



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

DISEÑO DE ESCÁNER AUTOMOTRIZ OBDII MULTIPROTOCOLO

Julio César Ortiz López

Asesorado por el Ing. Carlos Enrique Morales Mazariegos

Guatemala, febrero de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE ESCÁNER AUTOMOTRIZ OBDII MULTIPROTOCOLO

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JULIO CÉSAR ORTIZ LÓPEZ

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ENRIQUE MORALES MAZARIEGOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, FEBRERO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. María Magdalena Puente Romero
EXAMINADOR	Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
EXAMINADOR	Ing. Romeo Neftalí López Orozco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE ESCÁNER AUTOMOTRIZ OBDII MULTIPROCOLO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería de Mecánica Eléctrica, con fecha 6 de mayo de 2012.



Julio César Ortiz López

Guatemala, 18 de Octubre de 2013

Ingeniero
Guillermo Antonio Puente
Escuela de Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Guillermo Puente:

Por este medio atentamente le informo como asesor del trabajo de graduación del estudiante universitario de la carrera de Ingeniería Electrónica, JULIO CESAR ORTIZ LOPEZ, carné 2006-11103, que he revisado el trabajo de graduación titulado: "DISEÑO DE ESCANNER AUTOMOTRIZ OBDII MULTIPROTOCOLO", y a mi criterio el mismo está completo y cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo.

Agradeciendo su atención a la presente,

Atentamente,



Ing. Carlos Enrique Morales
Asesor de trabajo de graduación
Colegiado: 2343



Ref. EIME 84. 2013

Guatemala, 22 de OCTUBRE 2013.

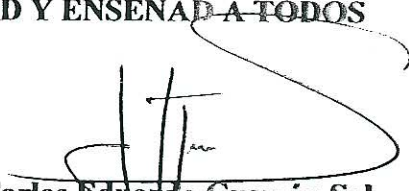
Señor Director
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

**Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
DISEÑO DE ESCANNER AUTOMOTRIZ OBDII
MULTIPROCOLO, del estudiante Julio Cesar Ortiz López,
que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.**

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Coordinador Área Electrónica



STO



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 84. 2013.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; JULIO CESAR ORTIZ LOPEZ titulado: DISEÑO DE ESCANNER AUTOMOTRIZ OBDII MULTIPROTOCOLO, procede a la autorización del mismo.


Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



GUATEMALA, 12 DE NOVIEMBRE 2,013.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 091.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE ESCANER AUTOMOTRIZ OBDII MULTIPROCOLO**, presentado por el estudiante universitario **Julio César Ortiz López**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 27 de febrero de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Ser supremo y creador de todo.
Mis padres	Julio Ortiz y Patricia de Ortiz. Su amor será siempre mi inspiración.
Mi novia	Ingrid Aquino, por su apoyo y amor.
Mis tíos	José Luis López, Elizabeth Paz, Silvia López, Edin Fetzer, gracias por su apoyo y amor.
Mi abuela	Gracias, por su apoyo, amor y consejos en toda mi vida.
Mis hermanos	Pablo y Javier Ortiz, gracias por su apoyo.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Alma máter de mi formación profesional, gracias por permitirme este éxito.
Facultad de Ingeniería	Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
Mis amigos de la Facultad	Gerardo Ortiz, Fredy Mendoza, Carlos García, por su apoyo.
Mis padres	Julio Ortiz y Patricia de Ortiz, por su amor y apoyo incondicional.
Mi abuela	Amalia Alvarado MacDonald, gracias por su amor, apoyo y consejos.
Carlos Enrique Morales	Por su guía y apoyo para la realización de este trabajo.
Ingrid Aquino	Por su amor y apoyo incondicional.
Tíos y tías	Por su apoyo y buenos consejos
Mis hermanos	Pablo y Javier Ortiz, por su apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. HISTORIA DEL DIAGNÓSTICO ABORDO	1
1.1. Regulaciones y estandarizaciones	1
1.2. OBDI.....	3
1.3. OBDII.....	4
2. FUNCIONAMIENTO DE OBDII	7
2.1. Protocolos de comunicación.....	7
2.1.1. ISO 9141-2	8
2.1.2. ISO 14230-4	8
2.1.3. ISO 15765-4	9
2.1.4. SAE J1939.....	9
2.1.5. SAE J1850.....	9
2.1.5.1. PWM.....	10
2.1.5.2. VPW	10
2.2. Protocolos utilizados según fabricante	10
2.3. Conector DLC.....	11
2.4. Modos de operación OBDII	13
2.4.1. Modo 0x01 – mostrar datos actuales.....	15

