotor gira para orientar sus polos magnéticos de acuerdo con el campo magnético creado por las bobinas del estator.

✸ De reluctancia variable
En este tipo de PAP, el estator es similar al caso anterior.
El rotor no es un imán permanente, sino que está formado por un núcleo de hierro dulce, e igualmente con dientes tallados a lo largo de su superficie.
En este tipo de motor, al alimentar una de las bobinas del estator, se crea un campo magnético.
En estas condiciones, el rotor se orienta hacia aquella posición en la que la reluctancia que presenta el circuito es mínima. Esta posición será aquella en la que el entrehierro es el más pequeño posible.
Al cambiar la alimentación a otra de las bobinas, el punto de mínima reluctancia también cambia, con lo cual el rotor gira de nuevo.
Estos motores son muy difíciles de controlar.
Si se gira el rotor manualmente, no se aprecia la sensación dentada que provocan los de imán permanente, sino que se mueve libremente como un motor de corriente continúa.

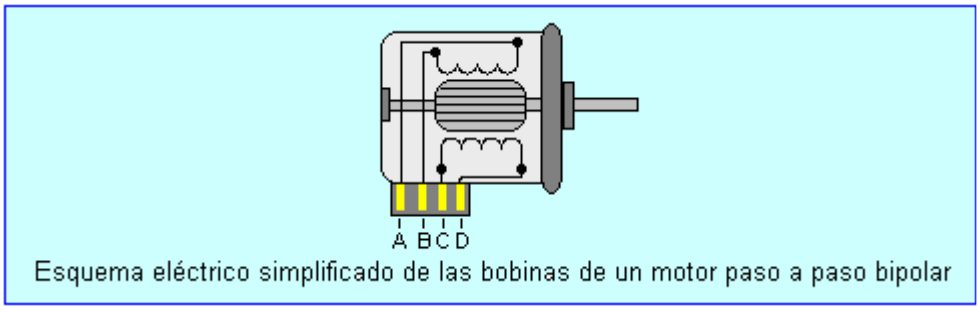
✸ **Híbridos**: este tipo de motores son una combinación de los dos anteriores. El rotor está formado por una serie de anillos de acero dulce que tienen en su superficie un nº de dientes ligeramente distinto a los del estator. Dichos anillos están montados axialmente sobre un eje que es un imán permanente.
Poseen alto par dinámico y estático.
Pueden girar a muy elevadas RPM.
Tienen gran aplicación en la industria.

⮟ MOTORES Paso a Paso de IMÁN PERMANENTE

Nos centramos en este tipo de motores, ya que como se ha citado anteriormente son los más utilizados.
Los motores de imán permanente pueden ser clasificados en función del sentido de la intensidad que recorre los bobinados en dos grupos:

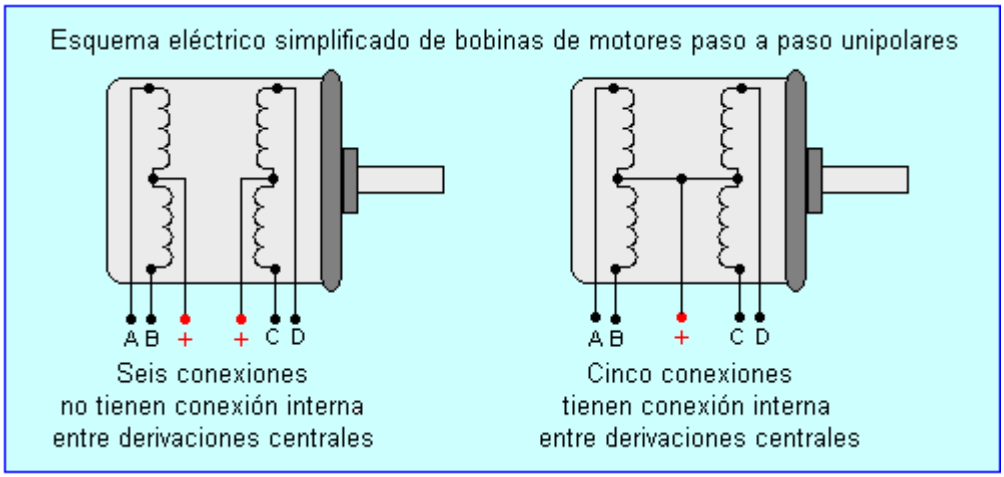
Motores PaP bipolares

Están formados por dos bobinas, y la intensidad que circula por ellas invierte su sentido sucesivamente (de ahí surge el nombre de bipolares). Se pueden reconocer externamente porque presentan cuatro conductores, uno para cada extremo de una bobina.



Motores PaP unipolares

En este caso el estator está formado por dos bobinas con derivación central, lo que equivale a cuatro bobinas. Las derivaciones centrales de las dos bobinas pueden estar interconectadas en el interior o no. Externamente se apreciarán cinco conductores en el primer caso, y seis en el segundo.
La forma de alimentar este motor consiste en alimentar con positivo la toma central e ir poniendo a masa, según una secuencia determinada a un extremo de la bobina y al otro (nunca simultáneamente). De tal manera que la intensidad que circula por cada media bobina siempre lo hace en el mismo sentido, por eso se denominan unipolares.



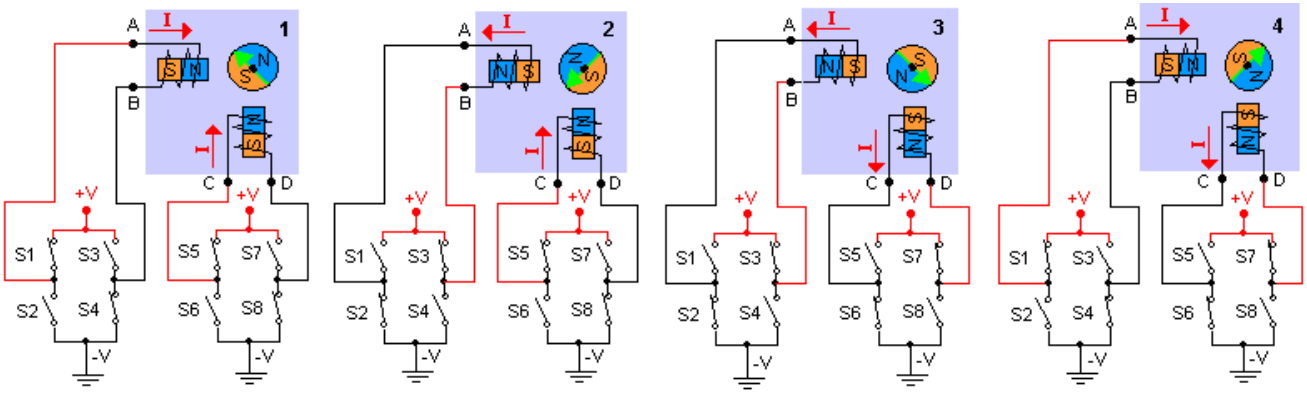
FUNCIONAMIENTO

El principio de funcionamiento de los motores PaP de imán permanente, como ya se ha citado anteriormente, está basado en las fuerzas de atracción-repulsión que experimentan los cuerpos sometidos a un campo magnético.

Motor bipolar

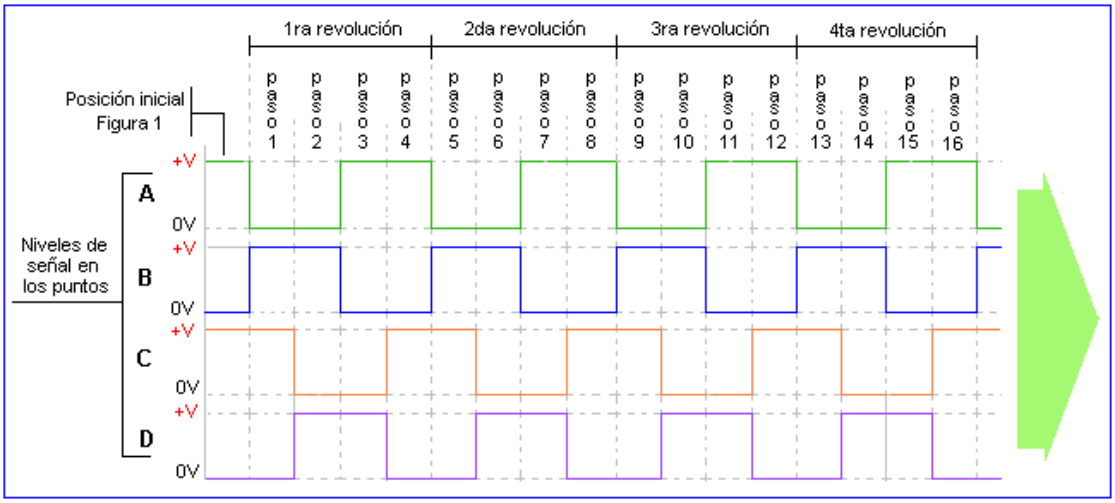
El motor bipolar más sencillo está compuesto por dos bobinas (polos magnéticos) por los que irá circulando corriente en uno u otro sentido según una secuencia definida. También tiene un rotor de imán permanente de solo dos polos magnéticos, NORTE y SUR.
Mientras no circule corriente por ninguna de las bobinas el rotor se encontrará en reposo en una posición cualquiera.
Si aplicamos tensión a ambas bobinas, de la manera que indica la **figura 1**, el rotor girará hasta la posición indicada en dicha figura.
Si se invierte el la polaridad aplicada a la bobina de terminales **AB**, se invierte el sentido de circulación de corriente por ella, el campo magnético también se invierte y el rotor girará de nuevo orientándose ahora de la manera mostrada en la **figura 2**. Se observa que el motor se ha desplazado un paso (90º).

Invirtiendo sucesivamente el sentido de la corriente en ambas bobinas, obtendremos el giro completo del motor, tal como se muestra en las figuras siguientes:

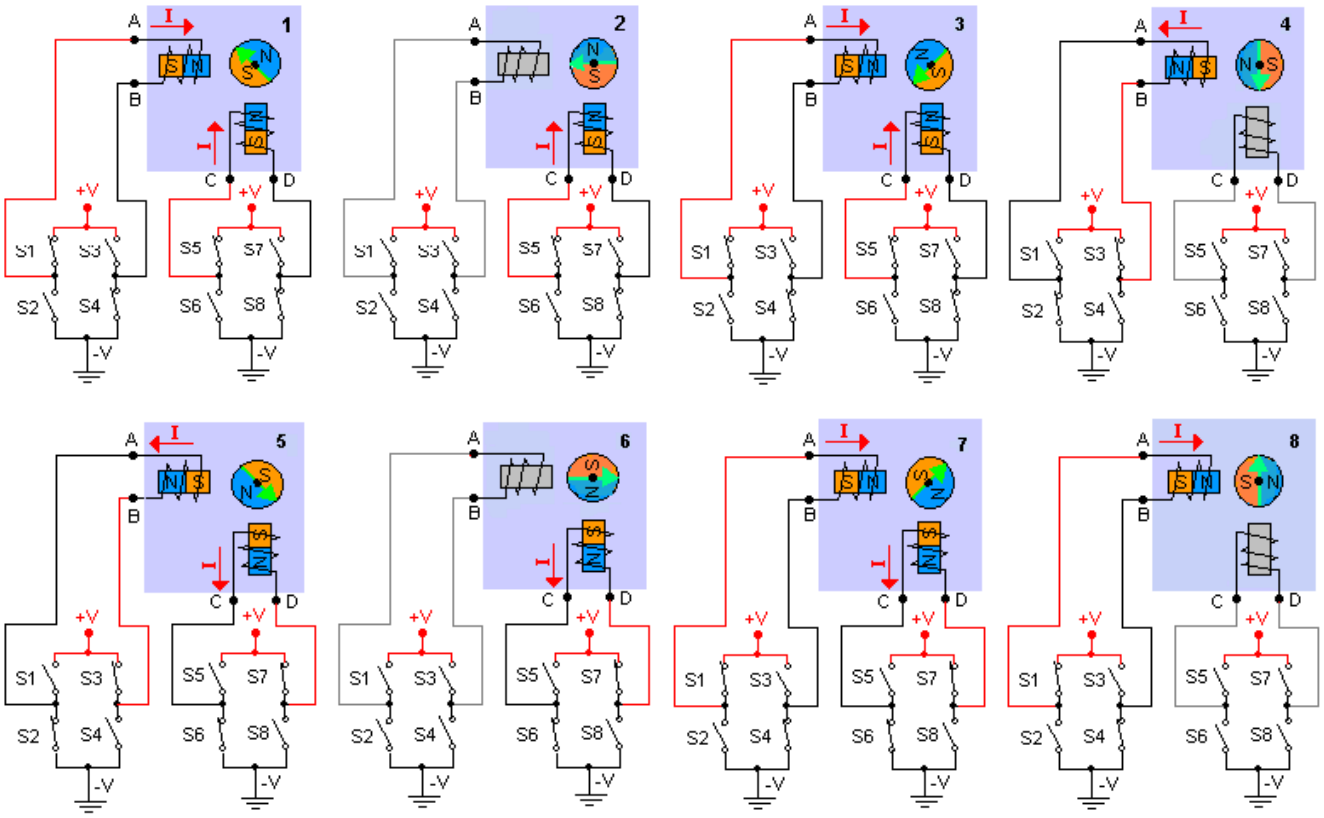


Nro. de PASO	ESTADO DE LOS INTERRUPTORES X > Indica interruptor cerrado — > Indica interruptor abierto								Polaridad de la tensión aplicada a las bobinas del estator			
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	A	B	C	D
1	X	—	—	X	X	—	—	X	+V	-V	+V	-V
2	—	X	X	—	X	—	—	X	-V	+V	+V	-V
3	—	X	X	—	—	X	X	—	-V	+V	-V	+V
4	X	—	—	X	—	X	X	—	+V	-V	-V	+V

Secuencia de excitación de las bobinas de un motor paso a paso bipolar en modo paso completo



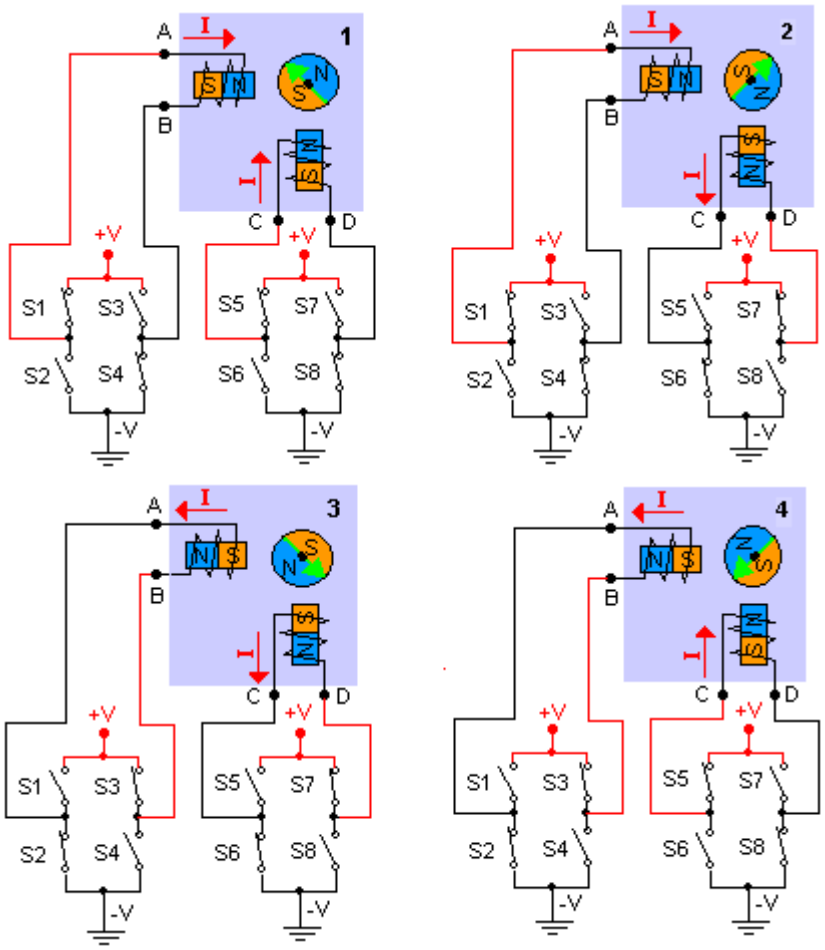
Como cada vez que se aplica un pulso distinto a la entrada del motor, éste gira un paso completo se dice que está funcionando en modo **paso completo**.
En este caso el paso es de 90º, demasiado grande para poder realizar ningún tipo de control.
Para aumentar la resolución, se tienen varias opciones.
La más sencilla de todas y que no necesita un cambio constructivo del motor, consiste en cambiar la secuencia de alimentación.
En modo de funcionamiento de paso completo, las bobinas nunca quedan sin alimentación. Si entre cada cambio en la tensión de alimentación de una bobina, esta se deja sin alimentar, podemos conseguir una posición del rotor intermedia entre dos pasos. A esta forma de funcionamiento se le denomina **medio paso**.
Las distintas posiciones por las que pasa el rotor, así como las polaridades de las bobinas del estator, se pueden apreciar en las siguientes figuras:



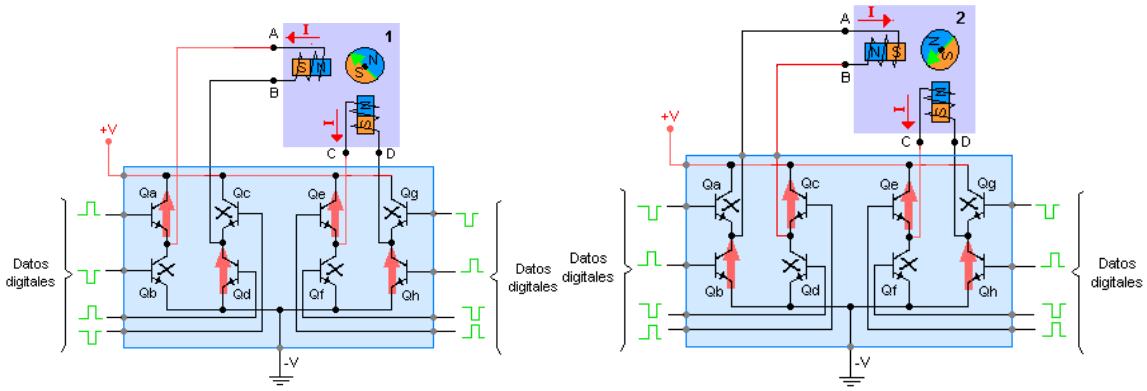
Nro. de PASO	ESTADO DE LOS INTERRUPTORES X > Indica interruptor cerrado — > Indica interruptor abierto								Polaridad de la tensión aplicada a las bobinas del estator			
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	A	B	C	D
1	X	—	—	X	X	—	—	X	+V	-V	+V	-V
2	—	—	—	—	X	—	—	X	SA	SA	+V	-V
3	X	—	—	X	X	—	—	X	+V	-V	+V	-V
4	—	X	X	—	—	—	—	—	-V	+V	SA	SA
5	—	X	X	—	—	X	X	—	-V	+V	-V	+V
6	—	—	—	—	X	—	—	X	SA	SA	-V	+V
7	X	—	—	X	—	X	X	—	+V	-V	-V	+V
8	X	—	—	X	—	—	—	—	+V	-V	SA	SA

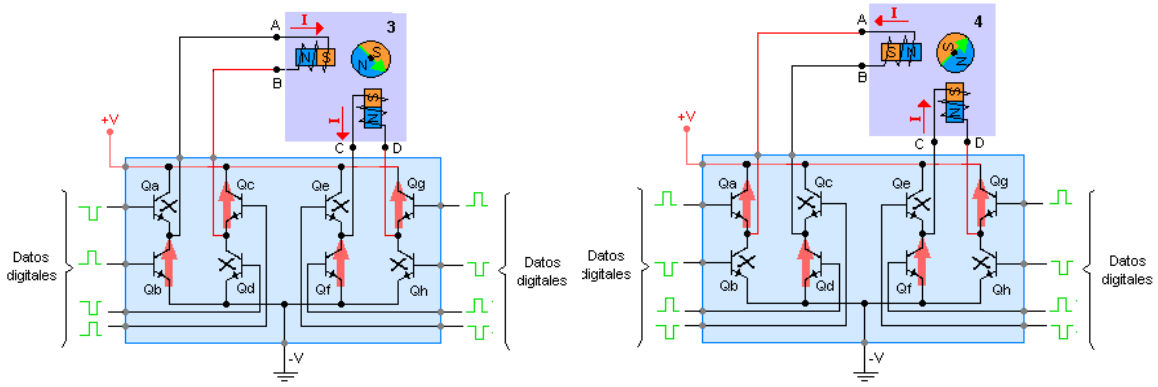
Secuencia de excitación de las bobinas de un motor paso a paso en modo de medio paso

En las secuencias explicadas el rotor gira en sentido contrario a las agujas del reloj (anti horario), si se invierte la secuencia de operación el rotor gira en el sentido de las agujas del reloj (horario). Ver figuras en la siguiente página.



- Con fines didácticos únicamente, se ha planteado un motor paso a paso elemental y su secuencia de operación generada por medio de interruptores mecánicos.
  En la práctica un motor de este tipo resulta poco útil por el gran tamaño de sus pasos, también es poco útil esta clase de generador de secuencia.
- Para construir motores PaP que giren pocos grados por paso, se recurre a mecanizar los núcleos de las bobinas y rotores en forma de dientes de modo de crear micro polos magnéticos, siendo posible construir así motores de hasta 200 pasos por revolución, 1.8º de giro por paso en modo paso completo o 400 pasos por revolución, 0.9º de giro por paso en modo medio paso.
  La secuencia de operación puede ser generada por un micro controlador que ejecuta un determinado programa grabado en su memoria ROM o por un micro procesador que utiliza un programa grabado en una memoria externa ROM o EEPROM. La secuencia de pulsos es enviada a un circuito integrado de potencia que reemplaza con interruptores electrónicos a los mecánicos.





Los motores PaP utilizados como reguladores de marcha lenta (ralentí) en los sistemas de inyección electrónica tienen la particularidad de, mecánicamente, transformar el movimiento giratorio del rotor en un movimiento rectilíneo axial por medio de un engranaje y un tornillo. De esta manera, de acuerdo a las órdenes impartidas por la ECU, abren o cierran en mayor o menor grado el paso de aire adicional (by pass de la mariposa) del múltiple de admisión, manteniendo así las RPM al ralentí programadas para ese motor. Estando el motor al ralentí, esta estrategia se observa por ejemplo cuando se encienden los electro ventiladores o el aire acondicionado.

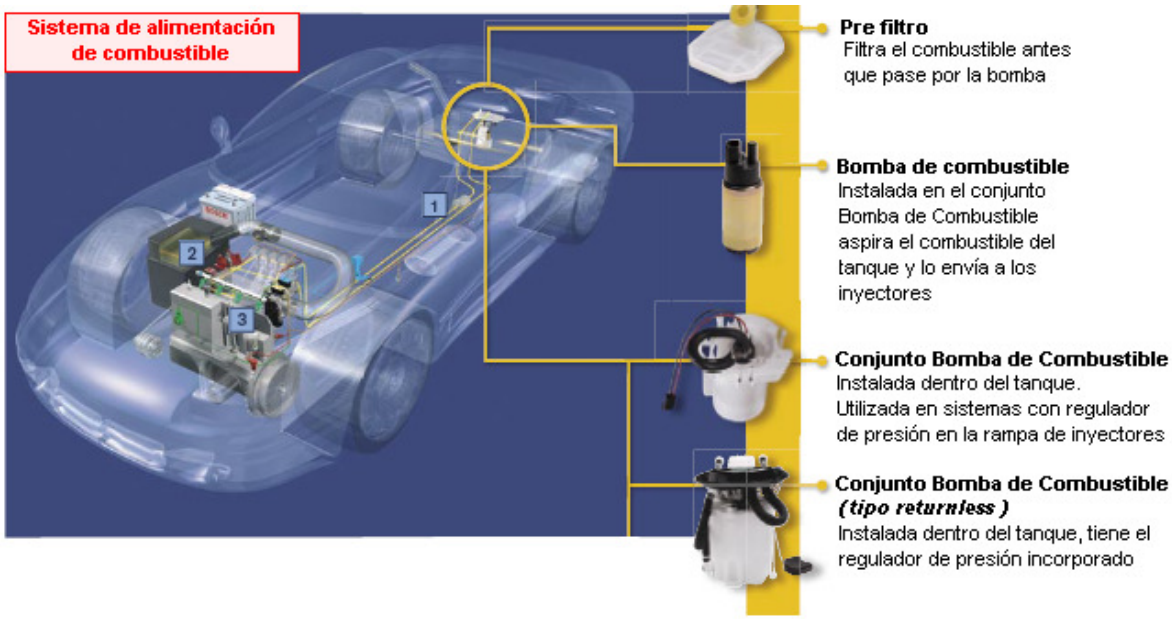
Motor PaP Magneti Marelli

SISTEMAS DE INYECCION ELECTRONICA DE NAFTA

Estos sistemas no son accionados por el motor, son comandados por un Módulo de Control Electrónico Digital que dosifica, para cada condición del motor, la cantidad correcta de combustible que deben recibir los distintos cilindros. También el encendido es comandado digitalmente de modo de permitir que el motor trabaje con su punto de encendido sincronizado para cada condición.

El propósito de estos sistemas es hacer que el motor tenga un funcionamiento equilibrado a través de un estricto control de la mezcla aire/combustible y del ángulo de avance del encendido para cualquier régimen de trabajo de dicho motor, logrando así:

- **Principalmente, menor emisión de gases contaminantes**
- **Mayor respuesta a las solicitudes del conductor**
- **Menor consumo**
- **Facilidad de arranque con motor frío o caliente**

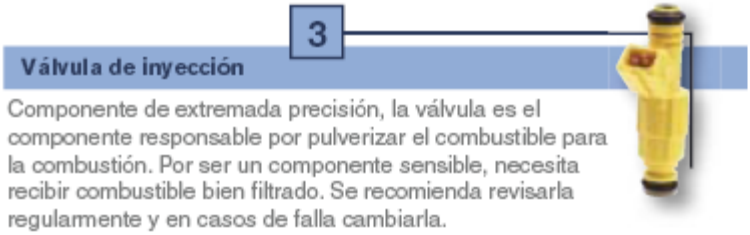


1 Filtro de combustible

Instalado después de la bomba, su función es retener las impurezas contenidas en el combustible. Como los orificios de las válvulas de inyección son minúsculos (alrededor de 0,14 mm) se necesita combustible completamente bien filtrado, por eso se recomienda cambiarlo a cada 20.000 km, o de acuerdo a la indicación del fabricante del vehículo.

2 Regulador de presión

Instalado en el tubo donde están montadas las válvulas de inyección, o dentro del tanque, su función es regular la presión producida por la bomba, garantizando la perfecta pulverización del combustible. Como está en constante contacto con el combustible, se puede deteriorar. Por lo tanto se recomienda probarlo regularmente y reemplazarlo cuando sea necesario.



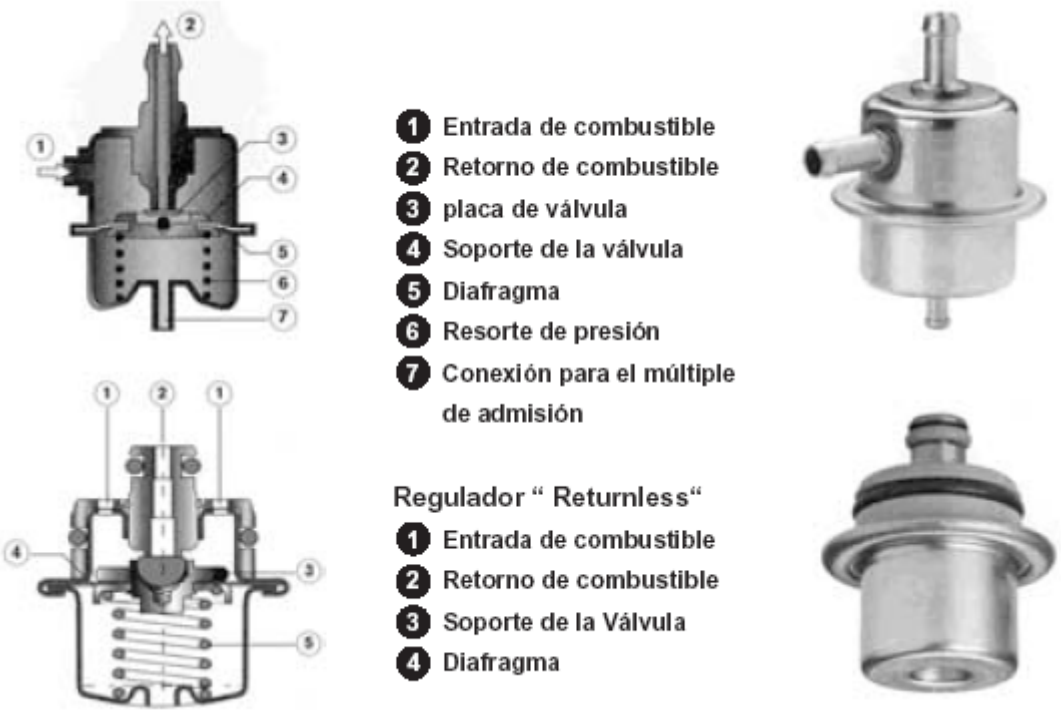
BOMBA ELECTRICA

1. Tapa lado de aspiración
2. Disco de aspiración
3. Galería primaria
4. Galería principal
5. Carcasa
6. Inducido
7. Válvula de retención
8. Lado de presión y conexión de salida

1. Lado de aspiración
2. Limitador de presión
3. Bomba de roletes
4. Inducido
5. Válvula de retención
6. Lado de presión

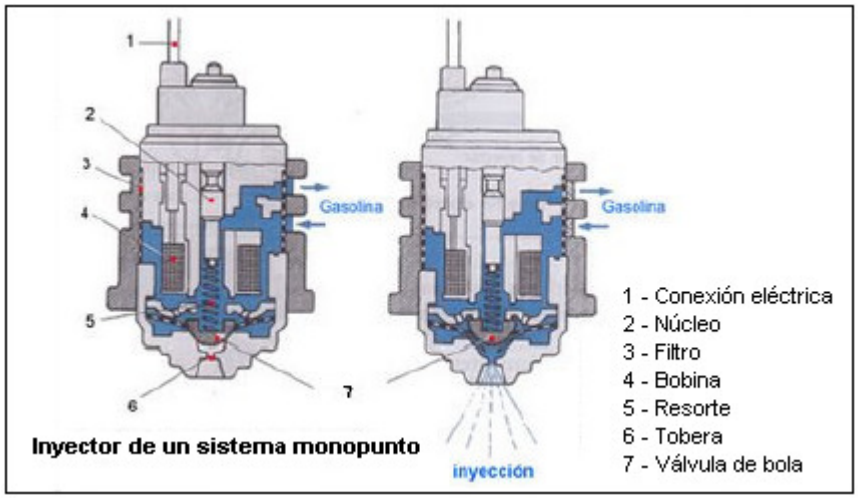
El combustible es aspirado del tanque por una bomba eléctrica, que los suministra bajo presión a un tubo distribuidor donde se encuentran las válvulas de inyección (llamado rampa de inyectores).
La bomba provee más combustible de lo que el sistema necesita con el fin de mantenerlo a una presión constante en todos los regímenes de funcionamiento, lo excedente retorna al tanque.
La bomba no representa ningún riesgo de explosión, por que en su interior no hay ninguna mezcla en condiciones de combustión.
La bomba puede estar instalada dentro del tanque **IN TANK** o fuera de él **IN LINE.**

REGULADOR DE PRESION

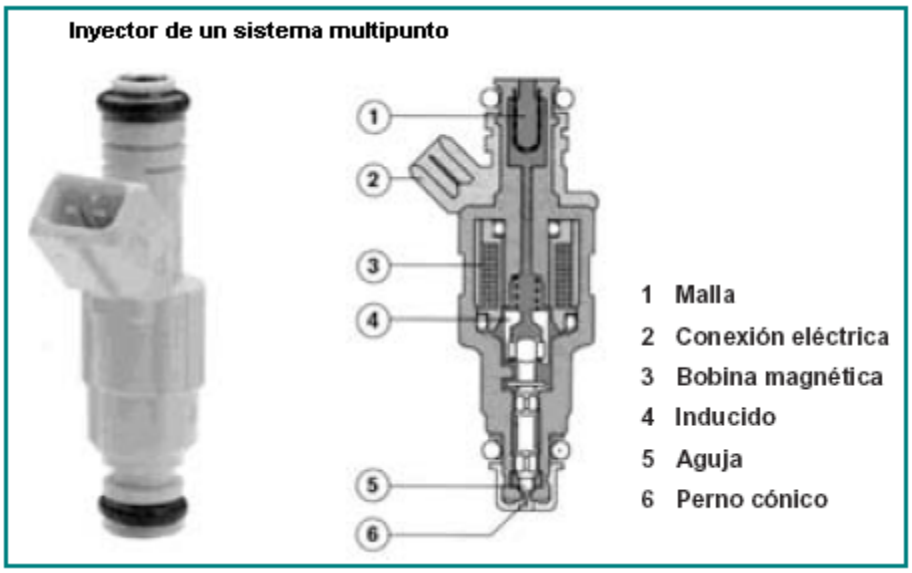


El regulador mantiene el combustible bajo presión en el circuito de alimentación, incluso en las válvulas de inyección. Este componente instalado en el tubo distribuidor o en el conjunto dentro del tanque influye directamente en el rendimiento del motor pues debe garantizar presión uniforme y constante en el circuito, lo que permite que el motor tenga funcionamiento perfecto en todos los regímenes de revolución

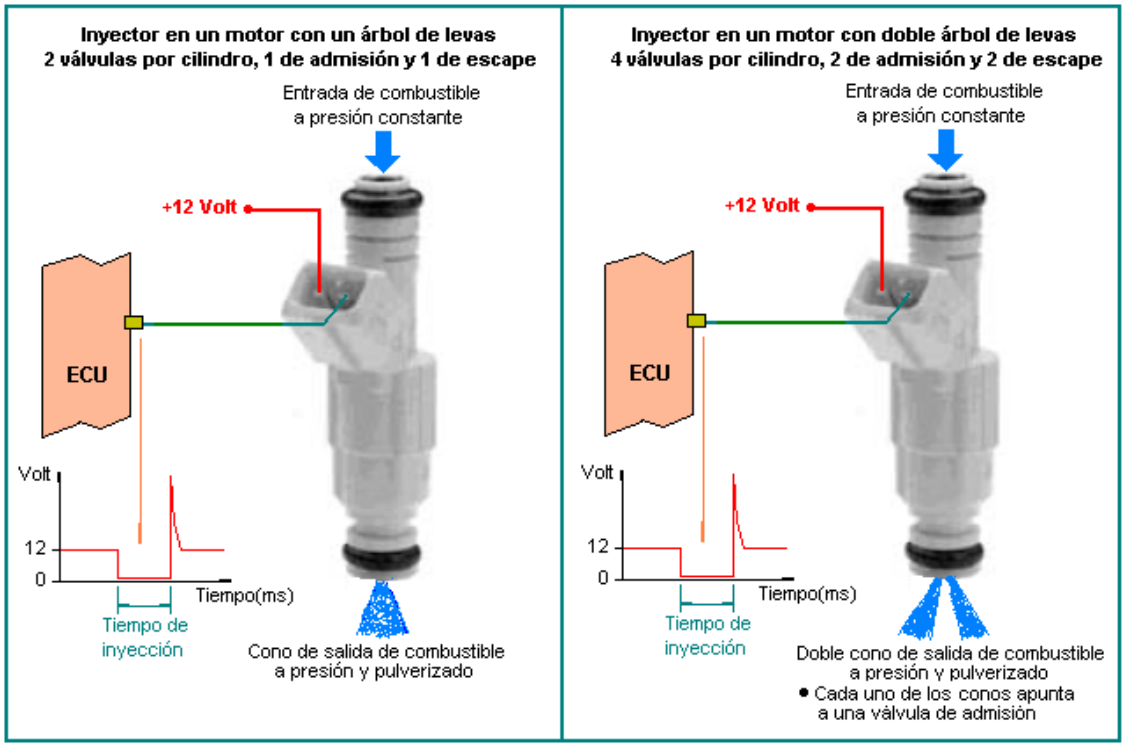
INYECTORES



Inyector de un sistema monopunto



Los inyectores son los encargados de pulverizar el combustible antes de la válvula de admisión del motor, para que se mezcle con el aire, produciendo la combinación que resultará en la combustión.
Las válvulas de inyección son comandadas electro magnéticamente, abriendo y cerrando por medio de impulsos eléctricos provenientes de la unidad de comando.
Para obtener la perfecta distribución del combustible, sin pérdidas por condensación, se debe evitar que el chorro de combustible toque las paredes internas de la admisión, por lo tanto, el ángulo de inyección difiere de motor a motor como también la cantidad de orificios de la válvula.



<u>Por acción de la Bomba de Combustible y del Regulador de Presión de Combustible, el mismo llega a los Inyectores con Presión y Caudal Constantes para todas las condiciones de marcha del motor. Esto permite que la cantidad de combustible inyectado en todo momento dependa exclusivamente del tiempo que el inyector permanezca abierto.</u>

El inyector es una electro válvula muy precisa, su bobina de accionamiento tiene un extremo conectado a la tensión de batería y su otro extremo está conectado a un pin del Módulo de Control Electrónico (ECU). A través de dicho pin, la ECU pone a masa el extremo de la bobina conectado al mismo produciendo así circulación de corriente por la bobina y generando un campo magnético que atrae al núcleo. Cuando el núcleo es atraído, la aguja se retira de su asiento permitiendo el paso de combustible.

El tiempo durante el cual la ECU mantiene a masa el extremo de la bobina del inyector (tiempo de accionamiento de la electro válvula) es denominado:

"Tiempo de Inyección"

Para las distintas condiciones de marcha del motor, la ECU calcula el tiempo de inyección basándose en la información que recibe de distintos sensores y en un mapa cartográfico residente en su memoria.

Clasificación de la Inyección Electrónica de Combustible de acuerdo al lugar del motor en el que se realiza la inyección

- **INDIRECTA**

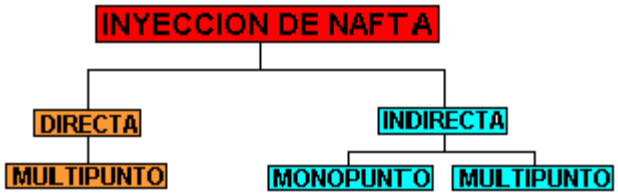
  La inyección de combustible se realiza en:

  - En la garganta del múltiple de admisión, también llamada cuerpo de mariposa – **Sistema de Inyección Monopunto (TBI - Throttle Body Injection).**
  - Frente a la válvula de admisión de cada cilindro – **Sistema de Inyección Multipunto - (MPI - Multipoint Injection).**

- **DIRECTA**

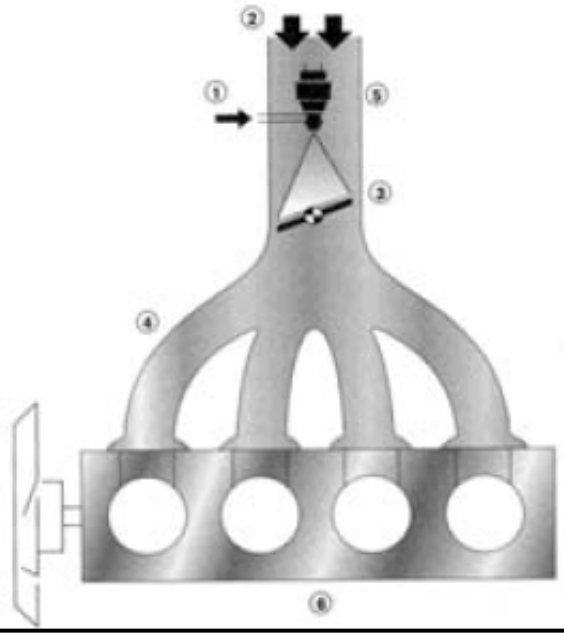
  - La inyección de combustible se realiza directamente en la cámara de combustión de cada cilindro **(GDI - Gasoline Direct Injection)** - **Sistema de Inyección Directa Multipunto - (MPI – Multipoint Injection)**

Clasificación de la Inyección Electrónica de Combustible de acuerdo a la cantidad de inyectores



INYECCION INDIRECTA

❖ MONOPUNTO

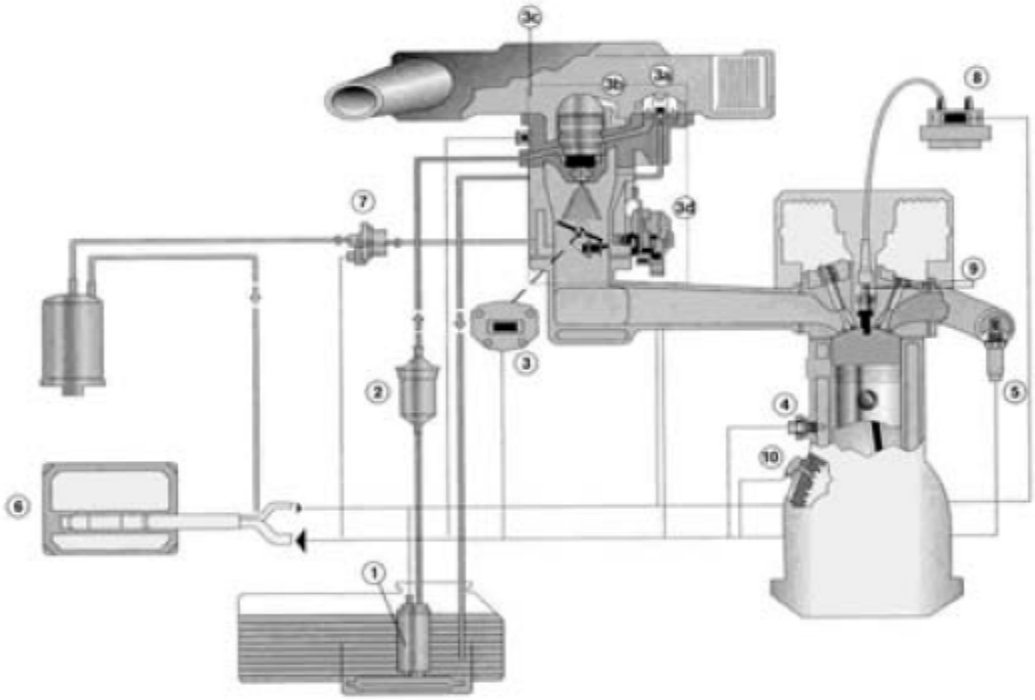


MONOPUNTO
BOSCH Mono Motronic

Utiliza una única Válvula de inyección para los distintos cilindros del motor.

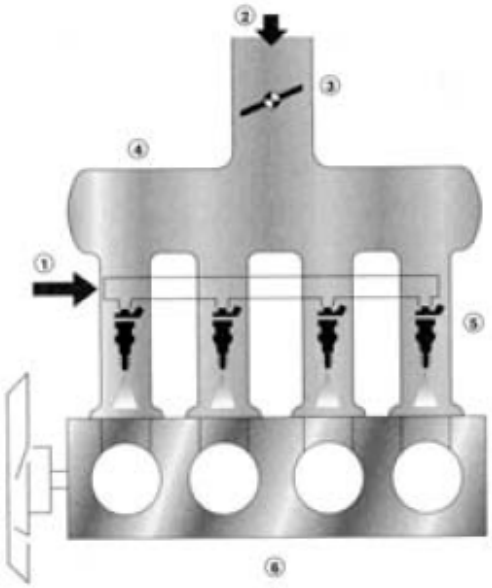
1 - Entrada del combustible
2 - Aire
3 - Mariposa de aceleración
4 - Múltiple de admisión
5 - Válvula de inyección
6 - Motor

Monomotronic



1 - Bomba de combustible
2 - Filtro de combustible
3 - Potenciómetro de la mariposa
3a - Regulador de presión
3b - Válvula de inyección
3c - Sensor de temperatura del aire
4 - Sensor de temperatura de motor
5 - Sonda lambda
6 - Unidad de comando
7 - Válvula de ventilación del tanque
8 - Bobina de encendido
9 - Bujía de encendido
10 - Sensor de revoluciones del motor (pertenece al sistema de encendido)

❖ **Multipunto (Jetronic y Motronic)**

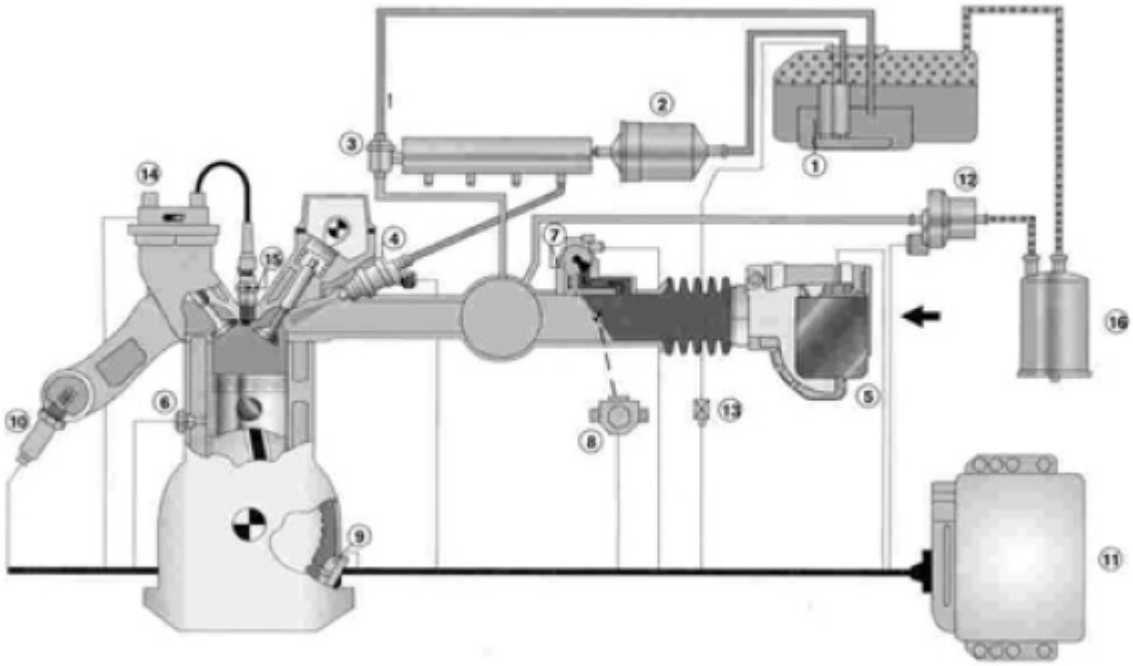


Multipunto
Bosch Jetronic y Motronic

Utiliza una válvula de inyección para cada cilindro del motor.

