

CONTROL Y AUTOTEST ETM JAGUAR S-Type y otros modelos

Índice

1. Introducción
2. Objetivos del presente artículo
3. Activación del modo ETM
4. Pruebas que ejecuta el ETM y documentación oficial sobre las mismas
5. Descripción de la ejecución del ETM en el modelo S-Type
 - 5.1. Términos y acrónimos convenientes para entender el ETM
 - 5.2. Inventario de test que incluye el ETM para el S-Type
- Anexo: Traducción de códigos DTC del ETM a códigos SAE y sistemas de numeración posicionales

1. Introducción

De la época en que Jaguar perteneció a Ford, esta compañía incluyó en el ordenador (ECU) que controla el cuadro de instrumentos IC (Instrument Cluster) de algunos de sus modelos (al estilo de muchos modelos de Ford), un software para realizar un test de autocomprobación de su funcionamiento, probablemente para trazar y diagnosticar el complejo sistema de seguridad antirrobo que incluyen de serie dichos modelos y que en caso de activarse bloquea el funcionamiento del vehículo en varios puntos.

La funcionalidad se denomina “ENGINEERING TEST MODE” o su acrónimo ETM, que en español significa “modo test de ingeniería”, por lo que en adelante lo referiré por su acrónimo ETM. La referencia de los modelos Jaguar que incluyen ETM la he obtenido del manual “Advanced Electronic Systems Diagnostics Training 2008”, que lo podéis descargar de: http://jagrepair.com/images/Training%20Guides/688-JAG_10-08.pdf (está en la página 99 del lector de PDF)

Dicha funcionalidad no está documentada en ningún manual de usuario de ninguno de los modelos Jaguar que la incluyen o al menos en el S-Type. Ante el descubrimiento por parte de los usuarios de esta utilidad oculta, Jaguar publicó 2 TSB (Technical Service Bulletin) en los que describe la implementación de la misma. Los TSB que describen esta utilidad son:

JTB00014 (11 de Diciembre de 2006 en inglés y 28 de Mayo de 2010 en español) para los modelos:

- S-TYPE: VIN M45255 2003 MY en adelante (X202, X204, X206)
- X-TYPE: VIN C00344 2002 MY en adelante (X400, X404)
- XJ: VIN G00442 2004 – 2007 MY (X350, X356)

JTB00017 (11 de Diciembre de 2006 en inglés y 28 de Mayo de 2010 en español) para el modelo:

- XK: VIN B00001 2007 MY en adelante (X150)

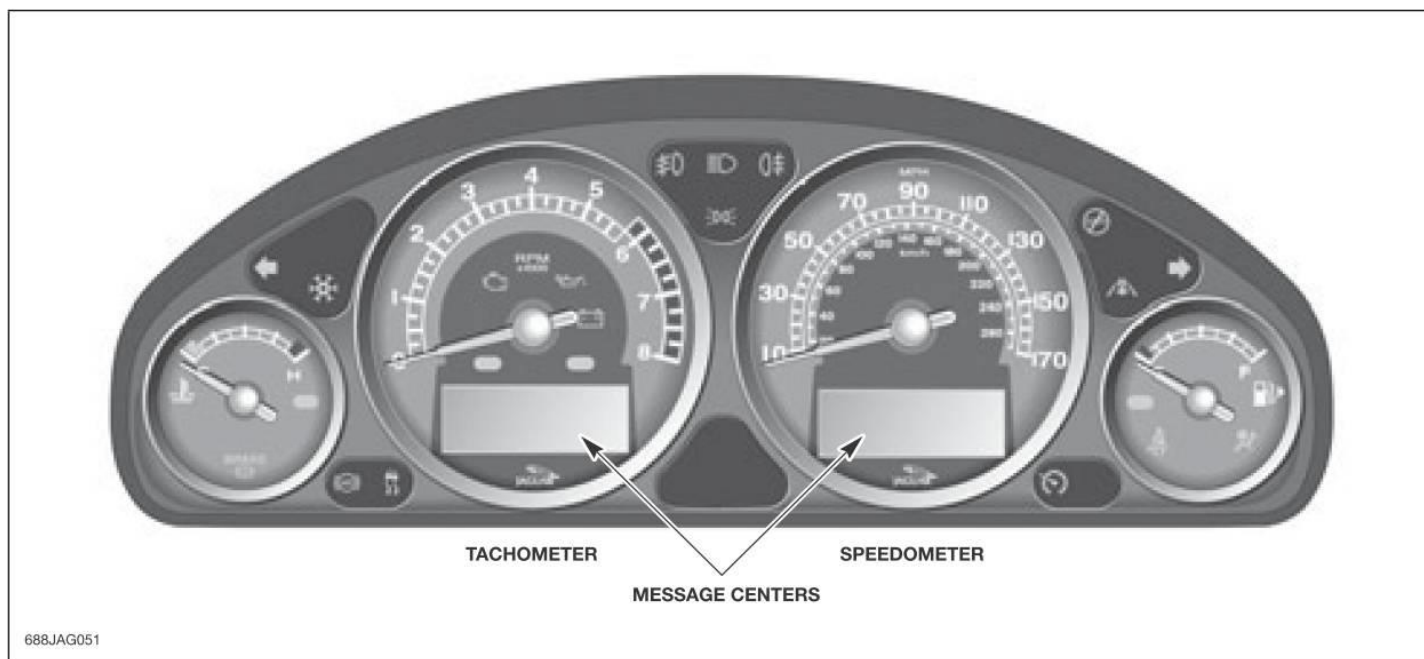
El ECU IC es uno de los ordenadores que controla elementos del vehículo que proporcionan más información acerca de su estado, en buena parte porque es el ordenador que presenta todas las medidas en el cuadro de instrumentos delante del conductor y que soporta la funcionalidad de ordenador de viaje.

En los TSB mencionados indica, que para fines diagnósticos, se debe tener conectado también la sonda software IDS (Integrated Diagnostic System) o la sonda SDD (Symphon Driven Diagnostics) al vehículo, pinchada en el conector DLC (Data Link Connector). Se hace notar que la sonda IDS o la SDD, lo normal es que sólo las tengan los talleres (debido a su excesivo coste de adquisición y suscripción/alquiler anual).

En el TSB JTB00014 (que es una de las fuentes que he utilizado para escribir este artículo) avisa que el modo ETM se puede utilizar para visualizar el estado de las entradas del ECU IC y otras características útiles. Se entiende que las entradas son datos provenientes de los sensores que tiene directamente conectados el ECU IC y de otros ECU conectados por bus CAN (Control Area Network) y por bus SCP (Standard Corporate Protocol).

El cuadro de instrumentos (en el S-Type) está compuesto por:

- 4 Medidores analógicos (con aguja):
 - Medidor de temperatura
 - Tacómetro
 - Velocímetro
 - Medidor de combustible
- 25 Luces testigo de señalización de incidencias (independientemente de las opciones habilitadas en la compra)
- 2 Centros de mensajes (LH en tacómetro y RH en velocímetro) que presentan textos o valores numéricos



Para los no familiarizados con sistemas de control, recordar que el cuadro de instrumentos que hay delante del conductor, es sólo un elemento de visualización controlado por el ECU IC, por tanto, si un medidor (por ejemplo el velocímetro) marca mal la velocidad a la que circula el vehículo, podría ser por 3 razones:

- La velocidad que aporta el ECU DSC que controla el ABS está mal (los sensores que miden la velocidad están adosados a los ejes de las ruedas y conectados al ECU DSC).
- La velocidad que aporta el ECU DSC (a través de mensajes por el bus CAN) al ECU IC está bien, pero el velocímetro controlado por el ECU del IC está mal calibrado, por tanto, marca mal.
- La velocidad que aporta el ECU del DSC está bien, el velocímetro controlado por el ECU del IC está bien, pero el factor de corrección del radio de las ruedas que lleva montadas el vehículo está mal configurado (por ejemplo corresponde a ruedas de diámetro 17" y el vehículo lleva ruedas de 18" o viceversa).

2. Objetivos del presente artículo

El objetivo del presente artículo es describir el funcionamiento del sistema ETM de auto-test (hasta donde ha sido posible obtener documentación y mediante ingeniería inversa descodificar los valores que proporciona) y facilitar la arquitectura del sistema de control del Jaguar S-Type a nivel de ECU, proporcionando conceptos básicos de la nomenclatura de control en automoción que faciliten su interpretación. Si bien la arquitectura que se describe es para el modelo S-Type, conceptualmente es aplicable a cualquier modelo Jaguar de la época en que Jaguar perteneció a FORD (1998 a 2008).

La implementación del ETM en los diferentes modelos Jaguar es ligeramente distinta, cuando se aborde lo concreto, describiré la del modelo S-Type 2.7D V6, por ser la que corresponde a mi vehículo, en el que he realizado todas las pruebas y medidas.

Los códigos de error de diagnóstico DTC (Data Trouble Code) que tiene registrados el IC, se visualizan con el ETM en formato específico del ETM, requieren convertirse a formato SAE J2012 (equivalente a ISO 15031) para poder obtener su descripción (en Internet). También se pueden ver con el equipo/sistema IDS o SDD de Jaguar directamente en formato SAE. El procedimiento de conversión del formato hexadecimal del ETM a formato hexadecimal de SAE y los conceptos básicos sobre sistemas de numeración posicionales (decimal, binario y hexadecimal), se incluye como un anexo al final, con el fin de evitar su lectura a los que ya lo conozcan o a los que no les interese.

3. Activación del modo ETM

Indicar que el ETM se puede ejecutar con el motor parado, con el motor en marcha y con el vehículo circulando. Si alguien lo usa con el vehículo circulando, por razones de seguridad (tanto para él como para el resto de vehículos), por favor que no tenga la tentación de ponerse a apuntar los valores que muestra en el centro de mensajes. Dicha tarea la debe realizar el copiloto.

La implementación del ETM permite diagnosticar hasta 34 problemas (perfiles de mal funcionamiento) identificados en términos de usuario, que en los TSB son referidos por las letras: A, B, C, ..., X, Y, Z, AA, AB y AC. Diagnosticar un problema puede requerir ejecutar uno o más de un test del ETM.