2.4.2.	Modo 0x02 – mostrar datos Freeze Frame	21
2.4.3.	Modo 0x03 – mostrar códigos de diagnóstico almacenados	21
2.4.4.	Modo 0x04 – borrar códigos de diagnóstico y valores almacenados	24
2.4.5.	Modo 0x05 – resultados de pruebas de monitoreo de sensores de oxígeno (no aplica para CAN)	25
2.4.6.	Modo 0x06 resultados de pruebas , otro componente de monitoreo / sistema (resultados de pruebas, monitoreo del sensor de oxígeno , solo CAN)	30
2.4.7.	0x07 - mostrar códigos de diagnóstico pendientes (detectados durante el ciclo de conducción actual o pasado).....	31
2.4.8.	0x08 - control de funcionamiento del componente de abordó	31
2.4.9.	0x09 Solicitud de información del vehículo.....	32
2.5.	PID no estándar	32
3.	PROPUESTA: DISEÑO DE ESCÁNER AUTOMOTRIZ OBDII MULTIPROTOCOLO	33
3.1.	Descripción	33
3.2.	Dispositivos a utilizar	33
3.2.1.	PIC18F4550	34
3.2.2.	ELM327	35
3.2.3.	Pantalla LCD 16x2	37
3.2.4.	Conector OBDII o DLC macho	38
3.3.	Diagrama de bloques	39

3.4.	Diagrama esquemático.....	41
3.5.	Diseño exterior	42
3.6.	Código fuente	43
3.7.	Simulación.....	51
3.8.	Diagnóstico de automóvil.....	57
CONCLUSIONES		63
RECOMENDACIONES.....		65
BIBLIOGRAFÍA.....		67
ANEXOS.....		71

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Emisiones de gases de automóvil.....	3
2.	Conector ALDL.....	4
3.	Calcomanía de información de control de emisiones.....	5
4.	DLC-OBDII hembra.....	12
5.	DLC-OBDII macho.....	13
6.	Formato e interpretación de DTC.....	24
7.	Luz mil o <i>check engine light</i>	25
8.	Ubicación de sensores de oxígeno. (1999 Infiniti I30).....	26
9.	Modo 6 de General Motors Company.....	31
10.	Diagrama esquemático PIC18F4550.....	34
11.	Diagrama esquemático y bloques de ELM327.....	36
12.	Pantalla LCD 16x2.....	38
13.	Conector OBDII macho.....	39
14.	Diagrama de bloques escáner OBDII.....	40
15.	Diagrama esquemático escáner OBDII.....	41
16.	Diseño exterior escáner OBDII.....	43
17.	Diagrama de bloques de interconexión de componentes.....	52
18.	Simulación de escáner.....	53
19.	Modo1, lectura de PID velocidad del vehículo.....	54
20.	Lectura de DTC's.....	55
21.	Borrado de DTC's.....	56
22.	Luz de mil encendida en Mazda 6 V6 3.0L 2006.....	58
23.	Interconexión de puertos.....	59

24.	Entrando a modo 3 y leyendo DTC's	60
25.	DTC leído P0306	61
26.	Luz mil apagada luego de ser borrado el DTC	62

TABLAS

I.	Protocolo utilizado según fabricante	11
II.	Modos de operación OBDII.....	14
III.	PID Modo 0x01	15
IV.	Interpretación modo 0x02 Mostrar datos Freeze Frame	21
V.	Interpretación de bits para primer carácter DTC (área del automóvil) ..	22
VI.	Interpretación de bits para segundo carácter DTC	22
VII.	Interpretación de bits para tercer, cuarto y quinto carácter DTC	23
VIII.	PID Modo 0x05	27
IX.	Tabla de componentes ELM327	42
X.	Código fuente de escáner OBDII escrito en MikroC	44

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
F	Faradio
C	Grados centígrados
g	Gramo
Km	Kilómetro
kPa	Kilo pascal
m	Metro
mA	Miliamperios
mV	Milivoltio
nm	Nanómetro
ohm	Ohmio, medida de resistencia eléctrica
Pa	Pascal
pF	Picofaradio
s	Segundo
V	Voltio

GLOSARIO

ASCII	American Standard Code for Information Interexchange.
Baudio	Unidad de medida usada en telecomunicaciones, que representa el número de símbolos por segundo medido en un medio de transmisión analógico.
BCD	Decimal codificado en binario.
Bit	Dígito binario
Byte	Unidad de información en dispositivos de almacenamiento de datos. Un byte equivale a 8 bits.
CAN	Controller Area Network. Protocolo de comunicación automotriz desarrollado por Bosch.
Canister	Filtro de carbón activo con la forma de un bote que está unido al circuito de llenado del depósito de combustible y al colector de admisión mediante unas canalizaciones y su función es recolectar los gases del tanque de combustible y después introducirlos al conducto de admisión.

CARB	The California Air Resources Board. Junta de recursos del aire de California.
DLC	Data Link Connector. Conector OBDII J1962.
DTC	Diagnostic Trouble Codes. Códigos de problema de diagnóstico.
ECU	Engine Control Unit. Unidad de control del motor.
ELM327	Intérprete de multiprotocolo de OBDII a UART desarrollado por ELM Electronics.
EPA	Environmental Protection Agency. Agencia de protección del medio ambiente.
Escáner automotriz	Dispositivo electrónico que establece comunicación con la ECU del automóvil con el fin de obtener información de los distintos sensores y módulos del automóvil.
ETI	Equipment and Tool Institute. Instituto que proporciona datos técnicos y diálogo abierto entre fabricantes de productos de transporte.
ISO	International Standard Organization.
KWP	Keyword Protocol.