1 - Tubo distribuidor (entrada de combustible)
2 - Aire
3 - Mariposa de aceleración
4 - Múltiple de admisión
5 - Válvulas de inyección
6 - Motor

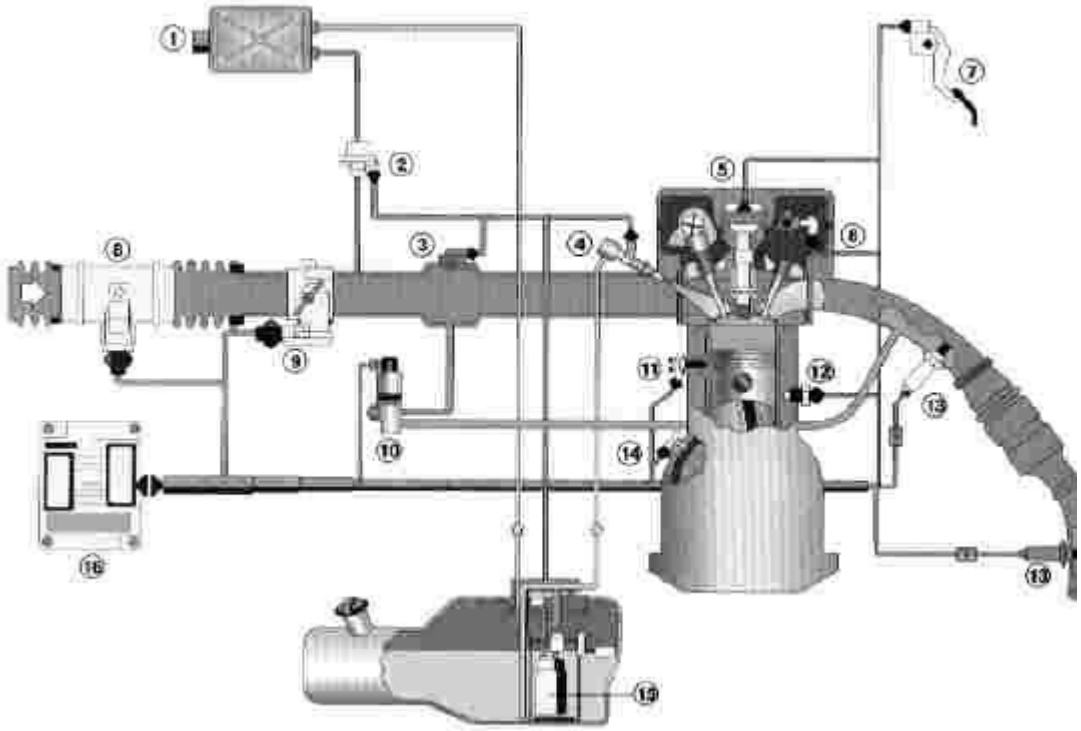
Motronic



1 - Bomba de combustible
2 - Filtro de combustible
3 - Regulador de presión
4 - Válvula de inyección
5 - Medidor de Flujo de aire (Caudalímetro)
6 - Sensor de temperatura
7 - Actuador de ralentí (marcha lenta)
8 - Potenciómetro de la mariposa
9 - Sensor de revoluciones de motor
10 - Sonda lambda
11 - Unidad de comando (inyección + encendido)
12 - Válvula de ventilación del tanque
13 - Relé de comando
14 - Bobina de encendido
15 - Bujía de encendido
16 - Cánister

El sistema Motronic es un sistema multipunto que trae incorporado en la unidad de comando tanto el mando de la inyección como el sistema de encendido.
Este sistema posee sonda lambda instalada en el tubo de escape para monitorear los gases producidos por la combustión y modificar las características de la mezcla. Este sistema es digital, posee memoria de adaptación y también memoria de averías.
En los vehículos que no utilizan distribuidor, el control del momento del encendido (chispa) se hace por un sensor de revoluciones instalado en el volante del motor (rueda fónica - rueda con dientes).
En Motronic, hay una válvula de ventilación del tanque, también conocida como válvula del cánister, que sirve para reaprovechar los vapores del combustible, que son altamente peligrosos, contribuyendo así a la reducción de la contaminación, que es la principal ventaja de la inyección.

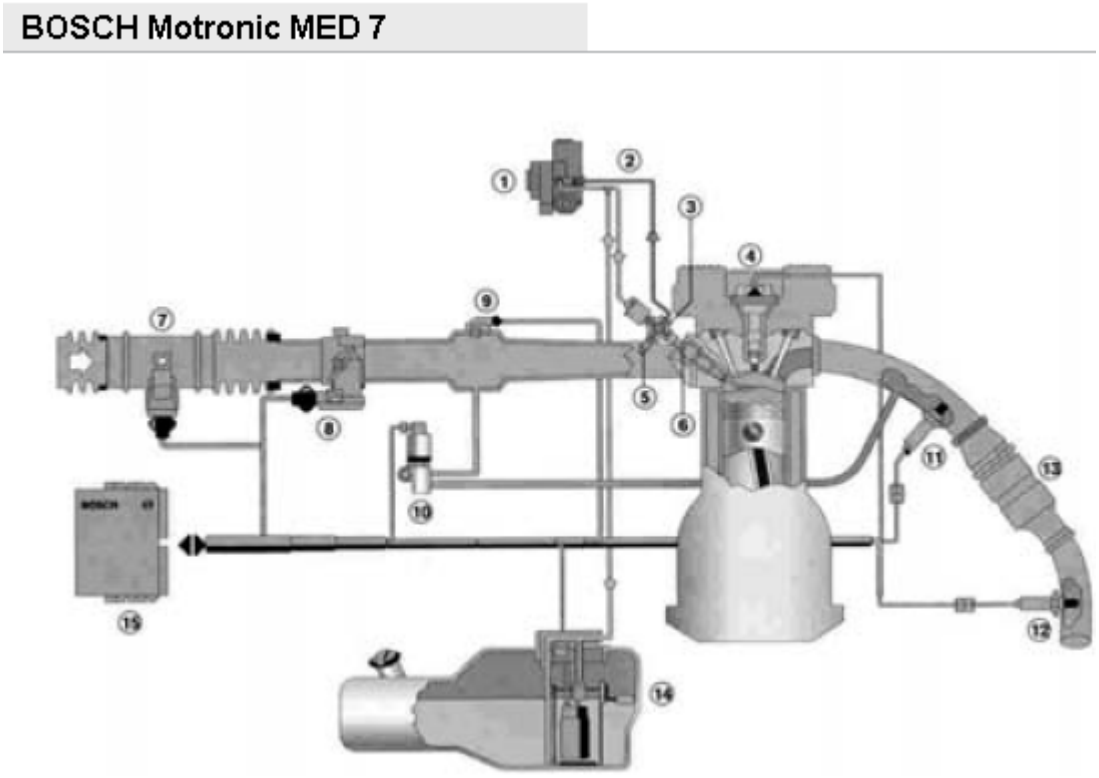
Motronic ME 7



1 – Cánister
2 - Válvula de bloqueo de cánister
3 - Sensor de presión
4 - Tubo distribuidor / Válvula de inyección
5 - Bobina/ Bujía de encendido
6 - Sensor de fase
7 - Pedal de acelerador electrónico
8 - Medidor de masa de aire/Sensor de temperatura
9 - Cuerpo de mariposa electrónico
10 - Válvula (EGR)
11 - Sensor de picado
12 - Sensor de temperatura del agua
13 - Sonda lambda
14 - Sensor de RPM y PMS
15 - Bomba de combustible
16 - Unidad de comando

La principal característica de este sistema es un comando electrónico de aceleración que consiste en un motor eléctrico que gobierna la mariposa ajustando los impulsos del pedal acelerador para proporcionar una mejor respuesta, economía y comfort.
El deseo del conductor se capta a través del pedal del acelerador electrónico. La unidad de comando determina el torque que se necesita y a través de análisis del régimen de funcionamiento del motor y de las exigencias de los demás accesorios como el aire acondicionado, control de tracción, sistemas de frenos ABS, ventilador de radiador y otros más, se define la estrategia de torque, resultando así el momento exacto del encendido, volumen de combustible y apertura de la mariposa.
La estructura modular de software y hardware, proporciona configuraciones específicas para cada motor y vehículo. El comando electrónico de mariposa proporciona mayor precisión, reduciendo el consumo de combustible y mejorando la conducción. Este sistema contrario a lo que se podría pensar, garantiza total seguridad de funcionamiento.

INYECCION DIRECTA

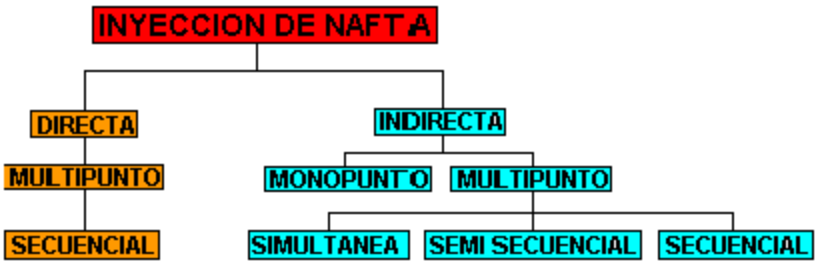


1 – Bomba de alta presión
2 – Válvula de control de presión
3 – Tubo distribuidor
4 – Bobina de encendido
5 – Censor de presión
6 – Válvula de inyección
7 – Censor de masa de aire con sensor de temperatura integrado
8 – Cuerpo de mariposa (EGAS)
9 – Censor de presión absoluta
10 – Válvula (EGAS)
11 – Sonda lambda (LSU)
12 – Sonda lambda (LSF)
13 – Catalizador
14 – Pre-bomba de combustible
15 – Unidad de comando

El sistema de inyección directa de combustible MED7 es uno de los más avanzados del mundo.
El permite que el combustible se pulverice directamente en la cámara de combustión, bajo presiones de alrededor de 160 bar (2.272 lbs).
En los sistemas MED 7 se utiliza una bomba de baja presión dentro del tanque (bomba tradicional sumergida), que envía el combustible a una bomba mecánica principal, donde la presión se aumenta a los valores mencionados.
El inyector recibe el combustible bajo alta presión y lo inyecta directamente en la cámara de combustión.

Beneficios:
• Mayor rendimiento del motor.
• Mejor aprovechamiento y economía del combustible.
• Mínima emisiones de gases contaminantes.

Clasificación de la Inyección Electrónica de Combustible de acuerdo a la estrategia de accionamiento de los inyectores por medio del Módulo de Control Electrónico (ECU)

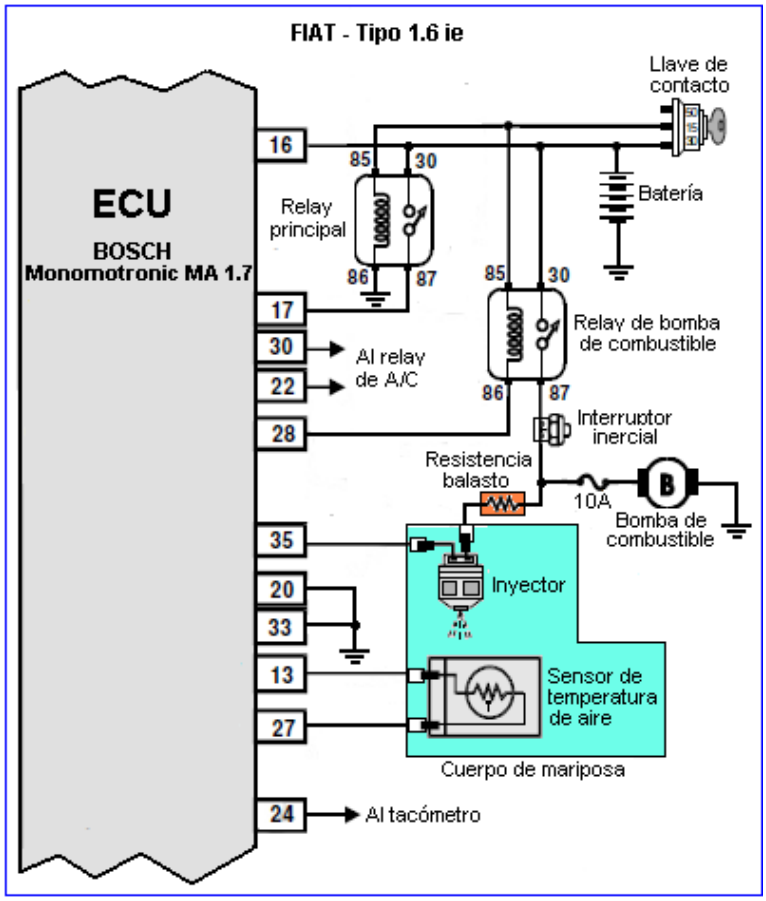


❖ INDIRECTA MONOPUNTO

En este sistema, la ECU, para controlar la cantidad de combustible que debe inyectar sigue dos estrategias distintas para determinar en que momento debe accionar la apertura del único inyector:

- **Funcionamiento sincrónico**
  La apertura del inyector es sincronizada con el encendido.
  La ECU cada vez que da la orden para que se produzca un encendido, ordena una inyección. Esta acción genera dos inyecciones por vuelta de cigüeñal.

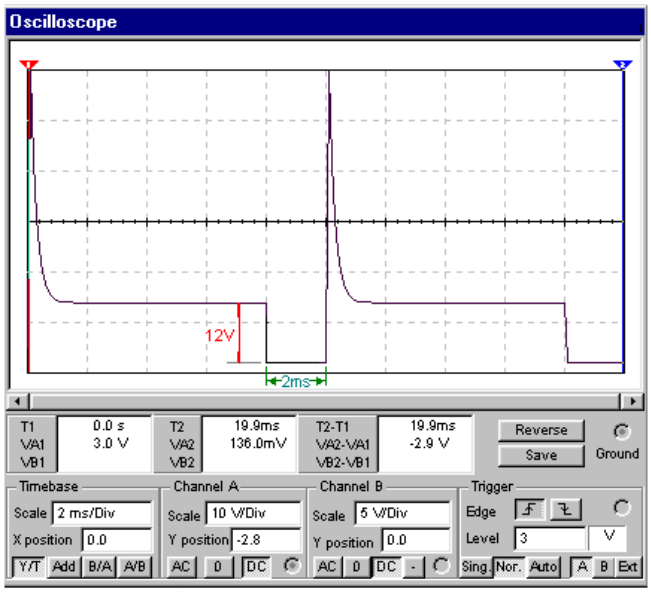
- **Funcionamiento asincrónico**
  En determinadas condiciones de funcionamiento del motor, por ejemplo en altas revoluciones o con tiempos de inyección muy cortos y debido a la inercia electromecánica de los inyectores, la ECU ya no inyecta cada vez que ordena un encendido sino que sigue lo establecido en el programa contenido en su memoria para esas condiciones de funcionamiento del motor.



Sistema BOSCH
Monomotronic MA 1.7

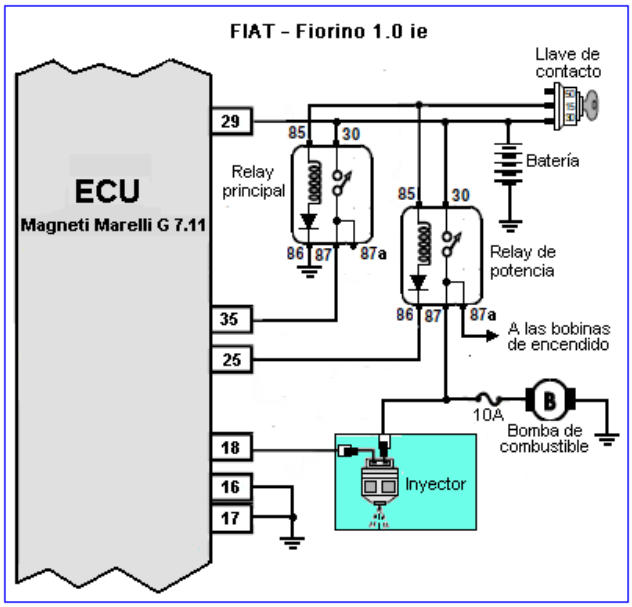
Resistencia del inyector:
2 ohm
Resistencia balasto:
3 ohm

Debido a que el sistema utiliza un inyector cuyo bobinado tiene una baja resistencia, alrededor de 2 ohm, se coloca una resistencia en serie con él para limitar la máxima intensidad de corriente que puede circular por mismo.
Esta resistencia es denominada "Resistencia Balasto" y su valor es de alrededor de 3 ohm. Esta construida con alambre especial bobinado sobre una forma cilíndrica de porcelana y encapsulada con este material.
Generalmente está montada en el vano motor sobre la pared corta fuego.



Pulso de inyección visto con osciloscopio digital en el Pin 35 de la ECU

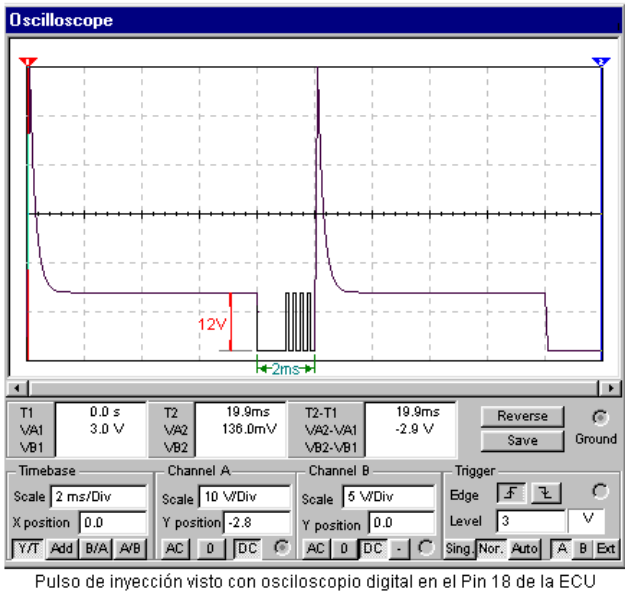
A la izquierda se muestra el pulso de inyección impuesto por la ECU, visto en la pantalla de un osciloscopio digital.
El tiempo de inyección esta dentro de los límites de funcionamiento normal del motor. Normalmente en un sistema mono punto este tiempo varía entre:
1,7 ms a 2,4 ms según las condiciones exigidas al motor, su temperatura, etc.
En arranque y con el motor frío, el tiempo de inyección puede llegar a 10 ms o más, el motor arranca con un régimen de aproximadamente 1500 RPM y a medida que se eleva su temperatura desciende el tiempo de inyección y las RPM hasta llegar al régimen normal.



Sistema Mono punto
Magneti Marelli G 7.11

Resistencia del inyector: 2 ohm

Este sistema también utiliza un inyector cuyo bobinado tiene una baja resistencia, alrededor de 2 ohm, pero en lugar de insertar una resistencia en serie con el inyector para limitar la máxima intensi - dad de corriente que puede circular por él, sis - tema emplea una estrategia de la ECU para este fin.
El pulso de inyección está conformado por un pulso base y se completa con una serie de pulsos sucesivos de alta frecuencia cuyo número depende
del tiempo total de inyección que debe imponer la ECU. De este modo la corriente promedio circulante por el inyector se limita a un máximo pre establecido.
Durante los pulsos el tiempo en que el inyector queda desactivado, a causa de su inercia magnética y mecánica, dicho tiempo no es lo suficientemente largo para que este se cierre.



Pulso de inyección visto con osciloscopio digital en el Pin 18 de la ECU

A la izquierda se muestra el pulso de inyección impuesto por la ECU, visto en la pantalla de un osciloscopio digital.
El tiempo de inyección esta dentro de los límites de funcionamiento normal del motor, entre 1,7 ms a 2,4 ms según las condiciones exigidas al motor, su temperatura, etc.
El comportamiento en el arranque en frío es similar al sistema anterior.

❖ INDIRECTA MULTIPUNTO

Los inyectores en un Sistema Multipunto, uno por cada cilindro, son gerenciados por la ECU de un modo determinado para cada sistema en particular.
La inyección en cada cilindro se produce frente a la válvula de admisión.

- **Inyección Simultánea**

  En estos sistemas, la ECU ordena la apertura de todos los inyectores al mismo tiempo produciendo dos inyecciones por cada giro de cigüeñal.
  Con esta estrategia la mayoría de las inyecciones se producen con la válvula de inyección cerrada, caso que el cilindro este en las fases de compresión, expansión, o descarga (escape). El combustible inyectado durante estas fases es acumulado en el múltiple de admisión para ser admitido cuando se abra la válvula de admisión. Pueden acumularse hasta cuatro inyecciones por cilindro.
  Esta mezcla rica facilita el arranque del motor.
  Una vez que el motor arranca, la ECU en base a su programa cambia la estrategia, pasando a ordenar una inyección simultánea por cada giro de cigüeñal. De esta manera la cantidad de inyecciones acumuladas para cada cilindro antes de la apertura de la válvula de admisión es de dos.

INYECCIÓN SIMULTÁNEA

Todos los inyectores se abren al mismo tiempo

- **Estrategia de inyección manejada por el Módulo de Control Electrónico en un Sistema de Inyección Simultánea**

	CILINDROS 1	CILINDROS 2	CILINDROS 3	CILINDROS 4	Condición del ciclo del motor	FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR
iny	compresión ✱	expansión ✱	admisión ✱	descarga ✱	Inicio del ciclo 0° a 180°	**ARRANQUE** Por cada encendido se produce una inyección o sea 2 inyecciones por cada vuelta de cigüeñal
ign / iny	expansión ✱✱	descarga ✱✱	compresión ✱ ⚡	admisión ✱✱	180° a 360°	
ign / iny	descarga ✱✱✱	admisión ✱✱✱	expansión ✱✱	compresión ✱ ⚡	360° a 540°	
ign / iny	admisión ✱✱✱✱	compresión ✱ ⚡	descarga ✱✱✱	expansión ✱✱	Fin del ciclo 540° a 720°	
ign	compresión ⚡	expansión ✱	admisión ✱✱✱	descarga ✱✱	Inicio del ciclo 0° a 180°	**NORMAL** Por cada dos encendidos se produce una inyección o sea 1 inyección por cada vuelta de cigüeñal
ign / iny	expansión ✱	descarga ✱✱	compresión ✱ ⚡	admisión ✱✱✱	180° a 360°	
ign	descarga ✱	admisión ✱✱	expansión ✱	compresión ⚡	360° a 540°	
ign / iny	admisión ✱✱	compresión ✱ ⚡	descarga ✱✱	expansión ✱	Fin del ciclo 540° a 720°	
ign	compresión ⚡	expansión ✱	admisión ✱✱	descarga ✱	Inicio del ciclo 0° a 180°	

✱ - una inyección acumulada
✱✱ - dos inyecciones acumuladas
✱✱✱ - tres inyecciones acumuladas
✱✱✱✱ - cuatro inyecciones acumuladas

✱✱✱ - Cantidad de inyecciones acumuladas

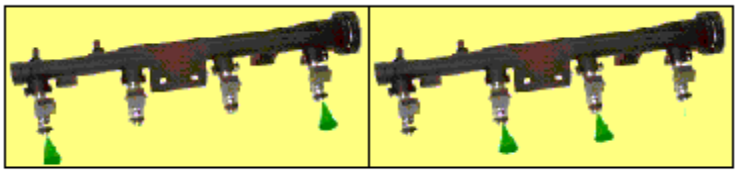
- **Inyección Semi Secuencial o también denominada Banco a Banco**

  En estos sistemas y durante la faz de arranque del motor, la ECU ordena la apertura de todos los inyectores al mismo tiempo produciendo dos inyecciones por cada giro de cigüeñal.
  Con esta estrategia la mayoría de las inyecciones se producen con la válvula de inyección cerrada, caso que el cilindro este en las fases de compresión, expansión, o descarga (escape). El combustible inyectado durante estas fases es acumulado en el múltiple de admisión para ser admitido cuando se abra la válvula de admisión. Pueden acumularse hasta cuatro inyecciones por cilindro.
  Esta mezcla rica facilita el arranque del motor.
  Una vez que el motor arranca, ya la ECU ha identificado a los cilindros que están en carrera ascendente a través de la información que recibe de la rueda fónica y en base a su programa cambia la estrategia, pasando a ordenar una inyección simultánea por cada par de cilindros, activando los inyectores correspondientes a los Cilindros 1 y 4 al mismo tiempo y luego de media vuelta de cigüeñal a los correspondientes a los Cilindros 2 y 3 al mismo tiempo. De esta manera la cantidad de inyecciones acumuladas para cada cilindro antes de la apertura de la válvula de admisión es de dos.

DURANTE EL ARRANQUE

Todos los inyectores abren al mismo tiempo

FUNCIONAMIENTO NORMAL



Cada media vuelta de cigüeñal se abren dos inyectores al mismo tiempo • Cilindros 1 y 4 juntos - Cilindros 2 y 3 juntos

- **Estrategia de inyección manejada por el Módulo de Control Electrónico en un Sistema de Inyección Semi – Secuencial o Banco a Banco**

	CILINDROS 1	CILINDROS 2	CILINDROS 3	CILINDROS 4	Condición del ciclo del motor	FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR
iny	compresión ✱	expansión ✱	admisión ✱	descarga ✱	Inicio del ciclo 0° a 180°	**ARRANQUE** Inyecta simultáneamente en todos los cilindros 2 veces por cada vuelta de cigüeñal
ign / iny	expansión ✱✱	descarga ✱✱	compresión ✱	admisión ✱✱	180° a 360°	
ign / iny	descarga ✱✱✱	admisión ✱✱✱	expansión ✱✱	compresión ✱	360° a 540°	
ign iny. 1 y 4	admisión ✱✱✱✱	compresión	descarga ✱✱	expansión ✱✱	Fin del ciclo 540° a 720°	**NORMAL** Una vez que la ECU identifica los cilindros en fase de admisión, la inyección comienza a realizarse por par de cilindros por vez: Cilindros 1 y 4 simultáneamente y Cilindros 1 y 3 simultáneamente
ign iny. 2 y 3	compresión	expansión ✱	admisión ✱✱✱	descarga ✱✱	Inicio del ciclo 0° a 180°	
ign iny. 1 y 4	expansión ✱	descarga ✱	compresión	admisión ✱✱✱	180° a 360°	
ign iny. 2 y 3	descarga ✱	admisión ✱✱	expansión ✱	compresión	360° a 540°	
ign iny. 1 y 4	admisión ✱✱	compresión	descarga ✱	expansión ✱	Fin del ciclo 540° a 720°	
ign iny. 2 y 3	compresión	expansión ✱	admisión ✱✱	descarga ✱	Inicio del ciclo 0° a 180°	
ign iny. 1 y 4	expansión ✱	descarga ✱	compresión	admisión ✱✱	180° a 360°	

✱ - una inyección acumulada
✱✱ - dos inyecciones acumuladas
✱✱✱ - tres inyecciones acumuladas
✱✱✱✱ - cuatro inyecciones acumuladas

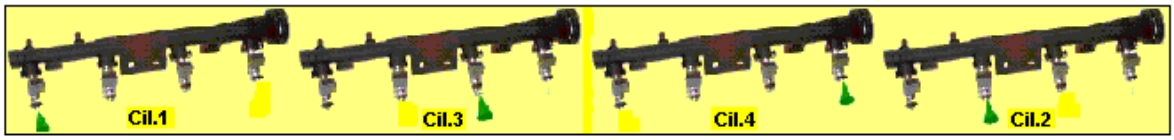
✱✱✱ - Cantidad de inyecciones acumuladas

- **Inyección Secuencial**
  En estos sistemas y durante la faz de arranque del motor, la ECU ordena la apertura de todos los inyectores al mismo tiempo produciendo dos inyecciones por cada giro de cigüeñal.
  Con esta estrategia la mayoría de las inyecciones se producen con la válvula de inyección cerrada, caso que el cilindro este en las fases de compresión, expansión, o descarga (escape). El combustible inyectado durante estas fases es acumulado en el múltiple de admisión para ser admitido cuando se abra la válvula de admisión. Pueden acumularse hasta cuatro inyecciones por cilindro.
  Esta mezcla rica facilita el arranque del motor.
  Una vez que el motor arranca, ya la ECU ha identificado en que posición del cigüeñal cada cilindro esta en fase de admisión. Esto lo logra a trabes de la información que recibe de la rueda fónica y del sensor de fase y en base a su programa cambia la estrategia, pasando a ordenar la apertura del inyector correspondiente al cilindro que en fase de admisión está abriendo mecánicamente su válvula de admisión.
  La dosificación de combustible que se logra con este sistema es mucho más precisa que en los dos sistemas descriptos anteriormente.

DURANTE EL ARRANQUE

Todos los inyectores abren al mismo tiempo

FUNCIONAMIENTO NORMAL



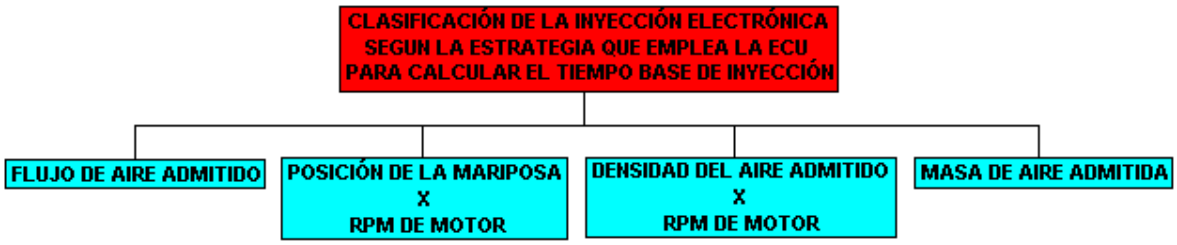
Cada media vuelta de cigüeñal abre el inyector correspondiente al cilindro que está en fase de admisión

- **Estrategia de inyección manejada por el Módulo de Control Electrónico en un Sistema de Inyección Secuencial**

	CILINDROS				Condición del ciclo del motor	FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR
	1	2	3	4		
iny	compresión ✱	expansión ✱	admisión [✱]	descarga ✱	Inicio del ciclo 0° a 180°	**ARRANQUE** Inyecta simultáneamente en todos los cilindros 2 veces por cada vuelta de cigüeñal
ign / iny	expansión ✱✱	descarga ✱✱	compresión ✱ ⚡	admisión [✱✱]	180° a 360°	
ign / iny	descarga ✱✱✱	admisión [✱✱✱]	expansión ✱✱	compresión ✱ ⚡	360° a 540°	
ign iny. 1	admisión [✱✱✱✱]	compresión ⚡	descarga ✱✱	expansión ✱	Fin del ciclo 540° a 720°	**NORMAL** Una vez que la ECU identifica los cilindros en fase de admisión, la inyección comienza a realizarse secuencialmente solamente en el cilindro que está en fase de admisión
ign iny. 3	compresión ⚡	expansión	admisión [✱✱✱]	descarga ✱	Inicio del ciclo 0° a 180°	
ign iny. 4	expansión	descarga	compresión ⚡	admisión [✱✱]	180° a 360°	
ign iny. 2	descarga	admisión [✱]	expansión	compresión ⚡	360° a 540°	
ign iny. 1	admisión [✱]	compresión ⚡	descarga	expansión	Fin del ciclo 540° a 720°	
ign iny. 3	compresión ⚡	expansión	admisión [✱]	descarga	Inicio del ciclo 0° a 180°	
ign iny. 4	expansión	descarga	compresión ⚡	admisión [✱]	180° a 360°	

✱ - una inyección acumulada
✱✱ - dos inyecciones acumuladas
✱✱✱ - tres inyecciones acumuladas
✱✱✱✱ - cuatro inyecciones acumuladas

[✱✱✱] - Cantidad de inyecciones acumuladas



- **FLUJO DE AIRE ADMITIDO**

El **Módulo de Control Electrónico** tiene almacenada en su memoria una **Tabla de Tiempos Básicos de Inyección** basada directamente en el **Caudal de Aire Admitido**.
El caudal de aire que esta siendo admitido en cada momento por el motor, es informado a la ECU por el **Caudalímetro**. De acuerdo a la información recibida ella busca en su memoria el **Tiempo Base de Apertura** que debe aplicar a los inyectores. Este tiempo es modificado por la ECU en función de la **temperatura del aire admitido** o sea en función de la **densidad del mismo**.
Ejemplos de Módulos de Control Electrónico que utilizan esta estrategia:

BOSCH LE-JETRONIC / L3.1 JETRONIC

Módulos de Control Electrónico que utilizan esta estrategia pero que aparte de modificar el Tiempo Base de Inyección en función de la **temperatura del aire admitido**, también lo modifican en función de la información de la **Sonda de Oxígeno (sonda λ)**, por contar con este sensor.

BOSCH MOTRONIC M1.5.1 / M1.5.2 / M1.7.2 / M1.7

- **POSICIÓN DE LA MARIPOSA x RPM DEL MOTOR**

El **Módulo de Control Electrónico** tiene almacenada en su memoria una **Tabla de Tiempos Básicos de Inyección** basada en estos dos parámetros.
Durante el funcionamiento del motor analiza la información que le llega de los respectivos sensores, **TPS y Sensor de RPM y PMS**. Con estos datos y en base a su programa realiza el cálculo correspondiente y consulta la tabla grabada en su memoria, determinando así el **Tiempo de Inyección Básico** correspondiente a cada condición del motor.
El **Tiempo de Inyección Básico** lo modifica en función de la **temperatura del motor, temperatura del aire admitido, información de la sonda de oxígeno (sonda λ).**

Ejemplos de Módulos de Control Electrónico que utilizan esta estrategia:

BOSCH M 1.2.3 / MA 1.7 / MA 3.0 / MP 3.2

- **DENSIDAD DEL AIRE ADMITIDO x RPM DEL MOTOR**

El **Módulo de Control Electrónico** tiene almacenada en su memoria una **Tabla de Tiempos Básicos de Inyección** basada en estos dos parámetros.
Durante el funcionamiento del motor analiza la información que le llega de los respectivos sensores, **MAP (Medidor de Presión Absoluta en el múltiple de admisión)** y desde el **Sensor de Temperatura de Aire**. Con estos datos y en base a su programa realiza el cálculo correspondiente y determina la **Densidad del Aire Aspirado**.
Con este resultado y las **RPM del motor** la ECU realiza un nuevo cálculo:

Densidad del Aire Aspirado × RPM × V_E* (rendimiento volumétrico del cilindro)

con el resultado de este nuevo cálculo busca en la tabla grabada en su memoria el **Tiempo de Inyección Básico** correspondiente a cada condición del motor.
El **Tiempo de Inyección Básico** lo modifica en función de la **temperatura del motor**, de la posición de la mariposa **TPS**, de la **EGR (recirculación de los gases de escape)**, de la **tensión de batería**, de la **información de la sonda de oxígeno (sonda λ)**.

Ejemplos de Módulos de Control Electrónico que utilizan esta estrategia:

BOSCH Motronic - M 1.5.4 / ME 7.3H4 / MP 5.2 / MP 5.1.1 / ME 7.9.6
FIC EEC IV – CFI / EFI
MAGNETI MARELLI – G7 / G7.11 / IAW 49F / IAW 5NF / IAW 1ABW / IAW 1AB
MULTEC – 700 / EMS EFI / EMS MPFI / IEFI 6
DIGIFANT – 1.74 / 1.82
SAGEM – S 2000 / SL 96
SIEMENS – Sirius 32

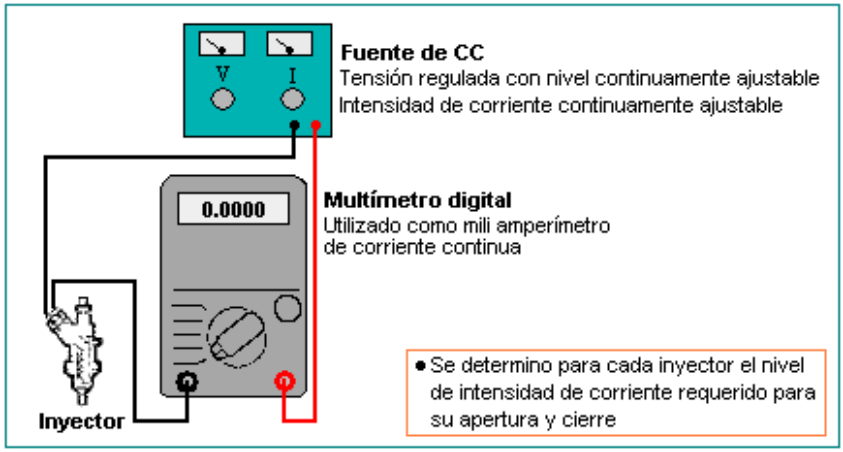
- **MASA DE AIRE**

El **Módulo de Control Electrónico** tiene almacenada en su memoria una **Tabla de Tiempos Básicos de Inyección** basada directamente en la **Masa del Aire Admitido**.
La **Masa del Aire** que esta siendo admitido en cada momento por el motor, es informada a la ECU por el **MAF (medidor de masa de aire)**. De acuerdo a la información recibida ella busca en su memoria el **Tiempo Base de Apertura** que debe aplicar a los inyectores.
El **Tiempo de Inyección Básico** lo modifica en función de la **temperatura del motor**, de la **temperatura del aire admitido**, de la posición de la mariposa **TPS**, de la **EGR (recirculación de los gases de escape)**, de la **tensión de batería**, de la **información de la sonda de oxígeno (sonda λ)**.

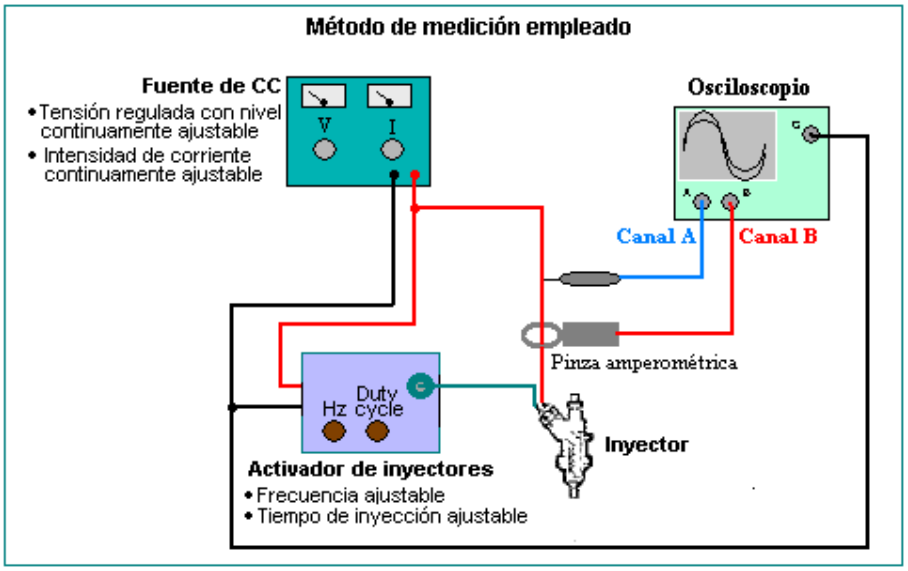
Ejemplos de Módulos de Control Electrónico que utilizan esta estrategia:

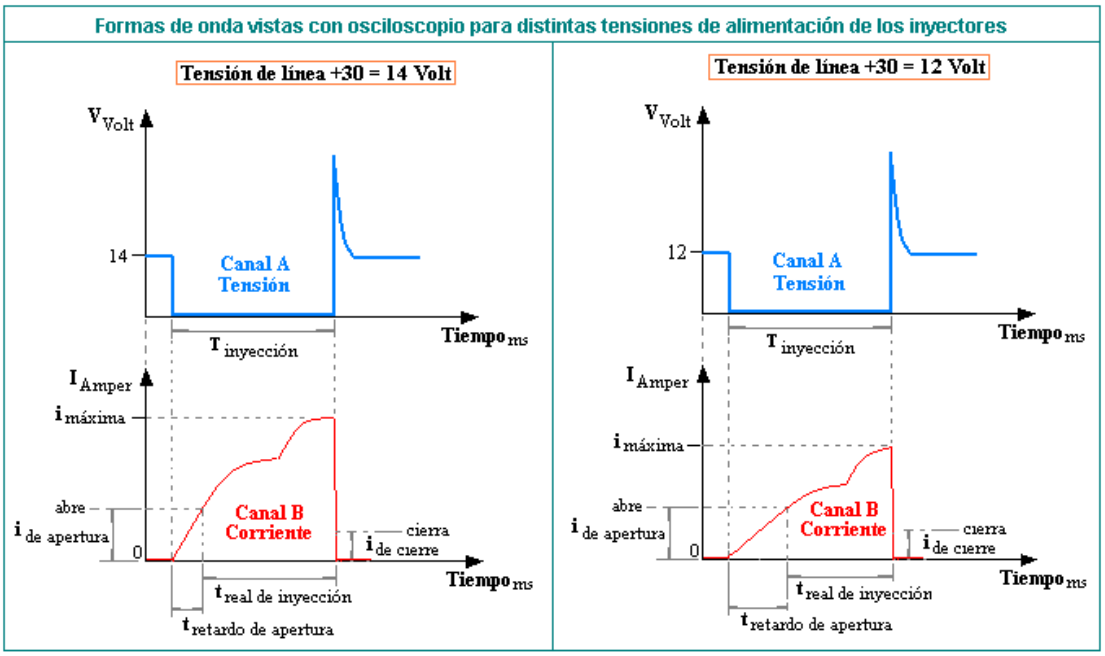
BOSCH Motronic – 1.5.2 / M 2.8 / M 2.9 / M 2.7 / M 2.10.4 / M 3.8.2 / 3 / ME 7.5
HITACHI – M 159 MPI
SIEMENS – Simos 2.1 / 4S / MS 41.1

- **En distintos sistemas el Módulo de Control Electrónico, dentro de los cálculos que realiza para determinar el tiempo de inyección, toma en cuenta la tensión de batería. Este factor es importante debido a que, el tiempo de apertura real del inyector es dependiente de su tensión de alimentación por tratarse de un componente electro magnético. Cabe recordar que el crecimiento del nivel de intensidad de corriente en una bobina es retardado en el tiempo por acción de la fuerza contra electro motriz inducida y que ese retardo es función de la inductancia de la bobina y de la tensión de alimentación de la misma.**



- **Tiempos de inyección reales tomados en automóviles de distinta marca para distintas tensiones de batería.**





$T_{inyección}$ = tiempo durante el que la ECU pone a masa el extremo "A" de la bobina del inyector (tiempo durante el que circula corriente por la bobina del mismo).

$i_{de\ apertura}$ = nivel de intensidad de corriente a la que se abre el inyector.

$i_{de\ cierre}$ = nivel de intensidad de corriente a la que se cierra el inyector.

$i_{máxima}$ = nivel máximo de intensidad de corriente que llega a circular por el inyector.

$t_{real\ de\ inyección}$ = tiempo que permanece abierto el inyector permitiendo la entrada de combustible al cilindro.

$t_{retardo\ de\ apertura}$ = tiempo que transcurre desde que la ECU puso a masa el extremo "A" de la bobina del inyector y la apertura de este.

FIAT SIENA Motor Fire 16V – Sistema ME 7.3H4 – Inyección secuencial

Resistencia de la bobina del inyector (en frio) = 14,4 ohm

Tensión +30 = 14 Volt

$T_{inyección}$ = 3 mili segundos
$i_{de\ apertura}$ = 0,250 Amper
$i_{de\ cierre}$ = 0,098 Amper

$i_{máxima}$ = 0,972 Amper
$t_{retardo\ de\ apertura}$ = 0,240 mili segundos
$t_{real\ de\ inyección}$ = 2,760 mili segundos

Tensión +30 = 12 Volt

$T_{inyección}$ = 3 mili segundos
$i_{de\ apertura}$ = 0,250 Amper
$i_{de\ cierre}$ = 0,098 Amper

$i_{máxima}$ = 0,830 Amper
$t_{retardo\ de\ apertura}$ = 0,440 mili segundos
$t_{real\ de\ inyección}$ = 2,560 mili segundos

CHEVROLET CORSA MOTOR 1.6 – Sistema Multec – Inyección semi secuencial

Resistencia de la bobina del inyector (en frio) = 11,8 ohm

Tensión +30 = 14 Volt

$T_{inyección}$ = 2 mili segundos
$i_{de\ apertura}$ = 0,300 Amper
$i_{de\ cierre}$ = 0,120 Amper

$i_{máxima}$ = 1,180 Amper
$t_{retardo\ de\ apertura}$ = 0,400 mili segundos
$t_{real\ de\ inyección}$ = 1,600 mili segundos

Tensión +30 = 12 Volt

$T_{inyección}$ = 2 mili segundos
$i_{de\ apertura}$ = 0,300 Amper
$i_{de\ cierre}$ = 0,120 Amper

$i_{máxima}$ = 1,000 Amper
$t_{retardo\ de\ apertura}$ = 0,600 mili segundos
$t_{real\ de\ inyección}$ = 1,400 mili segundos

RENAULT MEGANE Motor F3R 1.8 – Sistema Fenix 5 – Inyección secuencial

Resistencia de la bobina del inyector (en frio) = 14,0 ohm

Tensión +30 = 14 Volt

$T_{inyección}$ = 3 mili segundos
$i_{de\ apertura}$ = 0,340 Amper
$i_{de\ cierre}$ = 0,170 Amper

$i_{máxima}$ = 1,180 Amper
$t_{retardo\ de\ apertura}$ = 0,280 mili segundos
$t_{real\ de\ inyección}$ = 2,720 mili segundos

Tensión +30 = 12 Volt

$T_{inyección}$ = 3 mili segundos
$i_{de\ apertura}$ = 0,340 Amper
$i_{de\ cierre}$ = 0,170 Amper

$i_{máxima}$ = 1,000 Amper
$t_{retardo\ de\ apertura}$ = 0,320 mili segundos
$t_{real\ de\ inyección}$ = 2,680mili segundos

FORD ESCORT Motor Zetec 1.8 16V – Sistema EEC V – Inyección secuencial

Resistencia de la bobina del inyector (en frio) = 14,3 ohm

Tensión +30 = 14 Volt

$T_{inyección}$ = 3 mili segundos
$i_{de\ apertura}$ = 0,260 Amper
$i_{de\ cierre}$ = 0,130 Amper

$i_{máxima}$ = 0,970 Amper
$t_{retardo\ de\ apertura}$ = 0,200 mili segundos
$t_{real\ de\ inyección}$ = 2,800 mili segundos

Tensión +30 = 12 Volt

$T_{inyección}$ = 3 mili segundos
$i_{de\ apertura}$ = 0,260 Amper
$i_{de\ cierre}$ = 0,130 Amper

$i_{máxima}$ = 0,840 Amper
$t_{retardo\ de\ apertura}$ = 0,480 mili segundos
$t_{real\ de\ inyección}$ = 2,520 mili segundos

FORD GALAXY 2.0 – Sistema EEC IV – Inyección semi secuencial

Resistencia de la bobina del inyector (en frio) = 15,7 ohm

Tensión +30 = 14 Volt

$T_{inyección}$ = 2 mili segundos
$i_{de\ apertura}$ = 0,260 Amper
$i_{de\ cierre}$ = 0,140 Amper

$i_{máxima}$ = 0,875 Amper
$t_{retardo\ de\ apertura}$ = 0,320 mili segundos
$t_{real\ de\ inyección}$ = 1,680 mili segundos

Tensión +30 = 12 Volt

$T_{inyección}$ = 2 mili segundos
$i_{de\ apertura}$ = 0,260 Amper
$i_{de\ cierre}$ = 0,140 Amper

$i_{máxima}$ = 0,750 Amper
$t_{retardo\ de\ apertura}$ = 0,560 mili segundos
$t_{real\ de\ inyección}$ = 1,440 mili segundos

Recuerde que por acción de la Bomba de Combustible y del Regulador de Presión de Combustible, el mismo llega a los Inyectores con Presión y Caudal Constantes para todas las condiciones de marcha del motor. Esto permite que la cantidad de combustible inyectado en todo momento dependa exclusivamente del tiempo que el inyector permanezca abierto.

A continuación se dan algunos ejemplos de presiones de combustible en distintos sistemas de inyección "Mono Punto", y "Multi Punto Simultáneo / Semi Secuencial / Secuencial".