Los modelos de Jaguar y números de serie que incluyen ETM son:

- S-TYPE: VIN M45255 2003 MY en adelante (X202, X204, X206) incluye 71 tests
- X-TYPE: VIN C00344 2002 MY en adelante (X400, X404) incluye 66 tests
- XJ: VIN G00442 2004 – 2007 MY (X350, X356) incluye 70 tests
- XK: VIN B00001 2007 MY en adelante (X150)

Para activar el ETM (es común a todos los modelos) se debe hacer lo siguiente y en el siguiente orden:

1. Tener la llave de arranque puesta en el contacto en la posición cero
2. Pulsar el botón TRIP del ordenador de viaje y, manteniéndolo pulsado
3. Girar la llave de arranque de la posición cero a la posición II sin arrancar el motor
4. Seguir manteniendo pulsado (5 a 10s) el botón TRIP hasta que aparezca en el display del velocímetro (en el modelo S-Type) o en el único display (el resto de modelos) el texto "ENGINEERING TEST MODE".
5. Una vez que aparece el texto "ENGINEERING TEST MODE", soltar el botón TRIP (antes de que pasen 3s).
6. Si se tiene el motor parado, conviene desactivar el climatizador (en el S-Type se hace pulsando el botón que tiene serigrafiado un ventilador) para minimizar el consumo de la batería, ya que recorrer todos los valores y apuntarlos en un cuaderno, lleva su tiempo, de lo contrario arrancar el motor. Algunos valores hay que apuntarlos con el motor parado primero (tal es el caso de la tensión de la batería) y funcionando después.
7. Para avanzar y retroceder por los sucesivos valores (tests del menú ETM) se utilizarán las dos teclas del "ordenador de viaje" MI/Km y A/B. La primera avanza y la segunda retrocede.
8. Para salir del modo ETM, volver a pulsar el botón TRIP entre 5 y 10s o girar la llave a la posición 0.

4. Pruebas que ejecuta el ETM y documentación oficial sobre las mismas

La TSB JTB00014 hace referencia a los test que se deben ejecutar en función de los problemas, organizados por perfiles, que se deseen diagnosticar. Para diagnosticar un problema puede ser necesario ejecutar más de un test del ETM y en algunos casos, sugiere tener conectado también el IDS (sonda + software de Jaguar para diagnosticar, actualizar, reparar, etc. sus vehículos). La recomendación de usar IDS probablemente sea porque las TSB, de facto, Jaguar las generó solo para los talleres, no para los usuarios finales.

Las TSB JTB00014 y TSB JTB00017 se pueden adquirir en idioma español mediante suscripción en la web oficial de Jaguar: <https://topix.jaguar.ilrext.com/topix/vehicle/lookupForm>

Para realizar el proceso de descarga hay que suscribir tiempo de conexión, para lo cual hay que estar registrado. Los detalles sobre como registrarse y el procedimiento están descritos en:

<http://www.forojaguar.com/foro/viewtopic.php?f=34&t=7572&sid=403e7919a8026c52ef5bf36d006b15d2>

TSB para modelos S-Type, X-Type y XJ (como localizarla en la web oficial de Jaguar):

Título: JTB00014 - Lista adicional de diagnosis de anomalías en el cuadro de instrumentos

Referencia internacional: JTB00014

Ubicación en la web: Boletines → Boletines técnicos → 413 - Panel de instrumentos

Fecha de publicación en idioma español: 28-may-2010 17:12:49

TSB para modelo XK (como localizarla en la web oficial de jaguar):

Título: JTB00017 - Lista adicional de diagnosis de anomalías en el cuadro de instrumentos

Referencia internacional: JTB00017

Ubicación en la web: Boletines → Boletines técnicos → 413 - Panel de instrumentos

Fecha de publicación en idioma español: 28-may-2010 17:12:53

La TSB JTB00014 también se puede descargar en idioma inglés de un par de sitios:

<http://jagrepair.com/images/TSB/TSB2/S-Type/413Inst & panel illumination/Additional Diagnostics for Instrument Cluster.pdf>

Las TSB están estructuradas en 4 partes (a la TSB JTB00017 no he tenido acceso), cada una de ellas formalizada en 4 tablas. La primera tabla incluye los perfiles de problemas a diagnosticar, las otras describen la implementación específica del ETM en los modelos: S-Type, X-Type, XJ y XK.

La estructura de la tabla que contiene los perfiles de problemas a diagnosticar, consta de 4 columnas con los siguientes nombres:

- **Área de aplicación** (Area of issue): Indica qué problema (en lenguaje de usuario) es posible diagnosticar.
- **Nº de secuencia de la acción** (Diagnostic Ref. No.): Indica el ordinal de la acción a realizar.
- **Acciones que ejecuta** (Actions): Indica los números de test del ETM que hay que ejecutar.
- **Notas aclaratorias** (Notes): Proporciona una descripción escueta de lo que se consigue con las acciones.

5. Descripción de la ejecución del ETM en el modelo S-Type

En la TSB JTB00014 la descripción de los test que ejecuta el ETM la formaliza en una tabla de 5 columnas con los siguientes nombres:

- **Número de test ETM** (ETM Test/No.): Indica el número de test que se está ejecutando
- **Mensaje en el display del velocímetro** (RH Message Centre Display): Indica el texto que aparece en el display
- **Medidor/Indicador/visualizador testado** (Gauge/Indicator/Display Tested): Indica el dispositivo objeto de test
- **Rango en el que devuelve los valores** (Range): Rango en el que devuelve los valores el test o N/A (No Aplica)
- **Descripción del valor que presenta** (Description): Proporciona una descripción escueta del valor devuelto

Antes de entrar en la descripción detallada de los test, hago notar que la descripción que aporta el TSB de Jaguar está realizada con terminología híbrida, entre informática e ingeniería específica del sistema de control en cuestión y no de usuario final, así que ni es trivial ni intuitiva su interpretación.

5.1. Términos y acrónimos convenientes para entender el ETM

Las definiciones que vienen a continuación están redactadas en términos más o menos coloquiales, en lenguaje asequible a la población general. Disculpas anticipadas a quienes identifiquen imprecisiones formales. Para más detalles consultar literatura especializada sobre control y teoría de control.

Sensor:

Es un dispositivo de medición empotrado en una máquina, que convierte una magnitud física (como un desplazamiento, una presión o un voltaje), en una variable, tal que se pueda utilizar su valor para operar. Para que un sensor mida bien, tiene que ser lineal (el valor que proporciona la variable que lo representa, tiene que ser proporcional al valor de la magnitud física que mide, en el intervalo útil en que se efectúa la medida). Los sensores pueden ser de tipo continuo (medir: temperatura, posición del acelerador, etc.) o de tipo todo/nada (medir: el estado de un interruptor).

Para que el valor que proporciona un sensor se pueda introducir en un ordenador (con el fin de poder operar con los valores que proporciona), el sensor tiene que ser además transductor, es decir, tiene que transformar la magnitud física que mide a su entrada (ej. temperatura, presión, posición) por una tensión eléctrica a su salida, proporcional al valor de la entrada. La salida del sensor/transductor se conecta a un conversor A/D (analógico/digital) del ordenador, si se trata de una señal de tipo continuo, y a un puerto digital de entrada (a un bit) si se trata de una señal del tipo todo/nada.

Actuador:

Es un dispositivo de potencia empotrado en una máquina para interactuar con ella, siguiendo las instrucciones que le proporciona un ordenador. Los actuadores al igual que los sensores, pueden ser de tipo continuo (apertura de la mariposa del sistema de admisión de aire, apertura de las válvulas EGR, etc.), o del tipo todo/nada (activación de una luz testigo en el cuadro de instrumentos del conductor, activación de la bomba de combustible empotrada en el tanque, etc.). El control del actuador se conecta a un conversor D/A (digital/analógico) del ordenador, si es de tipo continuo, y a un puerto digital de salida (a un bit) si es de tipo todo/nada.

Sistema de control en bucle (lazo) abierto:

Sistema en el cual la salida (estado actual del sistema a controlar) no tiene ningún efecto sobre la acción de control. Un ejemplo de este tipo de control es el funcionamiento del motor desde su arranque hasta que el líquido refrigerante no adquiere una determinada temperatura. Otro ejemplo de este tipo de control es el funcionamiento de la bomba de alimentación de combustible empotrada en el tanque de combustible. Otro ejemplo es el funcionamiento de los limpia-parabrisas cuando los activamos manualmente.

Sistema de control en bucle (lazo) cerrado:

Sistema en el que se establece un valor de consigna (valor a conseguir), para la variable a controlar, se calcula la diferencia entre el valor de consigna y su valor actual (salida del sistema a controlar) y se actúa de forma inteligente sobre la variable de control hasta conseguir que la diferencia sea mínima (lo ideal es que sea nula).

Un ejemplo de este tipo de control es el funcionamiento de la inyección en la consecución de una proporción 14,5 gramos de aire por cada 1 gramo de gasoil (relación estequiométrica de la reacción química para la detonación del diésel) para todas las inyecciones, considerando la demanda del acelerador, la temperatura del aire ambiente, las vibraciones producidas en el motor por la detonación, etc. una vez que el líquido refrigerante ha superado un determinado umbral de temperatura.

El S-Type 2.7D V6 para minimizar el tiempo durante el cual el motor está funcionando con control en bucle abierto y pasar a control en bucle cerrado (sistema realimentado) incluye una caldera diésel para calentar el refrigerante y alcanzar dicha temperatura en el menor tiempo posible. Otro ejemplo de control en bucle cerrado es el funcionamiento del limpia-parabrisas activado por el detector de lluvia.

Función de transferencia:

Es un modelo matemático que a través de un cociente relaciona la respuesta de un sistema frente a la excitación del mismo. En general el modelo se representa mediante ecuaciones diferenciales. La respuesta es la salida del sistema de control y la excitación son las entradas al sistema de control. La salida se traslada del sistema de control al mundo real mediante actuadores y la excitación se traslada del mundo real al sistema de control mediante sensores. Se hace notar que esta definición, es una definición operativa y no formal, con el fin de facilitar su interpretación a personas no familiarizadas con teoría de control.

Estrategia de control Proporcional Integral Derivativo (PID):

La gran mayoría de las veces modelar el comportamiento de un sistema en base a expresiones analíticas o no es viable, o es insuficiente, debido a que se requieren ajustes dinámicos condicionados por lo que ha ocurrido previamente, por lo que está ocurriendo y por lo que se prevé que va a ocurrir.

Cada uno de estos 3 componentes participa en la toma de decisión con un porcentaje (peso), tal que la suma de los 3 sea el 100%. El componente proporcional representa lo que está ocurriendo, el componente integral representa lo que ha ocurrido (la memoria del sistema) y el componente derivativo representa lo que se prevé que va a ocurrir.