LCD	Display de cristal líquido.
LED	Diodo emisor de luz.
MIL	Malfunction Indicator Lamp. Luz indicadora de fallas.
OBDII, OBD2	On Board Diagnostics versión 2.
<i>On board diagnostics</i>	Sistema de autodiagnóstico automotriz.
OSI	Open Systems Interconnection. Estandarización de la descripción de la funciones en las telecomunicaciones.
PIC	Circuito integrado programable.
PID	Parameter ID. Parámetros de identificación.
PWM	Width Modulation. Modulación por ancho de pulso.
SAE	Society of Automotive Engineers. Sociedad de ingenieros automotrices.
TTL	Lógica transistor a transistor.
UART	Transceptor universal asíncrono.
VIN	Vehicle Identification Number. Número de identificación del vehículo.

VPW

Variable Pulse Width Modulation. Modulación por ancho variable de pulso.

RESUMEN

A continuación se presenta el diseño de escáner automotriz OBDII multiprotocolo capaz de obtener información almacenada en el ECU del automóvil. Este escáner hace uso del intérprete de protocolos OBDII ELM327, microcontrolador 18F4550 como unidad central de proceso, teclado y pantalla LCD.

En el capítulo uno se presenta una breve historia del desarrollo del sistema abordo y la estandarización de sistema, así como su implementación obligatoria en los vehículos para regular y controlar emisiones de gases. El funcionamiento del sistema de diagnóstico abordo cuenta con modos de operación, en los cuales se obtiene información específica del automóvil como se muestra en el capítulo dos.

El capítulo tres muestra la propuesta del escáner automotriz, diseño esquemático, simulación y prueba de diagnóstico con un vehículo. El escáner es capaz de leer Modo 1 (lectura en vivo de sensores), Modo 3 (lectura de DTC's) y Modo 4 (borrado de DTC's) del estándar OBDII. Código fuente escrito en MikroC utilizando funciones destinadas a trabajar con el puerto UART. Simulación de escáner utilizando Proteus y simulador de ELM327 para simplificar la mejora continua del código fuente.

OBJETIVOS

General

Diseñar un escáner automotriz OBDII multiprotocolo de bajo costo utilizando intérprete OBDII a RS-232, ELM327 y dispositivos electrónicos.

Específicos

1. Presentar la historia del sistema de diagnóstico abordo OBD.
2. Presentar funcionamiento del diagnóstico abordo OBDII.
3. Presentar propuesta de diseño de escáner.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la mayoría de dispositivos que se utilizan están compuestos por algún dispositivo electrónico. La industria automotriz no es la excepción. Los automóviles modernos tienen sistemas inteligentes de control y monitoreo que ofrecen mayor seguridad y confort al conductor y pasajeros. Estos sistemas están conectados a uno central que monitorea el funcionamiento y estado actual de los sistemas de control del vehículo. Actualmente, este sistema central cuenta con un conector de comunicación que permite establecer un enlace entre el sistema central y un escáner de diagnóstico que lee el estado actual de los componentes de cada uno de los sistemas de control con los cuales el automóvil este equipado.

El escáner de diagnóstico se encuentra en el mercado a un costo muy elevado y con ciertas limitantes de hardware.

El diseño de un escáner OBDII multiprotocolo permitirá a los técnicos automotrices tener una herramienta de bajo costo que permita diagnosticar los automóviles. El diseño propuesta utiliza un intérprete de protocolos OBDII. Este dispositivo permite interpretar los protocolos que actualmente se utilizan en la industria automotriz.

El diseño propuesto ofrece una herramienta simple de exterior, de reducido tamaño y de fácil uso. Las 4 opciones de diagnóstico implementadas en el escáner son: Lectura de DTC's almacenados, Borrados de DTC's, Lectura en vivo de sensores y detección de protocolo de comunicación.

1. HISTORIA DEL DIAGNÓSTICO ABORDO

El sistema de diagnóstico abordado incorporado como estándar en los automóviles actualmente fabricados, nace como una solución para regular la emisión de gases generados por la combustión en los automóviles. La estandarización fue trabajo entre fabricantes, gobierno y entidades preocupadas por el medio ambiente, la cual llevó varias décadas de investigación para poder obtener un sistema eficiente y de altas prestaciones.

1.1. Regulaciones y estandarizaciones

En 1975, en los Estados Unidos de América el congreso identificó la creciente industria automotriz. Debido a esto, se observó la creciente contaminación del aire por los gases emitidos por los automóviles. En el acta de contaminación del congreso, este reconoció que la contaminación del aire perjudicaría la salud de las personas a nivel nacional. Esta acta sería para promover la investigación y asistencia técnica en relación al control de la contaminación del aire.

Después de ocho años de investigación se concluye que es necesario crear una forma de estandarización de regulación por el gobierno en pro de proteger la salud de las personas. En 1963, el congreso aprobó The Clean Air Act (CAA). El acta establece la mejora, fortalecimiento y aceleración de programas para prevención y reducción de la contaminación del aire. Además de la emisión de gases; algo que influyó la creación del acta fue la contaminación creada por el aceite el cual contenía altos niveles de sulfuro. La

investigación de la reducción de sulfuro en lubricantes y combustibles fue establecido luego en el acta.