- **FIAT – Fiorino Motor 1.0 ie - 8V – 1996**
  Sistema Magneti Marelli IAW G7.11 – Inyección mono punto
  - Presión de combustible: 1,0 bar - regulador de presión en el cuerpo de mariposa
  - Caudal de la bomba de combustible: 90 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank))

- **FIAT – Tipo Motor 1.6 ie – 1995**
  Sistema Bosch Monomotronic MA 1.7 – Inyección mono punto
  - Presión de combustible: 1,0 bar - regulador de presión, en el cuerpo de mariposa.
  - Caudal de la bomba de combustible: 100 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank))

- **FIAT – Fiorino Motor Fire 1.3 8V – 2003**
  Sistema Magneti Marelli 4AF – Inyección multi punto secuencial
  - Presión de combustible: 3,0 bar - regulador de presión, en el tanque de combustible a la salida de la bomba.
  - Caudal de la bomba de combustible: 100 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank))

- **FIAT – Marea Motor 2.0 20V - 2000**
  Sistema Bosch Motronic M 2.10.4 – Inyección multipunto secuencial
  - Presión de combustible: 2,6 bar con vacío conectado – 3,0 bar sin vacío conectado (regulador de presión en la rampa de inyectores)
  - Caudal de la bomba de combustible: 100 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank))

- **FIAT – Palio Motor 1.5 - 2004**
  Sistema Magneti Marelli IAW 1G7 – Inyección multipunto semi secuencial
  - Presión de combustible: 2,6 bar con vacío conectado – 3,0 bar sin vacío conectado (regulador de presión en la rampa de inyectores)
  - Caudal de la bomba de combustible: 100 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank))

- **FIAT – Palio Motor Fire 1.0 16V – 2003**
  Sistema Bosch Motronic ME 7.3 H4 – Inyección multipunto secuencial
  - Presión de combustible: 3,0 bar - regulador de presión, en el tanque de combustible a la salida de la bomba.
  - Caudal de la bomba de combustible: 100 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank))

- **FORD – Escort Motor 1.6 - 1996**
  Sistema EEC IV EFI – Inyección mono punto
  - Presión de combustible: 1,0 bar – regulador de presión en el cuerpo de mariposa.
  - Caudal de la bomba de combustible: 100 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank))

- **FORD – Fiesta Motor 1.3 - 1996**
  Sistema EEC IV CFI – Inyección mono punto
  - Presión de combustible: 1,0 bar – regulador de presión en el cuerpo de mariposa.
  - Caudal de la bomba de combustible: 60 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank))

- **FORD – Fiesta Motor 1.3 - 1996**
  Sistema EEC IV CFI – Inyección mono punto
- Presión de combustible: 1,0 bar – regulador de presión en el cuerpo de mariposa.
- Caudal de la bomba de combustible: 60 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank))

- **FORD – Escort Motor 1.6 - 1996**
  Sistema EEC IV EFI – Inyección multipunto secuencial
- Presión de combustible: 3,0 bar - regulador de presión, en el tanque de combustible a la salida de la bomba.
- Caudal de la bomba de combustible: 105 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank))

- **FORD – Escort Motor 1.6 - 2002**
  Sistema EEC IV EFI – Inyección multipunto secuencial
- Presión de combustible: 3,0 bar - regulador de presión, en el tanque de combustible a la salida de la bomba.
- Caudal de la bomba de combustible: 105 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank))

- **FORD – Orion Motor 2.0 - 1996**
  Sistema EEC IV EFI – Inyección multipunto semi secuencial
- Presión de combustible: 3,0 bar - regulador de presión en la rampa de inyectores.
- Caudal de la bomba de combustible: 100 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank))

- **General Motors – Corsa Motor 1.0 EFI – 1995**
  - **Sistema Multec TBI – Inyección mono punto**
  - Presión de combustible: 1,0 bar – regulador de presión en el cuerpo de mariposa.
  - Caudal de la bomba de combustible: 80 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank

- **General Motors – Corsa Motor 1.0 MPFI – 2002**
  - **Sistema Multec IEFI - 6 – Inyección multipunto semi secuencial**
  - Presión de combustible: 1,0 bar – regulador de presión en el cuerpo de mariposa.
  - Caudal de la bomba de combustible: 80 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank

- **General Motors – Meriva Motor 1.8 16V – 2005**
  - **Sistema Multec H – Inyección multipunto secuencial**
  - Presión de combustible: 3,0 bar - regulador de presión en la rampa de inyectores.
  - Caudal de la bomba de combustible: 100 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank))

- **General Motors – Astra Motor 2.0 16V – 2005**
  Sistema Bosch Motronic 1.5.5 – Inyección multipunto secuencial
- Presión de combustible: 2,8 bar - regulador de presión, en el tanque de combustible a la salida de la bomba. .
- Caudal de la bomba de combustible: 100 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank))

- **General Motors – Vectra-B Motor 2.0 8V – 2005**
  Sistema Bosch Motronic 1.5.4 – Inyección multipunto secuencial
  - Presión de combustible: 3,0 bar - regulador de presión en la rampa de inyectores.
  - Caudal de la bomba de combustible: 100 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank))

- **PEUGEOT – 106 Motor 1.0 – 2001**
  Sistema Bosch Mono Motronic MA 3.1 – Inyección mono punto
  - Presión de combustible: 1,0 bar – regulador de presión en el cuerpo de mariposa.
  - Caudal de la bomba de combustible: 90 l/h (externa a el tanque de combustible)

- **PEUGEOT – 406 SW Motor 1.8 16V – 2004**
  Sistema Magneti Marelli IAW 1AP – Inyección multi punto semi secuencial
  - Presión de combustible: 2,8 bar – regulador de presión en la rampa de inyectores.
  - Caudal de la bomba de combustible: 90 l/h (externa a el tanque de combustible)

- **PEUGEOT – 306 SW Motor 1.8 16V – 2004**
  Sistema Magneti Marelli IAW 8P – Inyección multi punto simultánea.
  - Presión de combustible: 2,8 bar – regulador de presión en la rampa de inyectores.
  - Caudal de la bomba de combustible: 90 l/h (externa a el tanque de combustible)

- **PEUGEOT – 206 SW Motor 1.0 16V – 2006**
  Sistema Magneti Marelli IAW 5NP – Inyección multipunto secuencial
  - Presión de combustible: 2,8 bar – regulador de presión en la rampa de inyectores.
  - Caudal de la bomba de combustible: 90 l/h (externa a el tanque de combustible)

- **RENAULT – 19 Motor 1.6 – 1999**
  Sistema Bosch Mono Motronic MA 1.7 – Inyección mono punto
  - Presión de combustible: 1,0 bar – regulador de presión en el cuerpo de mariposa.
  - Caudal de la bomba de combustible: 100 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank))

- **RENAULT – Kangoo Motor 1.6 8V – 2003**
  Sistema Siemens Sirius 32 – Inyección multi punto secuencial.
  - Presión de combustible: 3,0 bar - regulador de presión, en el tanque de combustible a la salida de la bomba. .
  - Caudal de la bomba de combustible: 100 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank)).

- **RENAULT – Laguna Motor 2.0 16V – 2000**
  Sistema Siemens Fenix 5 – Inyección multi punto secuencial.
  - Presión de combustible: 3,0 bar – regulador de presión en la rampa de inyectores.
  - Caudal de la bomba de combustible: 100 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank)).

- **RENAULT – Megane Motor 1.4 16V – 2006**
  Sistema Siemens Sirius 32 – Inyección multi punto secuencial.
  - Presión de combustible: 3,0 bar - regulador de presión, en el tanque de combustible a la salida de la bomba. .
  - Caudal de la bomba de combustible: 100 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank)).

- **VOLKSWAGEM – Gol Motor 1.0 MI 16V - 2005**
  Sistema Magneti Marelli 4LV / 4SV / 4MV – Inyección multi punto secuencial
  - Presión de combustible: 3,0 bar - regulador de presión, en el tanque de combustible a la salida de la bomba. .
  - Caudal de la bomba de combustible: 100 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank)).

- **VOLKSWAGEM – Gol Motor 1.0 MI 8V - 2005**
  Sistema Bosch Motronic MP 9.0 – Inyección multi punto secuencial
  - Presión de combustible: 3,0 bar - regulador de presión, en el tanque de combustible a la salida de la bomba. .
  - Caudal de la bomba de combustible: 90 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank)).

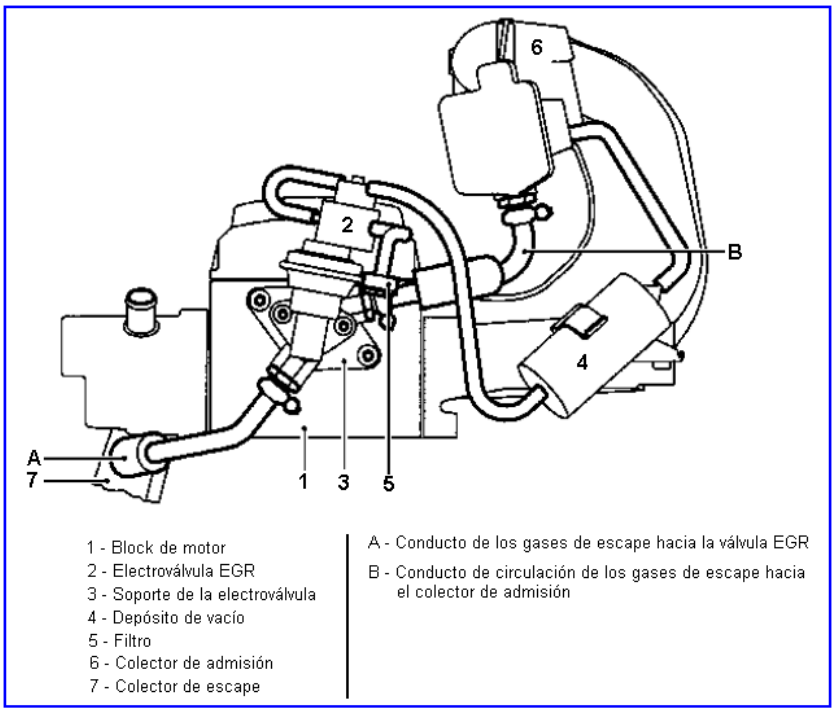
- **VOLKSWAGEM – Gol Motor 1.8 MI - 2005**
  Sistema Magneti Marelli 1AVP – Inyección multi punto secuencial
  - Presión de combustible: 3,0 bar – regulador de presión en la rampa de inyectores.
  - Caudal de la bomba de combustible: 90 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank)).

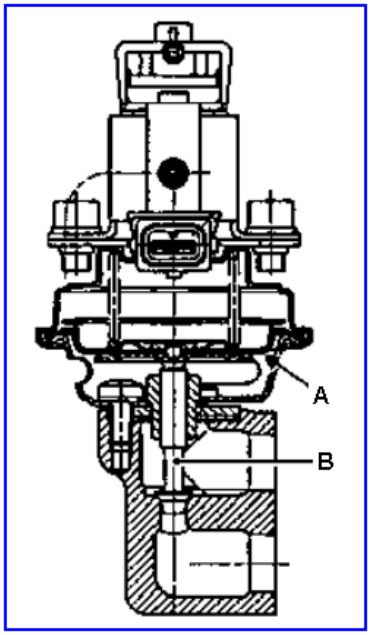
- **VOLKSWAGEM – Polo Motor 2.0 - 2002**
  Sistema Bosch ME 7.5.10 – Inyección multi punto secuencial
  - Presión de combustible: 3,0 bar – regulador de presión, en el tanque de combustible a la salida de la bomba.
  - Caudal de la bomba de combustible: 90 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank)).

- **VOLKSWAGEM – Golf GTI Motor 2.0 - 1998**
  Sistema Digifant – Inyección multi punto simultánea
  - Presión de combustible: 3,2 bar – regulador de presión en la rampa de inyectores.
  - Caudal de la bomba de combustible: 100 l/h (sumergida en el tanque de combustible – In Tank)).

RECIRCULACIÓN DE LOS GASES DE ESCAPE (EGR)

Se utiliza la recirculación de los gases de escape por la admisión para reducir el Óxido de Nitrógeno (NOx) contenido en estos gases.
En una conducción en la que se demanda elevadas cargas al motor, la temperatura en las cámaras de combustión es elevada. Una temperatura elevada en las cámaras favorece la formación de NOx, gas altamente contaminante del medio ambiente. Una forma sencilla de reducir la formación de óxido de nitrógeno es bajar la temperatura de las cámaras de combustión, esto se logra produciendo la recirculación de los gases inertes derivados de la combustión, presentes en el escape del motor.



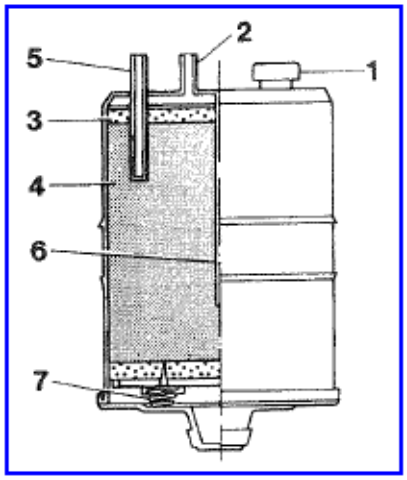


Principio de funcionamiento de la electroválvula EGR

La electroválvula EGR es comandada por el calculador de inyección y encendido (ECU) activándola por masa. La señal de activación es un pulso de onda cuadrada de duty cycle variable (PWM) que permite modular la apertura de la electroválvula, regulando así la cantidad de gases de escape derivados hacia el colector de admisión.
En función de esta señal la electroválvula aplica sobre la menbrana "A" una parte cuantificada de la depresión existente en el colector de admisión. La menbrana "A" se desplaza y tira de la corredera "B" permitiendo el paso de los gases de escape, aspirados por depresión hacia el colector de admisión.
La ECU activa la electroválvula EGR para ciertas condiciones de funcionamiento del motor:

- Temperatura del líquido refrigerante del motor superior a 20º C
- Temperatura de aire superior a 5º C
- Carga parcial del motor
- Depresión en el colector de admisión superior a un umbral pre establecido por programa

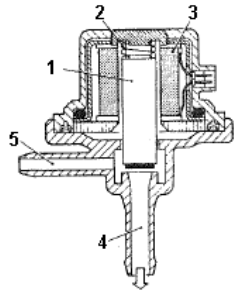
FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO (CANISTER)



Filtro de carbón activado

Está compuesto por gránulos de carbón (4) que almacenan los vapores de nafta provenientes del tanque de combustible a través de la toma (5).
Aire exterior entra por la toma (1) , atraviesa el filtro de papel (3) y arrastra los vapores de combustible almacenados canalizándolos hacia el manguito de salida (2) que esta conectada con la Electroválvula de Purga.
La división (6) asegura que el aire aspirado pase por todos los gránulos de carbón favoreciendo su canalización hacia el colector de admisión.
Los dos resortes (7) permiten la dilatación de la masa de los gránulos de carbón cuando la presión en el filtro aumenta.

Electroválvula interceptora de vapores de combustible



1 - Núcleo de la válvula
2 - Resorte antagónico de compresión
3 - Bobina
4 - Salida hacia la admisión
5 - Conducto hacia el filtro de carbón activado

Electroválvula de Purga del Canister Normal Cerrada

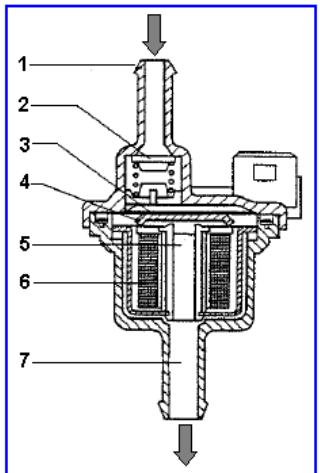
La función de esta válvula es la de controlar, mediante la ECU de Inyección / Encendido, la cantidad de vapores de combustible almacenados en el filtro de carbón activado y que son dirigidos hacia el colector de admisión.

Funcionamiento:

- durante la fase de arranque del motor la válvula permanece cerrada impidiendo que los vapores de combustible enriquezcan excesivamente la mezcla.
  La válvula se mantiene en esta condición hasta que la ECU detecte que el motor ha alcanzado una temperatura prefijada en su programa.
- con el motor caliente la ECU gobierna la apertura de la electro-válvula por masa con una señal de duty cycle variable.

De este modo la ECU controla la cantidad de vapores de combus-tible enviados a la admisión, evitando variaciones importantes en la composición de la mezcla aire / combustible.

Electroválvula de Purga del Canister Normal Abierta



1 - Toma de entrada
2 - Vlavula antirretorno
3 - Lámina resorte antagónico
4 - Obturador
5 - Canal de salida
6 - Electroimán
7 - Toma de salida

La función de esta válvula es la de controlar, mediante la ECU de Inyección / Encendido, la cantidad de vapores de combustible almacenados en el filtro de carbón activado y que son dirigidos hacia el colector de admisión.

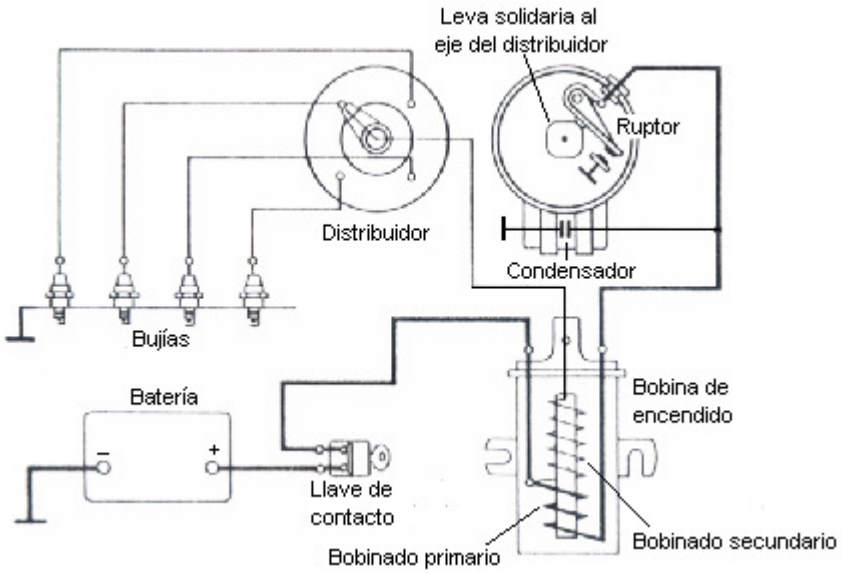
Funcionamiento:

- Al poner el auto en contacto la ECU de Inyección / Encendido cierra la válvula poniendo a masa un extremo de la bobina del electroimán, el otro extremo está conectado al positivo de ba - tería. El electroimán (6) al ser exitado atrae el obturador (4) ven-ciendo el resorte antagónico (3), cierra el conducto (5) impidien-do el paso de los vapores de gasolina almacenados en el filtro de carbón activado y que son dirigidos hacia el colector de ad - misión.
- durante la fase de arranque del motor la válvula permanece cerrada impidiendo que los vapores de combustible enriquezcan excesivamente la mezcla.
  La válvula se mantiene en esta condición hasta que la ECU detecte que el motor ha alcanzado una temperatura prefijada en su programa.
- con el motor caliente la ECU gobierna la apertura de la electro-válvula por masa con una señal de duty cycle variable.

De este modo la ECU controla la cantidad de vapores de combus-tible enviados a la admisión, evitando variaciones importantes en la composición de la mezcla aire / combustible,sobre todo al ralentí.

SISTEMAS DE ENCENDIDO

Principio de funcionamiento de un encendido compuesto por bobina, ruptor (platinos o puntos) y capacitor (condensador)



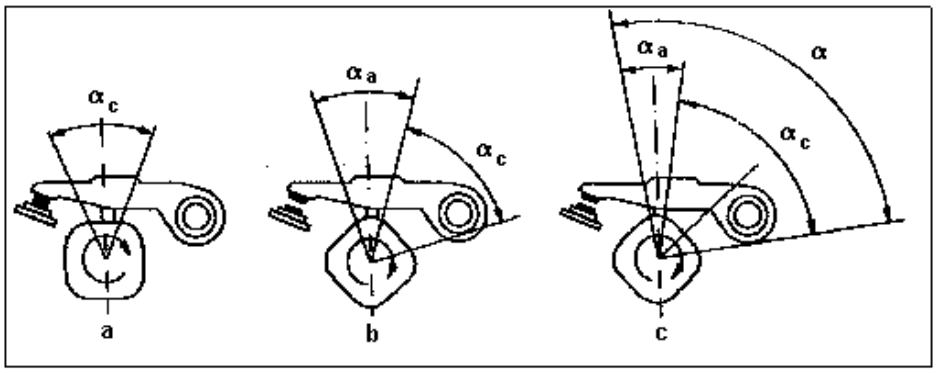
Como se puede observar en la figura precedente, un sistema de encendido convencional está constituido por una Fuente de Energía Eléctrica (batería); una Bobina de Encendido (transformador elevador de tensión); un Ruptor (platinos); un Condensador; un distribuidor y bujías.

La bobina de encendido es un transformador elevador de tensión como se vio anteriormente, un transformador de este tipo tiene menor cantidad de vueltas en el bobinado primario que en el secundario, asumimos que en la bobina de este ejemplo la relación de vueltas es de : 1 : 150. Es decir por cada espira existente en el bobinado primario hay 150 espiras en el bobinado secundario.
Los bobinados primario y secundario están construidos con alambre de cobre esmaltado, el primario de sección gruesa y pocas vueltas (un valor normal seria 100 vueltas) y el secundario de sección fina y de unas 15.000 vueltas (150 veces más que el primario).
La resistencia del conductor primario en una bobina utilizada en un sistema de encendido con platinos debe estar, como mínimo, alrededor de 3 ohms. Esto es debido a que la máxima corriente que puede manejar un ruptor está comprendida alrededor de los 4 amperes, corrientes mayores producirán una temperatura en el mismo demasiado elevada y como consecuencia un rápido deterioro de los contactos.
Observe que por Ley de Ohm, la máxima corriente que puede circular por la bobina del primario es de:
I = V / R = 12 volts / 3 ohms = 4 amperes

Estando la llave de contacto cerrada, la bobina de encendido queda alimentada con + 12 volts. Observemos que al girar la leva solidaria con el eje del distribuidor, producirá el cierre y apertura de los contactos del ruptor. Cuando estos estén cerrados, el bobinado primario de la bobina queda conectado directamente a la batería (+ por la llave de contacto y – a través de los contactos del ruptor). En estas condiciones comenzará a circular corriente por el primario, produciendo esta la expansión del campo magnético generado en el mismo.

- ***Recuerde que el crecimiento de la intensidad de corriente es lento, debido a la oposición que le produce la reactancia inductiva del bobinado.***

Como se vio anteriormente, la máxima corriente que puede llegar a circular por el bobinado primario es de 4 amperes (para una tensión de batería ideal de 12 volts), pero esto sucederá siempre y cuando, el tiempo en el que se mantengan los contactos del ruptor cerrados sea suficiente para que la corriente llegue a alcanzar ese máximo.



a) Ruptor con los contactos cerrados. Angulo de cierre αc.
b) Ruptor con los contactos abiertos. Angulo de apertura αa - Angulo de cierre αc.
c) Ruptor con los contactos abiertos.
Angulo de apertura αa + Angulo de cierre αc = Angulo total α

En un motor de cuatro cilindros se producen 2 (dos) chispas por vuelta de motor (1/2 vuelta de distribuidor). Por lo tanto se producirá un encendido cada 180º de giro de motor o cada 90º de distribuidor.

El lapso en el que los contactos del ruptor permanecen cerrados puede expresarse en:

- Grados (geométricos) llamado Angulo de Contacto. Estos grados están referidos a los grados de giro del distribuidor, o sea que si tenemos 90º de giro entre chispas, se están refiriendo a cuantos grados de esos 90º los contactos permanecen cerrados.
  En un motor de 4 cilindros este ángulo se ajusta entre 50º y 60º.
- En % (Dwell). Se refiere porcentualmente a que proporción de los 90º entre encendidos se mantienen cerrados los contactos del ruptor.
  Por ejemplo si el ángulo de contacto fuera de 60º, expresado en Dwell será: 66,66 %
- En tiempo, se expresa en milisegundos. Esto se refiere a cuanto tiempo permanecen cerrados los contactos del ruptor. Es obvio que el ángulo de contacto o el Dwell, son valores invariables, independientes de las revoluciones a que se encuentre girando el motor por tratarse de un ángulo geométrico, pero el tiempo de cierre de los contactos si es variable y dependiente de las revoluciones del motor puesto que es el tiempo que tarda en recorrer dicho ángulo la leva, a mayor rpm lo recorrerá más rápidamente y como consecuencia menor tiempo de cierre de los contactos.

Recuerde esta última consideración, es muy importante para entender una de las principales limitaciones, entre otras, que tiene un encendido convencional con platinos, frente a un encendido manejado electrónicamente.

Luego de todas estas consideraciones supongamos que nuestro motor de 4 cilindros está girando a 800 rpm.
En un segundo cuantas vueltas dará el motor?
Revoluciones de motor/segundo = 800 rpm ÷ 60 seg. = 13,33 rps
¿Que cantidad de encendidos se producirán en un segundo?
Cantidad de encendidos por segundo = 13,33 x 2 = 26,66 chispas/seg.
¿Qué lapso de tiempo transcurrirá entre dos encendidos o chispas?
Tiempo entre chispas = 1 seg. ÷ 26,66 chispas/seg. = 0,0375 seg. = 37,5 milisegundos
A 800 rpm, este tiempo es el empleado por la leva en recorrer los 90º del **Angulo Total α**, que como se ve en la figura anterior encierran el **Angulo de Cierre αc** y el **Angulo de Apertura αa.**
Asumiendo que se ajustó el ángulo de cierre a 54º, podemos calcular el tiempo que tiene la corriente que circula por el bobinado primario para crecer.
Si para recorrer 90º la leva , a dichas rpm, emplea un tiempo de 37,5 ms. ¿cuanto tiempo empleará en recorrer 1º ?
Tiempo en recorrer 1º = 37,5 ms. ÷ 90º = 0,4166 milisegundos
¿Y cuanto tiempo le insumirá en recorrer los 54º de ángulo de cierre αc?
Tiempo de αc = 0,4166 x 54º = 22,5 milisegundos
Este tiempo, 22,5 milisegundos, es el tiempo de que dispone la corriente circulante por el bobinado primario para crecer y así expandir el campo magnético.

- Recuerde que el nivel de la fuerza electromotriz inducida (voltage) en el bobinado secundario, uno de los factores de que depende, es de la máxima intensidad corriente (amperage) circulante por el bobinado primario, pues de ella depende la intensidad del campo magnético.

¿Resulta suficiente este tiempo de 22,5 ms. para que en el primario, de la bobina que estamos utilizando en este ejemplo, la intensidad de corriente alcance a crecer hasta el máximo de 4 amperes y lograr así acumular el máximo de energía en el campo magnético y por consecuencia transferir la máxima potencia al secundario para el encendido?

- Es posible calcular el tiempo que tarda la corriente en crecer hasta prácticamente el 100% del valor máximo que puede alcanzar (en nuestro caso, como ya vimos, ese máximo nivel es de 4 amperes). Este cálculo es para un crecimiento al 98 % del máximo, pero en la práctica se puede tomar como el 100%.

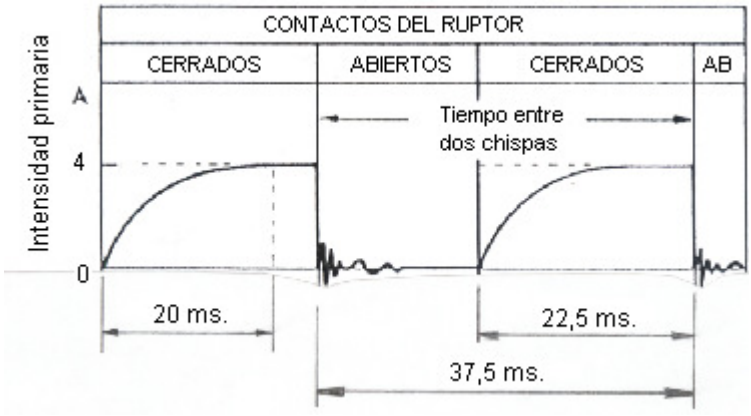
Tcrecimiento = 5 x Lp/Rp

Siendo:
Tcrecimiento (expresado en segundos) = a el tiempo empleado por la corriente circulante por el bobinado primario en alcanzar prácticamente el 100% del máximo nivel que le permite la resistencia del circuito.

Lp = inductancia del bobinado primario expresada en Henry (en una bobina de este tipo, la inductancia primaria es típicamente de 0,012 Henry).

Rp = resistencia del bobinado primario expresada en Ohms. (en nuestro caso como ya se vio es 3 ohms).
Calculamos entonces, para la bobina del ejemplo, el tiempo de crecimiento de la corriente primaria:
Tcrecimiento = 5 x 0,012 / 3 = 0,02 segundos = 20 milisegundos

Como se vio anteriormente, considerando un ángulo de cierre (o contacto **αc**) de 54º y con el motor girando a 800 rpm, el tiempo de que dispone la corriente circulante para crecer es de 22,5 milisegundos.
Se calculó que la corriente en esta bobina tarda 20 milisegundos en alcanzar prácticamente el 100% del máximo posible a alcanzar.
Por lo tanto es posible afirmar que prácticamente la corriente llega a crecer al máximo posible, casi 4 amper, en los 22,5 milisegundos de que dispone.



- **Recuerde que el tiempo disponible para que circule corriente por el primario es válido para:**

1) Un motor de cuatro cilindros.
2) El ángulo de cierre del ruptor ajustado a αc = 54º.
3) El motor girando a 800 rpm.

- Si alguno de estos items es variado, se tendrá que recalcular dicho tiempo.

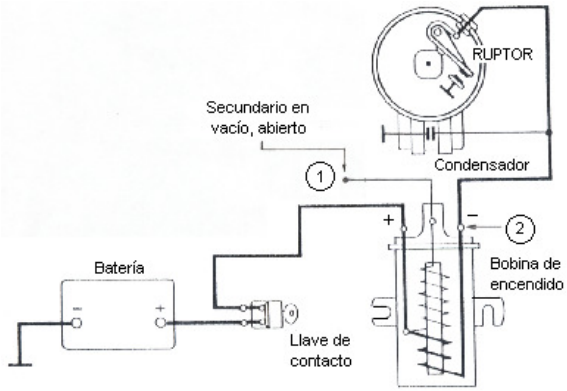
- **El cálculo del tiempo de crecimiento de la corriente primaria es válido:**

1) Para la bobina del ejemplo, que en realidad se trata de una bobina real y los parámetros establecidos de Lp = 0,012 Hy./ Rp = 3 ohms fueron medidos en varios ejemplares.

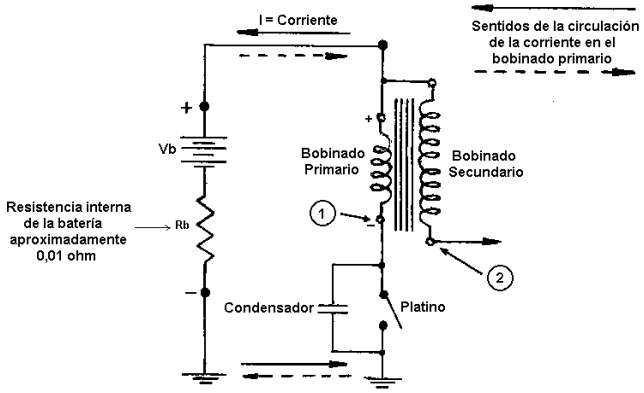
* Si se tomara una bobina cuyos parámetros fueran diferentes, será necesario recalcular el tiempo de crecimiento.

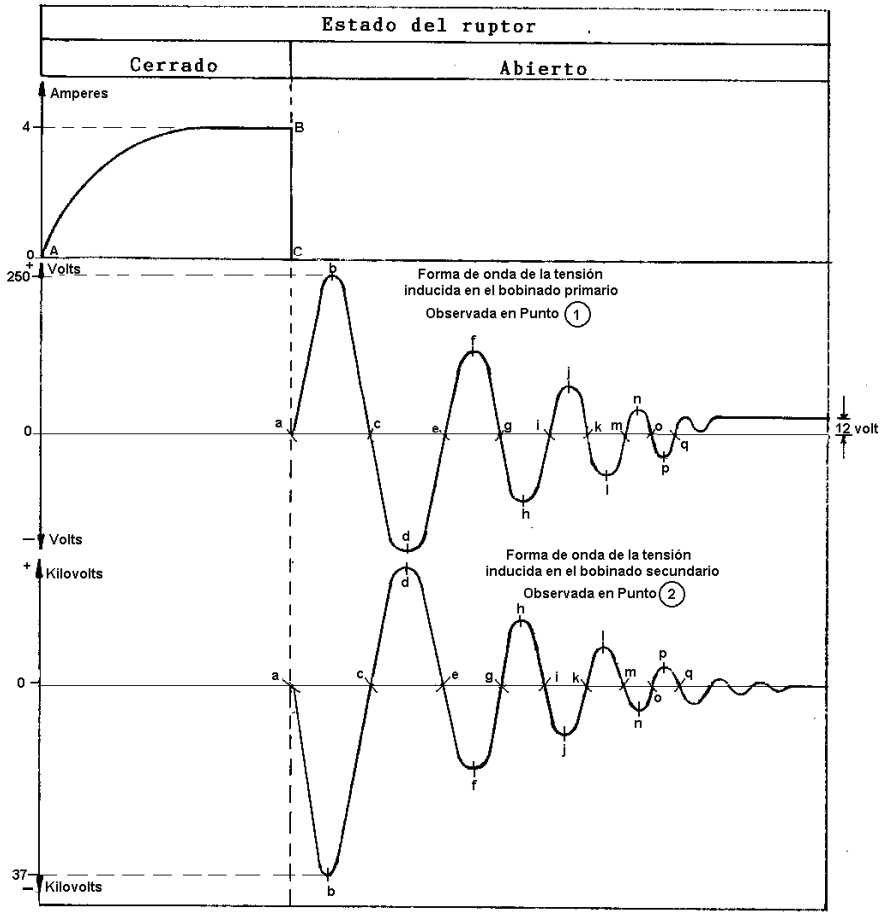
Antes de seguir analizando que sucede con la corriente circulante por el bobinado primario a distintas rpm, estudiaremos que sucede en ambos bobinados, primario y secundario, cuando la corriente primaria es interrumpida, o sea cuando se abren los contactos del ruptor.

Comenzaremos considerando el siguiente circuito:



Observe que el circuito secundario se ha dejado abierto, es decir, la salida del mismo no se ha conectado a ningún circuito consumidor de energía que estaría representado por las bujías, a través del correspondiente distribuidor.
El tener el circuito secundario abierto (en vacío), permite analizar punto a punto la FEM inducida, tanto en primario como en secundario, entre los máximos y mínimos niveles que pueden alcanzar.





En la página anterior es posible ver el esquema eléctrico del circuito planteado como ejemplo y las formas de onda de:

1) **La intensidad de corriente circulante por el bobinado primario, en el lapso de tiempo que los contactos del ruptor se encuentran cerrados.** (primer forma de onda vista de arriba hacia abajo)

Como ya se estudio anteriormente observamos que la misma crece en el tiempo hasta alcanzar, en este caso su máximo valor, 4 amperes (desde punto **"A"** hasta el **"B"**).
Recordemos que de la misma forma crecerá en intensidad el campo magnético generado.
Cuando los contactos del ruptor, a instancia del giro de la leva se abran, la corriente caerá rápidamente a cero (punto **"C"**), también rápidamente se retraerá el campo magnético cortando con sus líneas de fuerza las espiras de ambos bobinados (primario y secundario) e induciendo en ellos una tensión (f.e.m.).

2) **La tensión inducida en el bobinado primario.** (segunda forma de onda)

El primer pico de tensión inducida (desde el punto **"a"** hasta el **"b"**), como vemos en el diagrama y que representa la forma de onda vista con un osciloscopio en el punto **"1"** del circuito, crece hasta alcanzar un nivel de aproximadamente + 250 Volts, (valor muy normal para un encendido convencional de este tipo). ***A este mismo nivel de tensión se carga el capacitor***, positiva la placa que está conectada al extremo de la bobina y negativa con respecto a esta, la placa unida a masa (chassis) o sea el negativo de batería. Cuando dicha tensión inducida llega a tomar su valor máximo, el campo magnético ya llegó a su valor cero, es decir se ha retraído totalmente, por lo tanto ya no se induce más ninguna tensión en los bobinados.
Si bien ya no se produce ninguna inducción de tensión, no olvidemos que el capacitor se ha cargado al pico de + 250 volts.
El capacitor en el instante **"b"** comienza a descargarse a través de la baja resistencia serie que le presenta el primario de la bobina y la batería, porción **"b"** hasta **"c"** de la forma de onda vista en el punto **"1".**
No olvidar que una batería de plomo ácido con sus placas buen estado y bien cargada tiene una resistencia interna no mayor a 0,01 ohm.
La corriente producida por la descarga del capacitor a través del circuito, circula por el primario de la bobina, pero ahora en sentido opuesto al que tenía cuando los contactos del ruptor estaban cerrados.
Esta corriente también crece en el tiempo lentamente, creando un campo magnético en expansión hasta alcanzar su máximo nivel, lo que se traduce en una nueva acumulación de energía magnética en la bobina.
Cuando la descarga del capacitor se ha completado, se interrumpe la corriente circulante por el circuito y se produce un efecto similar al que se produjo cuando se abrieron los contactos del ruptor, el campo magnético colapsa repentinamente e induce una tensión (f.e.m.) en ambos bobinados.
Debido a que la corriente producida por la descarga del capacitor circuló por el bobinado primario en sentido opuesto, también la tensión inducida en los bobinados tiene una polaridad opuesta a la del primer pico inducido. Porción **"c"** a "**d**" del diagrama.
A este nivel de tensión se vuelve a cargar el capacitor, negativa ahora la placa que está conectada al extremo de la bobina. Al ser negativa esta placa, por supuesto, la que está conectada a masa (chassis) será positiva con respecto a la primera.
No confundir las polaridades con las de batería, ahora esta no está en juego como generador de energía eléctrica, el generador de las tensiones que obligan a circular corriente por el circuito es el bobinado primario, que almacenó energía en el campo magnético cuando los contactos del ruptor estaban cerrados. En ese momento sí la energía fue aportada por la batería.
Una vez que se abren los contactos del ruptor, la energía eléctrica tomada de la batería y que se transformó en energía magnética y que fue acumulada en el primario de la bobina, comienza a ser devuelta al circuito y transferida al bobinado secundario.
El pico de tensión inducido al colapsar el campo magnético en la circunstancia citada anteriormente, aparte de tener polaridad opuesta a la del primer pico, es de menor nivel (punto **"d"**). El menor nivel es consecuencia de que la intensidad de la corriente circulante por el bobinado primario, al descargarse el capacitor, no alcanza el máximo nivel alcanzado por la corriente que circuló con los contactos del ruptor cerrados. Esto es lógico porque si bien el circuito es de baja resistencia, de cualquier manera esta introduce pérdidas.
Una vez que la tensión inducida y que carga al capacitor, llega a adquirir su nivel máximo (punto **"d"**), ya el campo magnético al colapsar habrá alcanzado su nivel cero y por lo tanto la tensión no podrá seguir elevando su nivel. En ese instante, el capacitor comienza a descargarse a través del circuito serie que conforman el devanado primario y la baja resistencia de la batería. La corriente de descarga del capacitor fluye en el mismo sentido que tenia la corriente circulante cuando el ruptor estaba cerrado. Porción **"d"** a **"e"** de la forma de onda. La intensidad de corriente crece lentamente, como ya se analizó, expandiéndose el campo magnético al mismo ritmo y almacenando nuevamente la bobina, energía magnética. En el instante **"e"**, la corriente de descarga cesa (llega a su nivel cero), el campo magnético colapsa nuevamente rápidamente e induce tensión en ambos bobinados. Porción **"e"** a **"f"** de la forma de onda de primario.

Como se observa en el diagrama de la forma de onda de primario, los ciclos descriptos se repiten en el tiempo, pero en cada uno de ellos la tensión inducida va decreciendo su nivel por las causas ya explicadas (pérdidas de energía en el circuito). Esta repetición cesa cuando ya no hay energía disponible en el sistema.

El conjunto INDUCTANCIA(bobina)/CAPACITOR conforman un CIRCUITO PARALELO OSCILANTE AMORTIGUADO.

La amortiguación la producen las pérdidas de energía intrínsecas del circuito, si estas no existieran (circunstancia imposible de lograr, por lo menos actualmente), estaríamos ante un sistema similar al tan largamente buscado MOVIMIENTO CONTINUO.
En realidad al decir energía perdida, se quiere expresar que lo es para los fines de su aprovechamiento en el circuito. Como se sabe la energía no se pierde sino que se transforma, en este caso se transforma en energía calórica.

El capacitor aparte de conformar un circuito oscilante con el bobinado primario, cumple también otra función muy importante, que consiste en:
Evitar que al abrirse los contactos del ruptor, la tensión inducida en el bobinado primario y que aparece aplicada directamente sobre ellos, logre vencer el dieléctrico de aire entre contactos y produzca una circulación de corriente entre ellos. Si esto ocurriera, casi toda la energía acumulada en el campo magnético se desperdiciaría y la tensión inducida seria casi nula, es decir no tendríamos encendido. Además por supuesto los contactos del ruptor se deteriorarían rápidamente.
Recordemos que la corriente eléctrica siempre elige el camino de menor resistencia, este camino se lo brinda la carga del capacitor y no la resistencia del aire y la distancia entre contactos.

Con el motor girando a bajas revoluciones, por ejemplo en la faz de arranque o en un ralentí de 600 rpm, el nivel de la tensión inducida en el primario crece más rápidamente que la velocidad con que se separan los contactos del ruptor al abrirse y como consecuencia se logra establecer corrientes entre los contactos a través del aire. Este inconveniente resta energía al encendido y al mismo tiempo deteriora los contactos del ruptor.

3) La tensión inducida en el bobinado secundario. (tercer forma de onda)

En este caso el diagrama representa la forma de onda vista con un osciloscopio en el punto **"2"** del circuito, punto que en la realidad es el conector central de la torre de Alta Tensión de la bobina y al que se conecta el cable que va al centro de la tapa del distribuidor.

- **Ponga especial cuidado en observar y recordar que:**
- ***La tensión inducida en el bobinado secundario sigue las mismas variaciones que la inducida en el primario, pero con polaridad opuesta. Esto es conocido en electricidad como un DEFASAJE ELECTRICO de 180º entre dichas tensiones.***
- ***El primer pico de tensión inducida en el bobinado secundario tiene polaridad negativa con respecto a masa (chassis).***

Por ser la bobina de ignición un transformador elevador de tensión (en el ejemplo asumimos utilizar una bobina cuya relación de espiras es 1:150), el nivel de la tensión inducida en el secundario es 150 veces mayor que el nivel de la tensión inducida en el bobinado primario.
Cuando se analizó la tensión inducida en el primario, se vio que el primer pico de esta crecía hasta un nivel de 250 volts (punto **"b"** de la forma de onda), por lo tanto el nivel del primer pico de tensión inducida en el secundario será:

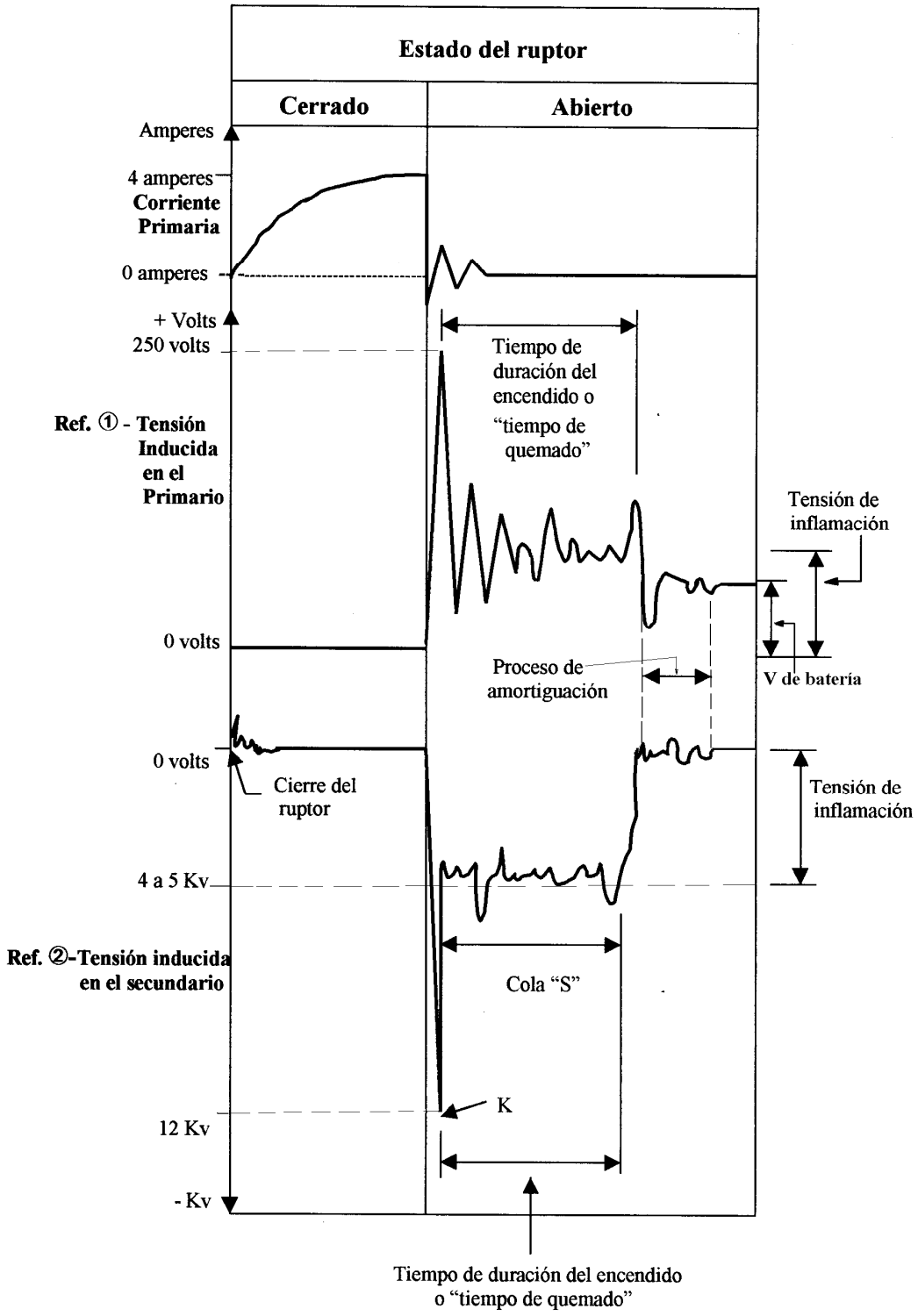
Vpsec = 250 v. x 150 = 37.500 volts = 37,5 Kilovolts

Como se puede apreciar en las formas de onda de las tensiones inducidas, tanto de primario como de secundario, vemos que en ambos casos estamos frente a tensiones de Corriente Alternada, algo muy lógico, ya que las corrientes en el bobinado primario cambian constantemente en el tiempo de amplitud y de sentido de circulación.