Software de control:

Programa informático escrito en un lenguaje de programación (C, C++, FORTRAN, ensamblador, Python) con el que se implanta la función de transferencia, usando estrategia PID, que determina el comportamiento del control de un sistema o subsistema del vehículo, ejecutándose en un ordenador (ECU).

Elementos de un sistema de control en bucle cerrado:

Un sistema de control en bucle cerrado obtiene información del funcionamiento del sistema a controlar (estado actual) a través de sensores empotrados en el mismo e interviene en su funcionamiento mediante actuadores, igualmente empotrados.

Los criterios mediante los cuales se interviene en el funcionamiento del sistema a controlar, se establecen con expresiones matemáticas complejas que relacionan las entradas al control con los valores actuales (estado) de funcionamiento del sistema a controlar. Los valores que determinan el comportamiento de los actuadores en cada instante de tiempo, se calculan de forma dinámica mediante programas de control que funcionan en ordenadores. Estos programas de control son una implementación (algoritmos) de las ecuaciones diferenciales con las que se modela el comportamiento del sistema a controlar.

En el Jaguar S-Type 2.7D V6 el sistema de control es mayoritariamente en bucle (lazo) cerrado (sistema realimentado). De forma resumida está implantado con:

- a) Sensores
- b) Actuadores
- c) Programas de control
- d) Ordenadores en los que se ejecutan los programas de control (referidos como ECU o más burdamente como centralita), a los que están conectados los sensores y actuadores y
- e) Redes de comunicaciones que interconectan los ordenadores (ECU) que ejecutan los programas de control para que intercambien información entre sí.

ECU:

Ordenador que controla un sistema o subsistema de un vehículo. ECU es el acrónimo de Electronic Control Unit. El S-Type 2.7D V6 modelo básico, incluye 18 ordenadores y el modelo totalmente equipado (con todas las opciones) hasta 27 ordenadores, interconectados entre sí por red local (como los ordenadores en las oficinas). Para la interconexión de los ECU utiliza 4 buses distintos (bus CAN, bus ISO, bus SCP y bus D2B) con la siguiente distribución:

- Bus CAN: 10 ECU
- Bus ISO: 2 ECU + 3 de los conectados también al bus CAN
- Bus SCP: 7 ECU + 1 de los conectados también al bus CAN
- Bus D2B: 4 ECU + 2 de los conectados también al bus SCP
- Bus CAN local: 2 ECU conectados solo al ECU que controla los airbags
- Bus ISO local: 2 ECU conectados solo al ECU que controla la nivelación de los faros

Los buses están implementados con el siguiente medio físico de transmisión:

- Bus CAN: 1 par trenzado apantallado (transmisión balanceada)
- Bus ISO: 2 hilos (transmisión en referencia común)
- Bus SCP: 1 par trenzado apantallado (transmisión balanceada)
- Bus D2B: fibra óptica (transmisión de impulsos de luz, usando un anillo cerrado de fibra)

Diferencia entre un ordenador personal y un ECU:

La diferencia más importante entre un ordenador personal de oficina y un ECU, es que el ordenador de oficina tiene un programa, denominado sistema operativo (e.j. Windows, Linux, Mac OS) que permite seleccionar que programa se quiere ejecutar en cada momento y el ECU siempre ejecuta el mismo programa, aunque éste sea actualizable (firmware).

Un ordenador de oficina dispone de disco duro en el que guarda los programas y los datos, mientras que el ECU dispone de memoria Flash (como la de los "pen drive") en la que guarda los programas y los datos de configuración y memoria RAM, en la que ejecuta los programas y almacena los datos calculados inicialmente en la fase de siembra y estabilización de funcionamiento de los algoritmos con los que está implantado el control.

El contenido de la memoria RAM se pierde cuando se pierde la alimentación eléctrica, por esta razón cuando sospechamos que funciona mal el control del automóvil, desconectamos la batería (en Jaguar el borne negativo primero) para eliminar la alimentación eléctrica y forzar el "reinicio" de todo el sistema de control. Consecuencia de este hecho NUNCA SE DEBE UTILIZAR UN CORTACORRIENTE con el vehículo circulando, pues los ordenadores de control (ECU) tardan un tiempo en cargar el programa y ponerlo en funcionamiento. Recuérdese que durante la guerra de los 6 días, todos los aviones de los egipcios fueron destruidos (con los pilotos dentro) antes de despegar, porque necesitaban 20 minutos para cargar el software y no dispusieron de dicho tiempo.

Bus:

Medio físico compartido a través del cual intercambian datos entre sí 2 o más ordenadores. Los elementos que caracterizan un Bus, son el medio físico por el que se transmite (que interconecta los ordenadores) y la técnica de señalización para realizar la transmisión (codificación de los datos a transmitir, adaptada al medio por el que se va a transmitir). Cuando el medio físico es cable de cobre, la especificación más importante es su impedancia característica.

Los elementos más importantes de la técnica de señalización son la frecuencia de señalización (se mide en baudios), la tasa de transferencia o también llamada velocidad de transmisión (se mide en bits por segundo) y el mecanismo de sincronización de bit (hay algunos elementos más). Cuando se transmite un único bit por baudio, la velocidad de transmisión en bits por segundo (bps) es igual a la frecuencia de la técnica de señalización en baudios.

Topología física de un bus:

Es como se ve la disposición física del cableado con el que se implanta el bus.

Topología lógica de un bus:

Es como se ve el comportamiento en la comunicación, por tanto sería la topología física aparente del bus (como si fuese así físicamente).

Bus CAN:

Red local para interconexión de ordenadores de control. Es el acrónimo de Control Area Network. El bus CAN fue especificado y patentado por Robert Bosch GmbH en 1991. Actualmente está especificado mediante la norma ISO 11898-1 e ISO 11898-2 para bus CAN de alta velocidad (hasta 1Mbps) e ISO 11898-3 para bus CAN de baja velocidad, con capacidad de tolerancia a fallos (hasta 125 Kbps).

En términos de comunicaciones del modelo OSI de ISO, incluye solo los niveles 1 (medio físico) 2 (enlace) y 7 (aplicación) como casi todos los buses de control industrial.

La implementación en el S-Type es con un par trenzado de cobre a velocidad de 500 Kbps (frecuencia de señalización 500 Kbaudios). El bus CAN es de topología física lineal y de topología lógica lineal. Para garantizar la estabilidad de la impedancia característica a lo largo del mismo, los ECU en que empieza y termina el bus, incluyen una resistencia de 120 Ohmios. En el S-Type los ECU del bus que incluyen dicha resistencia son el ECM/PCM y el IC, por lo que el cableado del bus CAN empieza en el ECM/PCM y termina en el IC).

Bus ISO 9141:

Interconecta ordenadores que no intercambian información entre sí en su funcionamiento a través de este bus. Su implantación en automoción fue un requisito para propósito de diagnóstico por el CARB (California Air Resources Board) hasta 2008, en que decidió sustituirlo por bus CAN (por eso en los nuevos vehículos todos los ECU se conectan por bus CAN a alta velocidad HS CAN o a baja/media velocidad MS CAN). La implementación en el S-Type es con cobre a 10,4 Kbaudios.

Bus SCP:

Red local para interconexión de ordenadores de control desarrollado por FORD como una versión modificada de la especificación SAE J1850 (muy usado en camiones y maquinaria pesada). Es el acrónimo de Standard Corporate Protocol. La implementación en el S-Type es con par trenzado de cobre apantallado a velocidad de 41,6 Kbps (frecuencia de señalización 41,6 Kbaudios). El bus SCP es de topología física en estrella y de topología lógica lineal. La impedancia característica en el bus SCP es de 120 Ohmios. En el S-Type los ECU del bus que incluyen resistencias son IC, FEM y REM de 360 Ohmios (3 resistencias de 360 Ohmios en paralelo equivalen 120 Ohmios).

Bus D2B:

Red local para interconexión de ordenadores para contenido multimedia. Es el acrónimo de Digital Data Bus. La implementación en el S-Type es con fibra óptica a velocidad de 5,6 Mbps (frecuencia de la técnica de señalización 5,6 Mbaudios). El bus D2B es de topología física en anillo y lógica en estrella. La fibra óptica tiene la propiedad de ser inmune a interferencias electromagnéticas, lo que permite escuchar el audio sin ruidos inducidos en su transporte. En el S-Type el bus D2B está accesible a través del ECU AUDIOM que actúa de pasarela desde el bus SCP.

Bus CAN local:

Conexión dedicada con Bus CAN de 2 ECU asociados al asiento delantero del ocupante con el ECU del control de los airbags. La topología física es lineal y la lógica lineal. Los extremos de este "bus localizado" son el ECU RCM y el ECU PSWSM.

Bus ISO local:

Conexión dedicada con Bus ISO 9141 (transmisión serie) de los 2 ECU, asociados a los faros de xenon, con el ECU de control de nivelación de los faros delanteros. La topología física es de línea punto a punto.

Conector DLC:

Conector a través del cual se conecta una sonda OBD II al vehículo para monitorizar, diagnosticar, configurar y cargar nuevas versiones de software (firmware) a los ECU del sistema de control. Todos los fabricantes de vehículos se han puesto de acuerdo en el formato del conector, pero no se han puesto de acuerdo en la técnica de señalización (protocolo y conexionado eléctrico) con la que se establece la conexión con todos los ECU.

Casi todos los fabricantes utilizan más de un bus para interconexión de los ECU de control del vehículo. Con este escenario tan heterogéneo el conector DLC incluye circuitos (patillas) para conexión a todos los buses. Esta es la razón por la cual cualquier sonda conectable a vehículos Jaguar (y al resto de vehículos), requiere de una cabeza activa (incluye un microprocesador y software), que a través de un cable se conecta con el software de diagnóstico que funciona en un ordenador personal. Dicha cabeza es la que establece por qué circuitos (patillas) se establece la conexión física, función de con que ECU se quiere establecer la conexión.

DLC es el acrónimo de Data Link Conector. Jaguar S-Type proporciona a través del conector DLC acceso al bus serie (ISO 9141), acceso al bus CAN y acceso al bus SCP. Al bus D2B se accede desde el bus SCP, actuando de pasarela (Gateway) el ECU AUDIOM.