En la década de los años setenta se establece una nueva acta en la cual se divide en regiones a Estados Unidos de América para monitorear y tener un control de la calidad del aire. El presidente Richard Nixon forma el Environmental Protection Agency (EPA) con el interés de proteger la salud y medio ambiente del país. A EPA se le asignaron treinta millones de dólares para el desarrollo y refuerzo de los estándares de regulación de emisión de gases emitidos por los motores de combustión interna de los automóviles. EPA desarrolló regulaciones según las cuales todos los automóviles producidos en 1975 tuvieran emisiones 90 por ciento menos de emisiones de hidrocarburos y monóxido de carbono en comparación con los modelos producidos en 1970.

Para asegurarse que la industria automotriz se apegara a las nuevas regulaciones de emisiones EPA estableció una multa de diez mil dólares por cada automóvil producido que no estuviera dentro del rango de las regulaciones. Desde 1975 hasta 1980, EPA trabajó fuertemente en conjunto con la industria automotriz para la reducción de hidrocarburos y monóxido de carbono.

Figura 1. **Emisiones de gases de automóvil**



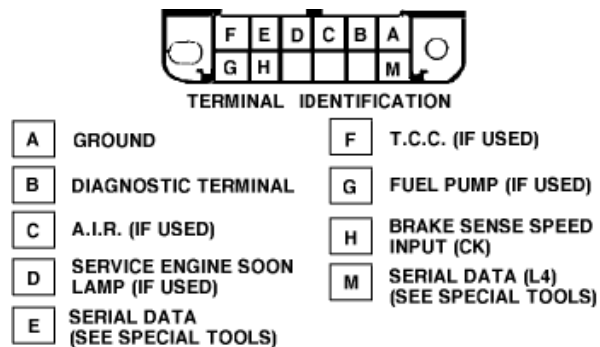
Fuente: http://mste.illinois.edu/TCD_new/Emission_control/Day2.html. Consulta: 1 de noviembre de 2012.

1.2. **OBDI**

Debido a las rigurosas regulaciones de principios de la década de los años ochenta, The General Motors Company fue el primer fabricante que incorporó el sistema de diagnóstico a bordo en el cual se monitoreó los sistemas de inyección con capacidades y ajustes simples. El sistema se denominó ALCL (Assembly Line Communications Link) más conocido como ALDL (Assembly Line Diagnostic Link).

El sistema de diagnóstico a bordo, ALDL, incluye doce pines, de los cuales se utilizan nueve, como se muestra en la figura 2: la forma y distribución de los pines en el conector. Cada pin tiene una función específica usando un protocolo no estandarizado. El primer paso para estandarizar el sistema de diagnóstico a bordo tuvo la participación de The California Air Resource Board (CARB) y EPA. Estas dos entidades analizaron el caso del ALDL u OBD y concluyeron en estandarizar el sistema de diagnóstico.

Figura 2. Conector ALDL



Fuente: <http://www.obd-codes.com/faq/read-gm-2-digit-obd-codes-free.php>. Consulta: 5 de noviembre de 2012.

1.3. OBDII

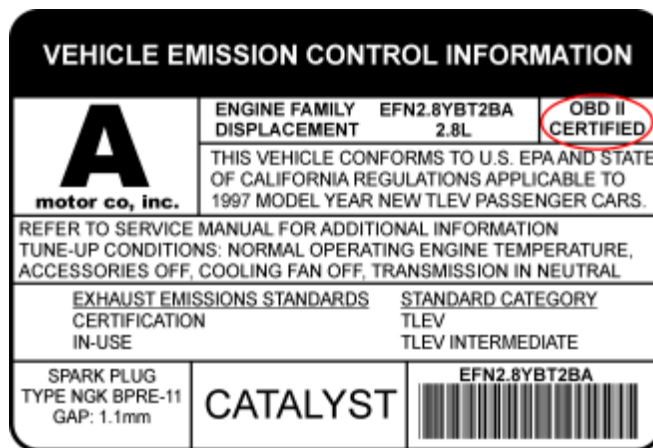
A mediados de la década de los noventa, después de casi seis años de investigación entre SAE (Society of Automotive Engineer), CARB y EPA, la nueva generación sistemas de diagnóstico fue lanzada con el nombre de OBDII (Sistema de diagnóstico abordó versión dos). A partir del 1 enero de 1996, todos los vehículos vendidos tendrían que estar equipados con OBDII.

El estándar OBDII incorporó un conector de diagnóstico, así como la ubicación del conector dentro de la cabina del automóvil. El estándar OBDII definió las partes del motor que obligadamente debían ser monitoreadas y bajo qué parámetros. Si uno de los sensores detectaba cualquier mal funcionamiento el sistema lo indicaría en el tablero del automóvil por medio de una luz indicadora de funcionamiento anormal o Malfunction Indicator Light (MIL). Los distintos tipos de fallos se estandarizaron de tal forma que ayudaría a reparar la falla en menos tiempo y de forma correcta.

OBDII estandarizó los protocolos de comunicación con la Unidad de Control del Motor o ECU (Engine Control Unit.). La estandarización de protocolo de comunicación facilitó el diagnóstico de los automóviles, ya que no se necesita de herramienta de diagnóstico propia del fabricante. OBDII tiene como fin controlar de una manera más rigurosa la emisión de gases y la vez diagnosticar el funcionamiento anormal de automóviles para cumplir con las reglas establecidas por EPA.