- ***Recordar que lo analizado hasta este punto, es válido como principio de funcionamiento de cualquier sistema de encendido en lo que atañe a la obtención de la Alta Tensión y la energía necesaria para las bujías, a partir de una fuente de energía eléctrica de corriente continua de baja tensión (batería de 6/12/24 volts). Tener en cuenta que, las formas de onda vistas de las tensiones inducidas en ambos bobinados, fueron obtenidas con el bobinado secundario en vacío, es decir sin carga conectada. Las formas de onda que se visualizaran con este circuito conectado a sus componentes consumidores (bujías), difieren de las estudiadas.***

❖ Hasta ahora se analizó el circuito de encendido compuesto por ruptor, condensador y bobina de ignición, con el bobinado secundario de esta última en vacío.
Se verá seguidamente que sucede cuando este circuito está cerrado, es decir cuando existen componentes consumidores de energía (bujías) alojados en su correspondiente cámara de combustión.

- **Se vuelve a plantear el circuito inserto en la Página 48, pero ahora el circuito secundario de la bobina se ha conectado al distribuidor y a este las bujías correspondientes a cada cilindro.**



Antes que se produzca el encendido, el espacio entre los electrodos de la bujía es absolutamente dieléctrico, es decir no conductor o altamente aislador. Esta resistencia de aislación depende de varios factores, como ser: distancia entre electrodos; tipo de bujía utilizado; grado de compresión del cilindro; estado de la mezcla aire/combustible, etc.
Más adelante se analizará detenidamente estos factores y su influencia sobre el rendimiento del encendido.
El impulso inicial de tensión inducida en el secundario y que es aplicado al electrodo central de la bujía comienza a crecer gradualmente, tal como se vio cuando se estudio el comportamiento del sistema con el secundario en vacío.
En esa oportunidad se vio que la tensión podía crecer hasta un nivel de alrededor de 37,5 Kvolts, pero ahora con los circuitos consumidores conectados, una vez alcanzado un nivel de tensión determinado, el dieléctrico formado entre los electrodos de la bujía se torna repentinamente conductor, es decir se ha logrado vencer el dieléctrico, permitiendo así que comience a establecerse circulación de corriente entre dichos electrodos.
El nivel de tensión al que se produce este efecto, es el nivel de tensión de encendido, que normalmente se encuentra comprendido entre los 10 a 12 Kilovolts(1 Kv=1000 V).
De la simple observación de las formas de onda presentadas en la Pág. 54 ya es posible intuir que el comportamiento de los circuitos primario y secundario, cuando los contactos del ruptor se abren, es totalmente diferente al comportamiento que tenían cuando el circuito secundario se encontraba en vacío o sin la carga que le imponen ahora las bujías.
En la condición de secundario en vacío se explicó que en el bobinado primario se producía un primer pico de tensión inducida de 250 volts y en el secundario ese pico llegaba a 37,5 Kvolts, luego se producía una oscilación amortiguada por la acción de bobina y condensador hasta que se consumía toda la energía almacenada en el campo magnético originado en el bobinado primario, durante el tiempo que los contactos del ruptor se encontraban cerrados. En las formas de onda (Pág.51) vemos que esas tensiones inducidas toman valores positivos y negativos.
Volviendo a las formas de onda de la Pág. 54, vemos en primer término representada la corriente que fluye por el bobinado primario mientras los contactos del ruptor se encuentran cerrados. Sabemos que dicha corriente engendrará un campo magnético de intensidad creciente, que al colapsar cuando se abran los contactos del ruptor, inducirá tensiones tanto en primario como en secundario, tal como sucedía cuando se analizó el sistema con el secundario en vacío.
La gran diferencia radica ahora en que la tensión inducida en el bobinado secundario crecerá hasta un nivel determinado, nivel al que el dieléctrico formado entre los electrodos de la bujía se torna conductor y permite que comience a circular corriente entre ellos a través de la mezcla aire/combustible, produciendo así el comienzo de la inflamación de la misma.
Supongamos que la ruptura del dieléctrico se produce cuando el nivel de tensión en el bobinado secundario, tensión aplicada al electrodo central de la bujía, ha alcanzado 12 Kvolts (Pico K en forma de onda Ref.2). A partir de este momento la variación de tensión en el bobinado secundario es totalmente distinta, el nivel de tensión ya no seguirá ascendiendo al valor de pico de 37,5 Kvolts como ocurría con el secundario en vacío, en lugar de ello tan pronto se inicia con intensidad el flujo de corriente entre los electrodos de la bujía, la tensión que había llegado a tomar un nivel de 12 Kvolts cae bruscamente a 4 o 5 Kvolts nivel denominado ***Tensión de Inflamación o Sustentación de Chispa*** (ver forma de onda Ref.2), esta caída del nivel de tensión es consecuencia de la carga a que es sometido el bobinado secundario al establecerse circulación de corriente entre los electrodos de la bujía.
El nivel de Tensión de Inflamación es suficiente para mantener la circulación de corriente entre los electrodos de la bujía, circulación que se produce a través de la mezcla aire/combustible, ofreciendo a esta la condición necesaria para que se inflame totalmente.
Un tiempo normal de duración de circulación de corriente entre los electrodos de la bujía, denominado TIEMPO DE ENCENDIDO O TIEMPO DE QUEMADO, está comprendido entre 1,2 a 1,7 milisegundos (ver en forma de onda Ref.2, Cola "S").

En la forma de onda de la tensión inducida en el secundario (Ref.2), puede apreciarse claramente los dos tramos que caracterizan a la chispa de encendido:

- ***Pico de Encendido "K", de corta duración y elevado nivel de tensión.***
- ***Tiempo de quemado "Cola S" , de larga duración, con un nivel de tensión mucho menor y ligeramente ondulada.***

Es característico en el salto de chispa el escarpado crecimiento de la tensión secundaria y la caída prácticamente vertical de esta hasta el nivel de la tensión de inflamación, una vez alcanzada la tensión de encendido.

La duración de la cola "S" determina la duración efectiva de la chispa de encendido, tan pronto la energía procedente de la bobina de ignición alcance un determinado valor mínimo, la corriente circulante entre los electrodos de la bujía no podrá mantenerse y se interrumpirá. La energía residual que resta en el circuito, va extinguiéndose en oscilaciones amortiguadas convirtiéndose en energía calórica.
A este periodo se le denomina "Proceso de Amortiguación" (ver en formas de onda Ref.1 y 2).

Como se ha visto en todo lo analizado anteriormente, el nivel de energía almacenada en el campo magnético durante el tiempo que los contactos del ruptor permanecen cerrados, es totalmente dependiente del nivel máximo que la intensidad de corriente puede alcanzar en dicho lapso de tiempo.
En el ejemplo utilizado, vimos que con un ángulo de contacto o cierre de 54º y con el motor girando a 800 r.p.m., el tiempo que los contactos permanecen cerrados es suficiente para que la intensidad de corriente alcance el máximo que le impone la resistencia del circuito, 4 amperes.

La energía almacenada en el campo magnético producido en el primario de una bobina puede calcularse:

$\varepsilon = I^2max \div 2 \times L$

ε = energía acumulada expresada en Joules
Imax = intensidad de corriente máxima expresada en Amperes
L = inductancia del bobinado primario expresada en Henry

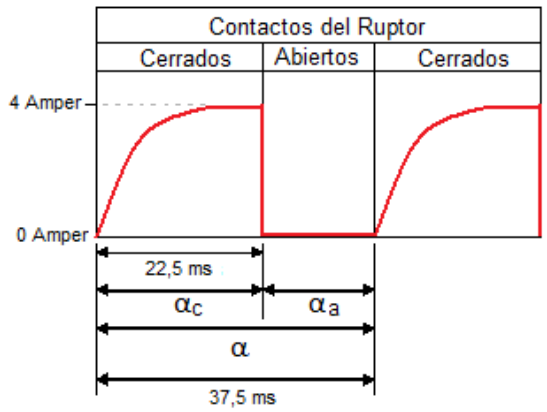
Calculemos la energía acumulada en la bobina del ejemplo con el motor girando a 800 r.p.m.:

ε = 4 A. x 4 A. ÷ 2 x 0,012 Hy = 0,096 Joules = 96 milijoules
Este nivel de energía es totalmente aceptable para garantizar un buen quemado de la mezcla aire/combustible suministrada al motor. Lógicamente se está dando por sobreentendido que las proporciones aire/combustible de la mezcla suministrada a las cámaras de combustión, son cercanas a las correspondientes a la Mezcla Estequeométrica Ideal, recordemos que:

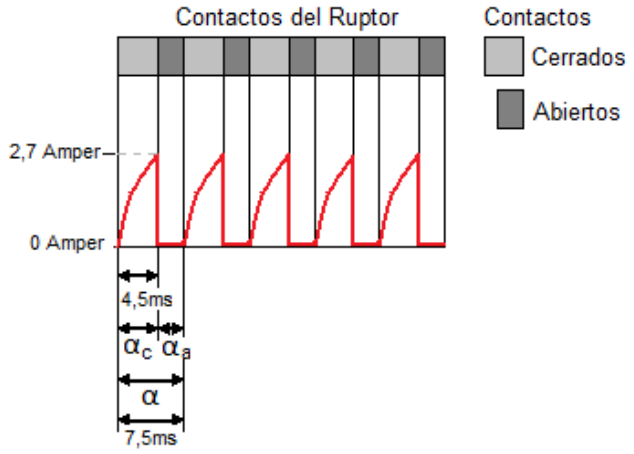
Mezcla Estequeométrica Ideal = 14,7 grs. de aire / 1 gr. de combustible

- **El nivel mínimo de energía aceptable para producir una correcta combustión es de 50 milijoules.**

Uno de los mayores problemas que sufre un encendido convencional como el que se está analizando, radica en que a medida que se aumentan las revoluciones del motor disminuye el tiempo durante el cual los contactos del ruptor permanecen cerrados. Esto es consecuencia de que la leva que gobierna los contactos del ruptor al girar más rápidamente, en menor tiempo recorrerá el ángulo preestablecido de cierre de 54º.
Al disminuir el tiempo durante el cual los contactos permanecen cerrados, la intensidad de corriente no logrará alcanzar el nivel anterior, siendo este nivel cada vez menor a medida que aumenten las r.p.m.. Si el nivel de corriente decrece, decrecerá también la energía acumulada, empeorando el rendimiento del encendido y por consecuencia el rendimiento del motor.



Nivel de intensidad de corriente con el motor girando a 800 RPM



Nivel de intensidad de corriente con el motor girando a 4000 RPM

Observe que con el motor girando a 4000 r.p.m., el tiempo de cierre de los contactos se reduce a 4,5 milisegundos y la intensidad de corriente no logra crecer más allá de los 2,7 amperes.
El nivel de intensidad máximo alcanzado (Imax) a 4000 r.p.m. es 2,7 amperes, por lo tanto se ha reducido a un 67,5% del máximo de 4 amperes que alcanzaba a la velocidad de ralenti, 800 r.p.m. La energía almacenada en el campo magnético a esta velocidad de giro del motor será de:

$\varepsilon = I^2max \div 2 \times L$ => ε = 2,7 A. x 2,7 A. ÷ 2 x 0,012 Hy = 0,0437 Joules = 43,7 mil joules

Observe que el nivel de energía almacenada en el campo magnético se ha reducido a un 45,5% del máximo de 96 milijoules que alcanzaba con el motor girando a 800 r.p.m., o sea que:

<u>Para una reducción de la intensidad de corriente máxima de un 32,5%, la energía almacenada se reduce en un 54,5%.</u>

- **Se puede apreciar claramente porque se dice que motores dotados con este tipo de encendido tienen serios problemas de rendimiento a medida que aumentan sus r.p.m.**
  Otros problemas intrínsecos de estos sistemas son creados por la resistencia de contacto del ruptor originada por mal apoyo de los contactos entre sí, desgaste y suciedad de los mismos; los rebotes de estos contactos en el momento de cierre sobre todo a altas r.p.m.; la variación del ángulo de contacto por desgaste de la fibra aislante en el punto en que la leva ataca al ruptor; deterioro del condensador.

* Existen otros factores que afectan el rendimiento de los sistemas de encendido, pero estos no son privativos de los sistemas de encendido convencionales sino que afectan a todos los sistemas, por lo tanto se analizaran más adelante.

- **Pensemos que hasta este punto se ha analizado el deterioro que sufre el comportamiento de un encendido convencional en un motor de 4 cilindros a medida que aumentan las r.p.m.. Indudablemente la performance de un encendido de este tipo se verá aun más afectada por esta causa en un motor de 6 cilindros y mucho más en uno de 8 cilindros.**

- **<u>Veamos como se comporta el mismo encendido planteado anteriormente en un motor de 6 cilindros.</u>**

Al tratarse de un motor de 6 cilindros ahora se producirá 1 chispa cada 60º de giro de árbol de levas, o lo que es lo mismo cada 120º de giro de cigüeñal.
Con el motor girando a 800 r.p.m. y con un ángulo de contacto αc = 42º que representa un Dwell del 70%:

Tiempo entre chispas = 25 milisegundos
Tiempo de cierre del ruptor = 17,5 milisegundos

Observe que ya a 800 r.p.m. la intensidad de corriente no logra crecer hasta el nivel máximo que crece en un 4 cilindros y que es el máximo que le impone la resistencia del bobinado primario Rp = 3 ohm.
Recuerde que la intensidad de corriente en la bobina que se está utilizando, necesita para alcanzar el nivel máximo de 4 amperes un tiempo de 20 milisegundos.
Imáx (alcanzado en 17,5 ms.) = 3,89 amperes

ε = 90,79 milijoules

Con el motor girando a 4000 r.p.m.
Cantidad de chispas segundo = 200
Tiempo entre chispas = 5 milisegundos
Tiempo de conducción de la bobina (tiempo en recorrer αc) = 3,5 milisegundos
Imáx = 2,2 amperes

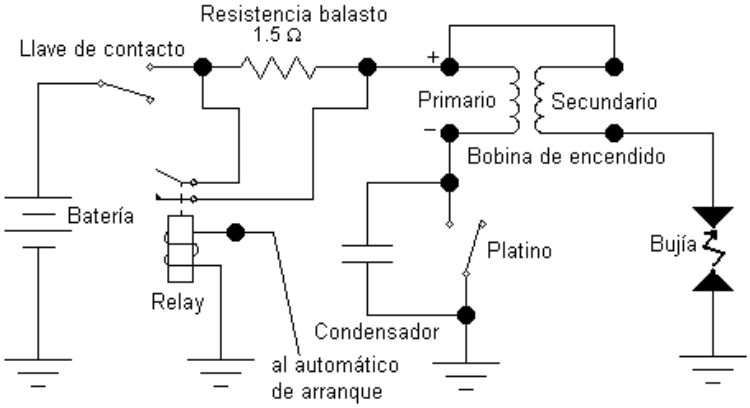
ε = 29 milijoules

Es evidente que este nivel de energía es pobre para lograr un quemado total de la mezcla aire/combustible. Esta falta de energía disponible para la combustión no solo ocasiona una merma en el rendimiento del motor, sino que también genera una mayor contaminación ambiental.

- Un método para mejorar el encendido en lo que concierne al tiempo de crecimiento de la intensidad de corriente en el bobinado primario una vez cerrados los contactos del ruptor y que fue largamente empleado por distintos fabricantes de automotores, consiste en utilizar una bobina de menor resistencia y menor inductancia de primario, agregando una resistencia en serie con dicho bobinado, ***generalmente denominada Resistencia Balasto.***

  Estas bobinas tienen un bobinado primario cuyas características generalmente son las siguientes:

  Inductancia de Primario = 0,007 Henry
  Resistencia de Primario = 1,2 ohm
  Resistencia Balasto implementada externamente a la bobina = 1,5 ohm en frio; 1,8 ohm en caliente.



Observe que la resistencia balasto incorporada en serie con el circuito primario de la bobina, tiene por finalidad asegurar que el máximo de corriente circulante por los contactos del ruptor no exceda los 4 amperes.

Como se puede observar en el circuito precedente, la resistencia balasto conforma un circuito serie con el bobinado primario, por lo tanto la resistencia total de este circuito será la sumatoria de ambas resistencias, la del bobinado primario más la del balasto:

Rt = Rp + Rb

siendo Rt: resistencia total del circuito
Rp: resistencia del bobinado primario
Rb: resistencia del balasto

Rt = 1,2 ohm + (1,5 o 1,8 ohm = 2,7 a 3 ohm

la máxima intensidad de corriente que podrá circular por el circuito y por lo tanto por los contactos del ruptor, si el tiempo de cierre es lo suficientemente largo, será según la ya estudiada Ley de Ohm:

I = V ÷ R

I = 12 volts ÷ 3 ohms = 4 amperes

Como se puede apreciar, la máxima intensidad de corriente que puede circular por el circuito es igual a la máxima intensidad que se podía alcanzar con la bobina anterior, lo que cambia ahora es el tiempo en que tarda esta corriente en alcanzar ese nivel máximo.

Tal como se vio, es posible calcular rápidamente el tiempo que tarda la intensidad de corriente en alcanzar el máximo nivel impuesto por la resistencia total del circuito.
Recuerde que:

Tcrecimiento = 5 x Lp/Rp

observe que ahora ya no se tiene solamente la resistencia del bobinado primario inserta en el circuito, sino que la resistencia total del circuito es:
Rt = Rp + Rb

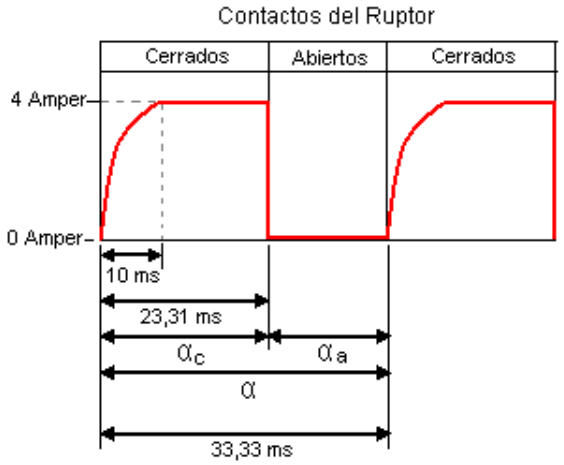
Por lo tanto el tiempo de crecimiento de la intensidad de corriente para alcanzar su máximo nivel será ahora:
Tcrecimiento = 5 x Lp ÷ Rt

Tcrecimiento = 5 x 0,007 ÷ 3 = 0,01166 segundos = 11,66 milisegundos

Vemos que el tiempo que insume la intensidad de corriente en alcanzar el máximo nivel de 4 amperes se ha reducido prácticamente a un 50%, con respecto al tiempo que necesitaba en alcanzar el mismo nivel con la bobina anterior.

Veamos gráficamente, tal como se presentó para la bobina anterior, el comportamiento de esta bobina provista de resistencia externa a distintas r.p.m. del motor.

Caso de un motor de 6 cilindros con un ángulo de contacto de 42º (Dwell=70%)



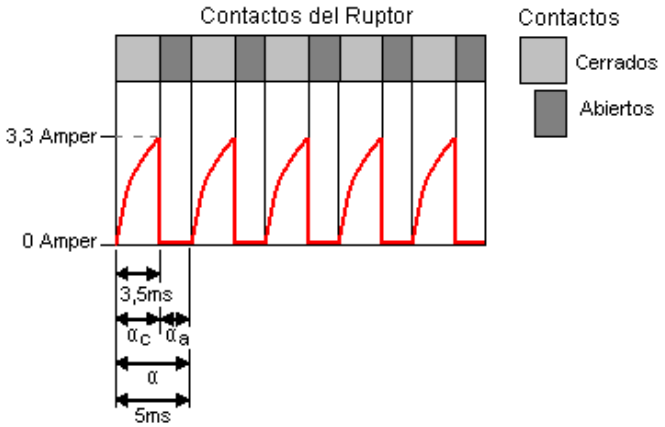
Nivel de intensidad de corriente con el motor girando a 600 RPM

La energía acumulada en el campo magnético generado por la intensidad corriente circulante por el bobinado primario con el motor girando a 600 r.p.m. es:

$$\mathcal{E} = I^2max \div 2 \times L$$

$$\mathcal{E} = 4 \times 4 \div 2 \times 0{,}007 = 0{,}056 \text{ joules} = 56 \text{ mil joules}$$

Con el motor girando a 4000 r.p.m. ya se conoce que el nivel máximo de corriente alcanzado será menor:



Nivel de intensidad de corriente con el motor girando a 4000 RPM

La energía acumulada en el campo magnético generado por la intensidad de corriente circulante por el bobinado primario con el motor girando a 4000 r.p.m. es:

$$\mathcal{E} = 3{,}3 \times 3{,}3 \div 2 \times 0{,}007 = 0{,}038 \text{ joules} = 38 \text{ milijoules}$$

Con este tipo de bobina de baja inductancia y resistencia de primario y con resistor externo se obtiene una menor variación de rendimiento del encendido entre bajas y altas velocidades de giro de motor, observe que la diferencia entre 600 r.p.m. y 4000 r.p.m. es de 32%, mientras que en el caso de bobina anterior la variación entre 800 r.p.m. y 4000 r.p.m. era de casi un 55% a pesar que se el sistema se veía favorecido por tratarse de un motor de 4 cilindros.

- Es importante tener en consideración que esta mejora en lo que se refiere a tener un rendimiento de encendido más parejo a distintas r.p.m. tiene un costo, se tiene una menor disponibilidad de energía para el encendido, por lo tanto la implementación de estos sistemas fue acompañado seguramente por modificaciones mecánicas en motores y carburadores.
- **Otra ventaja que este sistema permite obtener y tal vez la más importante, es la de mejorar el arranque del motor sobre todo en frío.**

En generaciones de vehículos que utilizan estos sistemas de encendido, se dispone de motores de arranque que demandan niveles de intensidad de corriente muy elevados para su funcionamiento, niveles que pueden alcanzar los 400 amperes o más. Estos niveles de corriente producen una caída de tensión muy importante a través de la resistencia interna de la batería, 3 a 4 volts, esto ocasiona que la tensión disponible en las bornes de batería durante la faz de arranque caiga a niveles de 9 u 8,5 volts, en el caso de una batería en buen estado y completamente cargada, si las condiciones de la misma no son estas el resultado puede empeorar.
Si la tensión de batería desciende, también descenderá la máxima intensidad de corriente que puede llegar a circular por el bobinado primario, no olvidar que como ya se vio y según la Ley de Ohm

$$I = V \div R$$

Como ya sabemos la energía disponible para el encendido, en una bobina determinada, es directamente proporcional al cuadrado del máximo nivel que la intensidad de corriente logra alcanzar, si se reduce la intensidad de corriente se reduce la energía disponible y por lo tanto el rendimiento del encendido empeora dificultando el arranque del motor.
Observe el circuito de este tipo de encendido (Pág. 14), en el se aprecia que existe un relay que es activado cuando la llave de contacto es girada a la posición de arranque, los contactos que maneja este relay al ser activado se cierran cortocircuitando la resistencia balasto dispuesta en serie con el primario de bobina, de esta manera toda la tensión disponible en las bornes de batería es aplicada al bobinado primario de la bobina de ignición.
Supongamos que la tensión de batería en la faz de arranque cae a 8,5 volts, la máxima intensidad de corriente que se establecerá por el primario de la bobina será:

Imáx = 8,5 volts ÷ 1,2 ohm = 7 amperes

- ***Recordar que la resistencia del bobinado primario de esta bobina de ignición es de 1,2 ohm y que la resistencia balasto es cortocircuitada por los contactos del relay.***
  Además se debe tener en cuenta que el lapso de tiempo durante el cual los contactos del ruptor están cerrados es mucho mayor al que se dispone con el motor girando a la velocidad de ralenti (600 r.p.m.), en la faz de arranque un motor puede estar girando entre 200 a 300 r.p.m., por lo tanto la intensidad de corriente tiene suficiente tiempo para alcanzar el máximo nivel de 7 amperes.
  La energía acumulada en el campo magnético será:

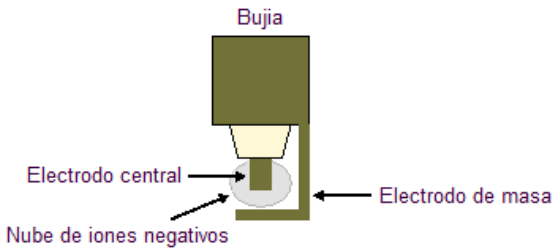
  ε = 49 ÷ 2 x 0,007 = 0,171 joules = 171 milijoules

  Nivel muy importante de energía para lograr un rápido encendido del motor aun en condiciones muy frías.

- Se vino repitiendo a lo largo de este análisis de funcionamiento que la alta tensión aplicada al electrodo central de la bujía es **NEGATIVA** con respecto a masa o chassis, como consideramos que a muchos de los que leen estas páginas los puede sorprender esta polaridad pasaremos a explicar el porque así se utiliza.
  Observe, como ya se vio, que cuando se abre el ruptor y se induce en el bobinado secundario la F.E.M. (fuerza electromotriz motriz) de alta tensión la polaridad de la misma es negativa hacia el electrodo central de la bujía y el nivel cero hacia el positivo de batería, este punto es prácticamente el nivel de masa, **recuerde que la resistencia interna de la batería es muy baja (del orden de los 0,01 ohm o menor).**
  La energía eléctrica para el encendido es provista por la bobina de encendido desde su circuito secundario, por lo tanto la circulación de corriente se establece en la bujía desde el electrodo central hacia masa (recuerde que la corriente circula de negativo a positivo y el nivel cero es más positivo que un nivel negativo). El circuito se cierra por masa hacia el negativo de batería, a través de esta desde su borne negativo al positivo y de allí al otro extremo del bobinado secundario.

  El aplicar una tensión con polaridad negativa al electrodo central de la bujía tiene una razón muy importante en todo tipo de encendido con la finalidad de tener un máximo rendimiento del mismo.

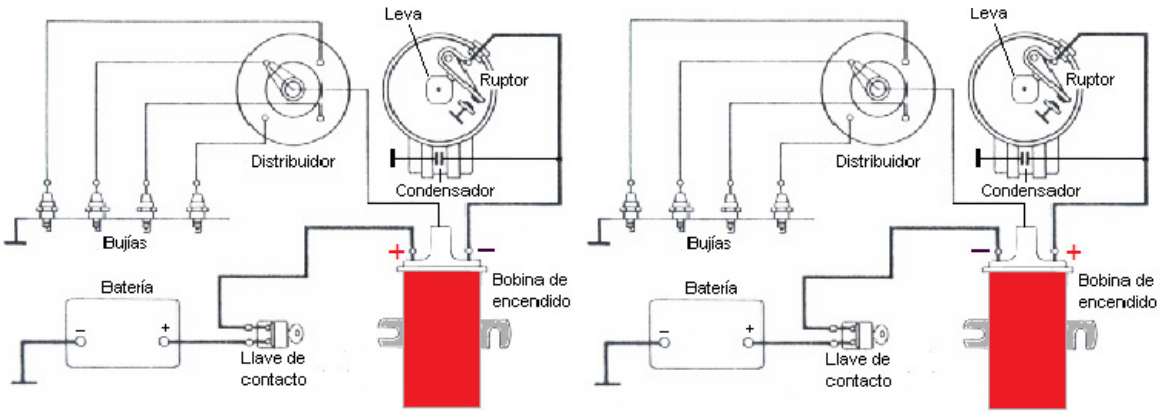
  El electrodo central de la bujía esta construido con un material conductor. Por estar insertado dentro de la cámara de combustión es calentado a altas temperaturas.
  En un material sujeto a altas temperaturas y sobre todo en conductores, se produce en los átomos por agitación térmica, debida al aporte de energía (calor), una gran actividad en los electrones. Estos aumentan su velocidad de giro (spin) y logran escapar de sus órbitas.
  Esta actividad llega a producir una nube de iones negativos en derredor del extremo del electrodo central.
  Todas estas cargas negativas en movimiento están favoreciendo la conducción electrónica a través del dieléctrico, por lo tanto si aplicamos un impulso negativo al electrodo central se establecerá con más facilidad la circulación de corriente entre electrodos, es decir, se necesitará menor nivel de tensión para establecer esta circulación a través del dieléctrico **(recuerde que cargas de igual signo se repelen).**



Al necesitar un menor nivel de tensión para que comience a circular corriente entre electrodos, menor energía se consumirá para lograr este efecto (energía almacenada en el campo magnético del primario de la bobina) y por lo tanto se dispondrá de mayor energía por más tiempo para mantener la corriente de encendido, dando así mayor oportunidad a la mezcla de inflamarse y quemarse totalmente.

- **Es posible comprobar fácilmente este fenómeno.**

Probar un automotor que este funcionando correctamente, tanto en lo que hace a carburación como encendido, observar como se comporta la reacción del mismo en aceleraciones rápidas partiendo de bajas velocidades.
Luego de tener claro el comportamiento del mismo, invertir las conexiones de la bobina de ignición.



Conexionado correcto **Conexionado invertido**

Al invertir el sentido de conexionado en el primario de bobina se invertirá la polaridad de la tensión inducida en el bobinado secundario, es decir el impulso de alta tensión aplicado al electrodo central de la bujía será positivo.
Pruebe nuevamente el funcionamiento del automotor en las mismas condiciones y exigencias que le demandó anteriormente, notará que la reacción del motor no es la misma que tenia anteriormente, se comportará reaccionando más pesadamente.

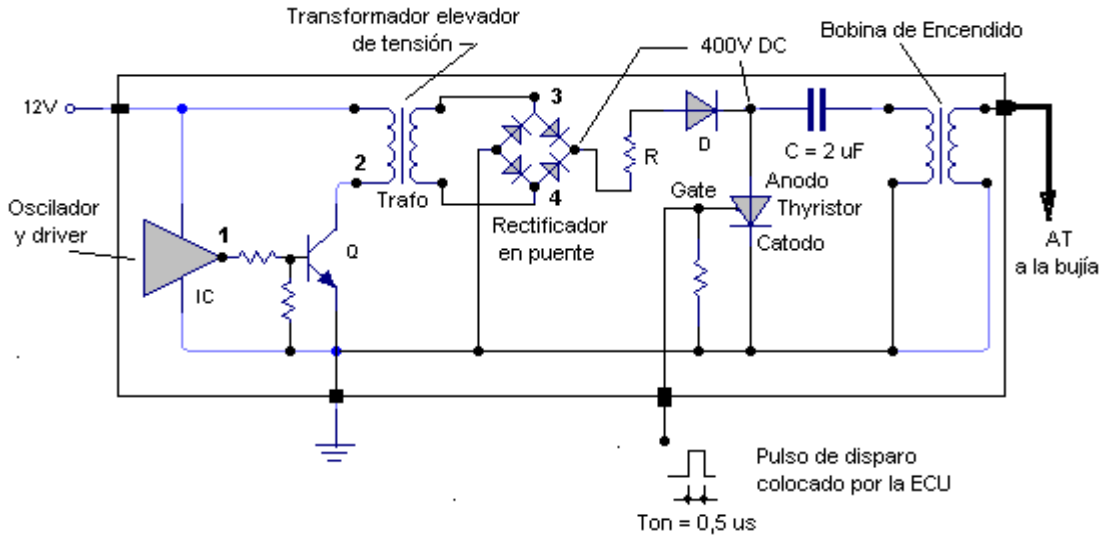
Observe que al ser positivo el impulso de tensión aplicado al electrodo central de la bujía, tendremos cargas de distinto signo, recuerde que cargas de distinto signo se atraen, con esto se desfavorece la conducción electrónica a través del dieléctrico perdiendo las ventajas que proporcionaba la agitación térmica en el electrodo central, ahora los electrones que como sabemos constituyen la corriente eléctrica, deben ser extraídos desde masa hacia el electrodo central.
Para que se establezca circulación de corriente entre electrodos a través del dieléctrico, será preciso ahora que la tensión ascienda a un nivel superior al que necesitaba anteriormente, esto producirá un desgaste de energía mayor antes que se produzca el encendido.
El hacer el electrodo central positivo con respecto al electrodo de masa ocasiona pérdidas de rendimiento de encendido y por tanto pérdidas en el rendimiento del motor.
La pérdida de rendimiento puede llegar a niveles de entre un 20% y 35%.

Factores determinantes del nivel de la tensión de encendido necesaria	Niveles de la tensión de encendido		Observaciones
	Más alta	Más baja	
Distancia entre electrodos	mayor a la especificada	menor a la especificada	una distancia menor a la especificada ocasiona dificultades en la combustión
Estado de los electrodos	quemados	como nuevos	
Forma del extremo del electrodo central	redondeado	plano, con aristas vivas	
Diámetro del electrodo central	grueso	fino	
Material de los electrodos	inadecuado	el adecuado	
Polaridad del electrodo central	positiva con respecto a masa	negativa con respecto a masa	
Temperatura en los electrodos y en la cámara de combustión	baja	elevada	200° a 400° a bajas RPM 800° a 850° a altas RPM
Composición dela mezcla aire / combustible	pobre, muy rica	estequeomé-trica o mode-radamente rica	
Indice de compresión	alto	bajo	

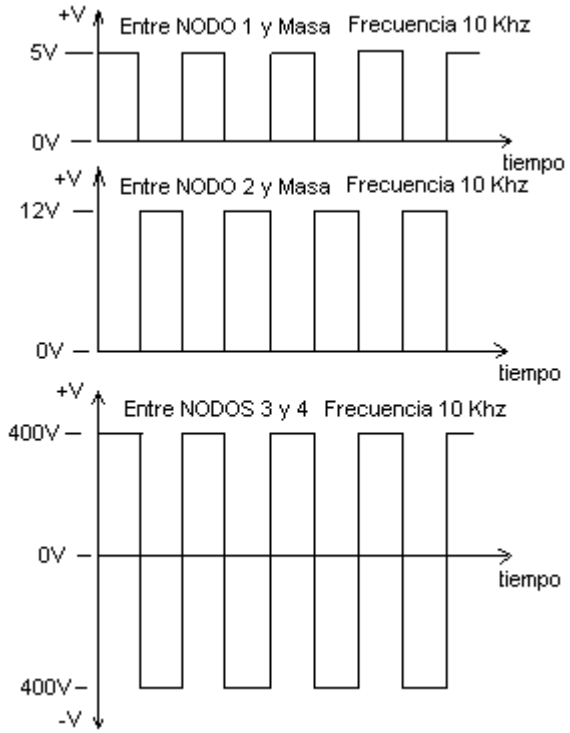
Encendido por descarga capacitiva

Este sistema de encendido, difiere totalmente en su principio de funcionamiento del utilizado desde hace mucho tiempo, (sea con platinos o electrónico), en los que la energía necesaria para el encendido es almacenada en el campo magnético generado por la corriente circulante por el primario de la bobina de encendido y luego esa energía es transferida al secundario de la misma cuando cesa dicha conducción.

Esquema simplificado de un encendido a capacitor o a thyristor



Formas de onda en el circuito, niveles y frecuencia de las mismas



En este sistema, la energía eléctrica necesaria para encender y quemar la mezcla aire/combustible comprimida en los cilindros del motor, es almacenada en un capacitor ("C" en el esquema eléctrico), el cual es cargado a una tensión de alrededor de 400V de C.C

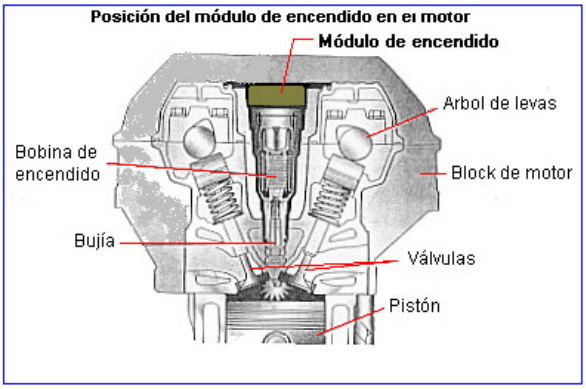
Este nivel de tensión es obtenido por medio de un conversor de C.C. a C.C. elevador de tensión compuesto por:

- "IC" - circuito integrado que contiene un oscilador que genera una onda cuadrada con una frecuencia de 10 kHz a 15 kHz (según el diseño) y un driver que gobierna la conducción/no conducción del transistor "Q". El transistor conduce cuando el nivel de señal aplicado a su base está en "1", o nivel "ALTO" y sale de conducción yendo a la condición de corte cuando dicho nivel de señal es "0" o "BAJO".
- "Q" – Transistor NPN utilizado en régimen de conmutación, que gobierna la conducción/no conducción de corriente a través del bobinado primario de un transformador elevador de tensión ("Trafo").
- "Trafo" – Transformador elevador de tensión de 12V a 400V C.A.
- Un circuito rectificador de onda completa en configuración puente, que convierte la Fuerza Electromotriz de C.A. inducida en el secundario del transformador con un nivel de 400V, a una tensión de C.C. con un nivel de 400V. Esta inducción es producto de la expansión y colapsado del campo magnético en el bobinado primario, debida a la circulación/no circulación de corriente por el mismo, circulación que es gobernada por el transistor "Q".
- El capacitor "C" se carga a trabes del bobinado primario de la bobina de encendido, que está referido a masa, a un nivel de 400V.

En el momento exacto en el que el control electrónico de a bordo, en virtud de los cálculos que ha realizado, dispone que se deba provocar el encendido de un cilindro determinado, envía un pulso de corta duración (500 ns) al GATE o Compuerta del Thyristor provocando su cebado. En esta condición el thyristor conduce a pleno, representando prácticamente un corto circuito, provocando que el capacitor "C" se descargue violentamente sobre el bobinado primario de la bobina de encendido. La corriente circulante por dicho bobinado en el momento de la descarga del capacitor es intensa (recuerde que es la máxima que permite el circuito). Esta corriente genera un campo magnético intenso y que se expande rápidamente, induciendo así en el bobinado secundario de la bobina la Alta Tensión necesaria para provocar el encendido y quemado de la mezcla aire/combustible.

Cuando el capacitor se ha descargado, el thyristor queda sin diferencia de potencial entre su Ánodo y Cátodo y se apaga, permitiendo que el capacitor vuelva a cargarse desde la fuente de 400V C.C. a través del bobinado primario de la bobina de encendido.

La Bobina de Encendido empleada en este sistema tiene características muy especiales, su bobinado primario es de muy baja resistencia y muy baja inductancia.



Recuerde que la Constante de Tiempo de Carga y Descarga de un capacitor es:

t(seg.) = 5 [R (Meghom) x C (uF)]

Por lo tanto en este caso la constante de tiempo es:

t = 5 (0,000.000.2 x 2) = 0,000.002 seg. = 2 us

esto indica que el régimen de revoluciones del motor puede ser muy alto sin que se vea afectado el nivel de energía acumulada en el capacitor.

Esta velocidad para acumular la energía necesaria para el encendido, permite también que el Controlador Electrónico tenga una estrategia especialmente diseñada en su programa para el momento en que el motor este en faz de arranque. Si en el primer intento de encender el motor este se niega, el control adopta la estrategia de que en el próximo intento de arranque en lugar de provocar una chispa se produzca un tren de chispas.

Supongamos que en faz de arranque el motor gira a 300 rpm. A estas rpm el cigüeñal tarda en recorrer cada grado de giro 555 us., indudablemente en este intervalo hay tiempo suficiente para provocar 50, 100 chispas o más.

Recuerde también que la energía acumulada en un capacitor es:

W (Joules) = 0,5 x C (Faradios) x V^2 (Volts)

Por lo tanto en este caso la energía acumulada en el capacitor es:

W = 0,5 x 0,000.002 x $(400)^2$ = 0,16 Joules = 160 mili Joules

Si consideramos este nivel de energía acumulada, con el nivel de energía acumulada en un encendido por acumulación de energía en un campo magnético, vemos que este es muy superior.

Este sistema de encendido ya fue implementado hace alrededor de dos años por SAAB, VOLVO, MERCEDES BENZ y ya tal vez otros.

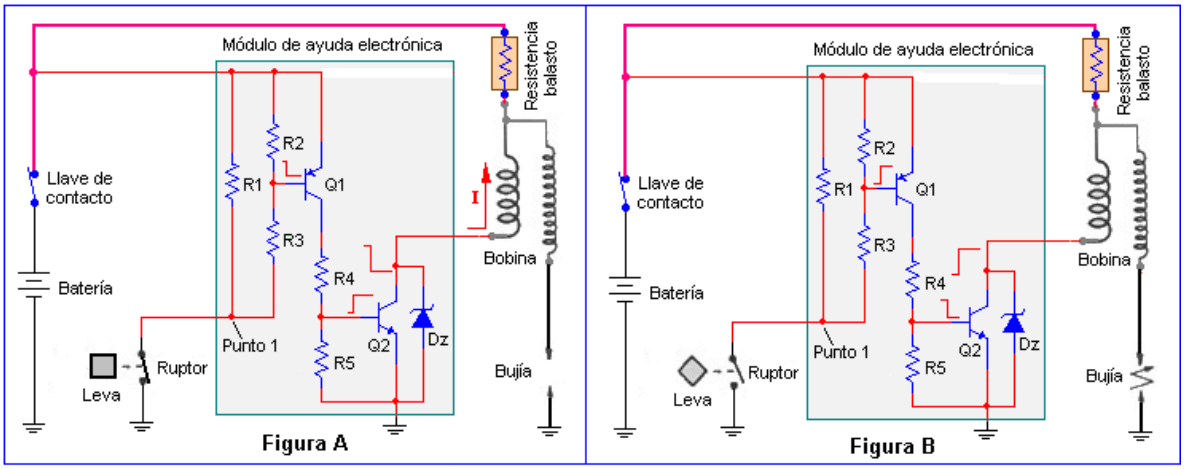
Encendido convencional con ayuda electrónica

El sistema de encendido convencional tiene limitaciones que son debidas a que los contactos del ruptor solo puede trabajar con corrientes eléctricas de hasta 5 A. Si la intensidad de la corriente que circula por el primario de la bobina va decreciendo, cosa que sucede a medida que aumentan las RPM del motor, también resultara de bajo valor la corriente de alta tensión inducida en el arrollamiento secundario y será insuficiente la potencia eléctrica necesaria para lograr una duración de la chispa entre los electrodos de la bujía que permita un buen quemado de la mezcla aire/combustible. Se necesitan por lo tanto valores elevados de intensidad de corriente en el arrollamiento primario de la bobina a las distintas RPM, para obtener suficiente energía transferida al arrollamiento secundario.

Con la evolución de la electrónica y sus componentes este problema tuvo solución. La utilización de transistores de potencia como interruptor, permite manejar intensidades de corriente mucho mas elevadas que las admitidas por el ruptor, pudiéndose utilizar bobinas diseñadas para soportar intensidades de corriente en su arrollamiento primario comprendidas entre 6 y 7 Amper.

Estas bobinas tienen primarios con una resistencia de 0,8 ohm a 1,2 ohm y una inductancia de 6 mHy a 7 mHy. Esta baja inductancia permite alcanzar esos niveles de corriente en un tiempo muy corto, alrededor de 4 mili segundos, lo que mejora notablemente el rendimiento del encendido en altas RPM.

En los primeros sistemas se siguió utilizando el ruptor, pasando a desempeñar este la función de generador de señal de mando para la conmutación del transistor, que es el que en realidad gobierna el primario de la bobina (Figuras A y B).



Cuando se cierra el ruptor (Fig. A), el Punto 1 del circuito queda conectado a masa. El transistor Q1 (PNP) queda polarizado a través del divisor de tensión formado por R2 y R3 y conduce en estado saturado, quedando su colector a nivel prácticamente de positivo de batería. La base del transistor Q2 queda polarizada a través del divisor de tensión formado por R4 y R5 y este conduce en estado saturado, su colector queda a nivel prácticamente de masa y por lo tanto circula corriente por el primario de la bobina, acumulando energía en su campo magnético.

La leva gira y el ruptor se abre (Fig. B), Q1 se despolariza y pasa al corte, Q2 se despolariza y pasa al corte, se interrumpe la circulación de corriente por el primario de la bobina, el campo magnético colapsa induciendo alta tensión en el secundario y se produce la chispa que enciende la mezcla aire combustible.

La resistencia R1 es de unos pocos ohm y solamente cumple la función que por el ruptor, cuando este está cerrado, circule una intensidad de corriente de 150 a 200 mili Amper, logrando así un efecto auto limpiante. La vida del ruptor queda solo limitada por el desgaste mecánico de la fibra sobre la que actúa la leva, desgaste que trae aparejado la variación de la puesta a punto del encendido, situaciones estas que obligan a un mantenimiento periódico del sistema.

El avance del encendido sigue siendo gobernado mecánicamente por el distribuidor, avances centrífugo y por pulmón de vacío convencionales.

El encendido electrónico sin ruptor (platinos)

El paso siguiente a la introducción de la electrónica en los sistemas de encendido convencionales fue la de sustituir el sistema mecánico compuesto por el ruptor, el que siempre esta sometido a desgastes y a los inconvenientes debidos al rebote de los contactos a altos regímenes del motor que producen fallos de encendido en el motor.

En un motor de cuatro cilindros girando a 5000 RPM se producen 167 aperturas y cierres de los platinos por segundo, lo que significa 10020 por minuto.

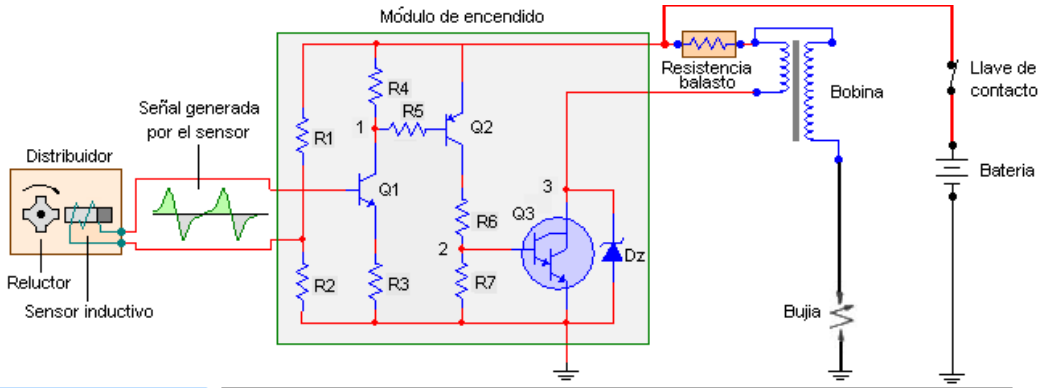
En un motor de seis cilindros, girando al mismo régimen se producen 250 aperturas y cierres de los platinos por segundo, o sea 15000 por minuto.

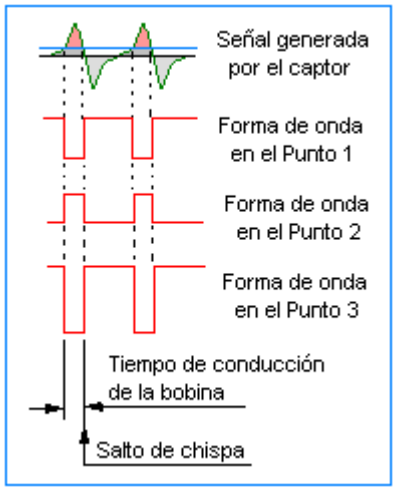
En un motor de ocho cilindros, girando al mismo régimen se producen 333 aperturas y cierres de los platinos por segundo, o sea 20000 por minuto.
Es difícil que un sistema con interruptor mecánico no genere inconvenientes ante estas exigencias.
El ruptor fue sustituido por un captor o sensor alojado en el distribuidor y que es capaz de generar una señal eléctrica, para la misma posición del árbol de levas en que lo hacia el ruptor, pero sin utilizar ningún medio mecánico.
Los captores utilizados son de dos tipos:

- Sensor inductivo
- Sensor por efecto Hall

El funcionamiento de estos sensores esta explicado en el Volumen 2 de este tratado.