OBD II:

Es la especificación de USA para conectarse con el sistema de control de los vehículos. OBD II es el acrónimo de On Board Diagnostics versión II (diagnósticos de abordaje). En Europa existe una especificación equivalente, que se denomina EOBD (European On Board Diagnostics). Lo más relevante es la codificación de los errores (DTC) que genera el vehículo en su normal funcionamiento y registra en los correspondientes ECU hasta su lectura y borrado.

DTC:

Códigos de error que registra el vehículo en su normal funcionamiento. DTC es el acrónimo de Data Trouble Code. Estos códigos empiezan por una letra: P, C, B, U (Powertrain Chasis, Body, Undefined) que se corresponden con tren motriz,

chasis, carrocería y buses de comunicaciones (la U de undefined fue reutilizada para errores de los buses de comunicaciones). Después de la letra viene un dígito, que si su valor es cero, indica que sigue las reglas de SAE J2012 (comunes a todos los fabricantes). Si el valor es 1, 2 o 3 indica que el código es específico de fabricante. Como la fecha en que Jaguar fabricó el S-Type pertenecía a FORD, estos códigos se pueden obtener de este fabricante.

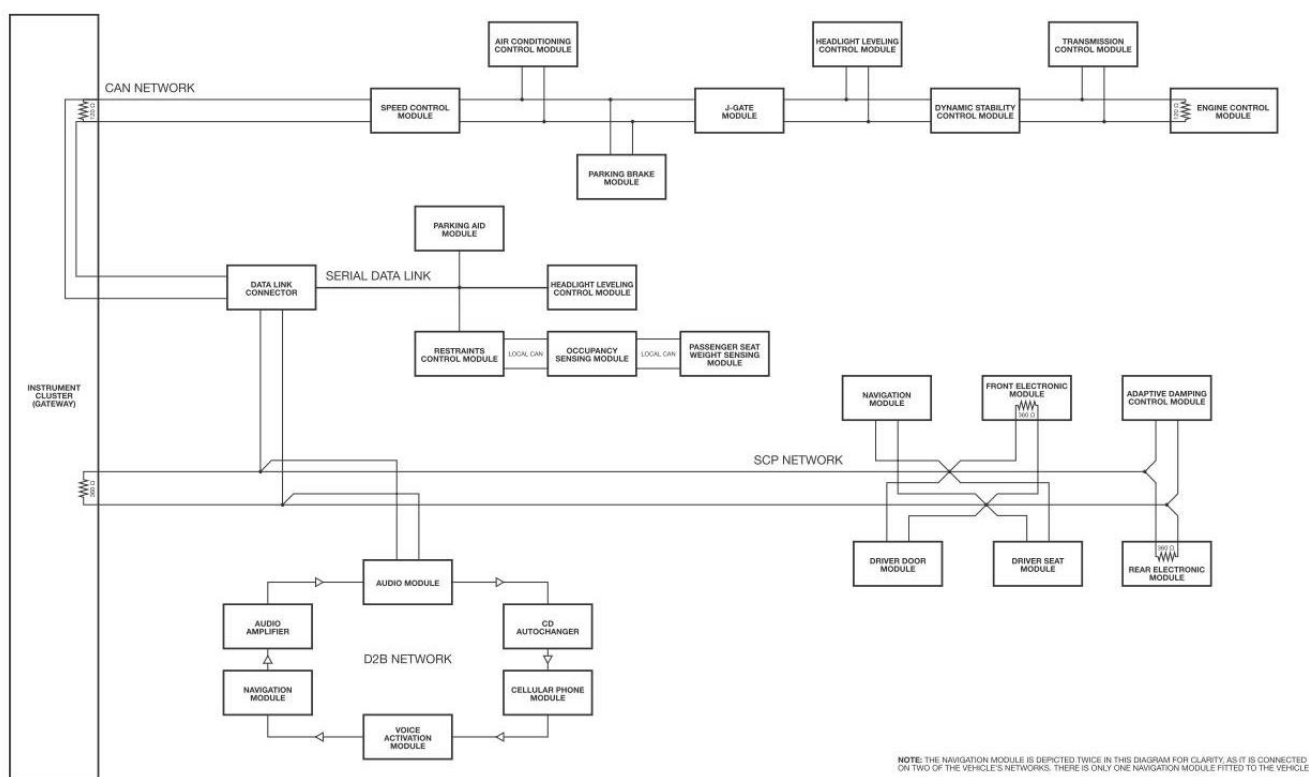
IDS:

Sistema compuesto de una sonda activa (contiene un procesador y un software) que se conecta por un lado en el sistema de control del vehículo, usando el conector DLC y por el otro a un ordenador, usando un conector USB, en el que funciona el software de diagnóstico. IDS es el acrónimo de Integrated Software Diagnostics. El sistema ha sido desarrollado por FORD y adaptado para Jaguar para diagnosticar, configurar y monitorizar sus vehículos.

SDD:

Sistema compuesto de una sonda activa (contiene un procesador y un software) que se conecta por un lado en el sistema de control del vehículo, usando el conector DLC y por el otro a un ordenador, usando un conector USB, en el que funciona el software de diagnóstico. IDS es el acrónimo de Integrated Software Diagnostics. El sistema ha sido desarrollado por Jaguar para diagnosticar, configurar y monitorizar sus vehículos.

Topología del bus de control del Jaguar S-Type:



S-TYPE (X204 – X206) 2006 MY (FULL OPTION SET SHOWN)

Ordenadores conectados al bus CAN:

Son los ordenadores que controlan todo lo relacionado con el tren motriz y que intercambian información entre sí en el normal funcionamiento del vehículo. El número de ordenadores que se interconectan entre sí por bus CAN en el S-Type 2.7D, es el mismo y para los mismos propósitos, independientemente del nivel de equipamiento del vehículo. Incluye los siguientes 10 ordenadores:

- **ECM/PCM:** Controla el motor (inyección, refrigeración, lubricación, escape y gestión del combustible). Es el acrónimo de Engine Control Module para motores de gasolina y PCM de Powertrain Control Module para motores diesel.
- **IC:** Controla todos los instrumentos de presentación de información al conductor, parte del sistema antirrobo y el ordenador de viaje. Es el acrónimo de Instrument Cluster.
- **TCM:** Controla la caja de cambios automática. Es el acrónimo de Transmission Control Module.
- **JGM:** Controla la palanca de cambios (forma de Jota) del cambio automático. Es el acrónimo de J Gate Module.

- **DSC:** Controla el ABS y el control de tracción de forma dinámica sobre las ruedas motrices (las traseras), modulando la fuerza en las pinzas del freno de las mismas. Proporciona la velocidad del vehículo. Es el acrónimo de Dynamic Satbility Control.
- **ASCM:** Control automático de la velocidad del vehículo (regulador de velocidad de cruce). Es el acrónimo de Adaptative Speed Control Module.
- **EPBM:** Controla el freno de mano eléctrico. Es el acrónimo de Electronic Park Brake Module
- **ACCM:** Controla el sistema de aire acondicionado. Es el acrónimo de Air Conditioning Control Module.
- **HLCM:** Controla la posición de los faros de xenon. Es el acrónimo de Headlight Leveling Control Module
- **FFAHM:** Controla en los motores diésel la caldera de gasoil con la que agiliza el calentamiento del refrigerante.

Ordenadores (ECUs) conectados al bus ISO:

Son los ordenadores que controlan lo relacionado con la seguridad. El S-Type incluye un número variable de ordenadores accesibles por bus ISO 9141 función del nivel de equipamiento (estos no intercambian información entre sí por este bus, simplemente están accesibles por el mismo para consultarlos). La Función de caja negra (en caso de accidente registra la posición del acelerador, marcha engranada, posición del volante, velocidad a que estaba circulando, etc.) está accesible por este bus. Incluye algunos o todos de los siguientes:

- **ECM:** Es el mismo ordenador que está conectado al bus CAN, que también está conectado al bus ISO.
- **DSC:** Es el mismo ordenador que está conectado al bus CAN, que también está conectado al bus ISO.
- **HLCM:** Es el mismo ordenador que está conectado al bus CAN, que también está conectado al bus ISO. A este ordenador están conectados localmente (solo a él) por bus ISO los ordenadores que se ocupan de la nivelación de los faros xenon, caso de que el vehículo incluya este equipamiento:
 - **LHHIDHM:** controla la posición del faro de xenon izquierdo. Es el acrónimo de LH HID Headlight Module. Este ordenador es OPCIONAL.
 - **RHHIDHM:** controla la posición del faro de xenon derecho. Es el acrónimo de RH HID Headlight Module. Este ordenador es OPCIONAL.
- **RCM:** Controla el funcionamiento de los "air-bags". Es el acrónimo de Restraints Control Module. A este ordenador están conectados localmente (solo a él) por bus CAN los ordenadores que se ocupan de identificar la ocupación del asiento delantero del acompañante:
 - **OSM:** controla por ultrasonidos si hay alguien sentado en el asiento del acompañante para activar o no el "airbag" y el avisador acústico de cinturón sin abrochar. Es el acrónimo de Ocupancy Sensing Module.
 - **PSWSM:** controla el peso del asiento del acompañante, para establecer el funcionamiento del "airbag". Es el acrónimo de Passenger Seat Eighth Sensing Module.
- **PAM:** Controla los sensores de proximidad empotrados en las defensas delantera y trasera. Es el acrónimo de Parking Aid Module. Este ordenador es OPCIONAL, solo lo incorpora si incluye sensores de proximidad.

Ordenadores (ECUs) conectados al bus SCP:

Son los ordenadores que controlan todo lo relacionado con el chasis y la carrocería. El S-Type incluye un número variable de ordenadores conectados a bus SCP, función del nivel de equipamiento. Incluye algunos o todos de los siguientes:

- **IC:** Es el mismo ordenador que está conectado al bus CAN, que también está conectado al bus SCP.
- **FEM:** Controla la alimentación eléctrica de todos los dispositivos que se conectan en el cuadro de fusibles y relés frontal que se encuentra en el compartimento del motor. Es el acrónimo de Front Electronic Module.
- **REM:** Controla la alimentación eléctrica de todos los dispositivos que se conectan en el cuadro de fusibles y relés trasero que se encuentra en el maletero. A este cuadro se conecta el cuadro de fusibles ubicado en la parte interior del vehículo y que se gestiona con la llave de arranque. Es el acrónimo de Rear Electronic Module.
- **DDM:** Controla la funcionalidad de la puerta del conductor y parte de la seguridad antirrobo, incluida apertura y cierre de puertas, y apertura y cierre de lunas. Es el acrónimo de Driver Door Module.
- **DSCM:** Controla la posición de los asientos y su memorización. Es el acrónimo de Driver Seat Control Module. Este ordenador es OPCIONAL.
- **ADCM:** Controla de forma dinámica el comportamiento de los amortiguadores en función de la orografía del firme por el que circula. Es el acrónimo de Adaptative Damping Control Module. Este ordenador es OPCIONAL.
- **NVM:** Controla el navegador GPS. Es el acrónimo de Navigation Module. Este ordenador es OPCIONAL.
- **AUDIOM:** Controla todo el sistema de audio. Está conectado al bus SCP para que esté accesible en el conector de diagnósticos DLC, actuando de pasarela para acceder a los ECU que se conectan solo por bus D2B que controlan todas las funcionalidades multimedia. Es el acrónimo de Audio Module.