Todos los automóviles equipados con OBDII tienen una calcomanía ubicada debajo del capó. Esta calcomanía indica la información de control de emisiones del automóvil. En la figura 3 se muestra un ejemplo de la calcomanía.

Figura 3. **Calcomanía de información de control de emisiones**



Fuente: <http://www.plxdevices.com/obd/>. Consulta: 6 de noviembre de 2012.

2. FUNCIONAMIENTO DE OBDII

El sistema OBDII monitorea una gran variedad de condiciones y sensores mientras el automóvil es conducido. Cuando el sistema OBDII detecta un problema en el sistema de control de emisiones enciende la luz mil, y a su vez, el sistema almacena un código de falla en la memoria de la computadora. El código tiene un formato en el cual indica en qué parte del automóvil ocurrió la falla y bajo qué condiciones. El sistema OBDII cuenta con un conector estándar llamado Data Link Connector (DLC) o J1962. Este conector cuenta con 16 pines, los cuales tienen asignados una función específica para cada protocolo.

Luego de establecer comunicación con la ECU, se tiene la opción de poder entrar a los 9 modos de trabajo. Cada modo de trabajo tiene información acerca de monitoreo de sensores en tiempo real, registro de las condiciones al ocurrir una falla, información del automóvil, borrado de códigos de falla, resultados de pruebas de sensores de oxígeno, resultado de pruebas de sistema u otros componentes y control de operación de sistema de diagnóstico abordo.

2.1. Protocolos de comunicación

Es un conjunto de reglas y normas establecidas que permiten una comunicación exitosa entre dos o más dispositivos para el intercambio de información. Si se quiere acceder a la ECU para diagnosticar el automóvil se hace indispensable una herramienta de diagnóstico con el protocolo de comunicación que resida dentro del automóvil. Los tipos de protocolo se originan de dos organizaciones: ISO, SAE. Los protocolos estandarizados por

ISO se dividen en tres: ISO 15765-4 (CAN, Controller Area Network), ISO 9141-2, ISO 14230-4 (KWP2000, Keyword Protocol 2000).

Los protocolos estandarizados por SAE se dividen en dos: SAE J1939 y SAE J1850 (PWM (Pulse Width Modulation) y VPW (Variable Pulse Modulation)

2.1.1. ISO 9141-2

El Protocolo de comunicación ISO-9141-2 es el más antiguo de todos y fue definido por ISO en 1989 en respuesta a la solicitud de CARB. Está basado en la comunicación en serie asíncrona representado el bit 0 con cero voltios y el bit 1 con 12 voltios. La velocidad de transmisión de ISO 9141-2 es de 10400 baudios. Generalmente es utilizado por Chrysler, automóviles europeos y asiáticos.

2.1.2. ISO 14230-4

Protocolo de comunicación en serie asíncrona con velocidades de transmisión de 1 200 a 10 400 baudios. También llamado KWP2000. Este protocolo utiliza la capa física de modelo OSI para redes computacionales así como la capa de sesión en términos de inicialización, establecimiento y finalización de la comunicación. La capa física de este protocolo es idéntica a la del protocolo ISO9141-2.

2.1.3. ISO 15765-4

Protocolo desarrollado por Bosch para la industria automotriz, aeroespacial, industrial y de equipo médico. Conocido ampliamente como Controller Area Network (CAN). Permite la comunicación entre dispositivos sin una computadora host. La velocidad máxima de transferencia es de hasta 1Mbit/s o 1 000 000 baudios en redes con distancia menor a los 40 metros de distancia. Al disminuir la velocidad de transmisión aumenta la distancia entre dispositivos. CAN sigue el modelo OSI de redes computacionales; con la capa de datos (LLC y MAC) y unos aspectos de la capa física. CAN fue estandarizado en 1986, y a partir del 2008, todos los automóviles livianos utilizarán este protocolo sustituyendo gradualmente a los demás.

2.1.4. SAE J1939

Protocolo basado en CAN, originalmente utilizado en la industria de camiones pesados. Actualmente este se utiliza en gran variedad de aplicaciones propulsadas por motores diesel, entre ellos vehículos de carretera, todo terreno, propulsión marina, bombas industriales y generación de energía. SAE J1939 ha sido adoptado por muchos fabricantes de motores diesel por la creciente demanda de control de emisión de emisiones

2.1.5. SAE J1850

Protocolo de comunicación estandarizado de arquitectura abierta, de bajo costo, utilizado en vehículos terrestres de carretera y todo terreno. Se encuentra en aplicaciones de motor, transmisión, ABS, e instrumentación de automóviles debido a su bajo costo. Este protocolo tiene dos variantes: modulación por pulso variable (VPW) y modulación por ancho de pulso (PWM).