- El esquema básico de un encendido electrónico con Sensor Inductivo se muestra a continuación:





En el transistor Q1 (NPN) se pre polariza su base mediante el divisor de tensión formado por las resistencias R1 y R2 fijándole un nivel de tensión que lo sitúa en un punto de conducción lo suficientemente bajo para que no pueda ser excitado Q2 (PNP). Cuando el nivel del hemiciclo positivo de la señal de C.A. generada por el sensor supera el nivel de C.C. de pre polarización (línea horizontal azul), Q1 conduce a pleno llevando el Punto 1 a un potencial cercano a masa. Así Q2 se polariza, conduce y entra en saturación. Su colector queda a un nivel de tensión casi de positivo de fuente, el Punto 2, a través del divisor formado por R6 y R7, sube a un nivel de tensión positiva suficiente para excitar a Q3 llevándolo al estado saturado, haciendo circular así corriente por el primario de la bobina. La señal del sensor pasa por su máximo pico y comienza a decrecer, al llegar al nivel de tensión de pre polarización Q1 pasa al corte, Q2 pasa al corte y Q3 pasa al corte, se interrumpe la corriente circulante por el primario, el campo magnético colapsa y se induce el pico de Alta Tensión en el secundario que provoca la chispa que enciende la mezcla aire/combustible.
La resistencia balasto en serie con el primario, suma su resistencia a la resistencia de este para limitar el nivel de corriente, a bajas RPM, a un nivel de 5,8 Amper a 6,2 Amper.

En las páginas siguientes se incluye las “DATA SHEET” (Hojas de Datos) originales de un circuito integrado fabricado por la empresa **“STMicroelectronics”** especialmente diseñado para ser aplicado en sistemas de encendido electrónico que utilizan sensores inductivos.
Estos circuitos integrados, en su versión SO16 (montaje superficial) se encontraron en encendidos electrónicos de distintas marcas que fueron desarmados con fines de investigación.

MAGNETIC PICKUP IGNITION CONTROLLER

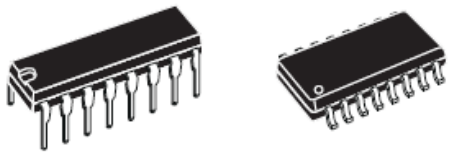
- DIRECT DRIVING OF THE EXTERNAL DARLINGTON
- OPERATES WITH A WIDE RANGE OF MAGNETIC PICKUP TYPES
- CHARGING ANGLE (DWELL) CONTROL
- COIL CURRENT PEAK LIMITATION
- CONTINUOUS COIL CURRENT PROTECTION
- TACHOMETER SIGNAL OUTPUT
- EXTERNAL DARLINGTON OVERVOLTAGE PROTECTION
- LOAD DUMP AND REVERSE BATTERY PROTECTION
- POSSIBILITY OF SPARK POINT DELAYING (ANTI KNOCK SYSTEM)

DESCRIPTION

The L484 is an integrated circuit designed for use with an NPN darlington in breakerless ignition systems with magnetic pickup sensors and high energy ignition coils.

A key feature of the L484 is flexibility. It can be used with a wide variety of magnetic sensors thanks to the special design which has two input pins from the pickup ; the first is the zero crossing detector for the ignition command and the second pin is used to calculate the dwell time. Moreover another pin is used to adapt the L484 to various pickup types.

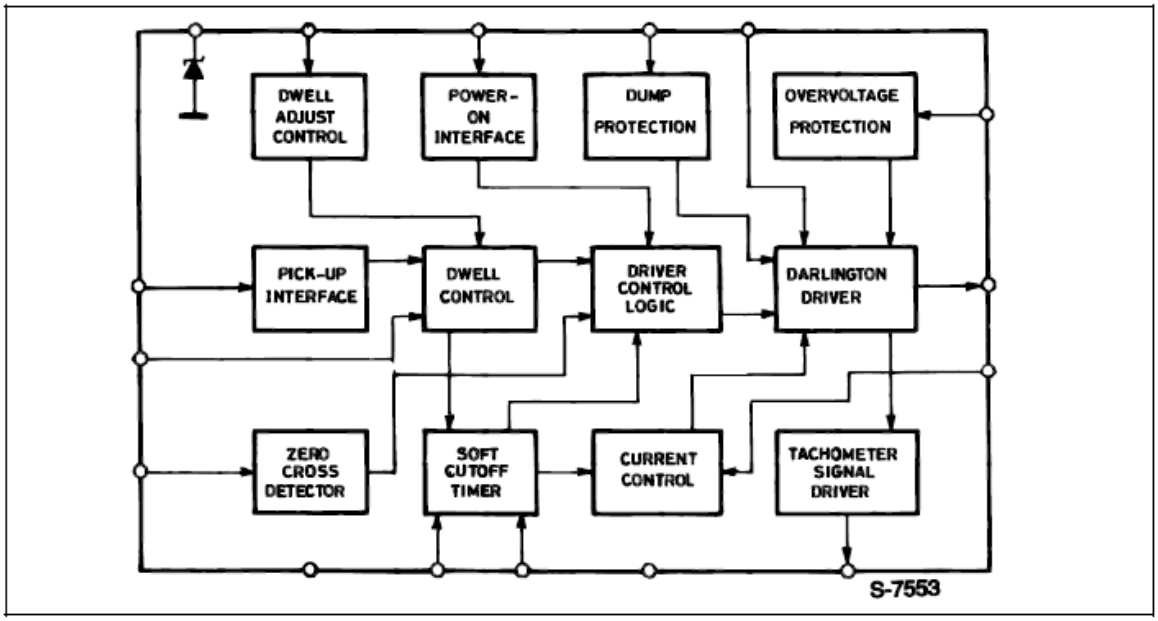
Other features of the device include darlington overvoltage protection, dump protection, a supply voltage range of 6-28 V.



DIP16 SO16

ORDERING NUMBERS : L484 (DIP16)
L484D1 (SO16)

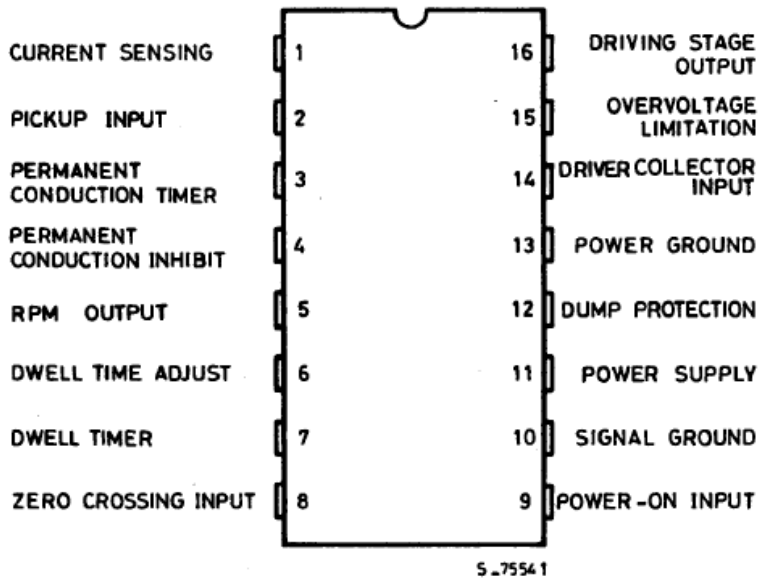
BLOCK DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_R	Reverse Battery Voltage	– 14	V
V_D	Dump Voltage	100	V
P_{tot}	Power Dissipation at T_{amb} = 90°C	0.75	W
T_j, T_{stg}	Junction and Storage Temperature Range	– 55 to 150	°C

PIN CONNECTION



THERMAL DATA

Symbol	Parameter		Value	Unit
$R_{th\ j\text{-}amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient (DIP16)	Max	80	°C/W
$R_{th\ j\text{-}al}$	Thermal Resistance Junction-alumina (SO16)	Max	50	°C/W

PIN FUNCTIONS (refer to fig. 2)

N°	Name	Function
1	CURRENT SENSING INPUT	Connection for Coil Current Limitation. The current is measured on the sense resistor R_{SENS} and divided on R1/R2. The current limitation value is given by : $I_{SENS} = \frac{R1 + R2}{R_{SENS}\ R2}$
2	PICKUP INPUT	Magnetic Pickup Signal Input. This pin sets the dwell time, i.e. the max negative pickup voltage value starting from which the device can drive the current into the coil. The real dwell time will be a function of the dwell control logic. Increasing the resistor R11 the maximum conduction time increases. The max input current foreseen is 2mA.
3	PERMANENT CONDUCT. PROTECTION TIMER	A capacitor C1 connected between this pin and ground sets the delay of the permanent conduction protection in the coil current. Using a 50nF capacitor the typical desaturation time delay for the protection is 75ms.
4	PERMANENT CONDUCT. PROTECTION INHIBIT	A low level on this input (max 0.7V) disables the protection, irrespective of the state of pin 3. If the protection is used this pin must be left open.
5	RPM OUTPUT	Open collector output signal which is at a low level when the final darlington is in ON status. The current is internally limited at 10mA.
6	DWELL TIME ADJUST	At high motor rotation speeds, i.e. when the peak value of the magnetic pick-up signal exceedes 6V using R12 = 100KΩ, this pin may be used to vary the dwell ratio. Adding a resistor in series R_a between this pin and pin 11 the desaturation time is reduced. It is therefore possible to use this pin to adapt the L484 to various pickup types. The maximum value of the resistor R_a is 200KΩ.
7	DWELL CONTROL TIMER	A capacitor C2 connected between this pin and ground sets the timing for the dwell control. The recommended value is 100nF. The resistors R_b/R_c provide an hysteresis to confirm ON state and avoid spurious sparks.
8	ZERO CROSSING INPUT	Zero cross detector input of the magnetic pickup signal for the ignition actuation. At high motor rotation speeds, the external resistor R12 may be used to vary the desaturation time ratio, to adapt the L484 to various signal waveforms of time magnetic pick-up. Reducing the resistor value the dwell time increases. Typically the range of values for resistor R12 is from 50KΩ to 150KΩ..
9	POWER-ON INPUT	A low level on this pin forces the external darlington into conduction particularly useful in anti knock system. This function is particularly useful in antiknock system because provides a spark time delay. Anyway the current limitation, the permanent conduction protection and the dump protection are operating even when pin 9 is at a low level. If this function is not used it must be left open.
10	SIGNAL GROUND	This pin must be connected to ground.
11	POWER SUPPLY	Supply Voltage Input. A 7V (typ) zener is present at the input. The external resistor R9 limits the current through the zener for higher supply voltages.
12	DUMP PROTECTION	The device is protected against the load dump. In load dump condition an internal circuit, based on a zener diode and a darlington transistor, switches off the external darlington and short circuits the supply. By means of the external divider R8/R9 the protection threshold can be changed and is given as first approximation by: $V_{Dth} = 8.5\left(\frac{R8 + R9}{R9}\right) + 5 \cdot 10^{-4}\ R8$ (the resistor R9 value must be higher than 4KΩ).

* this function is particularly useful in antiknock systeme because provides a spark time delay. anyway the current limitation, the pemanent con duction protection and the dump protection are operating even when pin 9 is at a low level.

PIN FUNCTIONS (continued)

Nº	Name	Function
14	DRIVER COLLECTOR INPUT	The collector current for the internal driver which drives the external darlington is supplied through this pin. The external resistor R10 limits the dissipation in the IC. The value this resistor depends on the darlington used and on the limiting current in the coil.
15	OVERVOLTAGE LIMITATION	The external darlington is protected against overvoltage by means of an internal zener available at this pin. The external divider R5/R6 defines the limitation value, typically given by : $V_{ovp} = \left(\frac{30}{R5} + 5 \cdot 10^{-3}\right) \cdot R6 + 30$
16	DRIVING STAGE OUTPUT	Current Driver for the External Darlington. To ensure stability on the current limitation loop a capacitor C3 (typically 2.2nF, this value depending on the darlington used) must be connected between this pin and the current sensing input (pin 1).

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_S = 14.4V ; T_J = - 40 to 125°C unless otherwise specified ; referred to the test circuit)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_S	Operating Supply Voltage		6		28	V
V_{IS}	Input Stage Voltage (pin 2 with 10KΩ resistor)		160	200	240	mV
V_{TH}	On Pick-up Thresh. Voltage at LOW RPM (pin 2)		V_{IS}–30		V_{IS}+30	mV
V_{SENS}	Current Limitation Sensing Voltage (pin 1)	V_S = 6 to 16V	200		320	mV
V_{ZC}	Zero Crossing Thresh. Voltage (pin 8)		3	20	60	mV
V_H	Hysteresis Voltage (pin 8)		100		200	mV
I_{7C}	$C_{D\ WELL}$ Charge Current	at LOW RPM	0.7		3	µA
I_{7D}	$C_{D\ WELL}$ Discharge Current	$V_{pick\text{-}up}$ = 0.5V ; or pin 6 not connected	7		30	µA
I_{7D}/I_{7C}		(*) Note 1	7		15	
I_{7C}	$C_{D\ WELL}$ Charge Current	at HIGH RPM	8		33	µA
I_{7D}	$C_{D\ WELL}$ Discharge Current	$V_{pick\text{-}up}$ = 9V	13		44	µA
I_{7D}/I_{7C}		(**) Note 2	0.7		3.2	
V_{pin3} I_3	Threshold Voltage Output Current	T_{amb} = 25°C (***) Note 3	0.85		4 3	V µA
V_{Cp}	Continuous Coil Current Protection Inhibit LOW Voltage (pin 4).		0		0.7	V
V_{CEsat}	Series Darlington Driver Saturation Voltage ($V_{pin\ 14\text{-}16}$)	I_{pin14} = 150mA I_{pin14} = 50mA		0.4	1 0.6	V V
V_Z	Zener Volt. Pin 11	I_{pin11} = 140mA	6.5		8.8	V
V_{OVZ}	External Darlington Overvoltage Protection Zener Voltage	T_{amb} = 25°C ; I_{pin15} = 5 to 15mA	25		35	V
I_{09}	Pin 9 Output Current in Low Status	V_9 = 0V			3	mA
V_{CH} I_{CH}	Tachometer Signal Output LOW Voltage. (pin5) Output Leakage (pin 5)	ON Condition I_{sink} = 0.5mA OFF Condition V_{pin5} = 5V			0.7 10	V µA

DUMP PROTECTION

Symbol	Paramater	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_{DZ}	Zener Dump (pin 12)	I_{pin12} = 2mA	7.5		9.5	V

(*) Note 1 : TD/T is given by the formula :

$$\frac{TD}{T} = \frac{1}{1 + I7D/I7C}$$

(**) Note 2 :

$$\frac{TD}{T} = \frac{K}{1 + I7D/I7C}$$

K value depends on the pick–up used in the application ; typically K = 0.1
(***) Note 3 : the permanent conduction protection is guaranteed over the full temperature range

CIRCUIT OPERATION

The L484 controls the charging angle (dwell) and the peak value of the primary current in the coil over the full range of operating conditions.

The coil current is limited to a predetermined level by means of a negative feedback circuit including a current sensing resistor, a comparator, the driver stage and the power switch.

The dwell control circuit keeps the output stage in its active region during current limitation. The time the output stage is operating in the active region (desaturation time), is sufficient to compensate for possible variation in the energy stored due to the acceleration of the motor ; moreover this time is limited to avoid excessive power dissipation.

MAGNETIC PICK–UP CHARACTERISTICS

The typical magnetic pickup waveforms are shown in fig. 1, the amplitude of the signal being a function of the frequency. However on the market there are many types of magnetic pickup, of which the waveforms may differ very much. Adjusting the value of the resistor R_{11} on pin 2 and/or adding a resistor R_a between the pin 6 (dwell adjust) and pin 11, as shown in the application circuit, it is possible to adapt the L484 to a wide range of magnetic pickup waveforms.

Particularly by means of the resistor R_{11} on pin 2 it is possible to define the maximum advance of the conduction start into the coil . This is very useful at high pick–up frequency.

CONTROL OF THE DWELL ANGLE

The dwell angle control circuit defines the conduction time of the output darlington, versus the speed of rotation, the supply voltage and the characteristics of the coil.

In each cycle the time the transistor operates in the active region is compared with a reference time and the error signal amplified to advance or delay the conduction in the next cycle. To limit the power dissipation the desaturation time is typically fixed to 10% of the period T.

At very low frequencies the ON thershold is fixed at 200mV of the input signal and the desaturation time is mainly determined by the peak waveform. This positive threshold also prevents permanent conduction when the motor is stopped. When the input frequency increases the dwell control gradually sets the desaturation time to 10% of the period. At higher frequencies the ON threshold becomes negative to permit a conduction angle of more than 50% always keeping desaturation time to 10% of the period.

CURRENT LIMITING

The current in the coil is measured by means of a voltage drop across a suitable resistor in the emitter lead of the power transistor. When the threshold voltage (260mV typ) is reached, the coil current is kept constant via a feedback loop.

DARLINGTON OVERVOLTAGE LIMITATION

The darlington is protected against overvoltage by means of an external divider R_5/R_6 (pin 15) and an internal zener. This zener drives the external darlington in order to limit the collector voltage.

CHARGING ANGLE SIGNAL OUTPUT

This signal is intended for tachometer applications (pin 5). It consists of an open collector stage with current internally limited at 10mA

"POWER ON" SIGNAL INPUT

In the low status this input forces the external darlington into conduction (pin 9). This control input can be used together with the conduction time information coming from pin 5 to bypass the normal dwell time calculation. When an external logic control is used to recognize particular engine condition (as in anti Knock system).

PROTECTION CIRCUITS

PERMANENT CONDUCTION PROTECTION

This function is intended to prevent continuous current conduction in the final stage when the magnetic pickup is open or intermittent. The duration of the intervention is set by means of a capacitor 1 at pin 3. Grounding pins 3 or 4, this protection is eliminated. The inhibit function at pin 4 is particularly useful when an external logic control is used to disable the permanent conduction protection.

REVERSE BATTERY AND DUMP PROTECTION

Due to the external resistors R_6, R_7, R_8, R_{10} the device is protected against reverse battery. The load dump protection withstands up to 100V with a decay time ≤ 300ms. The intervention threshold for load dump is fixed by means of an external divider connected to pin 11.

OTHER APPLICATION INFORMATION

If the supply is voltage disconnected - or the battery wire is broken - while the current is flowing through the coil, the external diode D_1 keeps the coil current from recirculating into the device : in this way both device and darlington are protected.

The zener diode Dz, connected between pin 14 and GND, allows to withstand positive spikes up to 200V.

The device - used in the recommended application circuit - satisfies the ISO/DP 7637/1 overvoltage standard.

Figure 1 : Typical Magnetic Pick–up Waveform and L484 Response at low and high fequency.

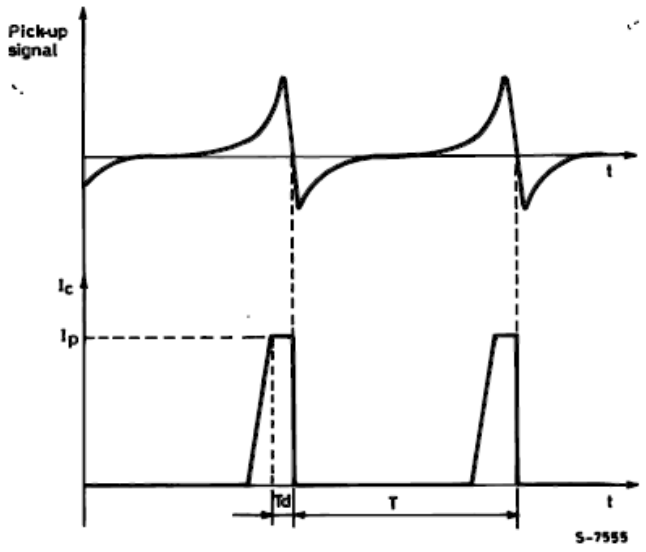


Figure 1 : Typical Magnetic Pick-up Waveform and L484 Response at Low and High Frequency (continued).

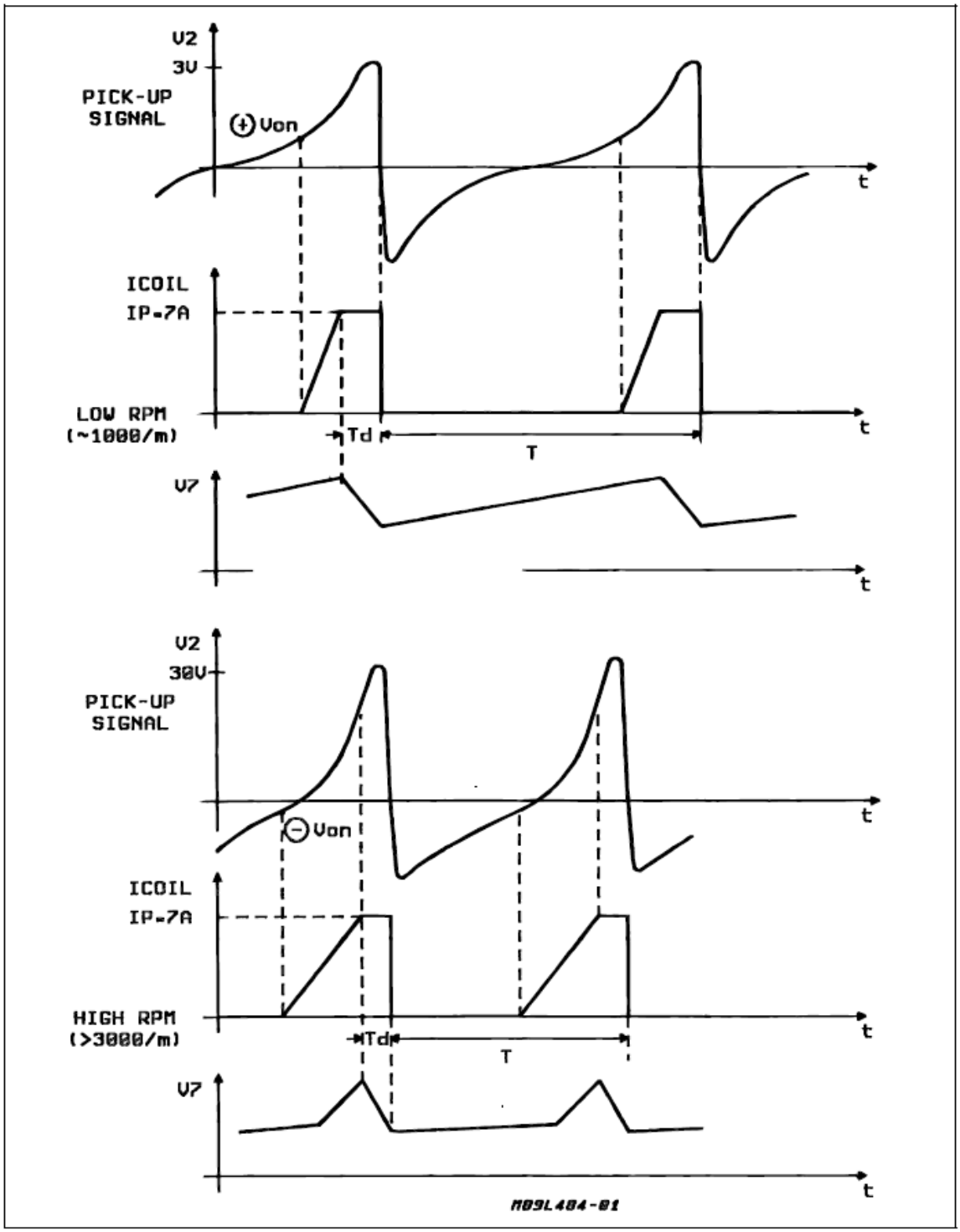
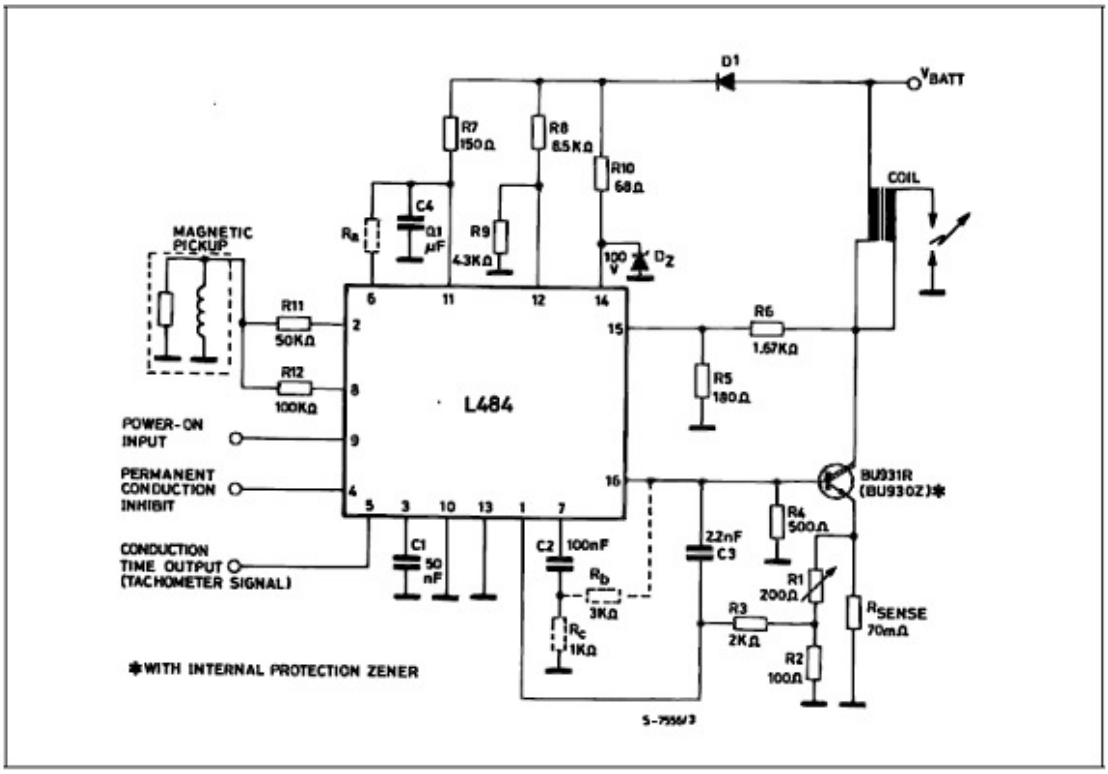
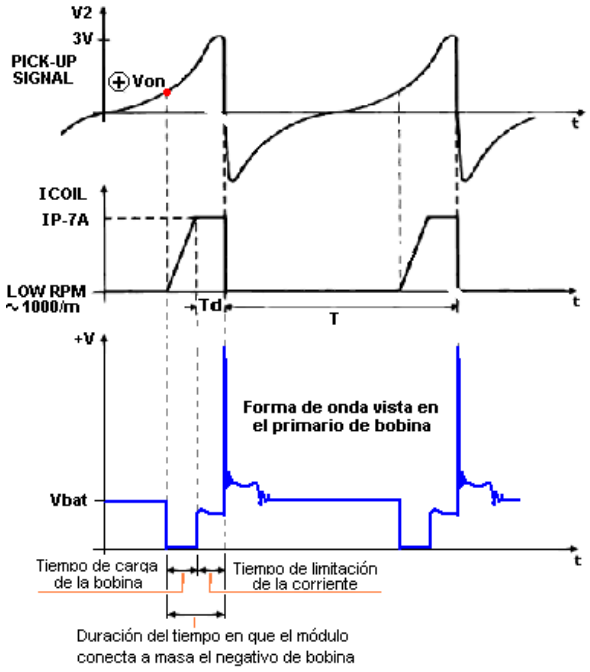
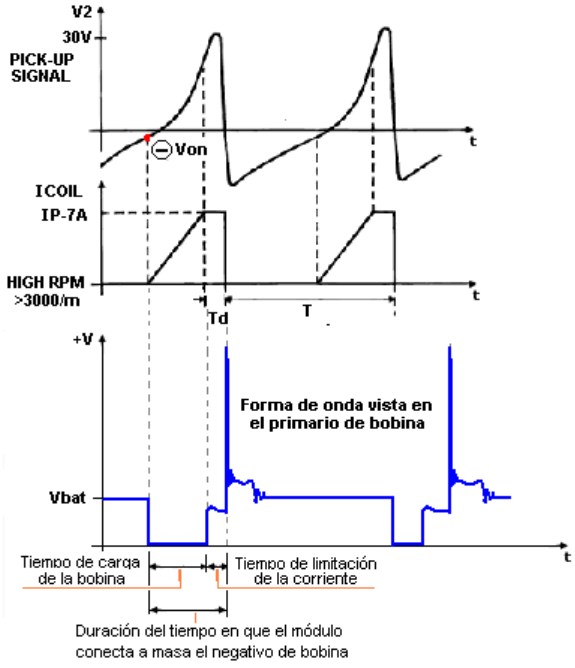


Figure 2 : Application Circuit.

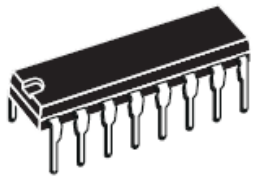




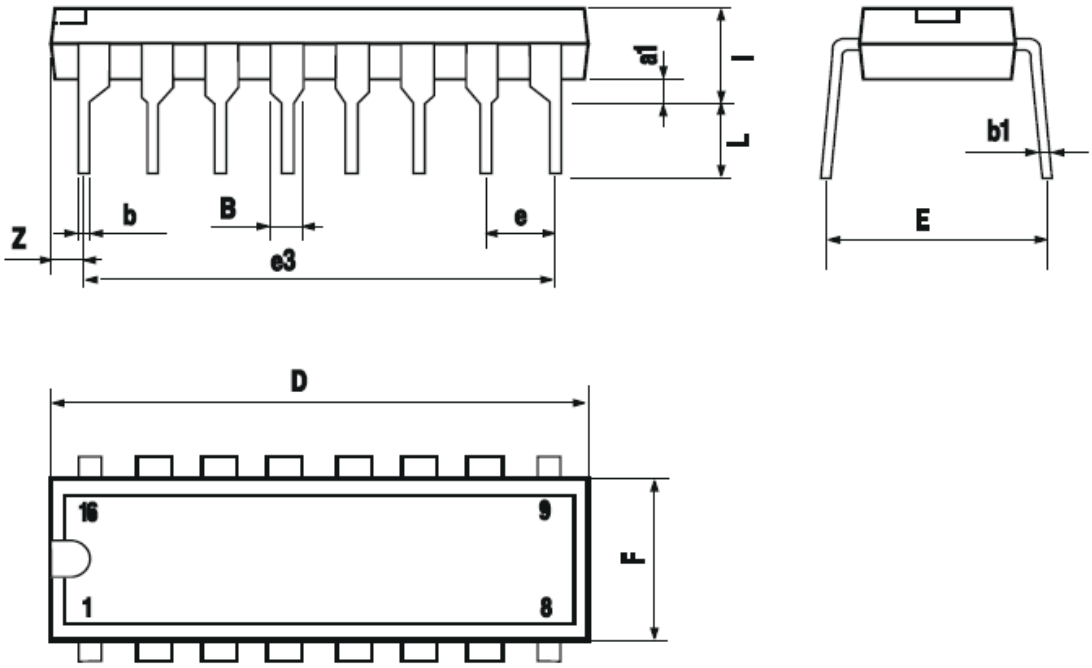


DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.51			0.020		
B	0.77		1.65	0.030		0.065
b		0.5			0.020	
b1		0.25			0.010	
D			20			0.787
E		8.5			0.335	
e		2.54			0.100	
e3		17.78			0.700	
F			7.1			0.280
I			5.1			0.201
L		3.3			0.130	
Z			1.27			0.050

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



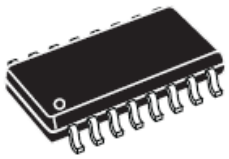
DIP16



DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			1.75			0.069
a1	0.1		0.25	0.004		0.009
a2			1.6			0.063
b	0.35		0.46	0.014		0.018
b1	0.19		0.25	0.007		0.010
C		0.5			0.020	
c1	45° (typ.)					
D (1)	9.8		10	0.386		0.394
E	5.8		6.2	0.228		0.244
e		1.27			0.050	
e3		8.89			0.350	
F (1)	3.8		4	0.150		0.157
G	4.6		5.3	0.181		0.209
L	0.4		1.27	0.016		0.050
M			0.62			0.024
S	8°(max.)					

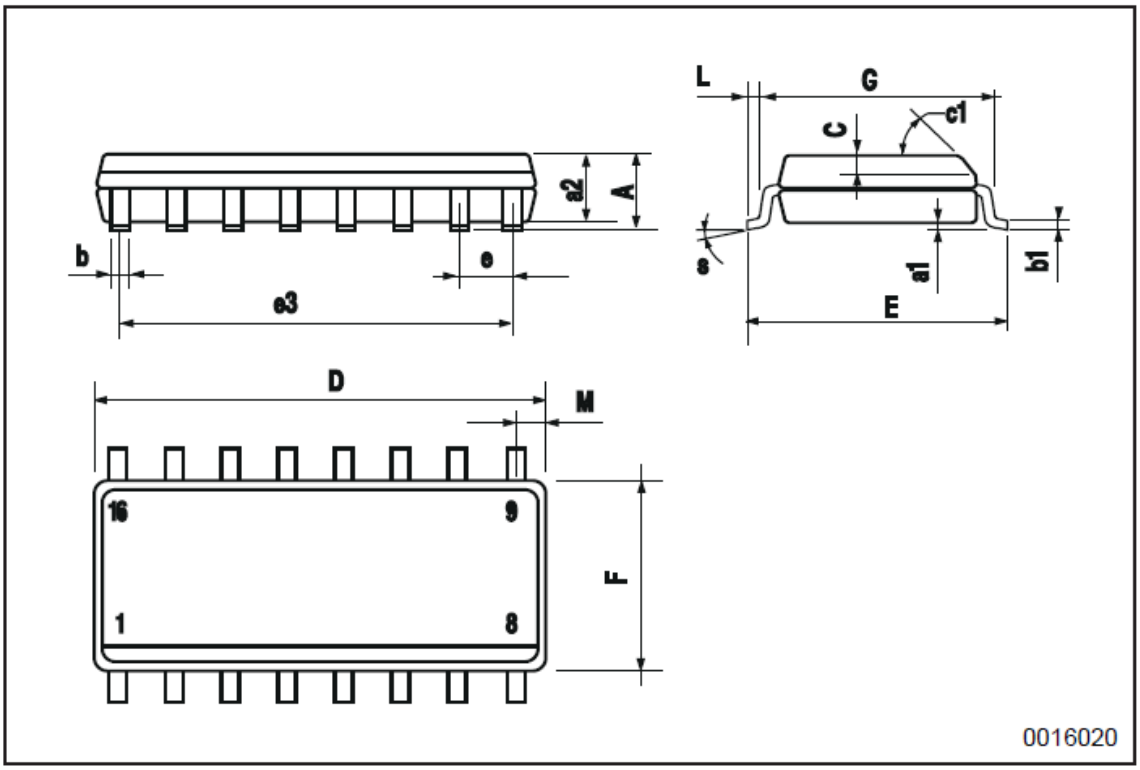
OUTLINE AND MECHANICAL DATA

Weight: 0.20gr



SO16 Narrow

(1) D and F do not include mold flash or protrusions. Mold flash or potrusions shall not exceed 0.15mm (.006inch).



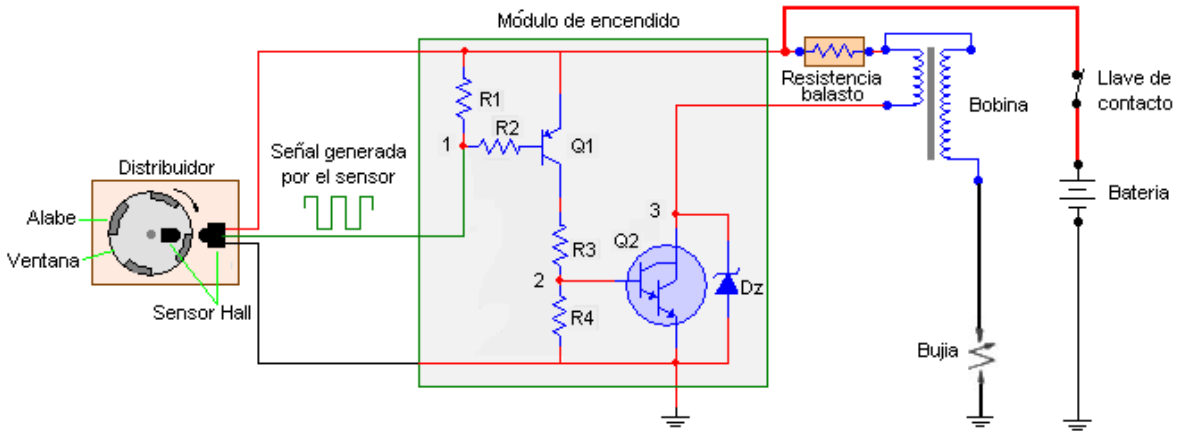
Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

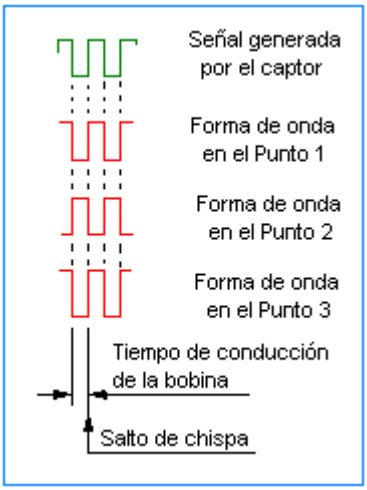
The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics.
All other names are the property of their respective owners

© 2003 STMicroelectronics - All rights reserved

STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES
Australia – Belgium - Brazil - Canada - China – Czech Republic - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Israel - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - United States
www.st.com

- El esquema básico de un encendido electrónico con Sensor por efecto Hall se muestra a continuación:





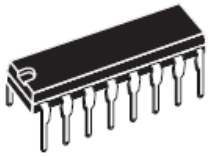
Cuando entre el imán permanente y el sensor Hall se presenta una ventana del rotor, solidario al eje del distribuidor, la salida de información del sensor cae a un nivel de tensión de 0,8 V a 1,2 V, nivel que tendrá el Punto 1 del circuito. La base de Q1 se polariza a través de R2 y este conduce pasando del estado cortado al de saturación, su colector toma el nivel de tensión prácticamente de positivo de la fuente. El Punto 2, a través del divisor formado por R3 y R4, sube a un nivel de tensión positiva suficiente para excitar a Q3 llevándolo al estado saturado, haciendo circular así corriente por el primario de la bobina. Al terminar de pasar la ventana, un álabe del rotor se interpone entre el imán permanente y el sensor, la señal de este toma el nivel de positivo de la fuente, al igual que el Punto 1, Q1 pasa al corte y Q2 también pasa al corte, se interrumpe la corriente circulante por el primario, el campo magnético colapsa y se induce el pico de Alta Tensión en el secundario que provoca la chispa que enciende la mezcla aire/combustible.
La resistencia balasto en serie con el primario, suma su resistencia a la resistencia de este para limitar el nivel de corriente, a bajas RPM, a un nivel de 5,8 Amper a 6,2 Amper.

- En las páginas siguientes se incluye las “DATA SHEET” (Hojas de Datos) originales de un circuito integrado fabricado por la empresa **“STMicroelectronics”** especialmente diseñado para ser aplicado en sistemas de encendido electrónico que utilizan sensores por efecto Hall.
  Estos circuitos integrados, en su versión SO16 (montaje superficial) se encontraron en encendidos electrónicos de distintas marcas que fueron desarmados con fines de investigación.

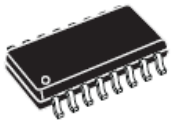
L482

HALL–EFFECT PICKUP IGNITION CONTROLLER

- DIRECT DRIVING OF THE EXTERNAL POWER DARLINGTON
- COIL CURRENT CHARGING ANGLE (DWELL) CONTROL
- COIL CURRENT PEAK VALUE LIMITATION
- CONTINUOUS COIL CURRENT PROTECTION
- CONDUCTION AND DESATURATION TIME OUTPUT SIGNALS
- PERMANENT CONDUCTION PROTECTION RESET OUTPUT SIGNAL
- OVERVOLTAGE PROTECTION FOR EXTERNAL DARLINGTON
- LOAD DUMP PROTECTION



DIP16



SO16

ORDERING NUMBERS : L482 (DIP16)
L482D1 (SO16)

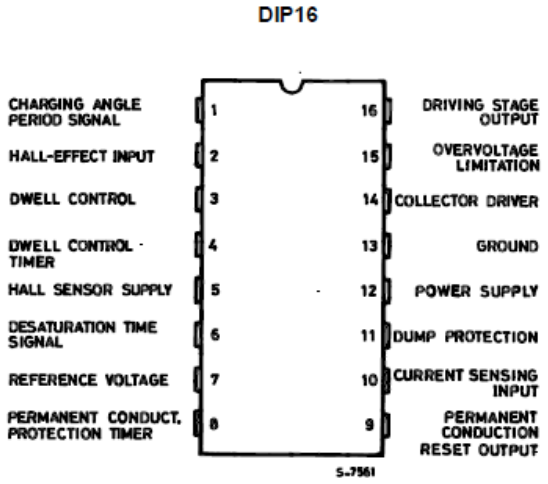
DESCRIPTION

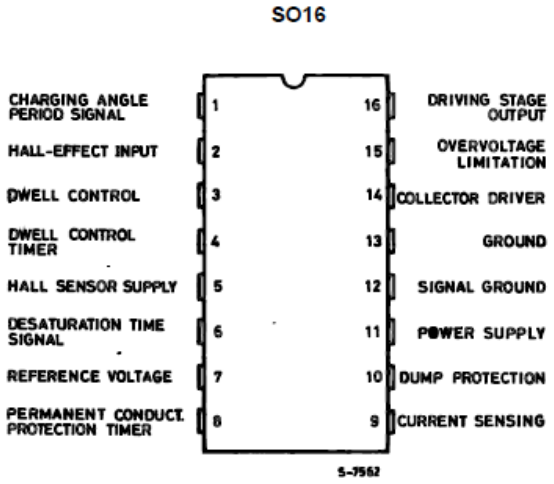
The L482 is an integrated circuit designed for use with an NPN darlington in breakerless ignition systems with hall-effect pickup sensors and high energy ignition coils.

It controls the energy stored in the ignition coil and the desaturation time of the external darlington to limit the power dissipation.

The L482 is also particularly suitable for use as ignition control and driving stage in more sophisticated car electronic systems which employ microprocessor circuits.

PIN CONNECTIONS (top views)

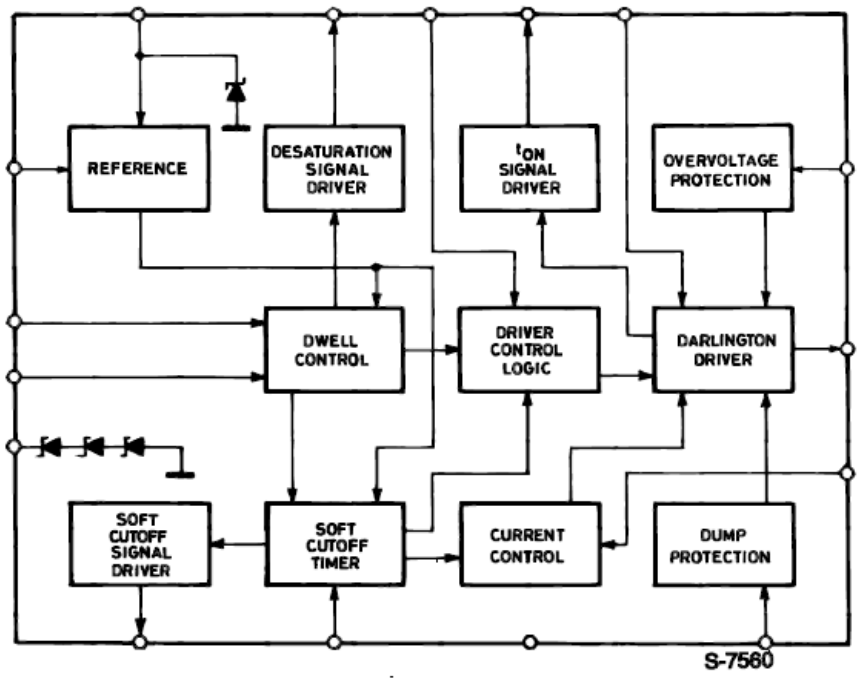




ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter		Value	Unit
V_R	Reverse Battery Voltage		– 14	V
V_D	Dump Voltage		100	V
P_{tot}	Power Dissipation at T_{amb} = 90°C	**SO16** **DIP**	1.2 0.65	W W
T_j, T_{stg}	Junction and Storage Temperature Range		– 55 to 150	°C

BLOCK DIAGRAM



THERMAL DATA

Symbol	Parameter		Value	Unit
$R_{th\ j\text{-}amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient (**DIP16**)	Max	90	°C/W
$R_{th\ j\text{-}al}$	Thermal Resistance Junction-alumina (**SO16**)	Max	50	°C/W

(*) Thermal resistance junction-aluminia with the device soldered on the middle of an aluminia supporting substrate measuring 15 x 20mm ; 0.65mm thickness with infinite heatsink.

PIN FUNCTIONS (refer to fig. 3 for DIP16 package)

N°	Name	Function
1	CONDUCTION TIME SIGNAL	A low level on this output signal indicates when the external darlington is in the ON condition i.e. when the current flows through the coil (ton in fig.1)
2	HALL-EFFECT INPUT	Hall-effect Pickup Input. A high level on this pin enables the current driving into the coil. The effective coil charge will be a function of the dwell control logic. A High to Low transition from the Hall-effect pickup is the signal for ignition actuation. The input signal, supplied by the open collector output stage of the Hall-effect sensor, has a duty cycle typically about 70%.
3	DWELL CONTROL	The average voltage on the capacitor C_2 connected between this pin and ground depends on the motor speed and the voltage supply. The comparison between V_{C2} and V_{C5} voltages determines the timing for the dwell control. The recommended value is 100nF using a 100KΩ resistor at pin 7. For the optimized operation of the device, C2 = C5.
4	DWELL CONTROL TIMER	The capacitor C5 connected between this pin and ground is charged when the Hall-effect output is high and is discharged at the High to Low transition of the Hall-effect signal. The recommended value is 100nF using a 100KΩ resistor at pin 7.
5	HALL SENSOR SUPPLY	This pin can be used to project the Hall-effect pickup against the voltage transients, The resistor R_a limits the current into the internal zener.
6	DESATURATION TIME SIGNAL	Open Collector Output Signal. This output is high when the external darlington is in desaturation condition (current limitation), see t_d pulse in fig. 1.
7	REFERENCE VOLTAGE	A resistor R11 connected between this pin and ground sets the internal current used to drive the external capacitors of the dwell control (C_2 and C_5) and permanent conduction protection (C_1). The recommended value is 100KΩ.
8	PERMANENT CONDUCT. PROTECTION TIMER	A capacitor C1 connected between this pin and ground determines the intervention delay of the permanent conduction protection, t_{pc} of the figure 2. With a 1µF capacitor and 100KΩ resistor R_{11} at pin 7 the typical delay is 1s.
9	PERMANENT CONDUCT. RESET OUTPUT (no available in Micropackage) (*)	A low pulse on this output detects the intervention of the permanent conduction protection, as shown in figure 2. Typically the duration of the time t_r is more than 100µs.
10	CURRENT SENSING INPUT (*)	Connection for Coil Current Limitation. The current is measured on the sense resistor R_S and divided on R_1/R_2. The current limitation value is given by : $I_{SENS} = V_{SENS} \frac{R1 + R2}{R_S \cdot R2}$
11	DUMP PROTECTION (*)	The device is protected against the load dump. In load dump condition an internal circuit, based on a zener diode and a darlington transistor, switches off the external darlington and short circuits the supply. By means of the external divider R8/R9 the protection threshold can be changed and is given as first approximation by: $V_{Dth} = 8.5 \cdot \left(\frac{R_8 + R_9}{R_9}\right) + 5 \cdot 10^{-4} \cdot R_8$ (the resistor R9 value must be higher than 4KΩ).
12	POWER SUPPLY (*)	Supply Voltage Input. A 7V (typ) zener is present at the input. The external resistor R_7 limits the current through the Zener for high supply voltages.