Ordenadores (ECUs) conectados al bus D2B: son los ordenadores que controlan todo lo relacionado con multimedia, es decir, audio, radio, CD, cargador de CDs, amplificador de audio, órdenes verbales y navegador:

- **AUDIOM:** Es el mismo ordenador que está conectado al bus SCP, que también está conectado al bus D2B.
- **NVM:** Es el mismo ordenador que está conectado al bus SCP, que también está conectado al bus D2B.
- **PAMP:** Controla el amplificador de potencia de todo el sistema multimedia. Es el acrónimo de Power Amplifier. Este ordenador es OPCIONAL
- **CPM:** Controla el teléfono que se conecta por Bluetooth. Es el acrónimo de Cellular Phone Module.
- **VAM:** controla las instrucciones vocales. Es el acrónimo de Voice Activation Module. Este ordenador es OPCIONAL.
- **CDAC:** controla el intercambiador automático de CDs. Es el acrónimo de CD Autochanger. Este ordenador es OPCIONAL.

Centro de mensajes:

El S-Type incluye 2 displays de cristal líquido (color verde), con una capacidad de 3 líneas cada uno para presentar mensajes al conductor. El primero está ubicado en el tacómetro y el segundo en el velocímetro. Jaguar refiere el del tacómetro como centro de mensajes izquierdo (LH: Left Hand) y el del velocímetro como centro de mensajes derecho (RH: Right Hand). El ETM presenta todos sus mensajes en el centro de mensajes RH.

Valor de entrada al IC:

Valor proveniente de un sensor conectado al IC o de un sensor conectado a un ordenador que a su vez está conectado por bus CAN o bus SCP al IC. El IC formatea dicho valor y lo presenta en el centro de mensajes RH. El software ETM proporciona este valor con el fin de identificar si un medidor del cuadro de instrumentos funciona mal o permitir realizar un diagnóstico fino (tal es el caso del valor de tensión de la batería que no dispone de medidor en el cuadro de instrumentos).

Valor de entrada a un medidor de aguja:

Los medidores analógicos (con aguja de desplazamiento por giro) del cuadro de instrumentos (temperatura, tacómetro, velocímetro y combustible) son dispositivos a los que hay que indicarles el giro en grados que tiene que realizar la aguja respecto de su cero, para presentar (acorde a su fondo de escala) el valor de entrada al IC proveniente de otro ordenador.

5.2. Inventario de test que incluye el ETM para el modelo S-Type

La descripción de cada test que incluye el ETM se caracterizará con 5 parámetros, que se corresponden con las 5 columnas de la tabla que los describe en la TSB JTB00014.

- **Nº de test:** Indica el número de test del ETM
- **Visualización:** Indica el texto que se presenta en la pantalla LCD del velocímetro (RH)
- **Indicador:** Indica el instrumento, testigo o medida objeto del test
- **Rango:** Indica en que rango, cuando es aplicable, toma valores el test
- **Descripción:** Indica lo que hace el test mediante una breve descripción

Con el fin de facilitar la interpretación cuando en un test concreto sea necesario aportar más información para entender exactamente lo que hace, incluiré un **comentario**.

Nº de test.....: 1 Entrar en modo autodiagnóstico

Visualización.: ENGINEERING TEST MODE

Indicador.....: Centro de mensajes en velocímetro

Rango.....: N/A (No Aplica)

Descripción....: Establece el modo de auto-diagnóstico

Comentario....: Nos damos cuenta que se ha activado el ETM por la aparición del mensaje ENGINEERING TEST MODE

Nº de test.....: 2 Desplazamiento de las agujas en los medidores analógicos del cuadro de instrumentos

Visualización.: TEST GAUGES

Indicador.....: Tacómetro, velocímetro, temperatura y combustible

Rango.....: Tacómetro y velocímetro gira las agujas al 100%. Temperatura y combustible gira las agujas al 80%

Descripción....: Mueve suavemente las agujas de todos los relojes en toda la escala.

Nº de test.....: 3 Enciende la luz LED de todos los testigos del cuadro de instrumentos

Visualización.: Patrón de cuadraditos punteados en el display LCD del centro de mensajes del velocímetro

Indicador.....: Todas las lucecitas testigo del cuadro, independientemente de que el vehículo incluya la opción que representan

Rango.....: N/A

Descripción....: Enciende todas las lucecitas testigo del cuadro de instrumentos para verificar si hay alguna fundida

Nº de test.....: 4 Nivel de ROM (Read Only Memory)

Visualización..: ROM XXXX/FAIL

Indicador.....: Memoria ROM, de solo lectura del cuadro de instrumentos

Rango.....: N/A

Descripción...: Muestra el nivel de ROM del cuadro de instrumentos. Es equivalente a la versión de su software (firmware)

Nº de test.....: 5 Nivel de NVM (Non Volatile Memory) Memoria No Volátil (sirve para almacenar valores de configuración)

Visualización..: NVM ROM XXXX

Indicador.....: Nivel de ROM (bits más significativos) y tipo de ROM (bits menos significativos) tal como se almacena en la NVM

Rango.....: N/A

Descripción...: Muestra la codificación hexadecimal del nivel y tipo de ROM o el "checksum" de comprobación

Comentario...: La memoria NVM es equivalente a la que tienen los ordenadores personales para almacenar su configuración

Nº de test.....: 6 Nivel de EEPROM (Memoria en la que se almacena el programa con el que funciona el ECU IC)

Visualización..: EEPROM XXXX/FAIL

Indicador.....: Nivel de la memoria programable, eléctricamente borrable (versión del programa del ECU IC)

Rango.....: N/A

Descripción...: Muestra la codificación hexadecimal del nivel de la EEPROM o el "checksum" de comprobación. La memoria EEPROM (Electrically Erasable Read Only Memory) es un tipo de memoria que se comporta como ROM, pero admite borrado previo y posterior grabación (para poder actualizar el programa en firmware).

Nº de test.....: 7 Fecha de fabricación

Visualización..: DATE XXXX

Indicador.....: Fecha de prueba final de fabricación

Rango.....: N/A

Descripción...: Muestra codificado en hexadecimal la fecha del último test ejecutado en la fabricación

Comentario...: No he localizado descripción que permita descodificarla, ni lo he conseguido por ingeniería inversa

Nº de test.....: 8 VIN (Identificador del vehículo)

Visualización..: VIN: XX

Indicador.....: VIN del vehículo

Rango.....: N/A

Descripción...: Muestra los dos últimos dígitos del VIN del vehículo (2 últimas cifras del número de serie)

Nº de test.....: 9 Tamaño de los neumáticos

Visualización..: TIRE SIZE XXXX

Indicador.....: Valor de compensación del tamaño de los neumáticos

Rango.....: N/A

Descripción...: Muestra en 2 bytes la codificación hexadecimal del valor de compensación del tamaño de los neumáticos

Comentario...: Es muy importante que este valor se corresponda con el diámetro exterior de los neumáticos que lleva el vehículo, ya que usa dicho valor para calcular correctamente la velocidad, el kilometraje, el funcionamiento de la caja de cambios automática, el motor y el volumen del audio. El valor se asigna con el sistema IDS.

Nº de test.....: 10 Primer byte de configuración del cuadro de instrumentos En total usa 5 bytes (40 bits)

Visualización..: CONFIG 1 XX

Indicador.....: Valores de configuración del cuadro de instrumentos (primer byte)

Rango.....: N/A

Descripción...: Muestra la codificación hexadecimal de valores de configuración del cuadro de instrumentos, primer byte

Comentario...: No he localizado descripción que permita descodificar el contenido de este byte ni de los siguientes, salvo el del 4º (idioma del ETM). Tampoco los he conseguido descodificar por ingeniería inversa. Intuitivamente el contenido de estos 5 bytes tiene que ver con opciones que tiene instaladas y/o activadas el vehículo.

Nº de test.....: 11 Segundo byte de configuración del cuadro de instrumentos

Visualización..: CONFIG 2 XX

Indicador.....: Valores de configuración del cuadro de instrumentos (segundo byte)

Rango.....: N/A

Descripción...: Muestra la codificación hexadecimal de valores de configuración del cuadro de instrumentos, segundo byte

Nº de test.....: 12 Tercer byte de configuración del cuadro de instrumentos

Visualización..: CONFIG 3 XX

Indicador.....: Valores de configuración del cuadro de instrumentos (tercer byte)

Rango.....: N/A

Descripción...: Muestra la codificación hexadecimal de valores de configuración del cuadro de instrumentos, tercer byte

Nº de test.....: 13 Cuarto byte de configuración del cuadro de instrumentos

Visualización..: CONFIG 4 XX

Indicador.....: Configuración del idioma en que se visualizan los textos en el cuadro de instrumentos (cuarto byte)

Rango.....: N/A

Descripción...: 00 Inglés británico, 01 Inglés americano, 02 Francés, 03 Español, 04 Alemán, 05 Italiano, 06 Holandés, 07 Portugués brasileño, 08 Sueco, 09 Finlandés, 10-15 Japonés

Nº de test.....: 14 Quinto byte de configuración del cuadro de instrumentos
Visualización..: CONFIG 5 XX
Indicador.....: Valores de configuración del cuadro de instrumentos (quinto byte)
Rango.....: N/A
Descripción...: Muestra la codificación hexadecimal de valores de configuración del cuadro de instrumentos, quinto byte

Nº de test.....: 15 Códigos de avería registrados en el Cuadro de Instrumentos en formato hexadecimal
Visualización..: DTC XXXX XXXX XXXX
Indicador.....: Presenta los códigos de avería DTC (Diagnostic Trouble Code) en grupos de 3
Rango.....: Códigos DTC y si no hay, presenta guiones ----
Descripción...: Muestra hasta 3 DTC por página (línea). La pulsación del botón ML/KM (siguiente) mostrará los siguientes 3 si los hay
Comentario...: Esta descodificación la he obtenido mediante ingeniería inversa. Cada código DTC del ETM viene representado por 16 bits (sin signo). Los bits 0 a 13 (14 bits) contienen el valor del código de error (DTC). Los bits 14 y 15 (2 bits) contienen codificado el componente del vehículo al que pertenece el código DTC, usando terminología SAE, según la siguiente codificación: 00 Powertrain (Tren motriz), 01: Chasis, 10: Body (carrocería), 11: Comunicaciones. Para borrarlos hay que utilizar el IDS. Los detalles del sistema de numeración hexadecimal y del proceso de descodificación están descritos en el ANEXO del presente artículo.