2.1.5.1. PWM

Técnica de modulación en la cual se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica para transmitir por un canal de comunicación. PWM se relaciona con OBDII debido a que es la codificación utilizada para transmitir a 41,7 Kbps. Este estándar utiliza dos líneas de comunicación y una de referencia. Utiliza Carrier Sense Multiple Access (CSMA) para asegurar la integridad de los datos. CSMA es utilizado por los nodos de una red para detectar y verificar la ausencia de tráfico en el canal de comunicación, antes de poder iniciar la transmisión. PWM en OBDII tiene una velocidad de transmisión de 41,6 Kbps. PWM es el protocolo estándar utilizado por Ford Motor Company.

2.1.5.2. VPW

Modulación en donde la señal tiene un periodo variable para representar un bit 0 y 1. VPW utiliza para hacer la transición de bit 1 a 0 y de 0 a 1, 64 y 128 microsegundos respectivamente. VPW se utiliza en OBDII con velocidad de transmisión de 10400 baudios y es el protocolo estándar para General Motors Company.

2.2. Protocolos utilizados según fabricante

Cada fabricante ha elegido para sus automóviles, un protocolo de comunicación estandarizado. En la tabla I se muestra una lista no muy exhaustiva en donde siempre hay excepciones para estas reglas generales.

Tabla I. **Protocolo utilizado según fabricante**

Protocolo	Fabricante de automóvil
ISO 9141-2/KWP2000-4	Varios automóviles asiáticos y europeos incluyendo Alfa Romeo, Audi, BMW, Citroen, Fiat, Honda, Hyundai, Jeep post-2004, Kia, Land Rover, Mazda, Mercedes, Mitsubishi, Nissan, Peugeot, Renault, Saab, Skoda, Subaru, Toyota, Vauxhall, Volkswagen post-2001, Volvo pre-2004
J1850 PWM	Ford pre-2003. Jaguar pre-2003. Mazda pre-2004.
J1850 VPW	General Motors, Chrysler
ISO 15765-4 (CAN)	Ford, Mazda, Volvo desde 2004.

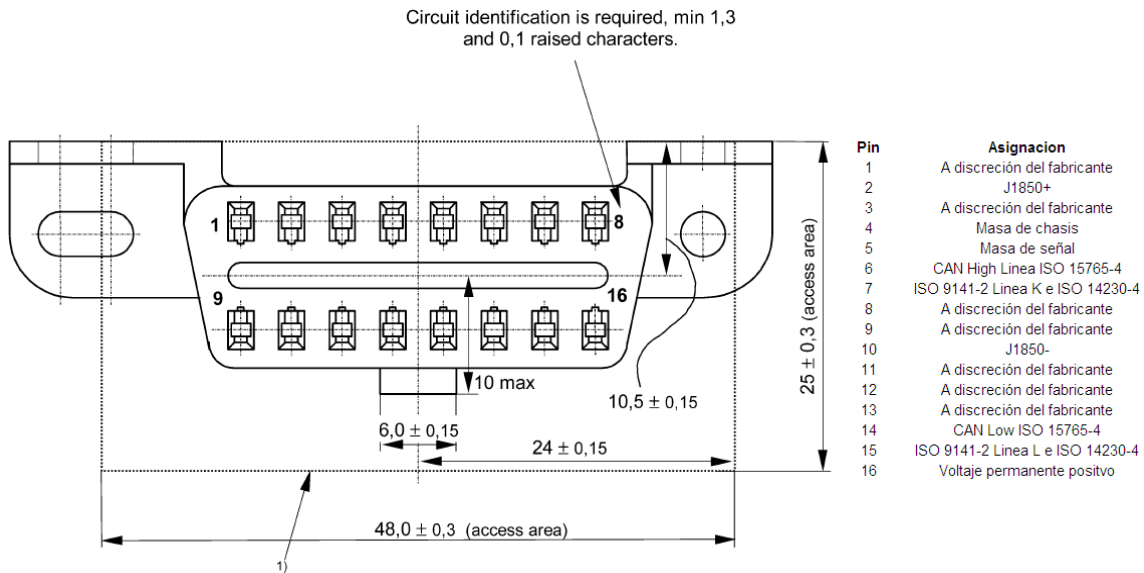
Fuente: <http://www.obdexperts.co.uk/faq.html>. Consulta: 5 de noviembre de 2012.

2.3. Conector DLC

El conector DLC-OBDDII o Data Link Connector OBDDII está descrito bajo el estándar J1962. Este conector tiene como función ser la interface entre la herramienta de diagnóstico y los distintos módulos del vehículo, así como acceso al sistema de diagnóstico abordado.

El conector DLC-OBDDII tipo hembra (vehículos posteriores a 1996) es ubicado usualmente, con algunas excepciones, dentro de la cabina, debajo del panel de instrumentos de lado del conductor. Antes de 1996 el DLC-OBDDII se encontraba ubicado en el compartimiento del motor cerca de la caja de fusibles. El DLC-OBDDII cuenta con 16 pines. En la figura 4 se muestra el conector DLC-OBDDII y la función de cada pin.