PIN FUNCTIONS (continued)

N°	Name	Function
13	GROUND	This pin must be connected to ground.
14	DRIVER COLLECTOR	The collector current for the internal driver which drives the external darlington is supplied through this pin. The external resistor R_{10} limits the dissipation in the IC. The value of the resistor depends is a function of the darlington used and on the limiting current in the coil.
15	OVERVOLTAGE LIMITATION	The external is protected against overvoltage by means of an internal zener available at this pin. The external divider R_5/R_6 defines the limitation value, given as first approximation by: $V_{ovp} = \left(\frac{30}{R_5} + 5 \cdot 10^{-3}\right) \cdot R_6 + 30$
16	DRIVING STAGE OUTPUT	Current Driver for the External Darlington. To ensure stability and precision of Tdesat C_3 and R_3 must be used. Recommended value for R3 is 2KΩ in order not to change the open loop gain of the system. R_C may be added to C_3 to obtain greater flexibility in various application situations. C_3 and RC values ranges are 1 to 100nF and 5 to 30KΩ depending on the external darlington type.

(*) These pins refer only to the DIP package type.
For the SO 16 version the permanent conduction reset output signal is not available and the pin 9 becomes the current sensing input. Pin 10 replaces the pin 11 function, pin 11 becomes the power supply input and pin 12 is used as the signal ground.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_S = 14 V, – 40°C ≤ T_j ≤ 125°C referred to application circuit of figure 3 regarding DIP-16 package version)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_S	Operating Supply Voltage		6		28	V
I_S	Supply Current	V_{12} = 4.5V			25	mA
V_Z	Zener Voltage (pin 12)	I_Z = 80mA	6.5		8.8	V
V_I	Sensor Input (pin 2) LOW Voltage HIGH		 2.5		 0.5	 V V
I_I	Sensor Input Current (pin 2)	V_I = LOW V_S = 6 to 16V	–12		–1	mA
V_{Hz}	Hall-cell Supply Zener Voltage (pin5)	I_{Hz} = 10mA	19	22	25	V
I_{HZ}	Hall-cell Supply Zener Current (pin5)	t = 10ms T_{AMB} = 25°C	100			mA
$V_{CE\ sat}$ (V_{14}–V_{16})	Series Darlington Driver Sat. Voltage	I_o = 70mA I_o = 150mA		 0.4	0.6 1.0	V V
V_{SENS}	Current Limit. Sensing Voltage (pin10)	V_S = 6 to 16V	200		400	mV
I_{3D} I_{3C} I_{3C}/I_{3D}	C2 Discharge Current C2 Charge Current	V_S = 6 to 16V (*) Note 1	0.2 5 6		3.4 20 35	µA µA
V_{OVZ}	External Darlington Overvoltage Protection Zener Voltage	I_{OVZ} = 5mA to 15mA T_{AMB} = 25°C	25	30	35	V
V_7	Reference Voltage		2.5		3.5	V
t_d	Desaturation Time	f = 40Hz V_S = 14V	0.6	1.2	1.57	ms

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Continued)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
t_{PC}	Permanent Conduction Protection Time (pin 8) (see fig. 2)	V_I = H C_I = 1µF	1	3	5	s
V_1	Charging Angle Output Voltage LOW HIGH	 I_{SINK} = 0 I_{SINK} = 1mA I_{SOURCE} = 1.5mA I_{SOURCE} = 2.5mA	 3 5		 0.5 1.2	 V V V V
V_6	Desat. Time Output Low Voltage	$I_{6\,(sink)}$ = 0.5mA			0.7	V
I_{6L}	Desat. Time Leakage Current (pin6)	V_6 = 5V			10.5	µA
I_{9L}	Permanent Conduction Reset Leakage Current (pin9)	V_9 = 5V			10.5	µA

APPLICATION INFORMATION

Figure 1 : Main Waveforms.

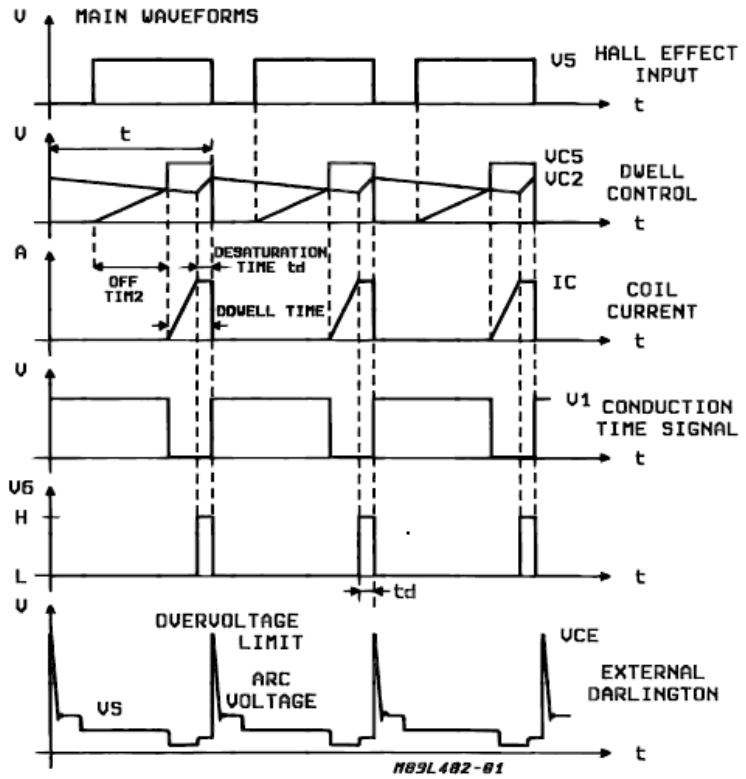


Figure 2 : Low Frequency Condition and Permanent Conduction Protection.

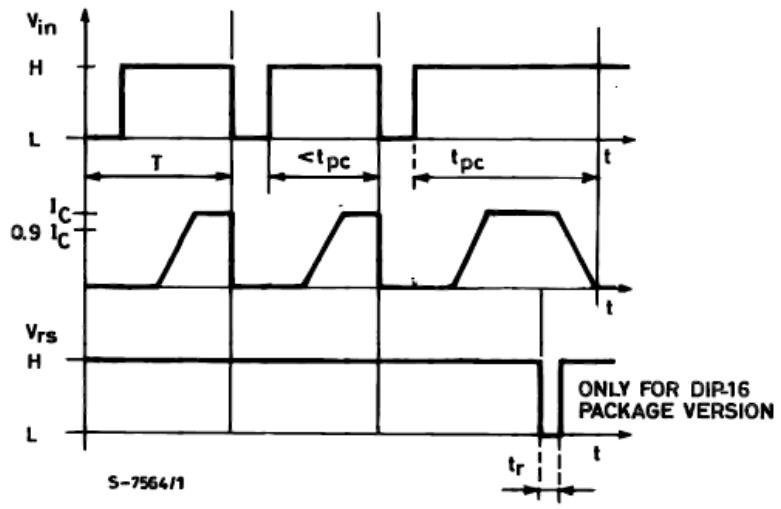


Figure 3 : Application circuit (DIP–16).

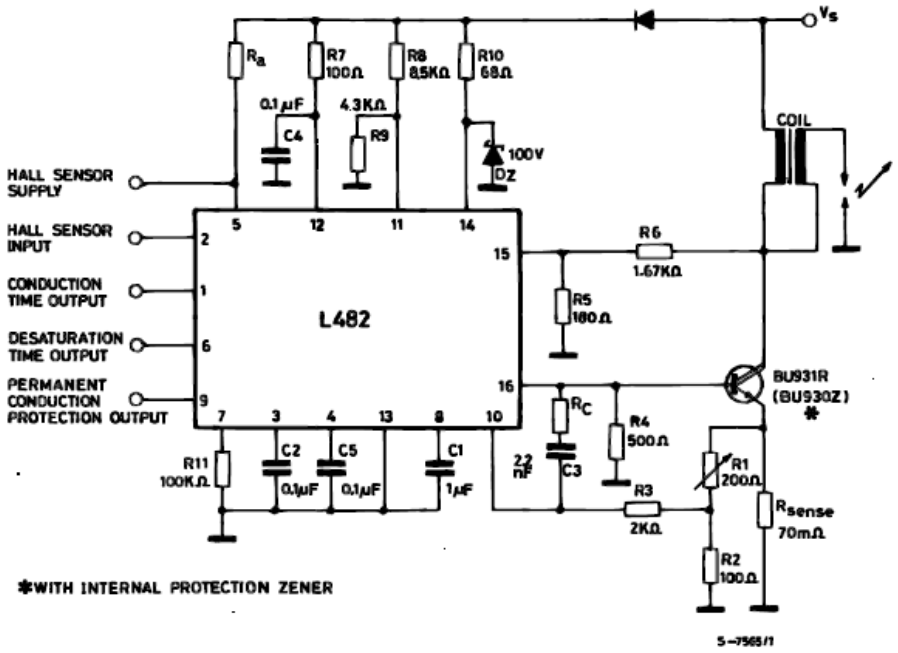
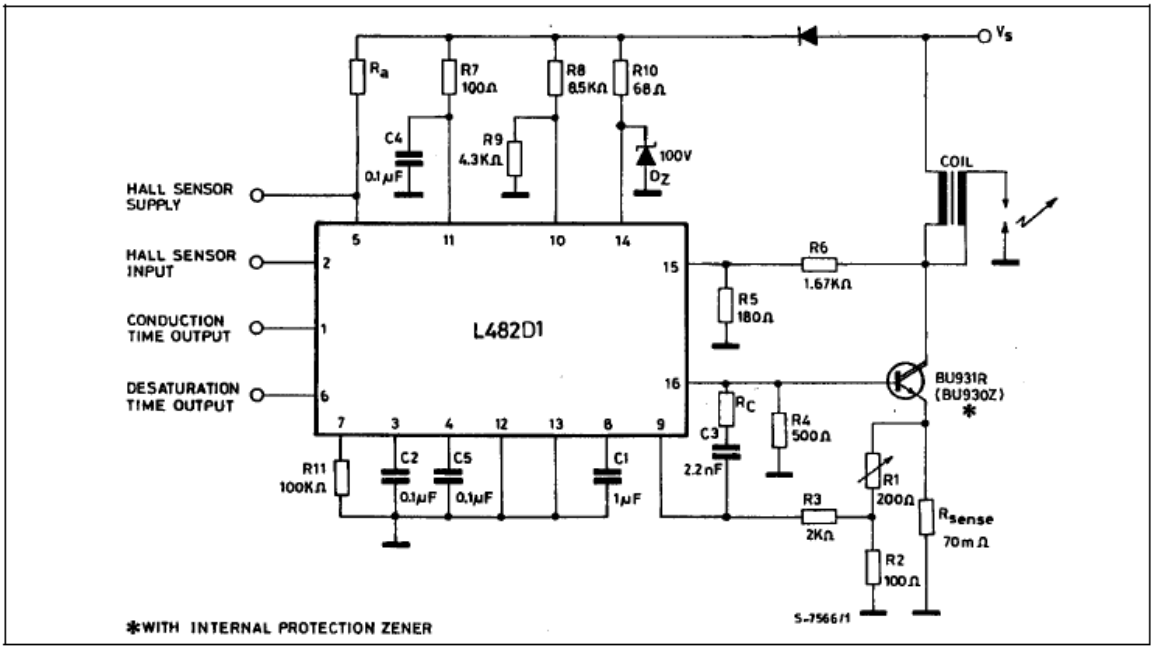


Figure 4 : Application Circuit (SO–16).



CIRCUIT OPERATION

The L482 control the conduction time (dwell) and the peak value of the primary current in the coil over the full range of operating conditions.

The coil current is limited to a predetermined level by means of a negative feedback circuit including a current sensing resistor, a comparator, the driver stage and the power switch.

The dwell control circuit maintains the output stage in its active region during current limitation. The time the output stage is in the active region (desaturation time) is sufficient to compensate for possible variations in the nergy stored due to the acceleration of the motor ; moreover this time is limited to avoid excessive power dissipation.

CONTROL OF THE DWELL ANGLE (fig. 1 and 4)

The dwell angle control circuit calculates the conduction time D for the output transistor in relation to the speed of rotation, to the supply voltage and to the characteristic of the coil.

On the negative edge of the Hall-effect input signal the capacitor C_2 begins discharging with a constant current I_{3D}. When the set peak value of the coil current is reached, this capacitor charges with a constant current $I_{3C} = 13.3 \times I_{3D}$ and the coil current is kept constant by desaturating the driver stage and the external darlington.

The capacitor C_5 starts charging on the positive edge of the Hall-effect input signal with a constant current I_{4C}.

The dwell angle, and consequently the starting point of the coil current production, is decided by the comparison between V_{C2} and V_{C5}. A positive hysteresis is added to the dwell comparator to avoid spurious effects and C_5 is rapidly discharged on the negative edge of Hall-effects input signal.

In this way the average voltage on C_2 increases if the motor speed decreases and viceversa in order to maintain constant the ratio $\frac{td}{T}$ at any motor speed.

td is kept constant (and not d = cost) to control the power dissipation and to have sufficient time to avoid low energy sparks during acceleration.

The charging time D – td depends on the coil and the voltage supply.

DESATURATION TIMES IN STATIC CONDITIONS.In static conditions, if $C_2 = C_5$ as recommended and if the values of the application circuit of fig. 3, 4 are used.

$$\frac{td}{T} = \frac{1}{1 + I_{3C}/I_{3D}}$$

DESATURATION TIMES IN LOW AND HIGH FREQUENCY OPERATION. Due to the upper limit of the voltage range of pin 3, if the components of fig. 3, 4 are used, below 10Hz (300RPM for a 4 cylinder engine) the OFF time reaches its maximum value (about 50ms) and then the circuit gradually loses the control of the dwell angle because D = T – 50ms

Over 200Hz (6000RPM for a 4 cylinder engine) the available time for the conduction is less than 3.5ms.

If the used coil is 6mH, 6A, the OFF time is reduced to zero and the circuit loses the dwell angle control.

TRANSIENT RESPONSE. The ignition system must deliver constant energy even during the condition of acceleration and deceleration of the motor below 80Hz/s. These conditions can be simulated by means of a signal generator with a linearly modulated frequency between 1Hz and 200Hz (this corresponds to a change between 30 and 6000RPM for a 4 cylinders engine.

CURRENT LIMIT. The current in the coil is monitored by measuring the I_{sense} current flowing in the sensing resistor R_s on the emitter of the external darlington. I_{sense} is given by :

$$I_{sense} = I_{coil} + I_{16}$$

When the voltage drop across R_s reaches the internal comparator threshold value the feedback loop is activated and I_{sense} kept constant (fig. 1) forcing the external darlington in the active region. In this condition :

$$I_{sense} = I_{coil}$$

When a precise peak coil current is required R_5 must be trimmed or an auxiliary resistor divider (R_1, R_2) added :

$$Icpeak\ (A) = \frac{V_{SENS}}{R_S} \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right)$$

PROTECTION CIRCUIT

PERMANENT CONDUCTION PROTECTION

The battery voltage is applied to ignition module by means of the ignition key. In these conditions, with the motor stopped, it is necessary that there is no permanent conduction in the ignition coil irrespective of the polarity of the input signal.

The L482 incorporates a timing circuit to implement this protection ; the duration of the intervention is set by means of a capacitor C_1 at pin 8 = 1µF, and R_{11} = 100kΩ, when the input signal is high for more than 1 s, the coil current gradually decreases down to zero to avoid spurious sparks (see fig. 2).

This timing allows normal operation of the module above 30RPM.

DARLINGTON OVERVOLTAGE LIMITATION

The darlington is protected against overvoltage by means of an external divider R_5/R_6 (pin 15) and an internal zener. This zener drives the external darlington in order to limit the collector voltage.

REVERSE BATTERY PRTOTECTION. Due to the presence of external impedance at pin 5, 10, 11, 14, 15, L482 is protected against reverse battery voltage.

DUMP PROTECTION.

The load dump protection withstands up to 100V with a decay time ≤ 300ms. The intervention threshold for load dump is fixed by means of an external divider connected to pin 11 (DIP-16 package version) or to pin 10 using a Micropackage type.

NEGATIVE SPIKE PROTECTION.If correct operation is requested also during short negative spikes, the diode DS and capacitor C_s must be used.

USE OF THE IC ELECTRONIC ADVANCE SYSTEM

When the device is digitally controlled the control unit transmits a suitable input signal to the power module, receiving in turn information that allows the control of the dwell and the on time of the final transistor.

For this reason L482 provides the following outputs :

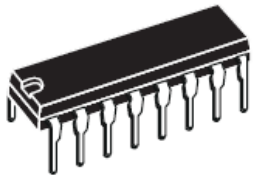
- a time signal equal to the time in which the final Darlington is in the active region i.e. when the coil current is limited (V_{ds}) as shown in figure 1. This signal must be TTL compatible.
- a TTL compatible output from the timing circuit (V_{rs} in figure 2). This pulse, available only using the DIP-16 package version is present after the protection against cranking transients.
- a time signal equal to the time in which the final Darlington, is in "on" condition (V_{on}) i.e. when the current flows through the coil, see fig. 1.

OTHER APPLICATION INFORMATION

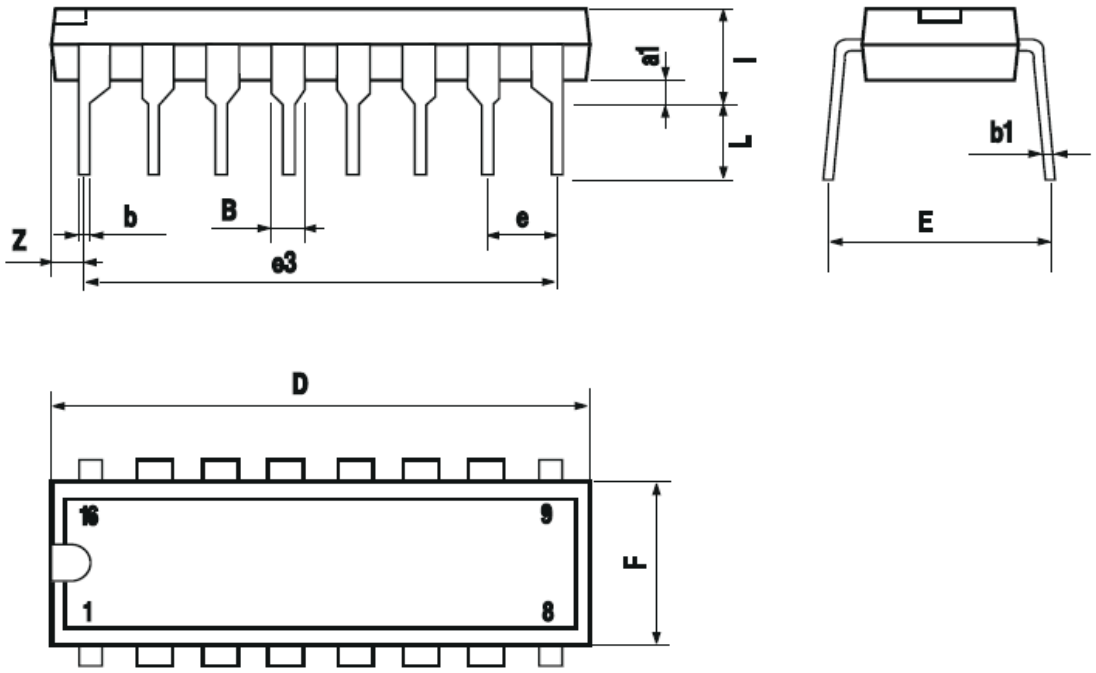
If the supply voltage is disconnected - or the battery wire is broken - while the current is flowing through the coil, the external diode D_1 keeps the coil current from recirculating into the device : in this way both device and darlington are protected.

DIM.	mm			Inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.51			0.020		
B	0.77		1.65	0.030		0.065
b		0.5			0.020	
b1		0.25			0.010	
D			20			0.787
E		8.5			0.335	
e		2.54			0.100	
e3		17.78			0.700	
F			7.1			0.280
I			5.1			0.201
L		3.3			0.130	
Z			1.27			0.050

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



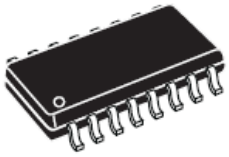
DIP16



DIM.	mm			Inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			1.75			0.069
a1	0.1		0.25	0.004		0.009
a2			1.6			0.063
b	0.35		0.46	0.014		0.018
b1	0.19		0.25	0.007		0.010
C		0.5			0.020	
c1	45° (typ.)					
D (1)	9.8		10	0.386		0.394
E	5.8		6.2	0.228		0.244
e		1.27			0.050	
e3		8.89			0.350	
F (1)	3.8		4	0.150		0.157
G	4.6		5.3	0.181		0.209
L	0.4		1.27	0.016		0.050
M			0.62			0.024
S	8°(max.)					

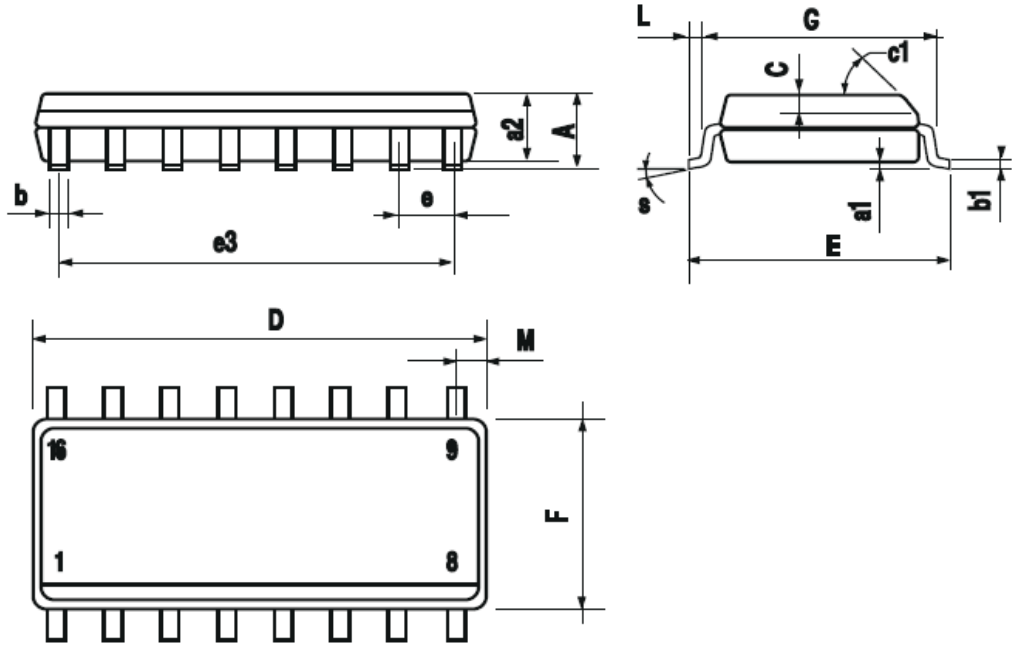
OUTLINE AND MECHANICAL DATA

Weight: 0.20gr



SO16 Narrow

(1) D and F do not include mold flash or protrusions. Mold flash or potrusions shall not exceed 0.15mm (.006inch).



0016020

Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics

© 2003 STMicroelectronics – Printed in Italy – All Rights Reserved

STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Israel - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - United States.

http://www.st.com

- En los dos sistemas vistos anteriormente el avance del encendido sigue dependiendo, como en el encendido con ruptor, de elementos mecánicos tal como los contrapesos y resortes del avance centrífugo y del pulmón de vacío.
  La introducción de nuevos circuitos electrónicos en los encendidos permitió que estos componentes mecánicos fueran sustituidos.

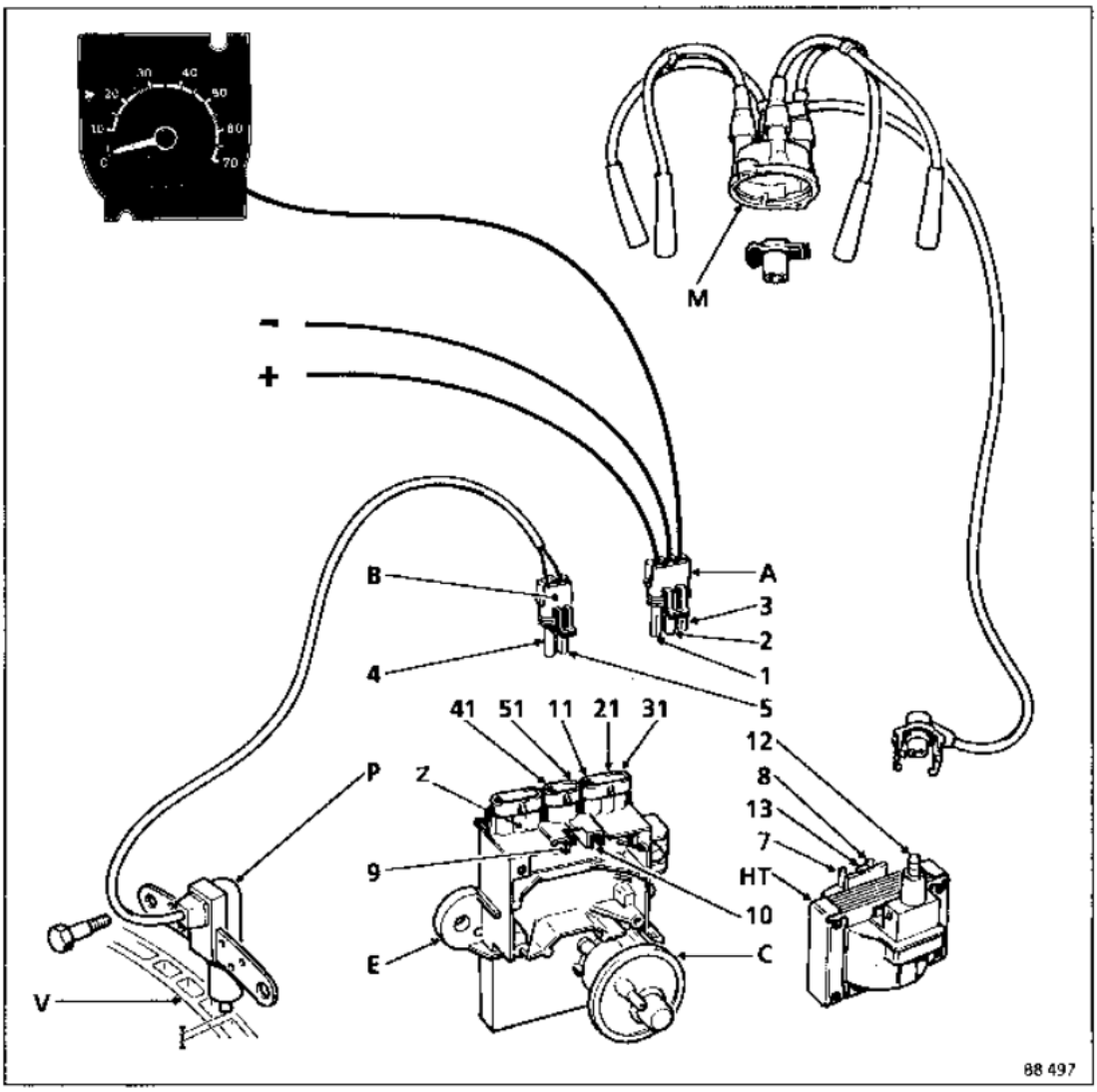
- **ENCENDIDO ELECTRÓNICO INTEGRAL**

RENAULT MR295 Clio 1 – R19 Chamade

Este sistema utiliza:

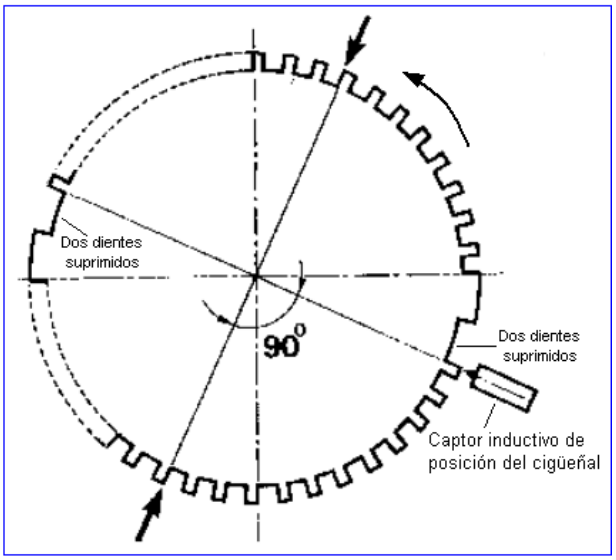
➢ Un **sensor de RPM** que enfrenta a una **rueda fónica** que gira solidariamente con el cigüeñal reemplaza al **regulador de avance centrífugo** del distribuidor convencional.

➢ Un **sensor de la presión** existente en el múltiple de admisión que refleja la carga de motor y que reemplaza al **regulador de avance por vacío** del distribuidor convencional

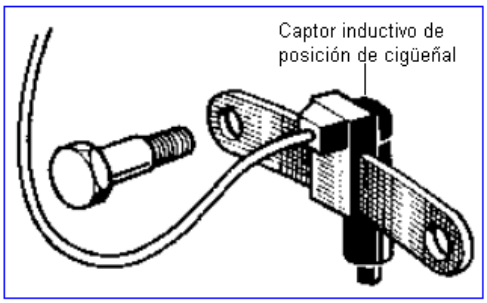


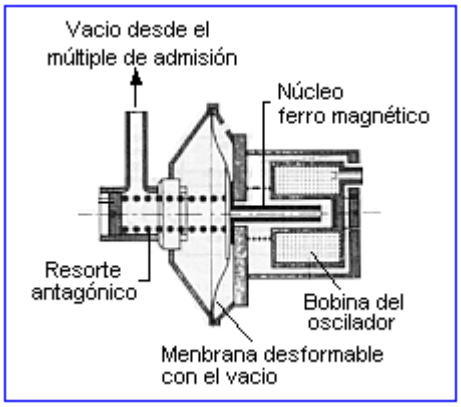
Identifi-cación	Descripción	Identifi-cación	Descripción
1	Alimentación - positivo de batería	21	Masa del módulo
2	Alimentación - negativo de batería (chassis)	31	Pin de salida de señal para el cuenta vueltas
3	Señal para el cuenta vueltas	41	Señal del captor
4	Conexión de extremo de bobina del captor	51	Señal del captor
5	Conexión de extremo de bobina del captor	M	Tapa del distribuidor
7	Borne + de bobina de encendido	HT	Bobina de encendido
8	Borne – de bobina de encendido	C	Sensor de depresión
9	Contacto + bobina de encendido	E	Calculador electrónico (módulo de encendido)
10	Contacto - bobina de encendido	P	Captor inductivo de posición del cigüeñal
11	Pin de entrada al módulo de positivo de batería	V	Rueda fónica
12	Conexión de salida de AT de la bobina		
13	Pin de conexión para condensador anti parasitario		

Rueda fónica
Contiene 44 dientes regularmente espaciados, de los cuales dos han sido suprimidos en cada media vuelta de cigüeñal que cumplen la función de crear una señal absoluta situada a 90º antes del punto muerto superior, por lo que en realidad no quedan más que 40 dientes completos.



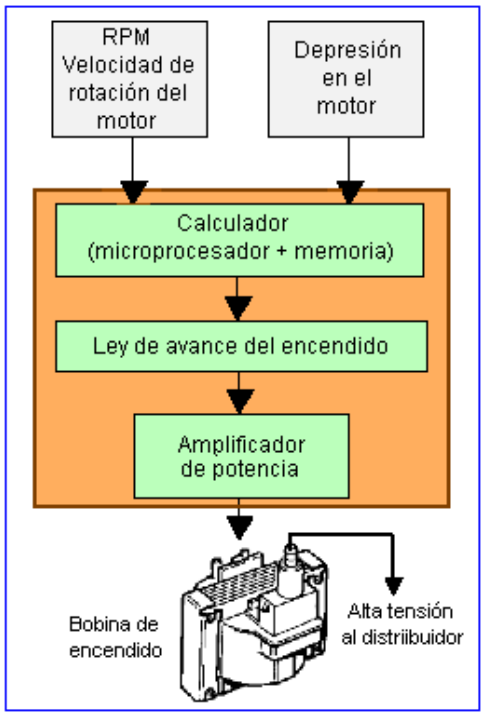
Captor inductivo de posición de cigëñal
Informa al microprocesador del módulo de encendido la posición del cigüeñal, permitiéndole conocer la posición de este 90º antes del PMS y así tener tiempo suficiente para calcular el avance del encendido para cada condición del motor.
Interpretando la señal que el envía, el microprocesador consultando el programa grabado en su memoria operativa calcula las RPM a las que está girando motor





Captor de vacío

Exteriormente su forma física es similar a la de un pulmón de vacío utilizado en los distribuidores convencionales, pero su funcionamiento es totalmente diferente. En este captor, la deformación de la membrana provocada por la presión existente en el múltiple de admisión, produce el desplazamiento de un núcleo ferro magnético en el interior de una bobina que forma parte de un oscilador electrónico. Al variar la posición del núcleo en el interior de la bobina produce un cambio en la inductancia de esta, este cambio da como consecuencia un cambio en la frecuencia de oscilación del oscilador electrónico, el microprocesador consultando las cartas cartográficas grabadas en su memoria reconoce para cada frecuencia la carga de motor.



Calculador

Es un sistema electrónico que define la ley de avance del encendido en función de la velocidad de rotación del motor y de la depresión del motor.
Este sistema de encendido posibilita mejorar notablemente la regulación de los avances a las variadas exigencias solicitadas al motor.
Los mapas cartográficos son obtenidos por medio de múltiples ensayos de los motores en banco de ensayo y pueden contener hasta 1000 o más puntos distintos de ángulos de avance del encendido.
El distribuidor se conserva y solo cumple la función de distribuir alta tensión a las bujías.

- Un sistema de encendido que contempla más parámetros del motor para gestionar el Dwell de la bobina de encendido y el avance del encendido para cada condición de exigencia demandada al motor es el conjunto formado por dos ECU desarrollado por BOSCH. Una unidad de comando para la inyección denominada LE JETRONIC y otra para el encendido denominada EZK.
  La EZK contiene un microprocesador, una memoria de programa y una memoria en la que están grabados los datos de un mapeo cartográfico de avance del encendido que representa distintas condiciones de funcionamiento del motor. En este mapeo se tiene en consideración los siguientes parámetros:

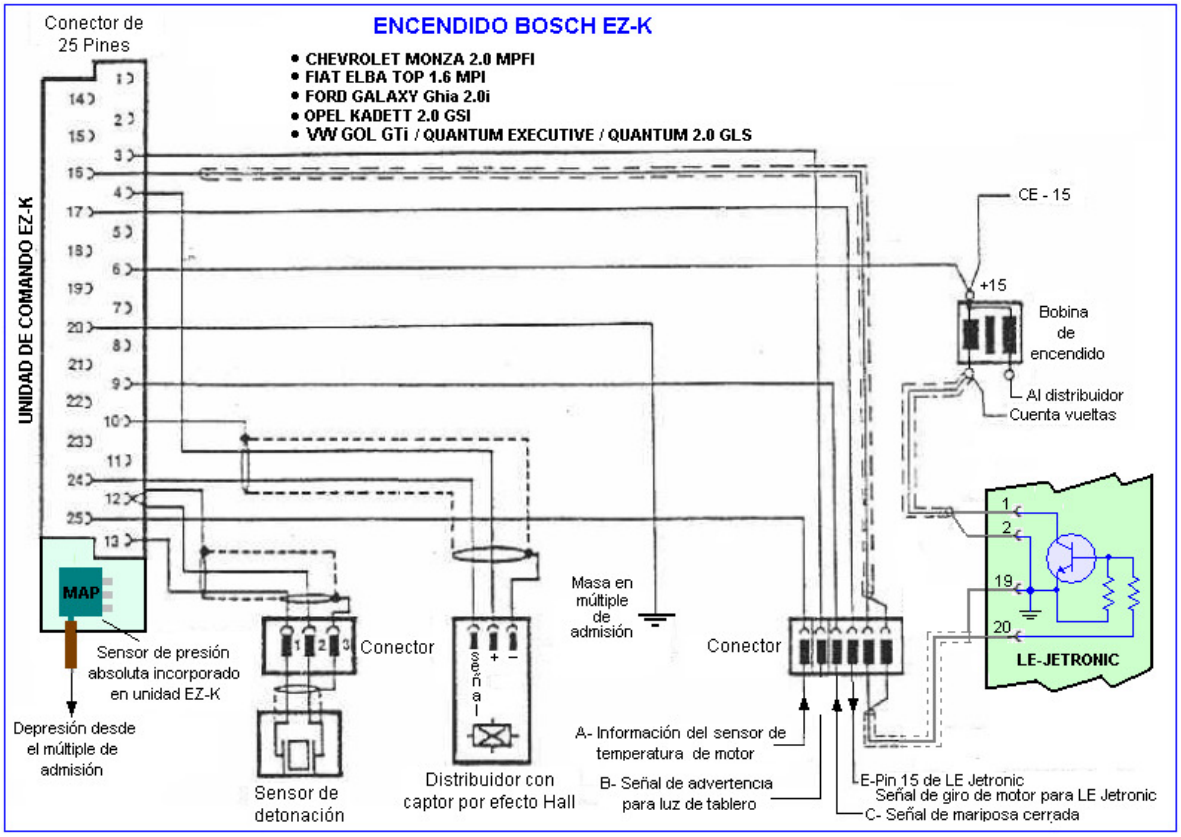
  1- RPM a las que esta girando el motor y posición del cigüeñal
  2- Presión absoluta (vacío) en el múltiple de admisión
  3- Temperatura del motor
  4- Posición de la mariposa, informa si el pedal de acelerador esta accionado o libre (pie levantado)
  5- Señal del sensor de detonación

  El microprocesador recibe la información de estos parámetros desde los distintos sensores dispuestos en el motor.

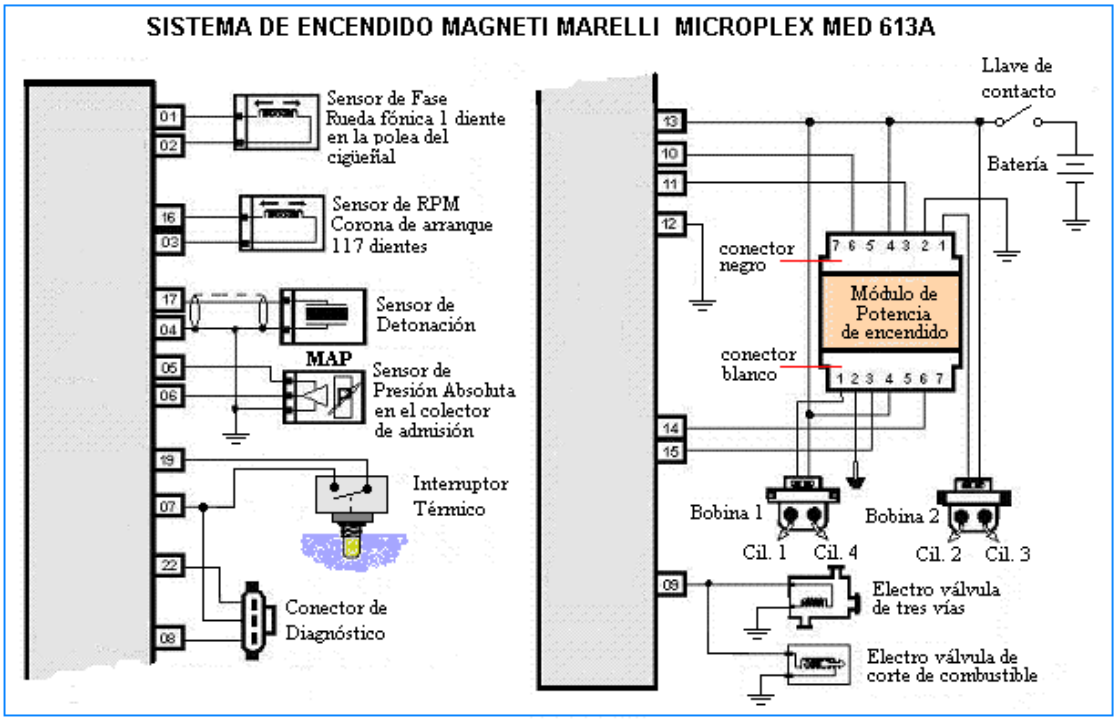
  1- Captor por efecto Hall con campana de 4 ventanas y cuatro álabes solidaria al eje del distribuidor.
  2- Sensor de presión absoluta (MAP)
  3- Sensor tipo NTC en contacto con líquido refrigerante de motor.
  4- Caja de contactores accionada por el eje de la mariposa.
  5- Sensor piezo eléctrico implantado en el block de motor.

  con los datos recibidos desde estos sensores la ECU realiza los cálculos indicados por el programa y con el resultado obtenido busca en los datos pre grabados en la memoria el punto óptimo de avance para cada condición de motor.
  La Unidad de Comando EZ-K calcula el ángulo de avance base en función de las RPM a las que está girando el motor, información brindada por el Captor Hall y la carga a la que está sometido el mismo, información que obtiene del MAP. Este ángulo de avance base lo modifica en función de la Temperatura de Motor y del Sensor de Detonación, si la hubiera. Adopta también un ángulo de avance predeterminado para la condición de pie levantado, Señal de Mariposa Cerrada enviada desde la Caja de Contactores accionada por el eje de la mariposa de aceleración.

➢ Una aplicación de este encendido se encuentra en algunos modelos de FORD y VOLKSWAGEN cuando componían la empresa AUTOLATINA, FIAT y GM.



❖ Otro encendido integral que contempla varios parámetros fundamentales del motor para gestionar el Dwell de la bobina de encendido y el avance del encendido para cada condición de exigencia demandada al motor, es el MAGNETI MARELLI MICROPLEX MED 613A.
Fue utilizado por FIAT en sus modelos UNO Mille Electronic y UNO Mille ELX en conjunto con un carburador TLDF 28/32.
La Unidad de Comando EZ-K calcula el ángulo de avance base en función de las RPM a las que está girando el motor, información brindada por un Sensor Inductivo enfrentado a la corona de arranque de 117 dientes y la carga a la que está sometido el mismo, información que obtiene del MAP. Este ángulo de avance base lo modifica en función de la Temperatura de Motor y del Sensor de Detonación, si la hubiera.
Al utilizar un sistema de encendido estático (sin distribuidor de alta tensión), compuesto por dos bobinas de ignición del tipo "Chispa Perdida", es necesario que la Unidad de Comando identifique en cada vuelta del cigüeñal la posición de los pistones de los Cilindros 1 y 4 y de los Cilindros 2 y 3 en su carrera ascendente, para así enviar una señal al módulo de encendido correspondiente para que active la bobina de encendido de esos cilindros.
La identificación de los cilindros 1 y 4 la logra a través de la información que recibe del Sensor de Fase (inductivo). Este genera un pulso por cada revolución de motor, cuando la ECU recibe esa señal reconoce que los pistones de los cilindros 1 y 4 están en su carrera ascendente, uno de ellos está en fase de compresión y el otro en fase de escape, por lo que la chispa generada en ambas bujías hará encender la mezcla aire/combustible en el cilindro que este en compresión; suponiendo que en un momento dado el encendido se produzca en el cilindro 1 por estar este en compresión, en la próxima revolución del motor este cilindro estará en escape y el cilindro 4 en compresión, en este ahora se provocará el encendido.
La ECU identifica a los cilindros 2 y 3 en su carrera ascendente contando los pulsos que recibe del Sensor de RPM sucesivos al que coincidió con el pulso del Sensor de Fase. El PMS de los cilindros 2 y 3 ocurre en el diente 57 posterior al que coincidió con el diente del Sensor de Fase.
El gerenciamiento de encendido que realiza para los cilindros 2 y 3 es igual al que realiza para los cilindros 1 y 4.
En este encendido integral digital la ECU puede reconocer fallas producidas en el sistema y almacenar los códigos correspondientes a las mismas, estos códigos pueden ser extraídos a través del Conector de Diagnóstico.



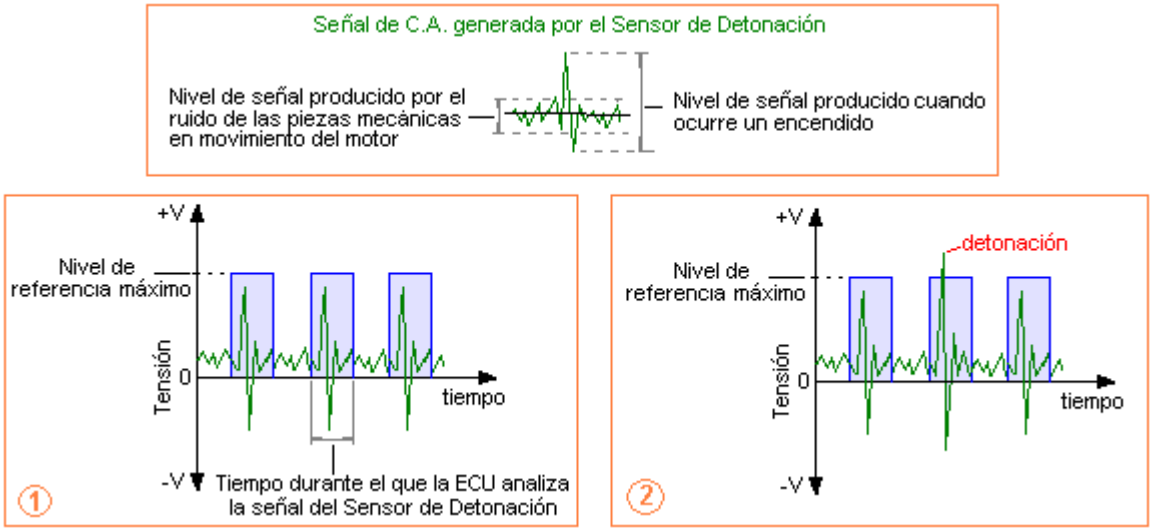
Este tipo de encendido es conocido como “DIS” (Direct Ignition System o también como Distribuitorless Ignition System). En idioma español es llamado como “Sistema de Encendido sin Distribuidor” o simplemente “Sistema de Encendido de Chispa Perdida”.
Con este sistema se ha eliminado el último elemento mecánico que tenia el encendido, **el distribuidor de Alta Tensión**, elemento siempre propenso a sufrir desgastes y averías.
Además de esta ventaja el encendido DIS tiene otras muy importantes:

- Tiene gran control sobre la generación de la chispa.
  Esto es consecuencia de que cada bobina solo debe ser activada una vez por cada revolución de motor, por lo tanto aun a altas revoluciones del motor, siempre se dispone de tiempo suficiente para que la intensidad de corriente en el primario de la bobina alcance el
  máximo nivel necesario para que la energía acumulada en el campo magnético y que en el momento del encendido es transferida al secundario, sea la óptima para inflamar y quemar toda la mezcla aire/combustible disponible en el cilindro, evitando así fallos de encendido a altas revoluciones del motor por ser insuficiente la calidad de la chispa.
- Las interferencias eléctricas generadas en el distribuidor son eliminadas.
  Las bobinas pueden colocarse más cerca de las bujías, reduciendo así la longitud de los cables de alta tensión, fuente también de interferencias eléctricas.
- El módulo de control electrónico de encendido, al disponer de más tiempo para excitar a cada bobina puede calcular con más precisión el ángulo de avance del encendido.