Nº de test.....: 16 Bus CAN (Control Area Network)
Visualización..: BUS X Cnt XXX
Indicador.....: Estado del bus CAN
Rango.....: N/A
Descripción...: El bus CAN interconecta los ECU del vehículo relacionados con el tren motriz (ver apartado 5.1)
Comentario...: Es importante que el bus CAN funcione correctamente para que funcione todo lo relacionado con el tren motriz, de no ser así, el software del ECU ECM que controla el motor probablemente no permitiría su arranque. Según la especificación de Bosch del bus CAN, cuando un ECU identifica que funciona mal, se debe auto-desconectar (lógicamente) de la red. Desde un punto de vista práctico, si observamos que el estado del bus CAN no es correcto, es que hay alguna conexión que está mal, o que la batería está baja de tensión. En ambos casos será una fuente inagotable de problemas, ya que de forma errática se empezarán a generar códigos de error de diferentes componentes (ECU), casi todos ellos conectados al bus CAN. En el bus SCP cuando no hay ningún mensaje que transmitir, se transmite a modo de centinela, para mantener el bus activo, la velocidad a la que circula el vehículo.

Nº de test.....: 17 Velocidad del vehículo en Millas/h
Visualización..: SPEED MPH X o SPEED ENG X
Indicador.....: Muestra el valor de entrada al ICP (proveniente del ECU ABS) para presentar en el velocímetro
Rango.....: ---- a 4072
Descripción...: Muestra en decenas de Millas/h el valor de entrada de velocidad después de realizar la compensación (por el tamaño de los neumáticos). No muestra el punto decimal (el valor 45,6 lo presentará como 456). El velocímetro presentará esta velocidad en la escala de Millas. Muestra ---- (4 guiones) si no recibe el mensaje (del ECU DSC) o si los datos recibidos no son válidos durante 2 o más segundos.

Nº de test.....: 18 Velocidad del vehículo en Km/h
Visualización..: SPEED KPH X
Indicador.....: Muestra el valor de entrada al ICP (proveniente del ECU DSC) para presentar en el velocímetro
Rango.....: ---- a 6553
Descripción...: Muestra en decenas de Km/h el valor de entrada de velocidad después de realizar la compensación (por el tamaño de los neumáticos). No muestra el punto decimal (el valor 105,8 lo presentará como 1058). El velocímetro presentará este valor en la escala de Km. Muestra ---- (4 guiones) si no se recibe el mensaje (del ECU DSC) o si los datos recibidos no son válidos durante 2 o más segundos. Si llevamos activado el ETM y tenemos monitorizado este valor, observaremos que el velocímetro marca de más (al menos en el mío), es decir, el valor que presenta este test es inferior al valor que marca el velocímetro.

Nº de test.....: 19 Indicador velocímetro
Visualización..: SPEEDO DRIVER XXXX
Indicador.....: Velocímetro en el cuadro de instrumentos
Rango.....: N/A
Descripción...: Muestra el valor que el IC envía al velocímetro para que éste desplace la aguja a la velocidad que debe marcar.
Comentario...: Obsérvese que el valor serán los grados que tiene que girar la aguja para que se alinee con el valor serigrabiado en la escala del velocímetro, que se corresponda con la velocidad que proporciona los test 17 y 18.

Nº de test.....: 20 Régimen de giro del motor en revoluciones por minuto (RPM)
Visualización..: TACHO RPM
Indicador.....: Tacómetro
Rango.....: ---- a 6383
Descripción...: Muestra el valor de entrada en RPM que recibe el IC (procedente del ECU ECM). El tacómetro presentará este valor. Muestra ---- (4 guiones) si no se recibe el mensaje (del ECU ECM) o si los datos recibidos no son válidos durante 2 o más segundos

Nº de test.....: 21 Indicador tacómetro

Visualización..: TACHO DRIVER XXXX

Indicador.....: Tacómetro en el cuadro de instrumentos

Rango.....: .

Descripción...: Muestra el valor que el IC envía al tacómetro para que éste desplace la aguja a las RPM que debe marcar

Comentario...: Obsérvese que el valor serán los grados que tiene que girar la aguja para que se alinee con el valor serigrafiado en la esfera el tacómetro, que se corresponda con las RPM (revoluciones por minuto) que proporciona el test 20.

Comentario sobre los test de combustible:

El tanque de combustible incluye internamente 2 flotadores que proporcionan en base a su altura el nivel de combustible, esto es consecuencia del vano-puente para dejar espacio al eje de transmisión (de la transmisión trasera). Como el vehículo cuando circula desplaza dentro del tanque el combustible de un lado a otro, los flotadores suben y bajan siguiendo la altura del mismo. Si la aguja del marcador de combustible siguiese el ritmo de los flotadores, marearía al conductor generándole confusión sobre la cantidad real de combustible disponible, por esta razón, al valor en bruto que proporcionan ambos sensores se les aplica un filtrado digital (cálculo matemático adicional, en el proceso de su suma) para generar el valor que se utilizará para posicionar la aguja en el indicador de combustible, a fin de que no refleje los cambios instantáneos.

Aunque no he encontrado documentación sobre cuáles son los puntos de test 1 y 2, mirando los esquemas eléctricos del MY 2006, se deduce que hay dentro del tanque 2 sensores, uno para el lado izquierdo y otro para el lado derecho del tanque, así que asumo que estos 2 sensores se corresponden con "RAW FUEL 1" y "RAW FUEL 2" respectivamente. El tanque para diésel (no así el de gasolina) incluye además un interruptor de nivel "muy bajo" para restringir el funcionamiento del motor si se corre el riesgo de dejar vacío el circuito del tanque al motor. Todos los sensores del tanque de combustible están conectados al ECU REM. Los sensores son potenciómetros, de ahí que los valores que devuelven (en cuanto a su validez eléctrica) se interpreten como cortocircuito (valores de 000 a 009), funcionamiento normal (valores de 010 a 254) y circuito abierto (valor 255). Consecuencia del filtrado digital, se generan 2 valores "FILTER FUEL 1" y "FILTER FUEL 2" en los que "FILTER FUEL 2" siempre vale cero. A partir de "FILTER FUEL 1" se genera el valor, en tanto por ciento, de combustible disponible en el depósito. Este valor se utilizará para calcular el valor de desplazamiento que se le envía al indicador de combustible para que la aguja se desplace a la marca que representa dicho porcentaje. El ECU REM al que están conectados estos sensores, distingue si el tanque de combustible es gasoil o gasolina porque los sensores están conectados en entradas (convertidores A/D) distintas.

Nº de test.....: 22 Sistema de combustible 1. Valor instantáneo de un sensor del tanque de combustible

Visualización..: RAW FUEL 1 X

Indicador.....: Sistema de indicación de combustible (valor en bruto) en el punto de test 1

Rango.....: 000 – 009: mal, indica cortocircuito; 10 – 254: bien, valores correctos; 255 ---: mal, indica circuito abierto

Descripción...: Muestra el valor de entrada 1 del nivel de combustible que se recibe de forma instantánea. Cuando se llena el depósito totalmente con gasoil, este test devuelve el valor 183.

Nº de test.....: 23 Sistema de combustible 2. Valor instantáneo del segundo sensor del tanque de combustible

Visualización..: RAW FUEL 2 X

Indicador.....: Sistema de indicación de combustible (valor en bruto) en el punto de test 2

Rango.....: 000 – 009: mal, indica cortocircuito; 10 – 254: bien, valores correctos; 255 ---: mal, indica circuito abierto

Descripción...: Muestra el valor de entrada 2 del nivel de combustible que se recibe de forma instantánea. Cuando se llena el depósito totalmente con gasoil, este test devuelve el valor 196.

Nº de test.....: 24 Sistema de combustible 3. Valor calculado y filtrado (digitalmente)

Visualización..: FILTER FUEL 1 X

Indicador.....: Sistema de indicación del total de combustible (valor filtrado)

Rango.....: 000 – 009: mal, indica cortocircuito; 10 – 254: bien, valores correctos; 255 ---: mal, indica circuito abierto

Descripción...: Muestra el valor del nivel de combustible disponible en el tanque. Cuando se llena totalmente el depósito de gasoil, este test devuelve el valor 254.

Nº de test.....: 25 Sistema de combustible 4. Valor calculado y filtrado (digitalmente)

Visualización..: FILTER FUEL 2 X

Indicador.....: Sistema de indicación de combustible (valor filtrado). Siempre devuelve 0 (en el S-Type 2.7D V6)

Rango.....: 000 – 009: mal, indica cortocircuito; 10 – 254: bien, valores correctos; 255 ---: mal, indica circuito abierto

Descripción...: No he podido deducir para que sirve. Siempre devuelve 0 en S-Type 2.7D.

Nº de test.....: 26 Indicador de combustible 1. Valor calculado en % a partir de los valores devueltos por los test nº 22 y nº 23

Visualización..: FUEL PERCENT YYY

Indicador.....: Indicador del combustible conjunto disponible en el tanque expresado en equivalente a tanto por ciento

Rango.....: 000 – 254: bien, valores correctos; 255: mal, circuito abierto o cortocircuito

Descripción...: Muestra el valor que el IC calcula a partir de los valores aportados por los test nº 22 y nº 23, de combustible disponible en el tanque usando una escala 0 a 254. Se transforma a escala 100 con la expresión: % = 100 x YYY/254.