Figura 4. DLC-OBDII hembra

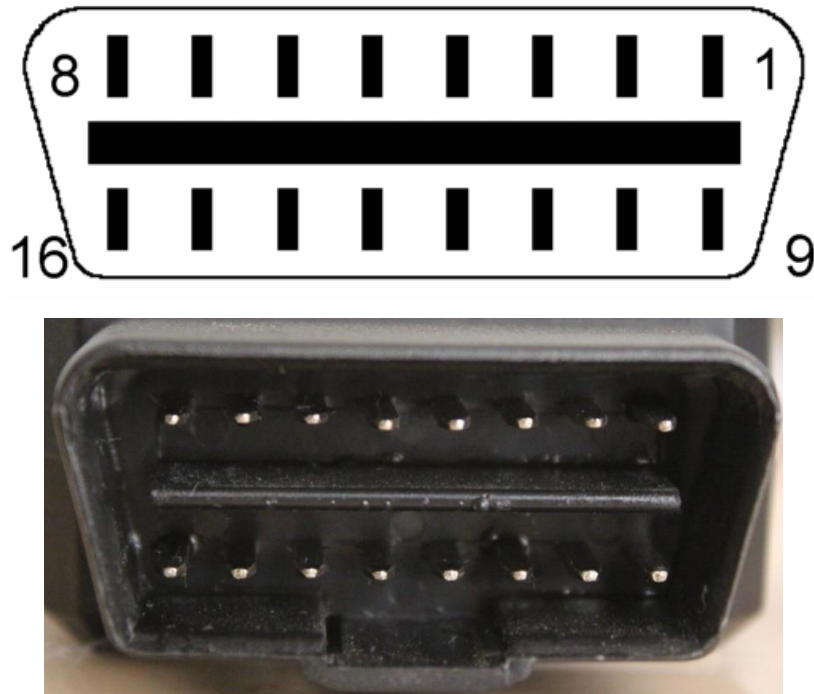


Fuente: <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/005/sae.j1962.2002.pdf>. Consulta: 5 de noviembre de 2012.

Cada protocolo de comunicación tiene asignado uno o varios pines. Según la marca del automóvil y el protocolo con el cual este equipado, así será cantidad de pines que se utilicen del conector DLC-OBDII.

El conector DLC-OBDII macho se utiliza para las herramientas de diagnóstico. La asignación de pines para DLC-OBDII es en espejo. En la figura 5 se muestra el conector DLC-OBDII macho.

Figura 5. DLC-OBDII macho



Fuente: http://obdproject.blogspot.com/2010_01_01_archive.html. Consulta: 5 de noviembre de 2012.

2.4. Modos de operación OBDII

Hay 10 modos de operación para el estándar OBDII que permiten acceder a las distintas partes de la ECU. Los modos de operación y su descripción se muestran en la tabla II.

Tabla II. **Modos de operación OBDII**

Modo (hex)	Descripción
0x01	Mostrar datos actuales
0x02	Mostrar datos de Freeze Frame
0x03	Mostrar códigos de diagnóstico almacenados
0x04	Borrar códigos de diagnóstico y valores almacenados
0x05	Resultados de pruebas de monitoreo del sensor de oxígeno (no aplica para CAN)
0x06	Resultados de pruebas, otro componente de monitoreo / sistema (resultados de pruebas, monitoreo del sensor de oxígeno, solo CAN)
0x07	Mostrar códigos de diagnóstico pendientes (detectados durante el ciclo de conducción actual o pasado)
0x08	Control de funcionamiento del componente de a bordo o sistema
0x09	Solicitud de información del vehículo
0x0A	Códigos de diagnóstico permanentes. (Códigos de diagnóstico borrados).

Fuente: elaboración propia.

Al acceder a cada modo, la información de respuesta será en hexadecimal. Para interpretar la información se deberá hacer la conversión a decimal y luego aplicar fórmulas establecidas por el estándar para obtener el valor deseado.

Estos datos se conocen como PID (Parameter ID). PID es un código de solicitud de información que se envía a la ECU según el modo OBDII. Cada modo en OBDII tiene PID estandarizados. Dependiendo del modo y del PID, la respuesta se interpreta de distinta forma. El proceso de obtención de PID es:

- Introducir PID
- Envío de PID por el protocolo de comunicación
- La ECU reconoce el PID y obtiene la información
- Se envía información solicitada por el protocolo de comunicación

2.4.1. Modo 0x01 – mostrar datos actuales

Este modo tiene información en tiempo real de todos los sensores con que el automóvil está equipado. Al realizar la petición de información de algún PID, este devolverá un valor en hexadecimal. Este valor se convierte a decimal y se aplica una fórmula para obtener el resultado en las dimensionales ya estandarizadas para el PID. En la tabla III se muestran los PIDs para el modo 0x01 y la descripción de cada uno.

Tabla III. PID Modo 0x01

Mode (hex)	PID (hex)	Data bytes returned	Description	Min value	Max value	Units	Formula
1	0	4	PIDs supported				Bit encoded [A7..D0] == [PID 0x01..PID 0x20]
1	1	4	Monitor status since DTCs cleared.				Bit encoded.
1	2	8	Freeze DTC				

Continuación de la tabla III.