❖ Control de Detonación

El control de la detonación es monitoreado por la ECU en lazo cerrado utilizando una estrategia de su programa basada en la señal que genera el Sensor de Detonación.
La ECU en función de las condiciones de funcionamiento del motor para cada situación calcula el tiempo que mantendrá circulando corriente por el primario de la bobina y de acuerdo a los grados de avance del encendido que determinó, en el momento preciso, cortará dicha circulación provocando la generación de chispa y el encendido de la mezcla.
Cuando ordena un encendido la ECU recién presta atención a la información que le envía el
Sensor de Detonación (tiempo durante el que la ECU analiza la señal del sensor – Fig. 1). El nivel de la tensión de corriente alternada generado por este es comparado con un Nivel de Referencia Máximo, si la amplitud de la señal supera este nivel la ECU interpreta que ha ocurrido una detonación (Fig. 2).
Reconocida la detonación la ECU retarda el encendido en 3º a 5º, según el sistema y si no se produce una nueva detonación vuelve a avanzar el encendido buscando el tiempo base calculado, este avance lo realiza paulatinamente en pasos de 0,75º a 1º.

Si luego de la primera detonación y a pesar de que la ECU dispusiera el atraso del encendido en 3º o 5º se vuelve a producir otra detonación, la ECU atrasa el encendido en otros 3º a 5º hasta un máximo de 15º. Llegado a este máximo, si la detonación persiste, la ECU pasa a emplear un programa alternativo con un avance fijo.

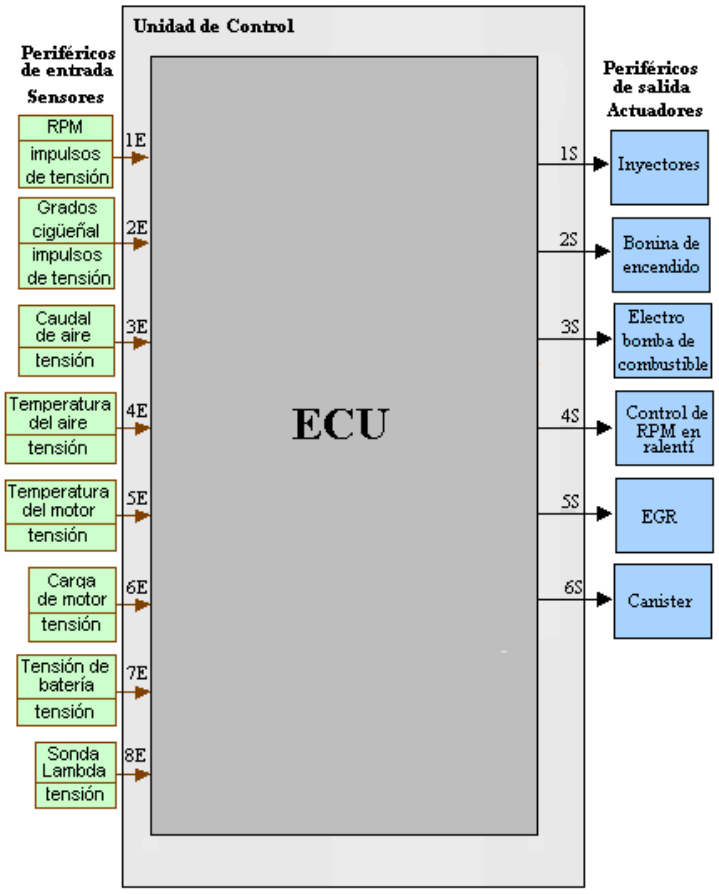


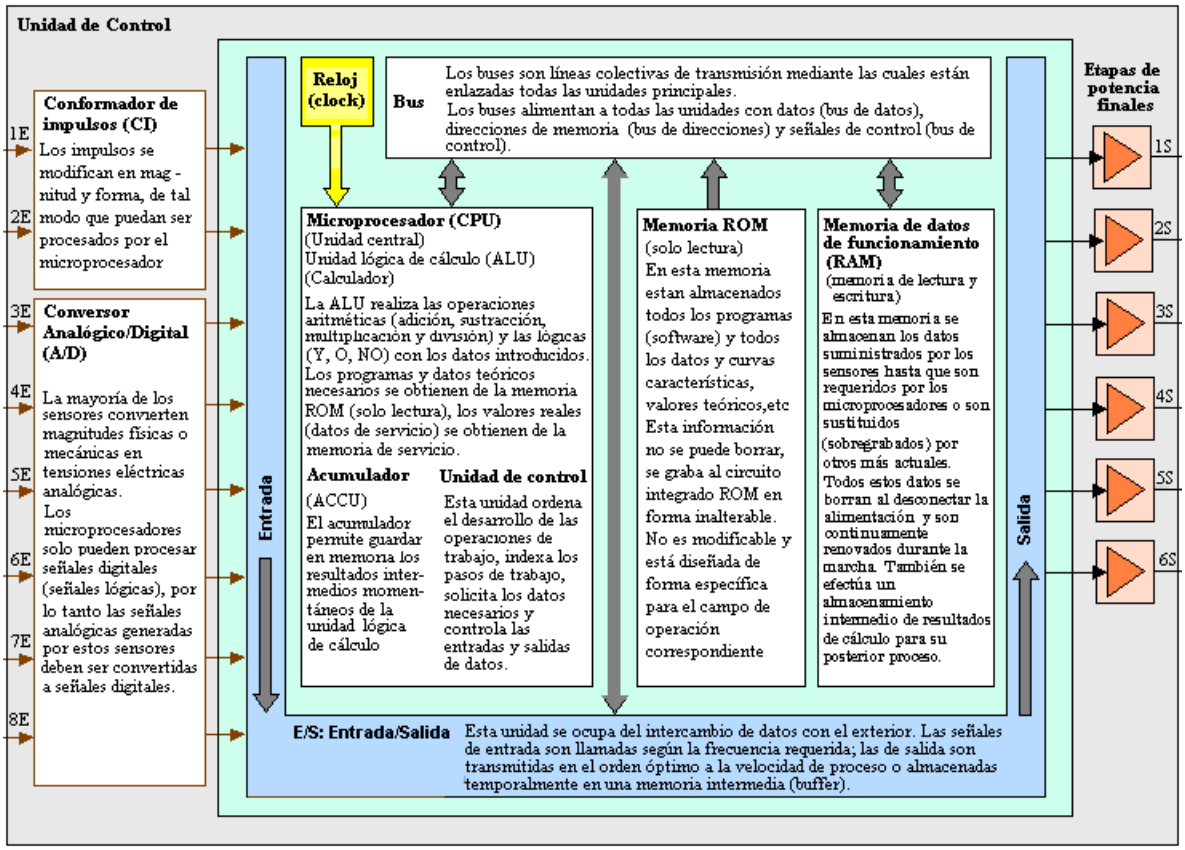
❖ Sistema Motronic

En 1979 aparece un sistema que incluye en una sola Unidad de Control Electrónico el gerenciamiento de la Inyección de Combustible y el de Encendido, este sistema fue desarrollado por la empresa BOSCH y es denominado MOTRONIC.
El núcleo de la MOTRONIC es una unidad de mando electrónica conformada por un microprocesador y una memoria. En la memoria está grabado un programa de trabajo con datos para determinar la cantidad de combustible a inyectar y del momento de encendido. Mediante sensores, el microprocesador recibe para cada proceso de inyección y encendido informaciones sobre la **cantidad de aire aspirado**, **las revoluciones del motor**, **la posición del cigüeñal de este, la carga demandada al mismo, así como la temperatura del aire aspirado, la temperatura del motor y el estado de la mezcla aire/combustible en lo que respecta a su riqueza** . Con estas informaciones, la MOTRONIC asegura que siempre se encienda en el momento correcto la cantidad ideal de mezcla de aire y carburante en el motor.
BMW fue el primer fabricante de automóviles, que tomó la decisión de adoptar esta nueva tecnología. En 1979, BMW montó la MOTRONIC por primera vez en un modelo 732i de seis cilindros.

❖ Proceso de datos en la Unidad de Control

En las figuras de la página siguiente se muestra la arquitectura básica de una Unidad de Control (ECU).
La estructura y el principio de funcionamiento que se describen a continuación son, en términos generales, comunes a todas las unidades dotadas de microprocesadores.
Las principales diferencias entre ellas radican en el tamaño de las memorias, de los circuitos integrados utilizados, los programas necesarios y el volumen de datos a procesar.


Unidad de Control
Periféricos de entrada
Sensores
RPM
impulsos de tensión
1E
Grados cigüeñal
impulsos de tensión
2E
Caudal de aire
tensión
3E
Temperatura del aire
tensión
4E
Temperatura del motor
tensión
5E
Carga de motor
tensión
6E
Tensión de batería
tensión
7E
Sonda Lambda
tensión
8E
ECU
Periféricos de salida
Actuadores
1S
Inyectores
2S
Bobina de encendido
3S
Electro bomba de combustible
4S
Control de RPM en ralentí
5S
EGR
6S
Canister

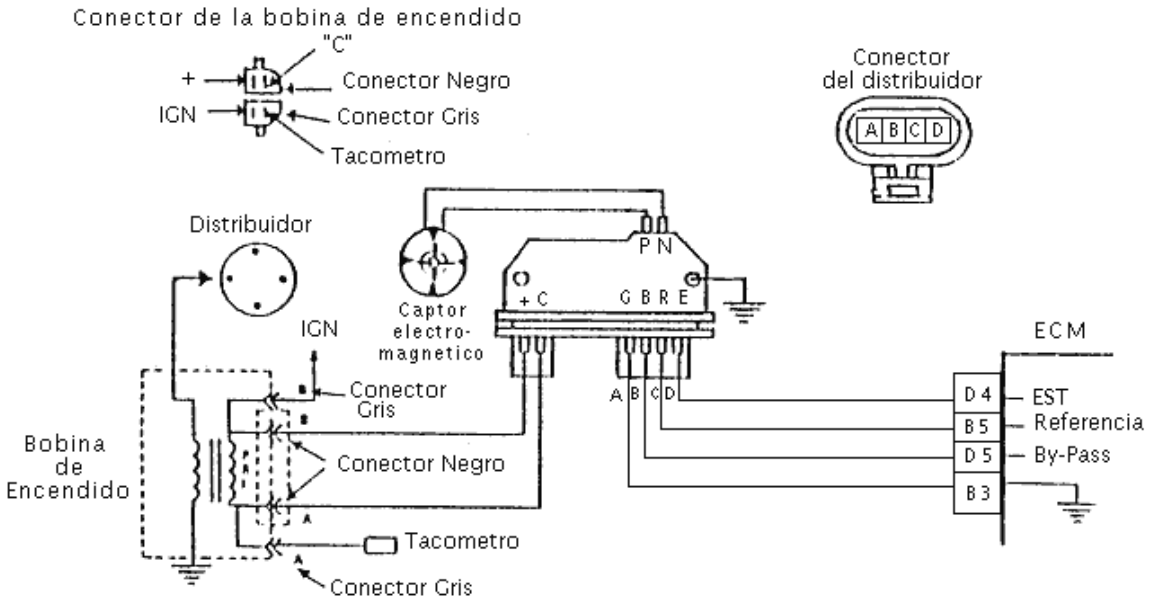

Unidad de Control
Conformador de impulsos (CI)
Los impulsos se modifican en mag - nitud y forma, de tal modo que puedan ser procesados por el microprocesador
1E
2E
Conversor Analógico/Digital (A/D)
La mayoría de los sensores convierten magnitudes físicas o mecánicas en tensiones eléctricas analógicas.
Los microprocesadores solo pueden procesar señales digitales (señales lógicas), por lo tanto las señales analógicas generadas por estos sensores deben ser convertidas a señales digitales.
3E
4E
5E
6E
7E
8E
Entrada
Reloj (clock)
Bus
Los buses son líneas colectivas de transmisión mediante las cuales están enlazadas todas las unidades principales.
Los buses alimentan a todas las unidades con datos (bus de datos), direcciones de memoria (bus de direcciones) y señales de control (bus de control).
Microprocesador (CPU)
(Unidad central)
Unidad lógica de cálculo (ALU)
(Calculador)
La ALU realiza las operaciones aritméticas (adición, sustracción, multiplicación y división) y las lógicas (Y, O, NO) con los datos introducidos.
Los programas y datos teóricos necesarios se obtienen de la memoria ROM (solo lectura), los valores reales (datos de servicio) se obtienen de la memoria de servicio.
Acumulador
(ACCU)
El acumulador permite guardar en memoria los resultados inter- medios momen- táneos de la unidad lógica de cálculo
Unidad de control
Esta unidad ordena el desarrollo de las operaciones de trabajo, indexa los pasos de trabajo, solicita los datos necesarios y controla las entradas y salidas de datos.
Memoria ROM
(solo lectura)
En esta memoria estan almacenados todos los programas (software) y todos los datos y curvas características, valores teóricos,etc
Esta información no se puede borrar, se graba al circuito integrado ROM en forma inalterable.
No es modificable y está diseñada de forma específica para el campo de operación correspondiente
Memoria de datos de funcionamiento (RAM)
(memoria de lectura y escritura)
En esta memoria se almacenan los datos suministrados por los sensores hasta que son requeridos por los microprocesadores o son sustituidos (sobregrabados) por otros más actuales.
Todos estos datos se borran al desconectar la alimentación y son continuamente renovados durante la marcha. También se efectúa un almacenamiento intermedio de resultados de cálculo para su posterior proceso.
Salida
Etapas de potencia finales
1S
2S
3S
4S
5S
6S
E/S: Entrada/Salida
Esta unidad se ocupa del intercambio de datos con el exterior. Las señales de entrada son llamadas según la frecuencia requerida; las de salida son transmitidas en el orden óptimo a la velocidad de proceso o almacenadas temporalmente en una memoria intermedia (buffer).

❖ Funcionamiento de un sistema de encendido General Motors

Utilizado en:
Chevrolet “Monza 2.0 (multipunto); 1.8 (mono punto)”
Daewoo “Espero 2.0 (multipunto)”
“Cielo 1.5 (mono punto)”

Propósitos del sistema de encendido

Este sistema de **Alta Energía de Ignición (HEI – High Energy Ignition)**, controla la combustión proveyendo una chispa en el momento exacto para encender y quemar al máximo posible la mezcla comprimida aire/combustible.
Para proporcionar el mejor rendimiento del motor, la máxima economía de combustible y la mínima emisión de gases contaminantes, la computadora (ECM – Electronic Control Module) controla el avance del encendido (timing control) con un sistema electrónico propio denominado **Electronic Spark Timing (EST).**



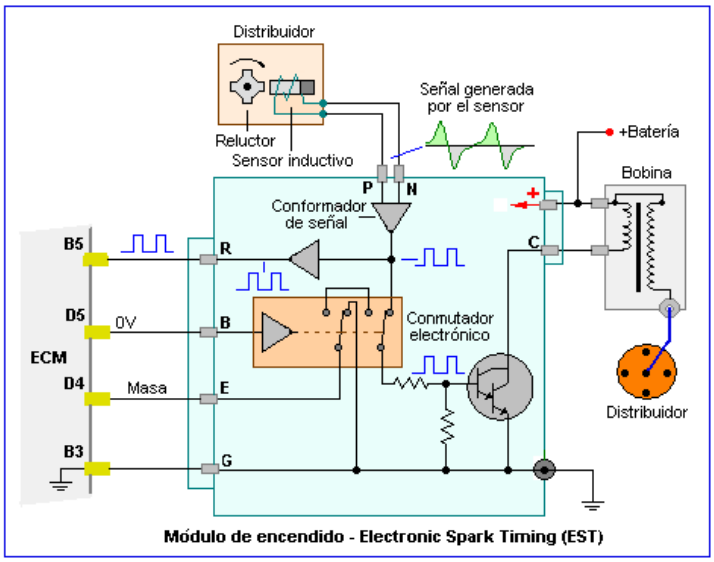


Figura 1

Para controlar correctamente el momento de producir la ignición/combustión de la mezcla el ECM necesita conocer:

- En que posición se encuentra el cigüeñal.
- Velocidad de giro del motor.
- Carga a que está sometido el motor (vacio de motor).
- Presión atmosférica (presión barométrica).
- Temperatura del motor
- Posición de la mariposa

El sistema EST está constituido por el conjunto del distribuidor, el ECM y el conexionado correspondiente.
En este circuito se realizan las siguientes funciones:

- Información de referencia desde el distribuidor al ECM.
  Provee al ECM información de las RPM a que está girando el motor y en que posición se encuentra el cigüeñal.
  Se envía desde el Pin R del distribuidor al Pin B5 del ECM**.**

La señal generada por el captor electromagnético es una tensión de corriente alternada cuasi sinusoidal cuya frecuencia es dependiente de las RPM del motor.
Esta corriente alternada es convertida en una continua pulsante por medio de un circuito electrónico conformador de señal. Estos pulsos son suministrados al ECM como pulso de referencia para que pueda manejar la inyección y para que con el motor en funcionamiento, en base a ellos, el ECM calcule los avances de encendido necesarios (Fig.1).

- Referencia de masa. (Inter conexionado de masas).
  Conexión desde el Pin B3 del ECM al Pin G del distribuidor.
  La toma de masa del sistema está implementada en el distribuidor al pie del emisor del transistor de potencia, esto asegura que no se generen pulsos positivos de masa cuando se establece la alta intensidad de corriente de conducción del primario de la bobina de ignición, **pulsos conocidos como puntos calientes de masa.**
  La presencia de estos pulsos afecta al rendimiento del sistema (Fig.1).Si este conductor que relaciona la masa del módulo de encendido con masa del ECM estuviera abierto, produciría un pobre rendimiento del sistema.

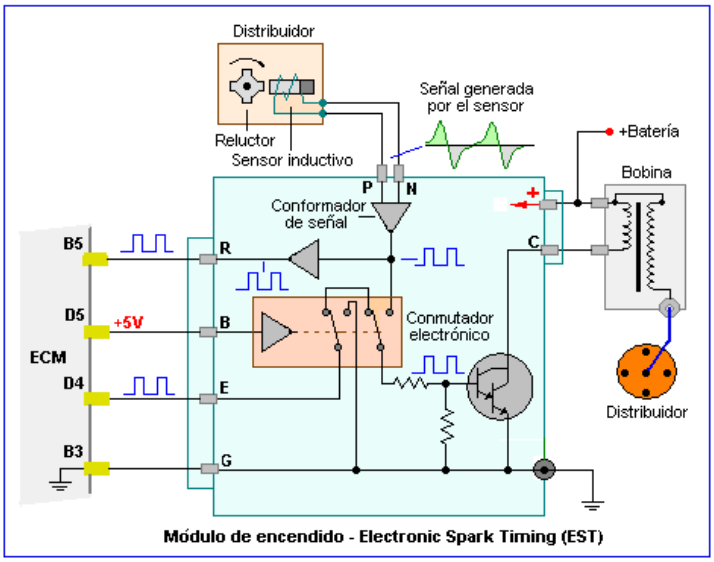


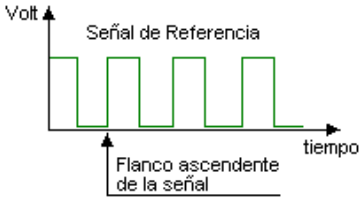
Figura 2

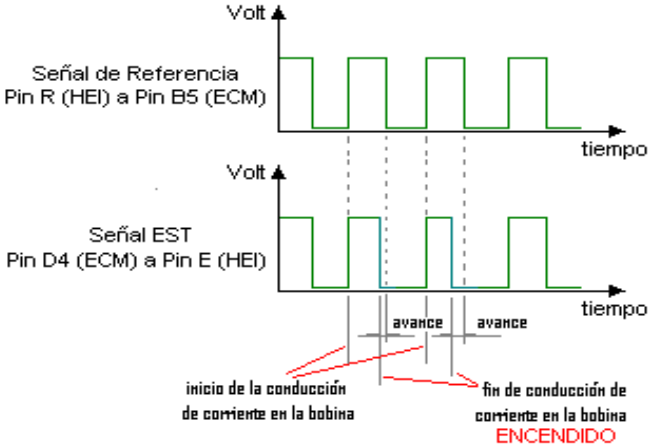
- By – Pass.
  Conexión desde el Pin D5 del ECM al Pin B del distribuidor.

Durante la faz de arranque, el motor se está manejando con el avance inicial de encendido, avance que ha sido ajustado mecánicamente cuando se efectuó la puesta a punto del motor.
Observe el circuito en la Fig.1, el conmutador electrónico se encuentra representado con sus llaves en la condición de reposo. En esta condición, al girar el motor arrastrado por el motor eléctrico de arranque, la señal generada por el captor electromagnético y acondicionada por el conformador de señal, por un lado es entregada al ECM por el Pin R de modo que este active la inyección de combustible.

Por otro lado estos pulsos activaran/desactivaran al transistor de potencia al estar aplicados a su base para que este a su vez active/desactive el primario de la bobina de ignición, generando así la chispa para que se produzca el encendido de la mezcla aire/combustible y arranque el motor.
El motor arrancará y aumentará su velocidad de giro, cuando esta alcanza las 400 RPM el ECM aplica + 5 volts a su Pin D5. Este nivel de tensión es aplicado al Pin B del distribuidor y al conmutador electrónico del módulo. Al recibir este circuito + 5 volts la doble llave que maneja cambia de posición (Fig.2).
Observe que ahora el transistor de potencia es activado por el pulso proveniente del ECM a través del Pin D4 de y entrando al módulo por el Pin E. Este pulso de control ya ha sido elaborado por el ECM en lo que se refiere al grado de avance de encendido que necesita en ese instante el motor, de acuerdo a las condiciones de carga exigidas, temperatura a que se encuentre, RPM, etc.
Si el circuito de By – Pass se abriera o se pusiera a masa, el ECM provocaría el encendido de la "Lámpara de Alerta" (también conocida como "Check – Engine") y ante el requerimiento de "Código de Fallas" indicaría el "Código 42".
El ECM seguiría activando la inyección pero ya no controlaría el avance del encendido. El encendido se produciría con el Avance Inicial, más un pequeño avance programado en el módulo de encendido para esta circunstancia.

- EST (Electronic Spark Timing)
  Pulso elaborado por el ECM (circuito EST) y entregado desde su Pin D4 al Pin E del módulo de encendido.
  Con el motor en funcionamiento este pulso gobierna al módulo de encendido HEI (High Energy Ignition).
  Cuando el motor arranca, el ECM no conoce cual es el actual avance de encendido (avance inicial), pero reconoce el instante en que comienza a producirse la señal de referencia (flanco ascendente de esta señal), recibida por el ECM por su Pin B5 y enviada desde el Pin R del módulo).



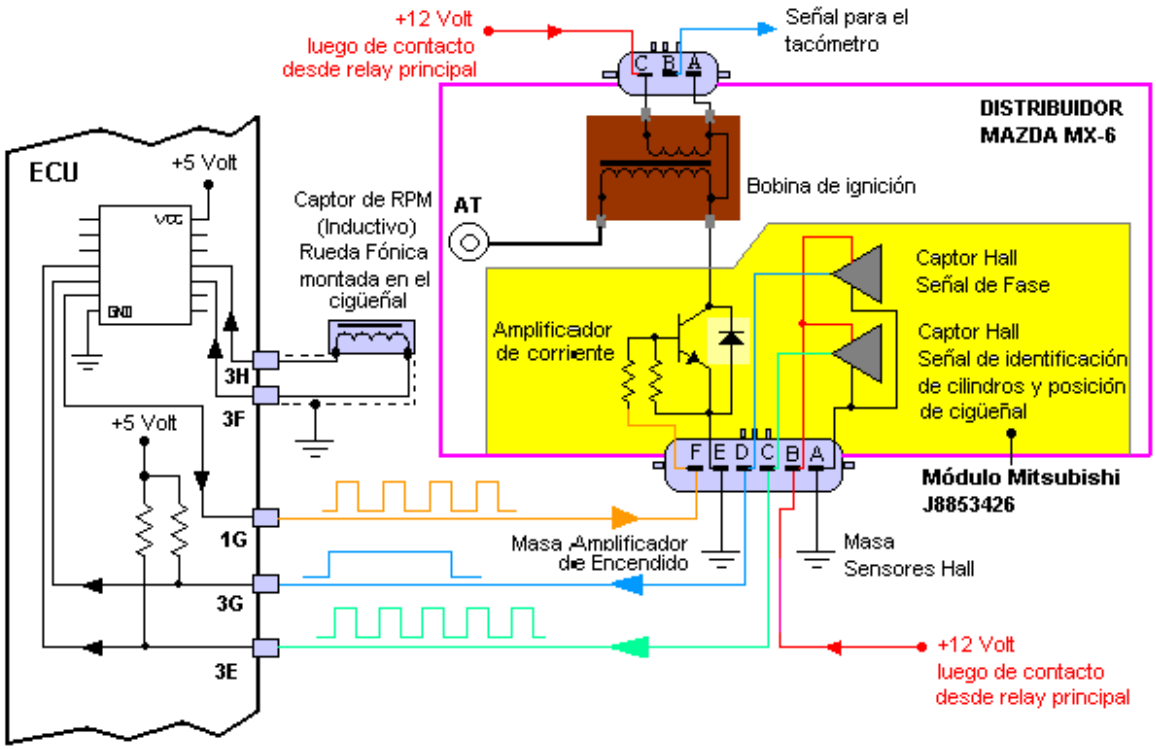


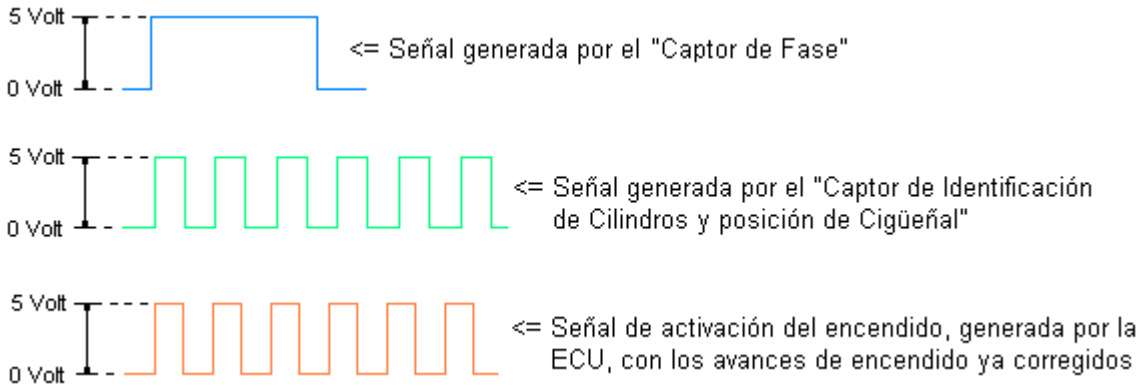
El ECM (circuito EST) calculará, a partir de ese punto de la información, en que momento debe producirse el encendido, variando así de acuerdo a la necesidad del motor el punto exacto de avance del encendido.

- Si el ajuste de avance inicial efectuado durante el proceso de puesta a punto del motor ha sido mal realizado, la curva total de avance de encendido resultará incorrecta.

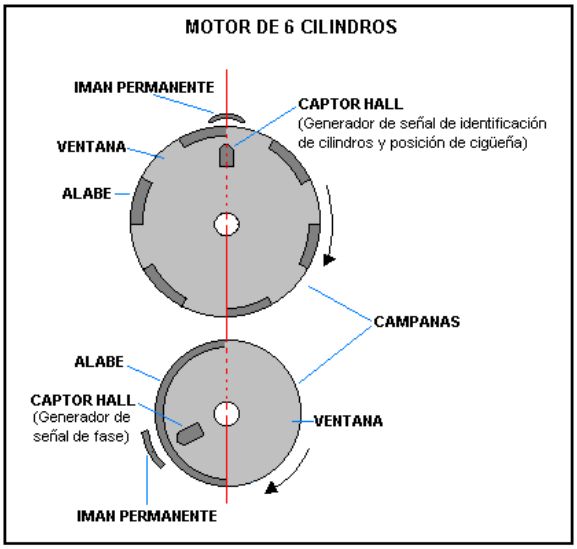
- Un sistema de encendido muy particular fue utilizado por las marcas Mitsubishi, Toyota y Mazda en varios de sus modelos de mediados de la década de los 90. En estos, dentro del distribuidor se alojan el “Captor de Identificación de Cilindros y Posición de Cigüeñal”, el “Captor de Fase” (ambos por Efecto Hall), el “Transistor Amplificador de Corriente de Potencia de Encendido”, (es el que maneja el primario de la bobina de encendido) y la “Bobina de Encendido”.

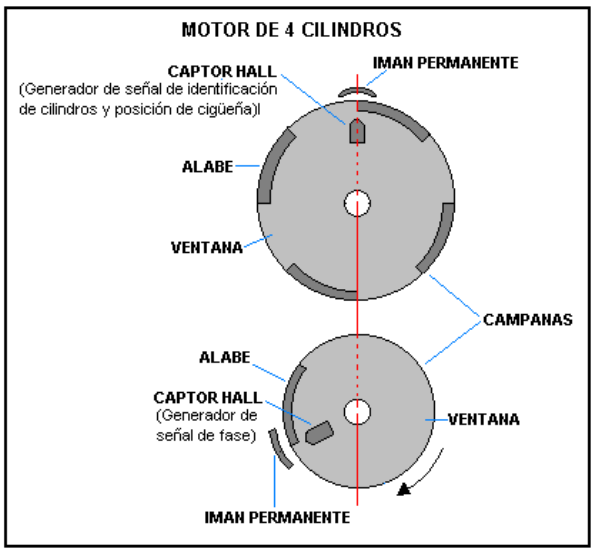
DISTRIBUIDOR MAZDA MX – 6V





- Los modelos MX-6 2.0L y 626 2.0L 1993-1994 con motor FS-DOHC utilizan el mismo distribuidor y el mismo módulo, cambian las campanas del distribuidor porque estos modelos son de cuatro cilindros.
- Estos modelos no utilizan el captor de RPM, la ECU las calcula utilizando la señal de identificación de cilindros y posición del cigüeñal.





Las señales generadas por el Sensor de Identificación de Cilindros y Posición de Cigüeñal y el Sensor de Fase son también empleadas por la ECU, además de la información de otros sensores, para gestionar los tiempos de inyección y el momento exacto en el que debe realizarlas.

SISTEMA DE ENCENDIDO POR “CHISPA PERDIDA” – SISTEMA “DIS”

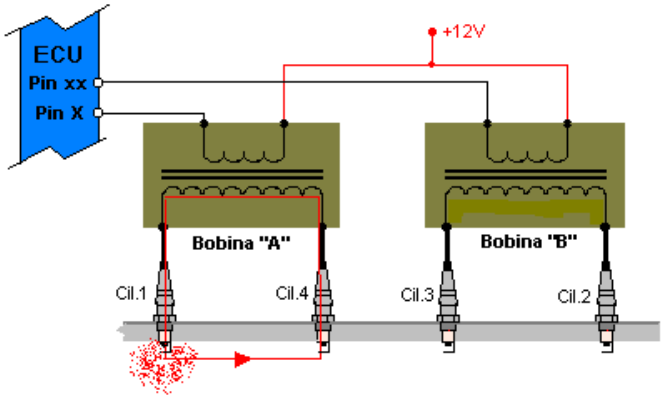


Figura 1

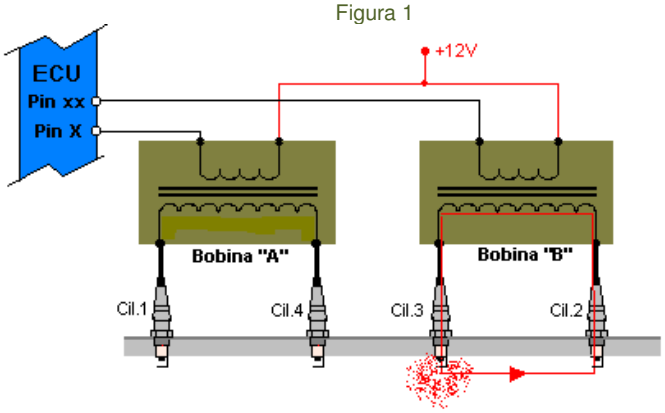


Figura 2

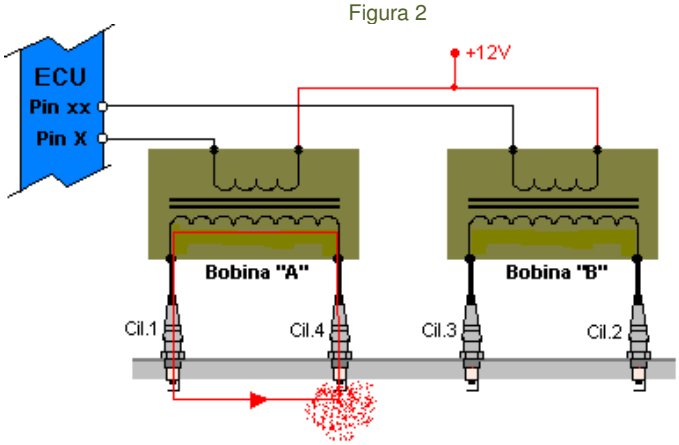


Figura 3

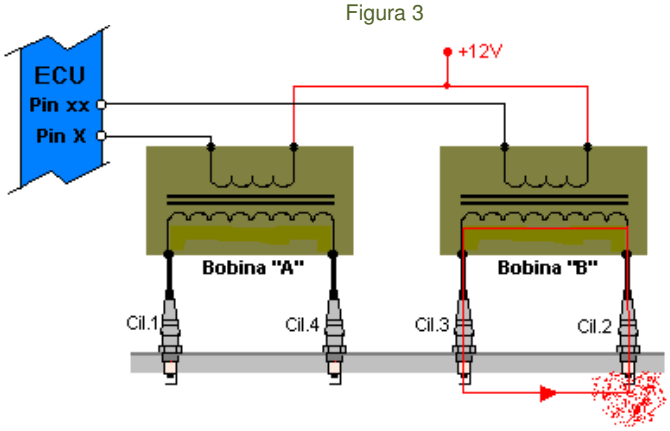


Figura 4

Figura 1

Cuando la ECU detecta en la señal que recibe desde el captor de RPM y PMS la falta de dientes en la rueda fónica (puede ser de una rueda fónica de 60-2 dientes o una de 36-1 diente) y al mismo tiempo recibe el pulso generado por el Sensor de Fase, sabe que los pistones de los cilindros 1 y 4 están en su carrera ascendente y que en uno de ellos se está produciendo la fase de compresión. En esta situación, la ECU, pone a masa el “Pin X” haciendo circular corriente por el bobinado primario de la bobina de encendido “A”. En el momento preciso, de acuerdo al avance de encendido calculado, la ECU desconecta la masa del “Pin X”, el campo magnético generado por la circulación de corriente primaria colapsa y se induce en el bobinado secundario alta tensión (30 KV o mayor).

Esta tensión elevada produce circulación de corriente entre los electrodos de las bujías correspondientes a los cilindros 1 y 4 (llamada chispa). Asumiendo que de los dos cilindros el Nº 1 está en compresión, en el se encenderá la mezcla de aire y combustible (llamada explosión). El cilindro Nº 4 está en fase de escape por lo tanto no habrá combustión.

Observando el circuito se ve claramente que las bujías se los cilindros Nº 1 y 4 están en serie. El sentido de circulación de la corriente está indicado por la flecha roja. La corriente fluye desde un extremo del secundario hacia el electrodo central de la bujía del Cil.1, electrodo negativo de esta bujía, masa (tapa de cilindros), electrodo negativo de la bujía del Cil.4, electrodo central de esta bujía y se cierra el circuito por el otro extremo del secundario.

La polaridad de alta tensión aplicada a las bujías en su electrodo central, es NEGATIVA para Cil.1 y POSITIVA para Cil.4, de allí el sentido de circulación de corriente.

Durante el funcionamiento del motor, el electrodo central de la bujía Nº1 es el que se desgastará y en la bujía Nº4 será el electrodo negativo.

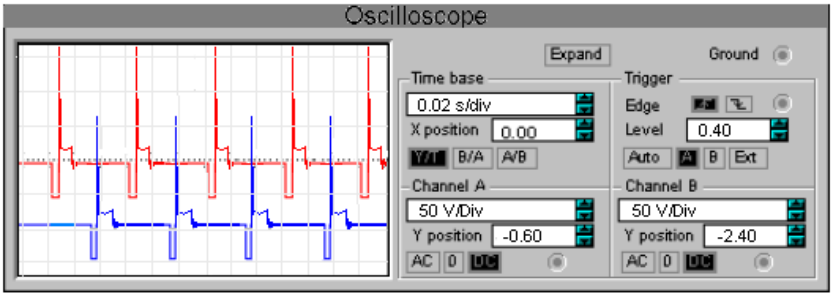
Figura 2

Contando los dientes siguientes a la señal de referencia, la ECU sabe que los pistones de los cilindros 2 y 3 están en su carrera ascendente y que en uno de ellos se está produciendo la fase de compresión. En esta situación, la ECU, pone a masa el “Pin XX” haciendo circular corriente por el bobinado primario de la bobina de encendido “B”. En el momento preciso, de acuerdo al avance de encendido calculado, la ECU desconecta la masa del “Pin XX”, el campo magnético generado por la circulación de corriente primaria colapsa y se induce en el bobinado secundario alta tensión (30 KV o mayor).

Esta tensión elevada produce circulación de corriente entre los electrodos de las bujías correspondientes a los cilindros 3 y 2 (llamada chispa). El cilindro Nº3 está ahora en compresión, en el se encenderá la mezcla de aire y combustible (llamada explosión). El cilindro Nº 2 está en fase de escape por lo tanto no habrá combustión.

Observando el circuito se ve claramente que las bujías se los cilindros Nº 3 y 2 están en serie. El sentido de circulación de la corriente está indicado por la flecha roja. La corriente fluye desde un extremo del secundario hacia el electrodo central de la bujía del Cil.3, electrodo negativo de esta bujía, masa (tapa de cilindros), electrodo negativo de la bujía del Cil.2, electrodo central de esta bujía y se cierra el circuito por el otro extremo del secundario.
La polaridad de alta tensión aplicada a las bujías en su electrodo central, es NEGATIVA para Cil.3 y POSITIVA para Cil.2, de allí el sentido de circulación de corriente.
Durante el funcionamiento del motor, el electrodo central de la bujía Nº3 es el que se desgastará y en la bujía Nº2 será el electrodo negativo.
Figura 3
Ya el cigüeñal ha girado 360º, por lo tanto la ECU recibirá nuevamente la señal de referencia desde el sensor de RPM y PMS.
El proceso descrito en la Figura 1 se repetirá, variando únicamente la situación en los cilindros involucrados, ahora el Cil.1 está en escape, el que está en compresión y en el que sucederá el encendido de la mezcla es el Cil.4.
Observe que el sentido de circulación de corriente en el circuito secundario no ha variado, esto nunca sucederá salvo que se realice un error en las conexiones de las bobinas.
Figura 4
La ECU vuelve a identificar contando los dientes siguientes a la señal de referencia, a los pistones de los cilindros Nº 3 y 2 en su carrera ascendente.
El proceso descrito en la Figura 2 se repetirá, variando únicamente la situación en los cilindros involucrados, ahora el Cil.3 está en escape, el que está en compresión y en el que sucederá el encendido de la mezcla es el Cil.2.
Observe que el sentido de circulación de corriente en el circuito secundario no ha variado, esto nunca sucederá salvo que se realice un error en las conexiones de las bobinas.
Nota:

- Si el cable de alta tensión de una bujía se corta, dos cilindros fallaran por estar las bujías en serie.
- Si en una bujía, o en el cable de alta tensión que la conecta a la bobina se produce un corto circuito a masa, el motor funcionará en tres cilindros.



Formas de onda en los primarios de las bobinas con el motor girando a 1000 RPM

Pin X : Canal A
Pin XX : Canal B

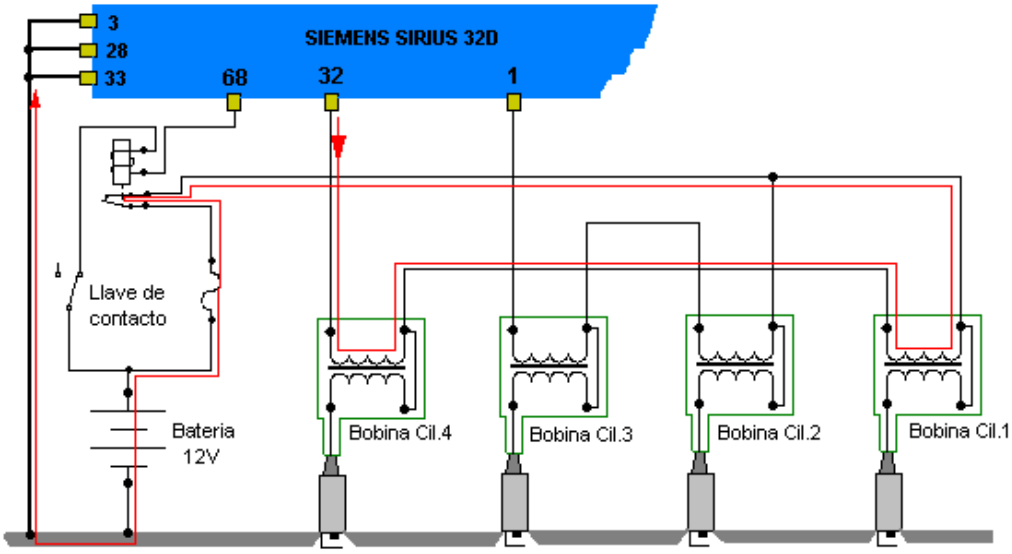
RENAULT
CLIO 1.6 16V
MEGANE 1.6 16V
SCENIC RT 1.6 16V
Sistema SIEMENS SIRIUS 32D

Este sistema cuenta con una bobina de ignición por cilindro, los secundarios de estas se conectan a las bujías correspondientes en forma directa, no existen cables de conexión. Esto elimina las interferencias generadas por los campos magnéticos de dispersión provenientes de los circuitos secundarios.
El encendido se comporta de manera similar a uno de chispa perdida:

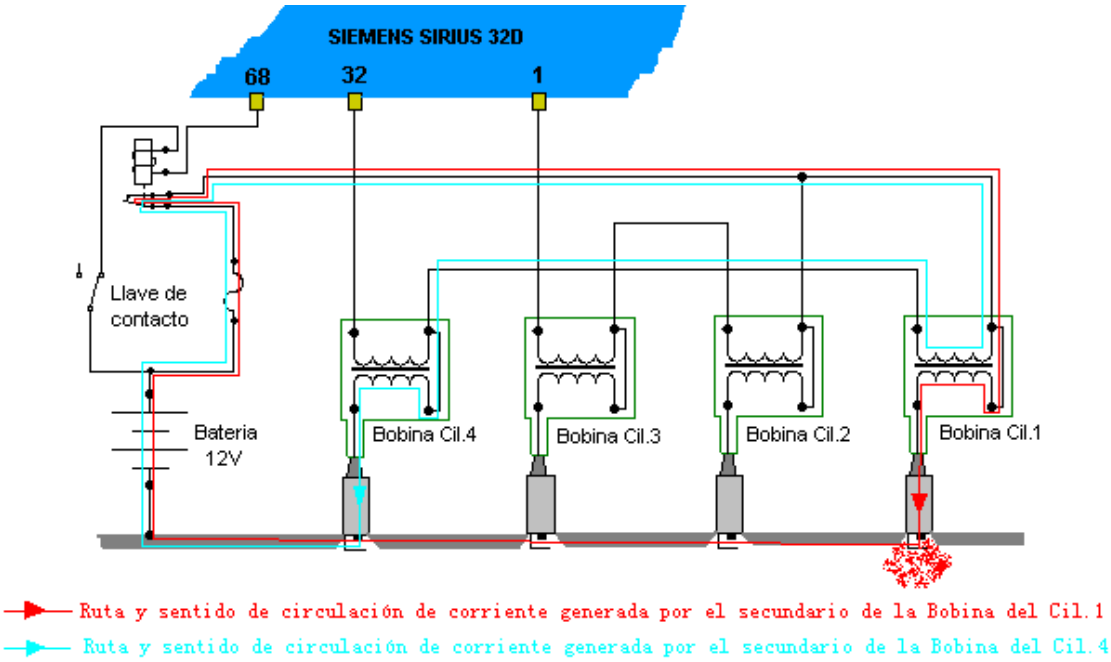
- Se producen chispas simultáneas en las bujías de los cilindros Nº 1 y Nº 4.
- Se producen chispas simultáneas en las bujías de los cilindros Nº 3 y Nº 2.
  La diferencia de este sistema con uno de chispa perdida radica en que:

- las bujías de los cilindros Nº 1 y Nº 4 ya no están en serie.
- los bobinados primarios de las bobinas de encendido de estos cilindros están en serie con respecto a la alimentación de batería.

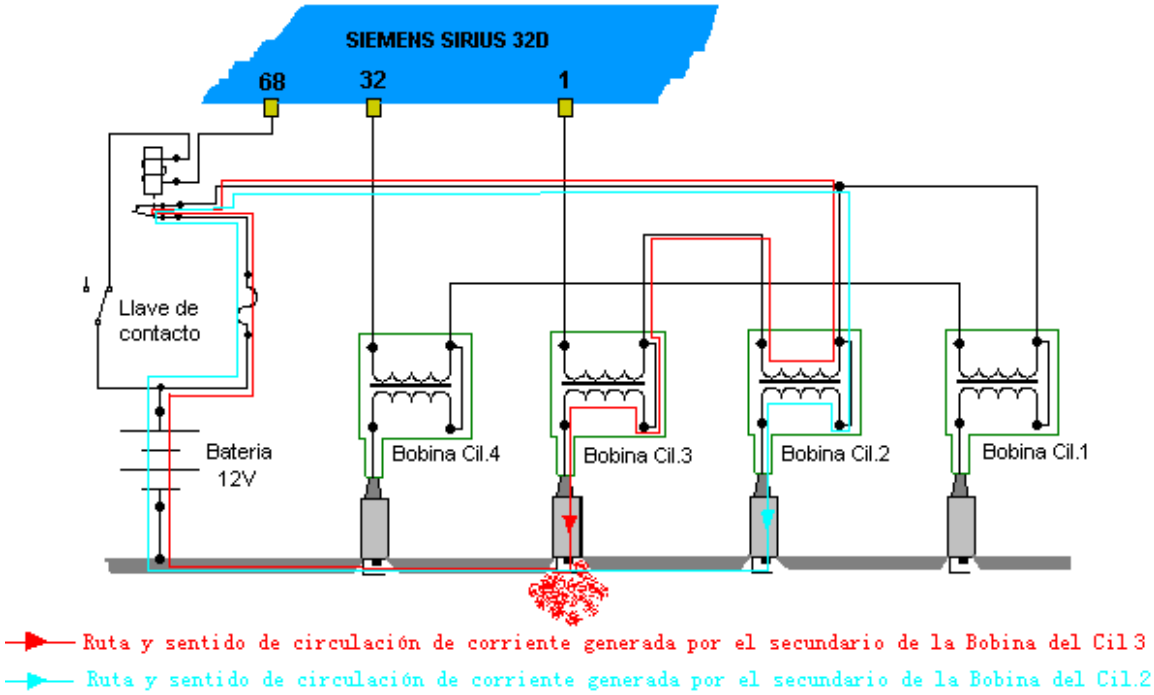
- las bujías de los cilindros Nº 3 y Nº 2 ya no están en serie.
- los bobinados primarios de las bobinas de encendido de estos cilindros están en serie con respecto a la alimentación de batería.