Nº de test.....: 27 Indicador de combustible 2. Valor que el IC envía al indicador de combustible de aguja

Visualización..: FUEL DRIVER XXXX

Indicador.....: Indicador de combustible en el cuadro de instrumentos

Rango.....: N/A

Descripción...: Muestra el valor que el IC envía al indicador de combustible para que éste desplace la aguja a la posición que representa el porcentaje calculado en el test 26 (% de combustible disponible en el tanque).

Nº de test.....: 28 Temperatura del refrigerante del motor en °C

Visualización..: ENGINE TEMP IN XXXX

Indicador.....: Indica la temperatura del refrigerante del motor en grados centígrados, expresada en decimal, sin incluir el punto

Rango.....: 000 a 369,5 °C

Descripción...: Muestra el último valor de temperatura recibido por el bus CAN (del ECU ECM) en °C, de la temperatura del refrigerante del motor con un decimal. No se presenta el punto (ej. un valor de 853 representa 85,3 °C).

Nº de test.....: 29 Indicador de temperatura en el cuadro de instrumentos

Visualización..: TEMP DRIVER XXXX

Indicador.....: Indicador de temperatura en el cuadro de instrumentos

Rango.....: N/A

Descripción...: Muestra el valor que el IC envía al indicador de temperatura para que éste desplace la aguja a la posición que representa la temperatura obtenida en el test 28.

Nº de test.....: 30 Contador circular (de 0 a 254) para el cuentakilómetros

Visualización..: ROLLING ODO XXX

Indicador.....: Valor utilizado para actualizar el cuentakilómetros (contador de 8 bits)

Rango.....: ----: no se recibe mensaje; 0 a 254: Incremento del cuentakilómetros; 255: Datos no válidos

Descripción...: Muestra con decimales el valor de entrada para el cuentakilómetros, recibido a través de bus CAN desde el ECU DSC

Comentario sobre la configuración de los ECU ASCM, PCM, TCM y DSC:

El comportamiento del control de velocidad de cruce, comportamiento del motor, comportamiento de la caja de cambios y, comportamiento del ABS y control de tracción, se establece mediante configuración por software. Probablemente para cubrir los requisitos de los diferentes países en que Jaguar vende el modelo S-Type. No he conseguido documentación que describa el significado de los valores de configuración, ni he podido deducirlo por ingeniería inversa.

Nº de test.....: 31 ACC configuración del control de velocidad activo (cruiser)

Visualización..: ACC STATUS XX XXXX XXXX

Indicador.....: Configuración almacenada en el cuadro de instrumentos

Rango.....: N/A

Descripción...: Muestra la codificación de los valores de configuración del ECU ASCM que controla la velocidad de cruce (cruiser).

Nº de test.....: 32 PCM configuración del control del tren motriz

Visualización..: PCM XX XXXX XXXX

Indicador.....: Configuración almacenada en el cuadro de instrumentos

Rango.....: N/A

Descripción...: Muestra la codificación de los valores de configuración del ECU PCM/ECM que controla el tren motriz

Nº de test.....: 33 TCM configuración del control de la caja de cambios automática.

Visualización..: TCM XX XXXX XXXX

Indicador.....: Configuración almacenada en el cuadro de instrumentos

Rango.....: N/A

Descripción...: Muestra la codificación de los valores de configuración del ECU TCM que controla la caja de cambios automática

Nº de test.....: 34 DSC configuración del control de tracción y ABS (sistema antibloqueo de las ruedas)

Visualización..: DSC XX

Indicador.....: Configuración almacenada en el cuadro de instrumentos

Rango.....: N/A

Descripción...: Muestra la codificación de los valores de configuración del ECU DSC que controla ABS y tracción

Nº de test.....: 35 Tensión de la batería

Visualización..: BATT XXXX

Indicador.....: Tensión instantánea de la batería

Rango.....: N/A

Descripción...: Muestra en voltios la tensión actual de la batería.

Comentario...: Con el motor parado el valor de tensión de la batería debe estar entre 11.9V y 12.2V. Con el motor arrancado su valor correcto debe estar entre 14.7V y 15.0V. Si la batería en parado tiene un valor de tensión (no justificado) inferior a 11.9V, la recomendación es sustituirla. El criterio para seleccionar la nueva es la más grande que quepa en el hueco que hay en el maletero para alojarla. Intensidad instantánea mínima de 800 A, tensión nominal 12V y carga mínima de 95 Ah. No puede ser de Ion Litio, pues requiere de un control sobre el proceso de carga que el S-Type 2.7D no tiene. No requiere incluir funcionalidad Start/Stop.

Nº de test.....: 36 Presión del aceite

Visualización..: OIL X

Indicador.....: Presión del aceite

Rango.....: H: bien, buena presión de aceite; O: mal, presión de aceite baja

Descripción...: Muestra el valor del sensor/interruptor de falta de presión de aceite

Comentario...: Si la presión de aceite estuviese mal, se encendería un testigo rojo en el panel de instrumentos. Sin presión de aceite, se debe parar de inmediato el motor.

Nº de test.....: 37 Iluminación de los displays LCD
Visualización..: LCD XXX
Indicador.....: Displays de cristal líquido (LCD) en que se presentan valores de texto o numéricos
Rango.....: 0 a 100, siendo 0 mínimo y 100 máximo
Descripción...: Muestra el nivel de iluminación de fondo de todos los display de cristal líquido (LCD)
Comentario...: Se modifica actuando sobre el potenciómetro del paquete de interruptores del ordenador de viaje, situado en la parte izquierda del volante.

Nº de test.....: 38 Iluminación del cuadro de instrumentos
Visualización..: BACK LIGHT XXX
Indicador.....: Fondo del panel de instrumentos
Rango.....: 0 a 100, siendo 0 mínimo y 100 máximo
Descripción...: Muestra el nivel de iluminación de fondo del cuadro de instrumentos delante del conductor
Comentario...: Se modifica actuando sobre el potenciómetro del paquete de interruptores del ordenador de viaje, situado en la parte izquierda del volante.

Nº de test.....: 39 Funcionamiento / arranque del motor
Visualización..: CRANK X
Indicador.....: Estado del encendido del motor
Rango.....: -B: bien, valor de entrada alto; -O: mal, valor de entrada bajo
Descripción...: Muestra la comprobación del circuito de detección de funcionamiento / arranque del motor

Nº de test.....: 40 Circuito accesorio del control de velocidad activo ACC
Visualización..: ACCESORY X
Indicador.....: Circuito de accesorios
Rango.....: -B: bien, el valor de entrada es elevado; -O: mal, el valor de entrada es bajo (circuito abierto)
Descripción...: Muestra la comprobación del circuito de detección de funcionamiento del control de velocidad de cruce (cruiser)

Nº de test.....: 41 Activación automática del encendido de los faros
Visualización..: AUTOLAMP X
Indicador.....: Estado del circuito de activación automática del encendido de los faros
Rango.....: N/A
Descripción...: Muestra el estado descodificado de la activación automática del encendido de los faros
Comentario...: Se modifica en función del nivel de luz que recibe el sensor de luz que está ubicado cerca del cristal del parabrisas delantero, hacia la mitad del mismo, que se utiliza para el encendido automático de las luces. Si lo cubris para que no reciba luz, observareis que cambia este valor.

Nº de test.....: 42 Interruptor de estacionamiento (posición P de la palanca de cambios)
Visualización..: PARK SW X
Indicador.....: Circuito del interruptor de estacionamiento de la corredera en J de la caja de cambios automática
Rango.....: -B: La palanca está posicionada en P (Parking); -O: La palanca no está en la posición P (está en cualquier otra)
Descripción...: Comprobación del circuito del interruptor de estacionamiento de la corredera (palanca de cambios) en J
Comentario...: En el S-Type 2.7D la palanca de cambios en J tiene en su posición P un interruptor, que se activa cuando la palanca está en dicha posición. El ECU JGM (que controla la palanca del cambio) le envía un mensaje al ECU TCM (que controla la caja de cambios) para que la bloquee (con el actuador de enclavamiento), que es lo que ocurre cuando paramos el vehículo. El ECU TCM activará el actuador del bloqueo si la velocidad es cero. Esta inteligencia evita que los que utilizan cambio automático por primera vez e intenten poner 5ª (por error) circulando a 120Km/h, con lo que pasarían la palanca de cambio a la posición P, no les ocurra nada (salvo llevarse un buen susto cuando se dan cuenta de la barbaridad que acaban de hacer) y vuelvan a poner la palanca de cambio en la posición D, sin que ocurra ninguna catástrofe.

Nº de test.....: 43 Interruptor indicador de inserción de llave
Visualización..: DOOR -X
Indicador.....: Estado de la señal de puerta abierta del protocolo SCP (Satandard Corporate Protocol)
Rango.....: -B: llave insertada; -O: llave quitada (extraída)
Descripción...: Comprobación del circuito del interruptor que detecta la inserción de la llave en la puerta

Nº de test.....: 44 Aviso acústico del cinturón de seguridad no abrochado / airbags
Visualización..: SBELT AB X
Indicador.....: Estado de la señal del aviso acústico de los cinturones de seguridad y airbag
Rango.....: -B: cinturón desabrochado; -O: cinturón abrochado
Descripción...: Comprobación del circuito del aviso acústico de la detección de cinturón abrochado para activación de airbags

Nº de test.....: 45 Conjunto de interruptores auxiliares del ordenador de viaje, luces antiniebla y potenciómetro posición faros
Visualización..: SW PACK XXX
Indicador.....: Estado del conjunto de interruptores auxiliares
Rango.....: N/A
Descripción...: Muestra codificado el estado del conjunto de interruptores del paquete auxiliar de interruptores del ordenador de viaje

Nº de test.....: 46 Nivel de refrigerante

Visualización..: L COOL -X

Indicador.....: Indicación del nivel de refrigerante en el motor

Rango.....: -B: nivel de refrigerante bajo (interruptor abierto); -O: nivel de refrigerante correcto (interruptor cerrado)

Descripción....: Muestra el estado de la señal proporcionada por el sensor/interruptor que detecta nivel de refrigerante bajo

Nº de test.....: 47 PATS Sistema de antirrobo pasivo

Visualización..: PATS XX

Indicador.....: Estado del sistema antirrobo pasivo PATS

Rango.....: 0 a FF (valores en hexadecimal de 0 a 255)

Descripción....: Muestra codificado en formato hexadecimal el byte de estado del sistema antirrobo (Passive Anti-Theft System)

Nº de test.....: 48 a 54 Puertos a los que están conectados sensores que proporcionan estados del tipo todo/nada

Visualización..: PORT x XX, donde x toma valores de A, B, C, D, ..., T

Indicador.....: Estado de los sensores A, B, C, D, ..., T

Rango.....: N/A

Descripción....: La TSB Nº JTB00014 no proporciona descripción sobre que sensores están conectados a estos puertos

Comentario....: Sería muy importante conseguir a que sensores corresponden estas entradas. Los sensores que se conectan a este tipo de entradas son de tipo interruptor todo/nada.

Nº de test.....: 55 a 70 Conversores A/D a los que están conectados sensores que proporcionan magnitudes continuas

Visualización..: A/D x RAW: XXX, RATIO: XXX, donde x toma valores de 0 a 15

Indicador.....: Valor instantáneo de los sensores de tipo continuo

Rango.....: N/A

Descripción....: La TSB Nº JTB00014 no proporciona descripción sobre que sensores están conectados a los conversores A/D

Comentario....: Sería muy importante conocer que sensores corresponden a estas entradas, ya que de estar incluidas en el ETM es porque son importantes. Sería una forma de identificar que sensores nos indican, que de no corregir la causa, el vehículo entrará en FUNCIONAMIENTO RESTRINGIDO. Los sensores que se conectan a este tipo de entradas son de tipo continuo.

6. Bibliografía utilizada

- TSB JTB00014
- 2008 Technical Training Electrical Systems
- S-TYPE 2.7 V6 Diesel Engine Introduction 2004.75 Model Year
- 2006 S-TYPE Technical Guide
- Electrical Guide S-TYPE Sedan Gasoline and Diesel 2006 Model Year, VIN: N52048 onwards
- S-TYPE MANUAL DEL CONDUCTOR
- Workshop Manual S-TYPE 2002.5 MY On
- Understanding Automotive Electronics An Engineering Perspective Seventh edition William Ribbens
- Acceso a múltiples sitios web en Internet relacionados con automoción

Anexo: Traducción de códigos DTC del ETM a códigos DTC de SAE y sistemas de numeración posicionales

Códigos de errores de diagnóstico del IC obtenidos con el ETM (ejemplos de datos reales)

Código ETM	Código SAE	Descripción
9318	B1318	Battery Voltage Low
9246	B1246	Dim Panel Potentiometer Switch Circuit Failure
9352	B1352	Ignition key-in failure
A141	B2141	NVM Configuration Failure
C128	U0128	Lost Communication With Park Brake Control Module
D900	U1900	CAN Communication Bus Fault
E516	U2516	CAN Bus Off
E518	U2518	CAN CCM message missing
E519	U2519	Data Missing for EPB
E521	U2521	CAN Node Missing
E522	U2522	Data Missing for Transmission Gear Selected
E523	U2523	Data Missing for Engine Speed

Para transformar los códigos de formato hexadecimal del ETM a formato hexadecimal SAE se realiza la siguiente secuencia de operaciones:

1. Se representa el valor del DTC en hexadecimal proporcionado por el ETM
2. Se transforma de hexadecimal a binario
3. Se separan los 2 bits de más alto orden para obtener el subsistema del vehículo al que pertenece el DTC
4. Se genera el DTC en formato SAE J2012 en hexadecimal

Transformación de hexadecimal ETM a hexadecimal SAE

Secuencia	ETM → SAE	B15	B14	B13	B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
1	DTC ETM	9				3				1				8			
2	9318 BIN	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
3	Conversión	10		01		3				1				8			
4	DTC SAE	B		1		3				1				8			

El DTC 9318 en formato hexadecimal ETM se transforma en el DTC B1318 en formato hexadecimal SAE. Obsérvese que la operación implica dividir el dígito más significativo por la izquierda en 2 mitades de 2 bits cada una, el resto queda igual. La mitad más significativa, actúa como puntero a la siguiente tabla para establecer el subsistema del vehículo.

Codificación de los subsistemas SAE que utiliza internamente ETM (bits 15 y 14)

Código	Subsistema del vehículo para códigos DTC SAE	Letra
00	Powertrain (Tren motriz)	P
01	Chasis	C
10	Body (carrocería)	B
11	Communications networks (redes de comunicaciones)	U

Sistemas de numeración posicionales (decimal, binario y hexadecimal)

Un sistema de numeración permite realizar una asociación entre valores numéricos, su representación escrita y reglas para operar. Un ejemplo de sistema de numeración es el de números romanos, en el que el valor del año 2014 se pondría como MMXIV. En el sistema de numeración arábigo (que es el que utilizamos habitualmente para representar los números) escribimos 2014.

Una diferencia importante entre ambos sistemas es que el sistema de números romanos, no dispone de reglas para operar manualmente de forma sencilla, mientras que en el arábigo los dígitos representan un valor, función de la posición que ocupan. Este último es un sistema de numeración de tipo posicional. Otra diferencia importante es que los grafos que utilizamos para su representación escrita, en el sistema de números romanos son letras, mientras que en el sistema de numeración arábigo son dígitos.

Los ordenadores en general y el ECU IC en particular, usan sistema de numeración binario, cuya base solo tiene 2 elementos:{0, 1} que se refieren como bits. En el sistema de numeración decimal referimos el equivalente como dígitos y la base está formada por 10 elementos:{0, 1, 2, ...,9}).

Los ordenadores también usan agrupaciones de bits, cuyo número es múltiplo entero de potencia de 2 ($8=2^3$, $16=2^4$, $32=2^5$, $64=2^6$). Al conjunto de 8 bits se le refiere en lenguaje coloquial como byte (en lenguaje formal se refiere como

octeto) y al conjunto de bits con los que es capaz de operar de forma simultánea un ordenador lo referimos como palabra de dicho ordenador. Así hay ordenadores de 8, 16, 32 y 64 bits.

El mayor valor numérico que puede almacenar un byte es 256 (que es 2^8). El sistema de numeración binario al igual que el decimal es posicional. En un sistema de numeración posicional el peso de cada dígito depende de la posición que ocupa en la representación escrita y de la base del sistema de numeración de dicho sistema.

Esto se ve mejor con un ejemplo:

Si tenemos la representación escrita 1234 en base decimal, decimos que representa el valor “mil doscientos treinta y cuatro”, porque dicho valor se obtiene como la suma de $(4 \times 10^0) + (3 \times 10^1) + (2 \times 10^2) + (1 \times 10^3)$ (el símbolo $^$ significa potencia). Realizando las operaciones se obtiene:

4 por 10 elevado a cero (cualquier número elevado a cero vale 1), da: $4 \times 1 = 4$

3 por 10 elevado a 1, da: $3 \times 10 = 30$

2 por 10 elevado a 2, da: $2 \times 100 = 200$

1 por 10 elevado a 3, da: $1 \times 1000 = 1000$

Realizando la suma: $4 + 30 + 200 + 1000 = 1234$ (mil doscientos treinta y cuatro)

Si realizamos el mismo ejemplo con base binaria (ojo que no puede tener dígitos mayores que 1, porque la base está formada por los dígitos/elementos 0 y 1), un byte formado por 8 bits, para el caso en que todos los bits tuviesen el valor 1, tendríamos: 11111111

Si fuese en decimal su valor sería “once millones ciento once mil ciento once”, pero como la base no es 10 sino que es 2, pues tenemos que generar el valor numérico con el mismo mecanismo que lo hicimos para base 10, así que:

11111111 en base binaria, su valor numérico sería (tomando los unos de derecha a izquierda):

$(1 \times 2^0) + (1 \times 2^1) + (1 \times 2^2) + (1 \times 2^3) + (1 \times 2^4) + (1 \times 2^5) + (1 \times 2^6) + (1 \times 2^7) =$

1 por 2 elevado a 0, da: $1 \times 1 = 1$

1 por 2 elevado a 1, da: $1 \times 2 = 2$

1 por 2 elevado a 2, da: $1 \times 4 = 4$

1 por 2 elevado a 3, da: $1 \times 8 = 8$

1 por 2 elevado a 4, da: $1 \times 16 = 16$

1 por 2 elevado a 5, da: $1 \times 32 = 32$

1 por 2 elevado a 6, da: $1 \times 64 = 64$

1 por 2 elevado a 7, da: $1 \times 128 = 128$

Realizando la suma: $1 + 2 + 4 + 8 + 16 + 32 + 64 + 128 = 255$ (que son 256 valores del 0 al 255)

Obsérvese que el valor del exponente al que se eleva la base 2 se corresponde con la posición que ocupa menos uno. Consecuencia de esto, cuando se numeran los bits de derecha a izquierda para establecer el peso del mismo, se empieza la numeración en cero y no en uno. En un byte los bits se numeran de derecha a izquierda empezando en cero, por tanto el bit cero, que se denota como B0 es el que ocupa la primera posición por la derecha.

En Hexadecimal la base está compuesta por 16 elementos: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F.

Los elementos 0 a 9 representan el mismo valor que en decimal y las letras: A=10, B=11, C=12, D=13, E=14 y F=15.

Ejemplo si queremos obtener el valor numérico de la representación en hexadecimal de “AB12”, sería:

2 por 16 elevado a 0, da: $2 \times 1 = 2$

1 por 16 elevado a 1, da: $1 \times 16 = 16$

12 por 16 elevado a 2, da: $12 \times 256 = 3072$

10 por 16 elevado a 3, da: $10 \times 4096 = 40960$

Realizando la suma: $2 + 16 + 3072 + 40960 = 44050$ en decimal

Cuando dos sistemas de numeración posicionales se relación a través de un exponente, como es el caso del binario y del hexadecimal, en que $16 = 2^4$, para traducir de un sistema a otro (binario \rightarrow hexadecimal) se agrupan los elementos del sistema de numeración menor, en número igual al exponente.

Para pasar de binario a hexadecimal, se agrupan los bits de 4 en 4, se opera y el nuevo valor es la representación hexadecimal. Ejemplo pasar de binario 110101101 a hexadecimal

1. Tomamos de derecha a izquierda grupos de 4 elementos:

a. 1101 obteniendo su valor daría $13 = 1+0+4+8$ que en hexadecimal se representa con una E

b. 1010 obteniendo su valor daría $10 = 0+2+0+8$ que en hexadecimal se representa con una A

c. 1 su valor sería 1, que en hexadecimal se representa con un 1

2. El valor 110101101 en binario se corresponde con 1AE en hexadecimal.

Espero que os sea útil. Javier