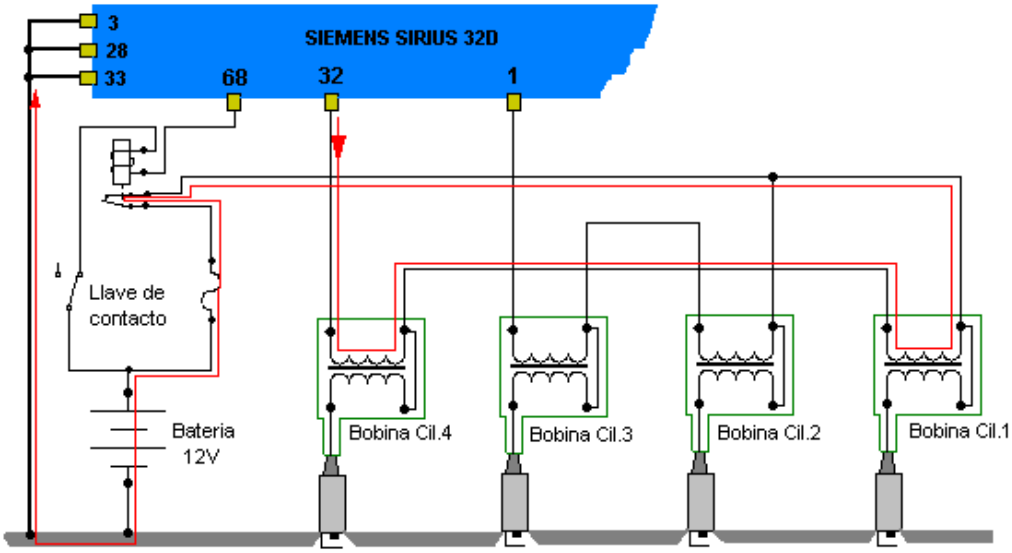
Cuando la ECU detecta en la señal que recibe desde el captor de RPM y PMS la falta de dientes en la rueda fónica de 60-2 sabe que los pistones de los cilindros 1 y 4 están en su carrera ascendente y que en uno de ellos se está produciendo la fase de compresión. En esta situación, la ECU, pone a masa el "Pin 32" produciéndose circulación de corriente por los bobinados primarios de las bobinas de encendido de los cilindros Nº 1 y 4.



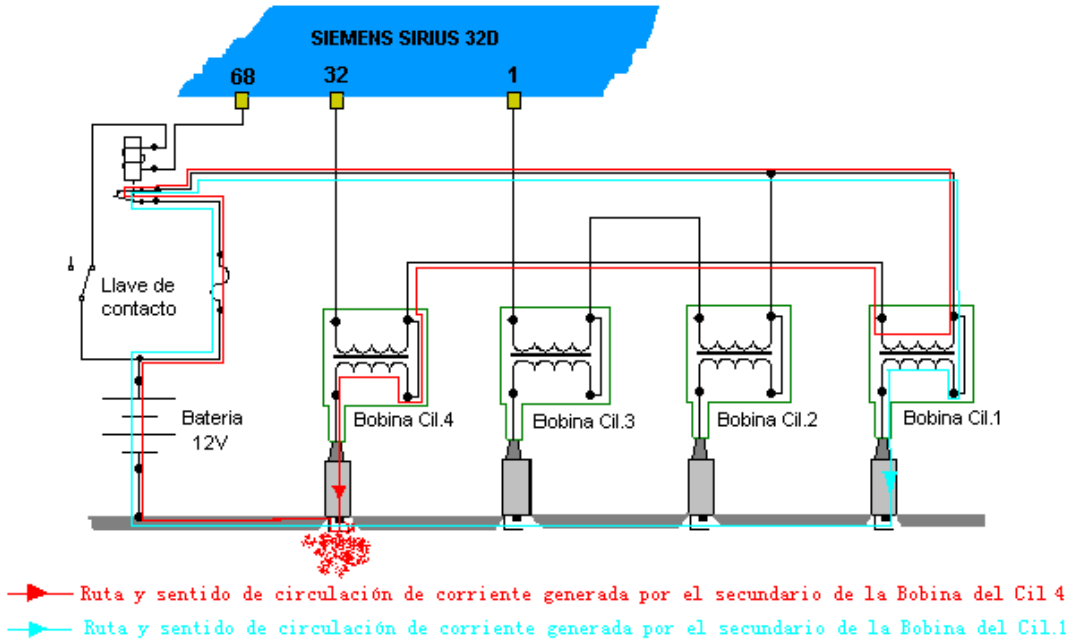
En el momento preciso, de acuerdo al avance de encendido calculado, la ECU desconecta la masa del "Pin 32", el campo magnético generado por la circulación de corriente en ambos bobinados primarios colapsa y se induce en los bobinados secundarios de las bobinas de los cilindros Nº 1 y 4 alta tensión (30 KV o mayor).
Esta tensión elevada produce circulación de corriente entre los electrodos de las bujías correspondientes a los cilindros 1 y 4 (llamada chispa). Asumiendo que de los dos cilindros el Nº 1 está en compresión, en el se encenderá la mezcla de aire y combustible (llamada explosión). El cilindro Nº 4 está en fase de escape por lo tanto no habrá combustión.
Contando los dientes siguientes a la señal de referencia, la ECU sabe que los pistones de los cilindros 2 y 3 están en su carrera ascendente y que en uno de ellos se está produciendo la fase de compresión. En esta situación, la ECU, pone a masa el "Pin 1" produciéndose circulación de corriente por los bobinados primarios de las bobinas de encendido de los cilindros Nº 3 y 2.



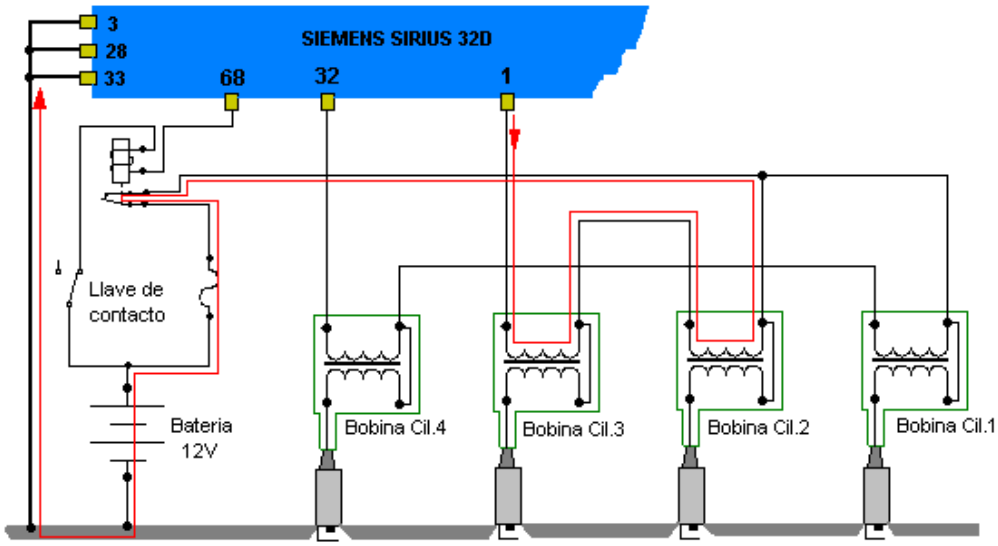
En el momento preciso, de acuerdo al avance de encendido calculado, la ECU desconecta la masa del "Pin 1", el campo magnético generado por la circulación de corriente en ambos bobinados primarios colapsa y se induce en los bobinados secundarios de las bobinas de los cilindros Nº 3 y 2 alta tensión (30 KV o mayor).
Esta tensión elevada produce circulación de corriente entre los electrodos de las bujías correspondientes a los cilindros 3 y 2 (llamada chispa). El cilindro Nº 3 es el que está en compresión, en el se encenderá la mezcla de aire y combustible (llamada explosión). El cilindro Nº 2 está en fase de escape por lo tanto no habrá combustión.



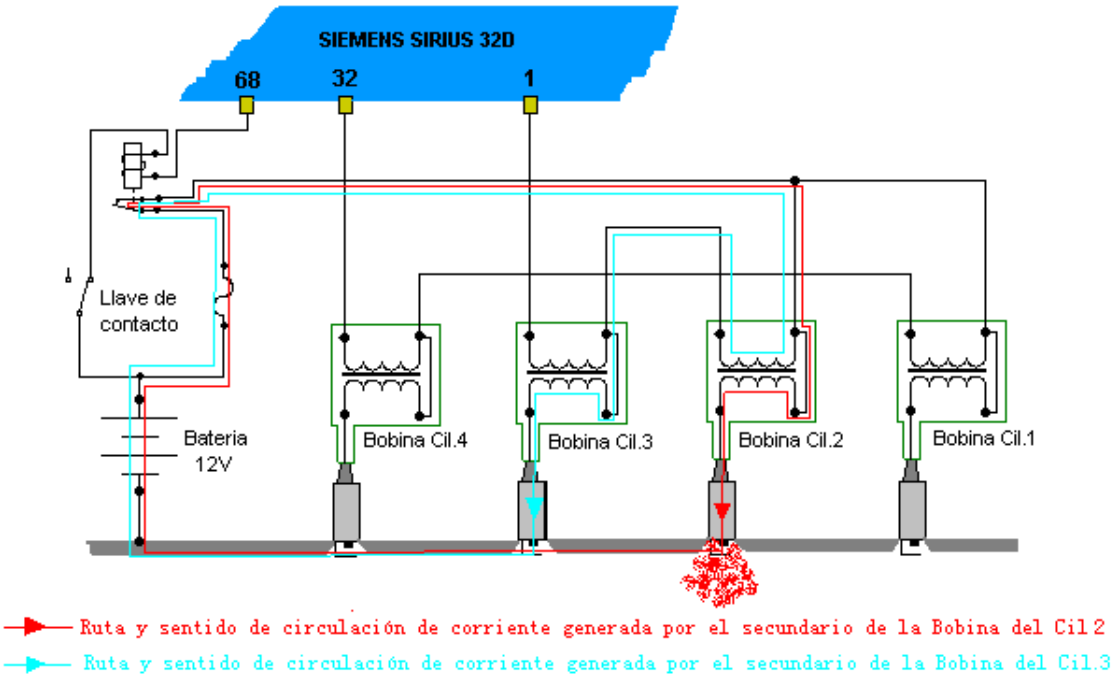
El cigüeñal ya ha girado una vuelta, la ECU detecta nuevamente en la señal que recibe desde el captor de RPM y PMS la falta de dientes en la rueda fónica de 60-2, sabe que los pistones de los cilindros 1 y 4 están en su carrera ascendente y que en uno de ellos se está produciendo la fase de compresión. En esta situación, la ECU, pone nuevamente a masa el "Pin 32" produciéndose circulación de corriente por los bobinados primarios de las bobinas de encendido de los cilindros Nº 1 y 4.



En el momento preciso, de acuerdo al avance de encendido calculado, la ECU desconecta la masa del "Pin 32", el campo magnético generado por la circulación de corriente en ambos bobinados primarios colapsa y se induce en los bobinados secundarios de las bobinas de los cilindros Nº 1 y 4 alta tensión (30 KV o mayor).
Esta tensión elevada produce circulación de corriente entre los electrodos de las bujías correspondientes a los cilindros 1 y 4 (llamada chispa). Ahora el cilindro Nº 4 está en compresión, en el se encenderá la mezcla de aire y combustible (llamada explosión). El cilindro Nº 1 está en fase de escape por lo tanto no habrá combustión.



Contando los dientes siguientes a la señal de referencia, la ECU sabe que los pistones de los cilindros 2 y 3 están en su carrera ascendente y que en uno de ellos se está produciendo la fase de compresión. En esta situación, la ECU, pone a masa el "Pin 1" produciéndose circulación de corriente por los bobinados primarios de las bobinas de encendido de los cilindros Nº 3 y 2.



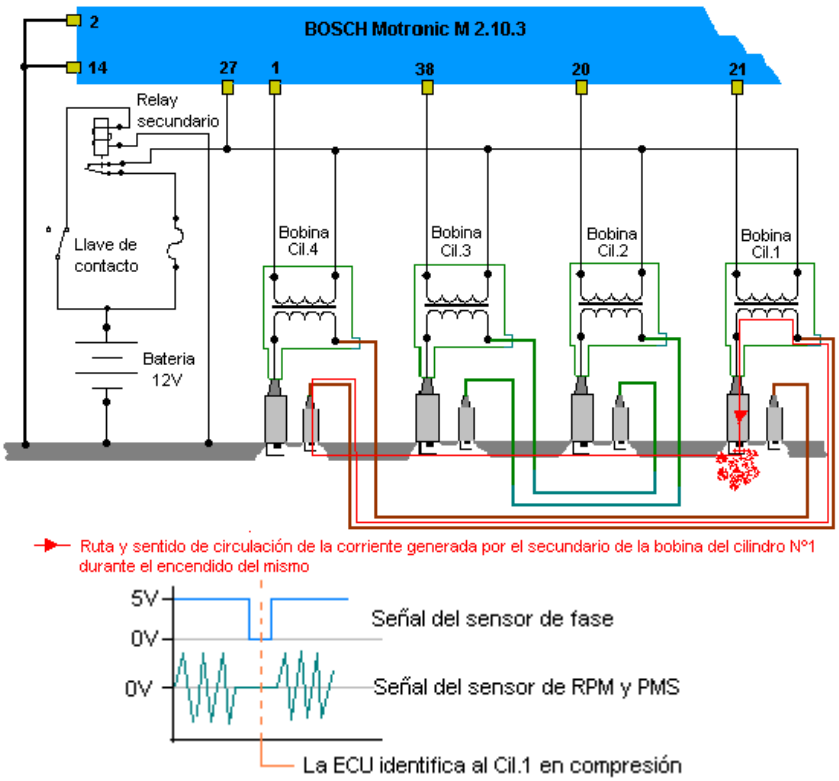
En el momento preciso, de acuerdo al avance de encendido calculado, la ECU desconecta la masa del "Pin 1", el campo magnético generado por la circulación de corriente en ambos bobinados primarios colapsa y se induce en los bobinados secundarios de las bobinas de los cilindros Nº 3 y 2 alta tensión (30 KV o mayor).
Esta tensión elevada produce circulación de corriente entre los electrodos de las bujías correspondientes a los cilindros 3 y 2 (llamada chispa). El cilindro Nº 2 está ahora en compresión, en el se encenderá la mezcla de aire y combustible (llamada explosión). El cilindro Nº 3 está en fase de escape por lo tanto no habrá combustión.

- Este sistema de encendido posibilita que todas las bujías, reciban un impulso de Alta Tensión (A.T.) con polaridad negativa con respecto a masa.

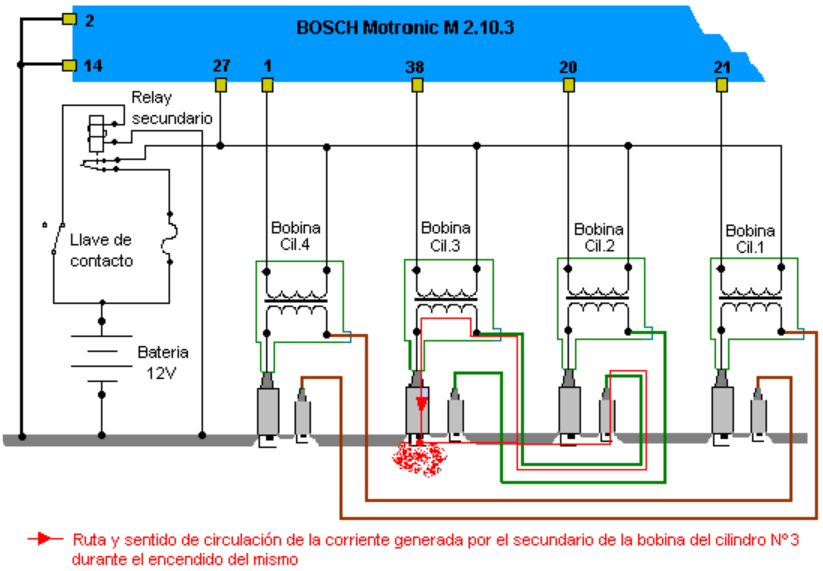
- ALFA ROMEO 145 2.0 16V – Twin Spark

Sistema BOSCH Motronic M 2.10.3

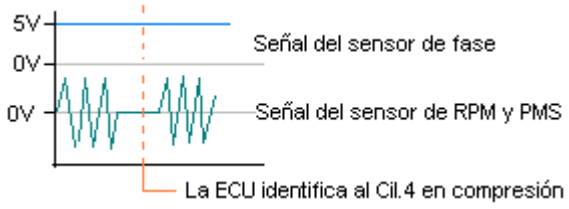
Esta motorización está equipada con Inyección Secuencial y Encendido Secuencial por Chispa Perdida.
Posee una Bobina de Encendido por cilindro, el bobinado primario de cada una de ellas es manejado por la ECU individualmente a través de un PIN de la misma.
Tiene dos bujías por cilindro. Una de ellas, de tamaño normal, está implantada en el centro de la tapa de cilindros, la otra es una bujía de menor tamaño y está implantada lateralmente.
Para resolver esta estrategia la ECU debe reconocer exactamente la secuencia de cada cilindro en su fase de compresión, para ello este sistema cuenta con un Sensor Inductivo de RPM y PMS con Rueda Fónica de 60-2 dientes solidaria al eje de cigüeñal y un Sensor de Fase por Efecto Hall con Rueda Fónica de 1 diente solidaria al eje del árbol de levas.
Cuando la ECU detecta en la señal que recibe desde el captor de RPM y PMS la falta de dientes en la rueda fónica de 60-2 (señal de referencia), sabe que los pistones de los cilindros 1 y 4 están en su carrera ascendente y que en uno de ellos se está produciendo la fase de compresión
En esta situación si al mismo tiempo que ve la señal de referencia, también ve que la señal que envía el sensor de fase es de 0 Volt, identifica al Cil. 1 en compresión.



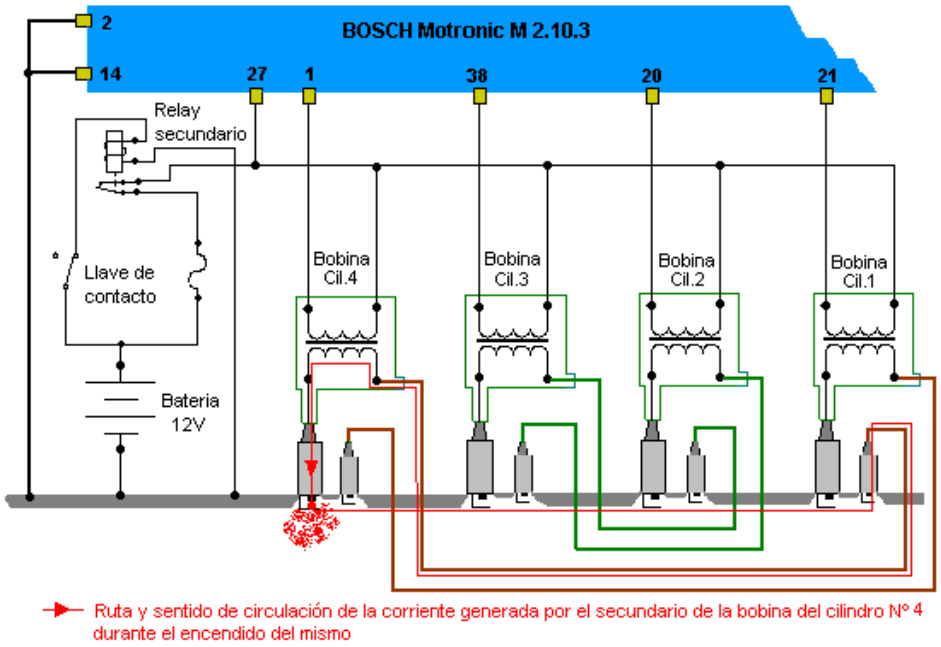
Al cumplirse esta condición la ECU pone a masa su Pin 21, produciéndose así circulación de corriente por el bobinado primario de la bobina de encendido correspondiente al Cil.1. En el momento exacto y de acuerdo al avance de encendido calculado, la ECU interrumpirá la masa. Se producirá la chispa que encenderá la mezcla de aire/combustible en ese cilindro.
La corriente circulará desde un extremo del bobinado secundario de la bobina del Cil.1 al electrodo central de la bujía central de este cilindro, masa, electrodo negativo de la bujía lateral del Cil.4, electrodo central de esta, cable de A.T. conectado al otro extremo del bobinado secundario de la bobina del Cil.1, cerrando así el circuito.
Conociendo ya la fase del motor y contando los dientes siguientes a la marca de referencia, la ECU identifica al Cil.3 en fase de compresión. Al cumplirse esta condición la ECU pone a masa su Pin 38, produciéndose así circulación de corriente por el bobinado primario de la bobina de encendido correspondiente al Cil.3. En el momento exacto y de acuerdo al avance de encendido calculado, la ECU interrumpirá la masa. Se producirá la chispa que encenderá la mezcla de aire/combustible en ese cilindro.



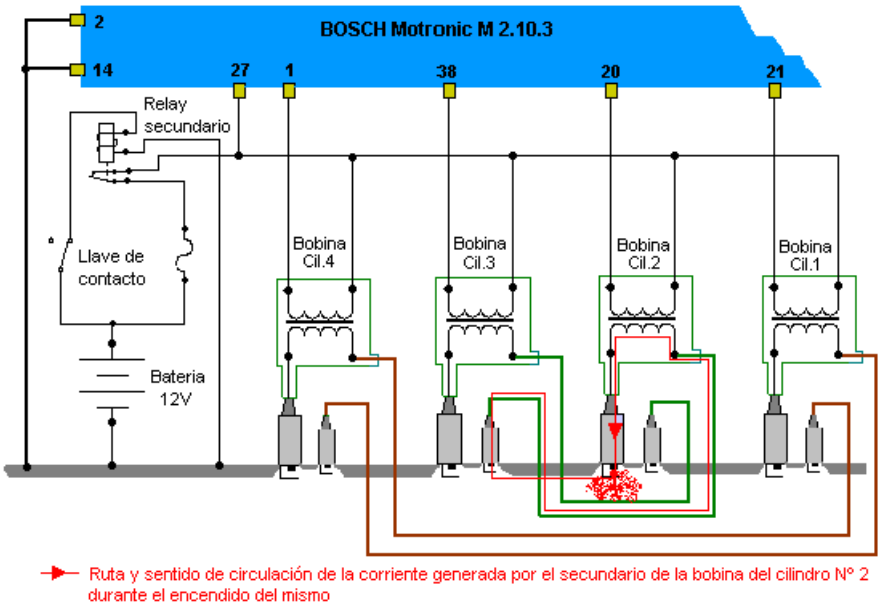
La corriente circulará desde un extremo del bobinado secundario de la bobina del Cil.3 al electrodo central de la bujía central de este cilindro, masa, electrodo negativo de la bujía lateral del Cil.2, electrodo central de esta, cable de A.T. conectado al otro extremo del bobinado secundario de la bobina del Cil.3, cerrando así el circuito.
El cigüeñal ya ha girado una vuelta completa, la ECU detecta en la señal que recibe desde el captor de RPM y PMS la falta de dientes en la rueda fónica de 60-2 (señal de referencia), sabe que los pistones de los cilindros 1 y 4 están en su carrera ascendente y que en uno de ellos se está produciendo la fase de compresión. **En esta situación, si al mismo tiempo que ve la señal de referencia, ve que la señal que envía el sensor de fase es de 5 Volt, identifica al Cil. 4 en fase de compresión.**



Al cumplirse esta condición la ECU pone a masa su Pin 1, produciéndose así circulación de corriente por el bobinado primario de la bobina de encendido correspondiente al Cil.4. En el momento exacto y de acuerdo al avance de encendido calculado, la ECU interrumpirá la masa. Se producirá la chispa que encenderá la mezcla de aire/combustible en ese cilindro.



La corriente circulará desde un extremo del bobinado secundario de la bobina del Cil.4 al electrodo central de la bujía central de este cilindro, masa, electrodo negativo de la bujía lateral del Cil.1, electrodo central de esta, cable de A.T. conectado al otro extremo del bobinado secundario de la bobina del Cil.4, cerrando así el circuito.
Conociendo ya la fase del motor y contando los dientes siguientes a la marca de referencia, la ECU identifica al Cil.2 en fase de compresión. Al cumplirse esta condición la ECU pone a masa su Pin 20, produciéndose así circulación de corriente por el bobinado primario de la bobina de encendido correspondiente al Cil.2. En el momento exacto y de acuerdo al avance de encendido calculado, la ECU interrumpirá la masa. Se producirá la chispa que encenderá la mezcla de aire/combustible en ese cilindro.



La corriente circulará desde un extremo del bobinado secundario de la bobina del Cil.2 al electrodo central de la bujía central de este cilindro, masa, electrodo negativo de la bujía lateral del Cil.3, electrodo central de esta, cable de A.T. conectado al otro extremo del bobinado secundario de la bobina del Cil.2, cerrando así el circuito.

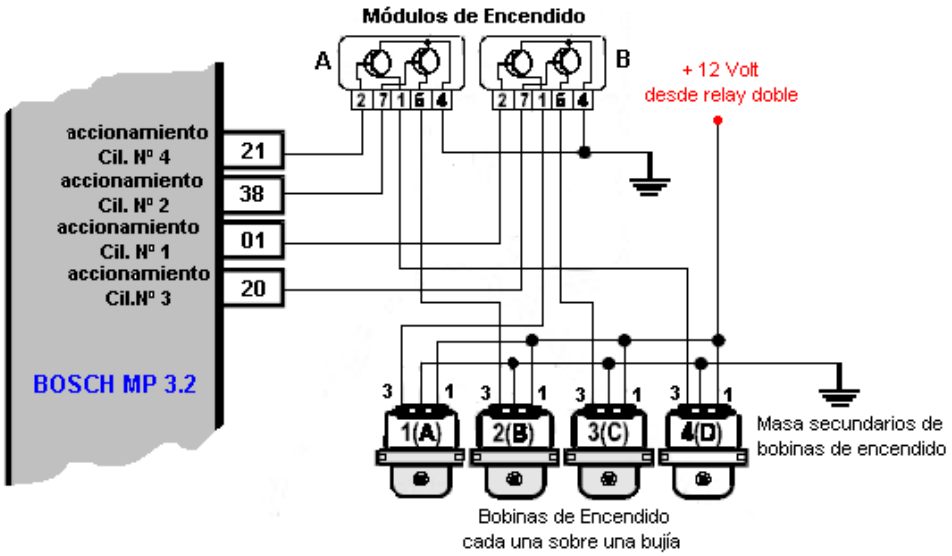
- Este sistema de encendido posibilita que todas las bujías centrales, reciban un impulso de Alta Tensión (A.T.) con polaridad negativa con respecto a masa.

NOTA

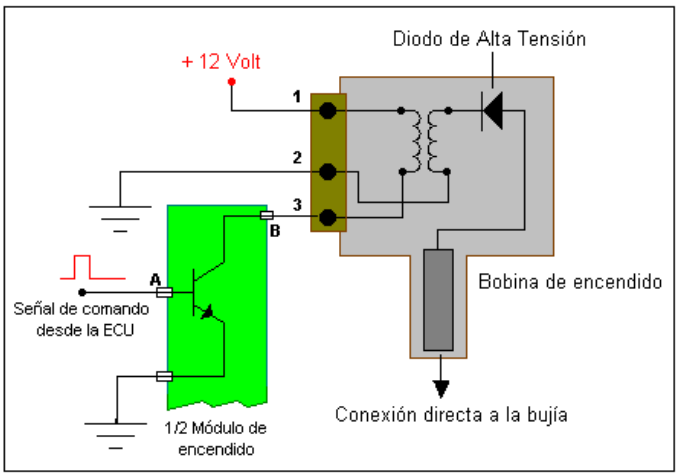
El Sistema de Encendido por Chispa Perdida es el más difundido desde hace más de una década y vigente en la actualidad en las distintas marcas y modelos de automotores de gamas baja y media.

PEUGEOT 405 MPI 2.0 16V – CITROEN XSARA ZX 2.0 16V
Motor XU10J4D (RFY)
Sistema Bosch Motronic MP 3.2

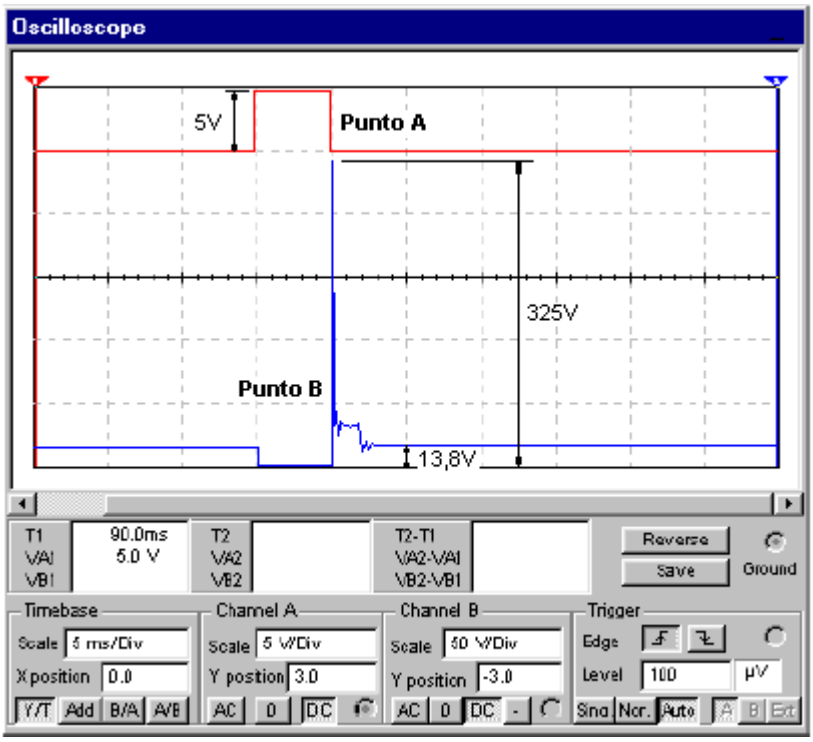
Estos dos vehículos tienen un sistema de encendido que utiliza una bobina por cilindro, pero no es “chispa perdida”.
Tiene dos módulos externos al calculador, cada módulo contiene dos amplificadores de corriente, cada uno de ellos maneja el primario de una bobina. La señal de mando para que cada amplificador accione el primario de la bobina a la que está afectado proviene del calculador.
Los módulos y por consiguiente cada bobina son accionados secuencial mente en el orden de encendido Cil. 1 – Cil. 3 – Cil. 4 – Cil. 2.



Circuito eléctrico de las bobinas de encendido:



Formas de onda tomadas con osciloscopio digital en **"Punto A"** y **"Punto B"** del circuito anterior.



- En estas bobinas no es posible medir la resistencia del bobinado secundario con un multímetro debido al diodo de A.T. insertado en serie con la bobina.

❖ Todos los sistemas de encendido digitales gerenciados por Módulos de Control Electrónicos (ECU), tengan los Amplificadores de Corriente Finales internos o externos, utilizan Bobinas de Encendido con Resistencia e Inductancia de Primario muy bajas.

La ECU es la que dispone en que momento debe dar la orden para que:

- Comience a circular corriente por un determinado primario.
- Cuando debe interrumpirse esa circulación de corriente y se genere la chispa (avance del encendido).

De esta manera provoca el encendido con el avance necesario para la condición del motor en ese momento, condición que conoce por la información que le llega de los distintos sensores que posee el sistema; RPM; TPS; ECT; etc.

La ECU tiene en su memoria de programa un tiempo base máximo durante el cual puede mantener la circulación de corriente por cada bobinado primario de su bobina. Ese tiempo fue determinado en el diseño del motor y de acuerdo al tipo de bobina que se selecciono, de modo que la intensidad de corriente máxima no supere 6 Amper a 7 Amper.
Esta limitación obedece a que, con esa corriente máxima la energía acumulada en el campo magnético generado en el bobinado primario es suficiente para provocar un muy buen encendido y quemado de la mezcla aire/combustible, para todas las condiciones del motor.
Con esa limitación se protege a la bobina de encendido y a los circuitos electrónicos que la manejan.

- La resistencia de los bobinados primarios es de:

$$\mathbf{R_p = de\ 0{,}4\ a\ 0{,}5\ ohms}$$

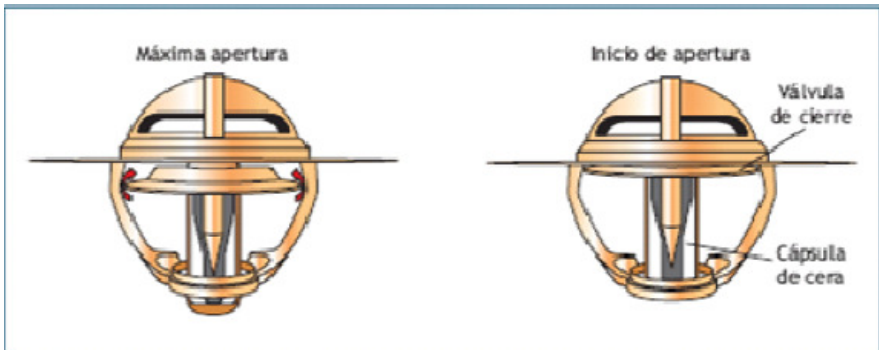
- La inductancia de los bobinados primarios es de:

$$\mathbf{L_p = de\ 2\ mili\ Henry\ a\ 4\ miliHenry}$$

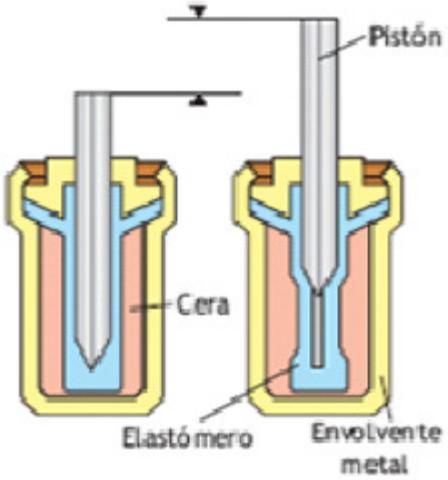
Estos parámetros permiten que la intensidad de corriente máxima, citada anteriormente **6 Amper a 7 Amper** sea alcanzada muy rápidamente **de 2,2 mili segundos a 3 milisegundos** estos tiempos de crecimiento de la corriente primaria aseguran que los encendidos desarrollen una **Potencia Constante** para todas las RPM y condiciones del motor. Esto se traduce en muy buenos rendimientos del motor en toda condición, por el preciso encendido y la prácticamente total combustión de la mezcla aire/combustible contenida en los cilindros.
Este factor también es fundamental para que las emisiones de gases contaminantes se mantengan a niveles muy bajos, lógicamente acompañando una correcta inyección de combustible.

TERMOSTATO PILOTADO

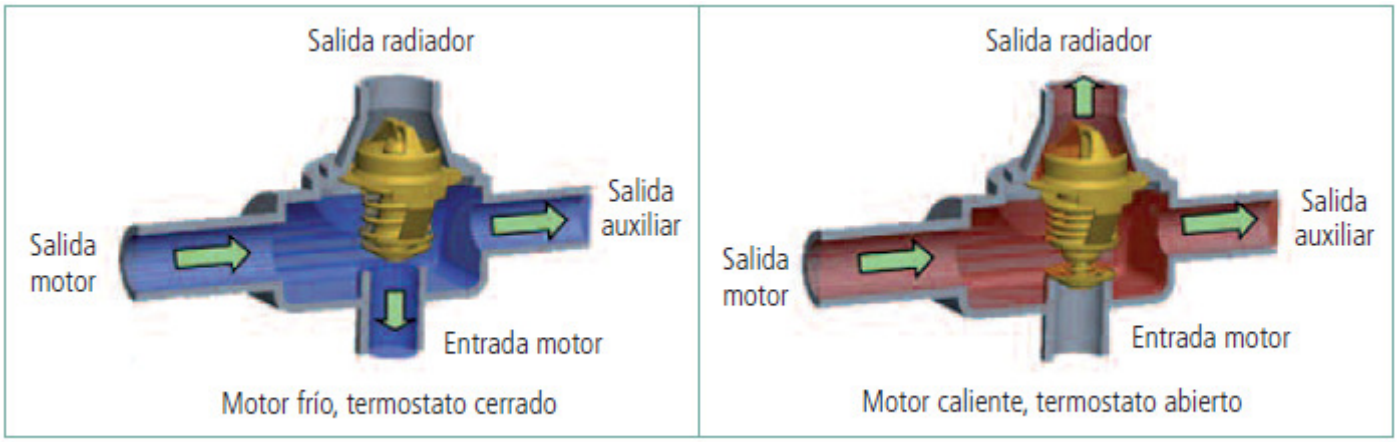
El tipo de termostato más utilizado es pastilla de cera, sellada herméticamente en una cápsula de metal. Al calentarse, la cera del termostato se expande, y se contrae, al enfriarse. Conforme se calienta el motor, la temperatura del refrigerante aumenta, la cera del termostato se expande y ejerce presión contra la cápsula de metal, forzando a la válvula a que se abra.
Esto permite que el refrigerante fluya a través del sistema de refrigeración y enfríe el motor.



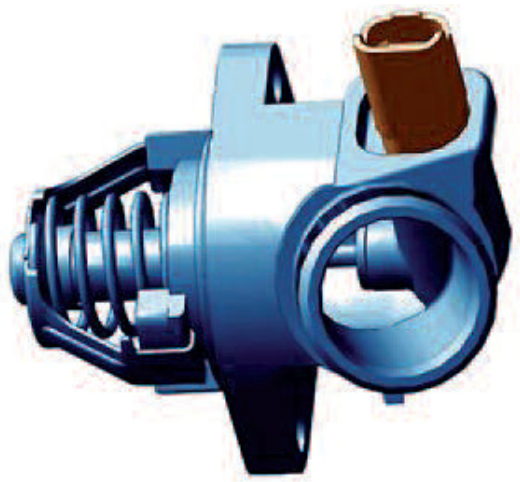
Principio de funcionamiento del termostato de cápsula de cera



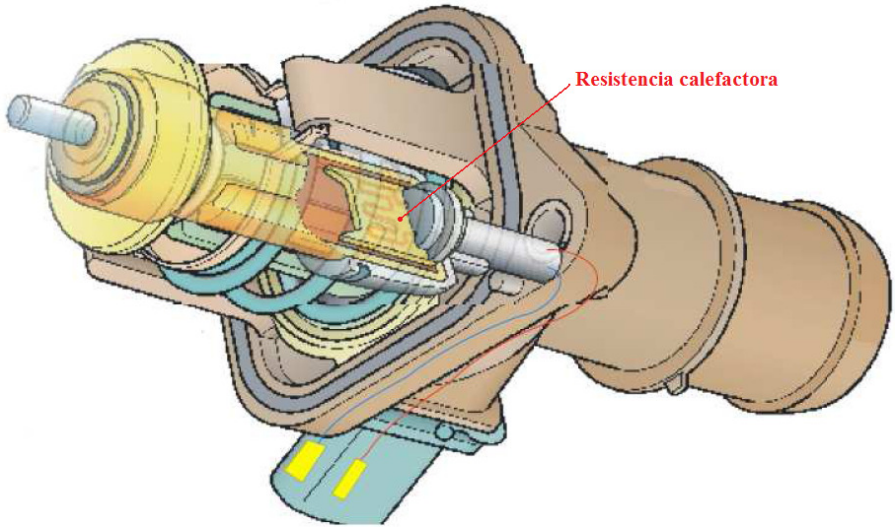
Constitución de la cápsula de cera termo dilatable



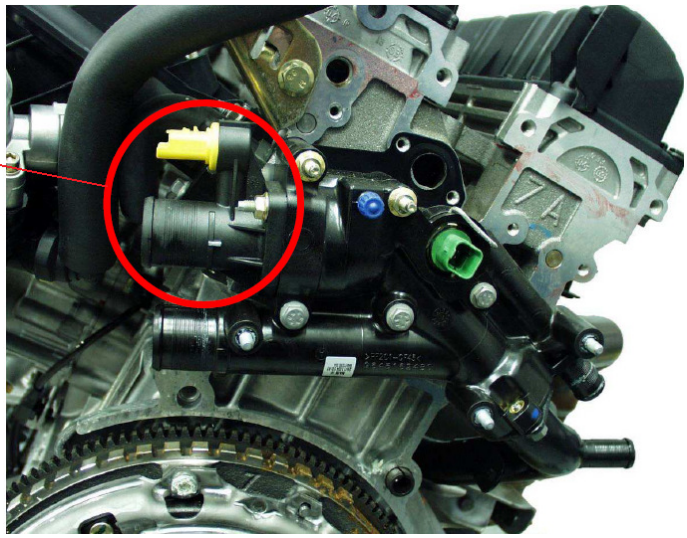
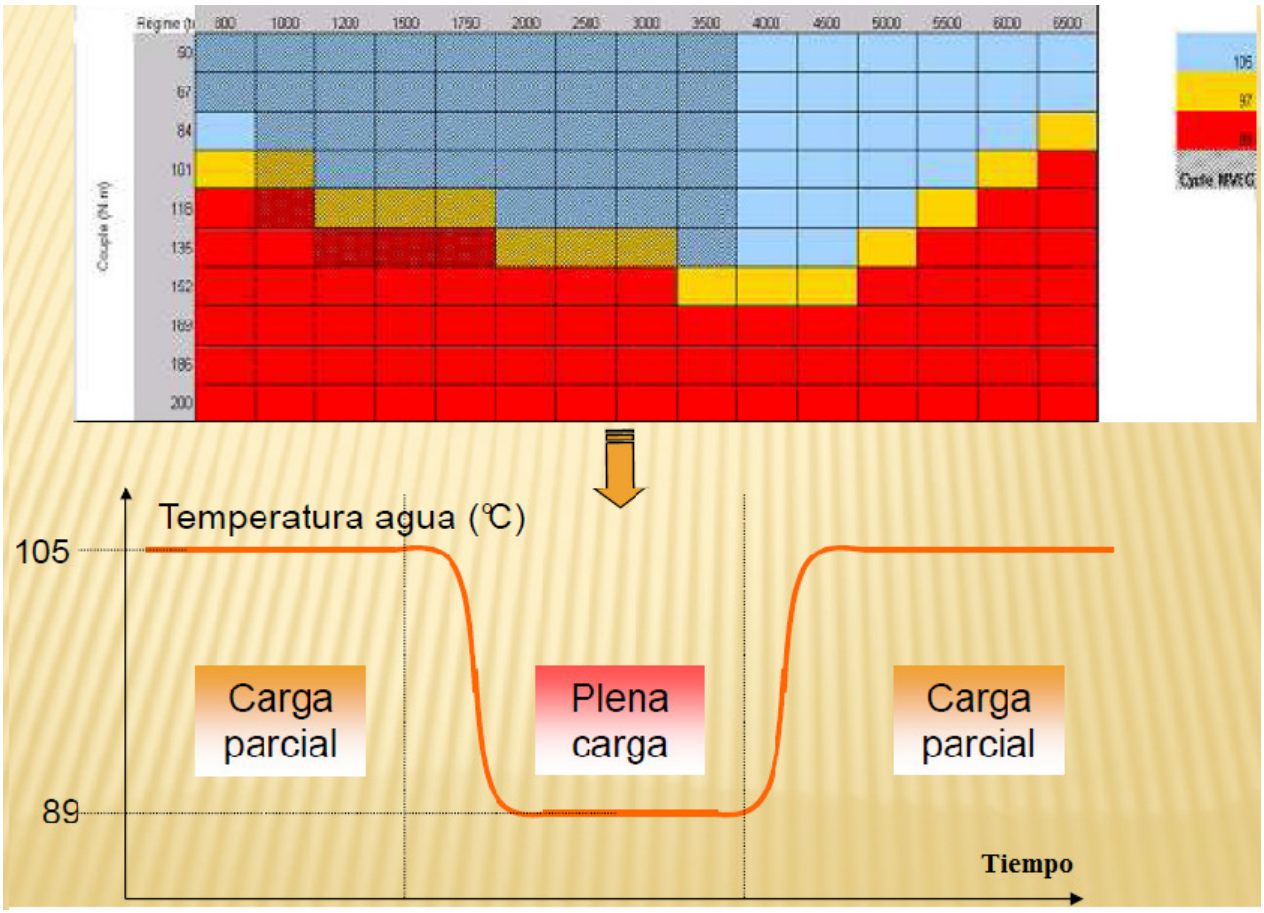
Funcionamiento del termostato



Al enfriarse la pastilla de cera y contraerse, un muelle de retroceso cierra la válvula. También pueden emplearse otros materiales, como éter o parafina.
Muchos fabricantes incorporan a los motores termostatos pilotados por el calculador de gestión del motor. Lo que los diferencia frente a los termostatos clásicos es que incorporan una resistencia calefactora, que puede incrementar la temperatura de la cera para abrir el termostato en el momento más idóneo del funcionamiento del motor. Así, el tarado de apertura se incrementa, rondando los 110 °C.



El termostato del campo característico está adaptado de tal modo que se abre sin la intervención de la calefacción integrada cuando el líquido refrigerante alcanza una temperatura en el termostato de 103 ºC (esta temperatura está impresa en el disco del termostato).
Ya que el termostato está montado en la entrada del motor, ésta es la temperatura a la cual el líquido refrigerante llega al motor.
Debido al calentamiento del líquido refrigerante en el motor, a la salida del motor (lugar de montaje de la sonda térmica del líquido refrigerante para la DME y el cuadro de instrumentos) se miden aprox. 110 ºC en este punto de servicio.
Ésta es la temperatura de servicio del motor, a la cual el termostato del campo característico empieza a abrirse sin intervención de la regulación.
En caso de que intervenga la regulación a través de la DME, se suministra corriente (12 V) al elemento calefactor integrado en el termostato.
De este modo, el elemento de dilatación se calienta y determina la vía de abertura del termostato en función de la temperatura.
Debido al calentamiento del elemento de dilatación, el termostato se abre a temperaturas más bajas del líquido refrigerante de lo que haría sin el calentamiento adicional (gama de regulación del termostato 80 ºC hasta 103 ºC).

El elemento de dilatación del termostato del campo característico se calienta, en caso de intervención de la regulación, a una temperatura más alta de la que tiene el líquido refrigerante que fluye en ese momento.
Si la temperatura del líquido refrigerante supera los 113 ºC en el escape del motor, la DME activa el calentamiento del termostato del campo característico independientemente de los demás parámetros.
En caso de un fallo del control del campo característico (p. Ej. interrupción de la tubería de afluencia), el motor funciona en la gama de temperaturas superiores. Los daños en el motor se evitan en este estado de funcionamiento gracias a las demás funciones de regulación de la DME (p. Ej. regulación de picado, activación del ventilador complementario).

El termostato va fijado en la caja plástica de salida de agua