1	3	2	Fuel system status				Bit encoded.
1	4	1	Calculated engine load value	0	100	%	A*100/255
1	5	1	Engine coolant temperature	-40	215	°C	A-40
1	6	1	Short term fuel % trim—Bank 1	-100 (Rich)	99.22 (Lean)	%	(A-128) * 100/128
1	7	1	Long term fuel % trim—Bank 1	-100 (Rich)	99.22 (Lean)	%	(A-128) * 100/128
1	8	1	Short term fuel % trim—Bank 2	-100 (Rich)	99.22 (Lean)	%	(A-128) * 100/128
1	9	1	Long term fuel % trim—Bank 2	-100 (Rich)	99.22 (Lean)	%	(A-128) * 100/128
1	0A	1	Fuel pressure	0	765	kPa (gauge)	A*3
1	0B	1	Intake manifold pressure	0	255	kPa (absolute)	A
1	0C	2	Engine RPM	0	16,383.75	rpm	((A*256)+B)/4
1	0D	1	Vehicle speed	0	255	km/h	A
1	0E	1	Timing advance	-64	63.5	° relative to #1 cylinder	A/2 - 64
1	0F	1	Intake air temperature	-40	215	°C	A-40
1	10	2	MAF air flow rate	0	655.35	g/s	((256*A)+B) / 100
1	11	1	Throttle position	0	100	%	A*100/255
1	12	1	Commanded secondary air status				Bit encoded.
1	13	1	Oxygen sensors present				[A0..A3] == Bank 1, Sensors 1-4. [A4..A7] == Bank 2...

Continuación de la tabla III.

1	14	2	Bank 1, Sensor 1:	0	1.275	Volts	A * 0.005
			Oxygen sensor voltage, Short term fuel trim	0	99.2	%	(B-128) * 100/128 (if B==0xFF, sensor is not used in trim calc)
1	15	2	Bank 1, Sensor 2:	0	1.275	Volts	A * 0.005
			Oxygen sensor voltage, Short term fuel trim	0	99.2	%	(B-128) * 100/128 (if B==0xFF, sensor is not used in trim calc)
1	16	2	Bank 1, Sensor 3:	0	1.275	Volts	A * 0.005
			Oxygen sensor voltage, Short term fuel trim	0	99.2	%	(B-128) * 100/128 (if B==0xFF, sensor is not used in trim calc)
1	17	2	Bank 1, Sensor 4:	0	1.275	Volts	A * 0.005
			Oxygen sensor voltage, Short term fuel trim	0	99.2	%	(B-128) * 100/128 (if B==0xFF, sensor is not used in trim calc)
1	18	2	Bank 2, Sensor 1:	0	1.275	Volts	A * 0.005
			Oxygen sensor voltage, Short term fuel trim	0	99.2	%	(B-128) * 100/128 (if B==0xFF, sensor is not used in trim calc)
1	19	2	Bank 2, Sensor 2:	0	1.275	Volts	A * 0.005
			Oxygen sensor voltage, Short term fuel trim	0	99.2	%	(B-128) * 100/128 (if B==0xFF, sensor is not used in trim calc)
1	1A	2	Bank 2, Sensor 3:	0	1.275	Volts	A * 0.005

Continuación de la tabla III.

			Oxygen sensor voltage, Short term fuel trim	0	99.2	%	(B-128) * 100/128 (if B==0xFF, sensor is not used in trim calc)
1	1B	2	Bank 2, Sensor 4:	0	1.275	Volts	A * 0.005
			Oxygen sensor voltage, Short term fuel trim	0	99.2	%	(B-128) * 100/128 (if B==0xFF, sensor is not used in trim calc)
1	1C	1	OBD standards this vehicle conforms to				Bit encoded.
1	1D	1	Oxygen sensors present				Similar to PID 13, but [A0..A7] == [B1S1, B1S2, B2S1, B2S2, B3S1, B3S2, B4S1, B4S2]
1	1E	1	Auxiliary input status				A0 == Power Take Off (PTO) status (1 == active) [A1..A7] not used
1	1F	2	Run time since engine start	0	65,535	seconds	(A*256)+B
1	20	4	PIDs supported 21-40				Bit encoded [A7..D0] == [PID 0x21..PID 0x40]
1	21	2	Distance traveled with malfunction indicator lamp (MIL) on	0	65,535	km	(A*256)+B

Continuación de la tabla III.

1	22	2	Fuel Rail Pressure (relative to manifold vacuum)	0	5177.265	kPa	$((A*256)+B) * 0.079$
1	23	2	Fuel Rail Pressure (diesel)	0	655350	kPa (gauge)	$((A*256)+B) * 10$
1	24	4	O2S1_WR_I ambda(1):	0	2	N/A	$((A*256)+B) * 0.0000305$
			Equivalence Ratio Voltage	0	8	V	$((C*256)+D) * 0.000122$
1	25	4	O2S2_WR_I ambda(1):	0	2	N/A	$((A*256)+B) * 0.0000305$
			Equivalence Ratio Voltage	0	8	V	$((C*256)+D) * 0.000122$
1	26	4	O2S3_WR_I ambda(1):	0	2	N/A	$((A*256)+B) * 0.0000305$
			Equivalence Ratio Voltage	0	8	V	$((C*256)+D) * 0.000122$
1	27	4	O2S4_WR_I ambda(1):	0	2	N/A	$((A*256)+B) * 0.0000305$
			Equivalence Ratio Voltage	0	8	V	$((C*256)+D) * 0.000122$
1	28	4	O2S5_WR_I ambda(1):	0	2	N/A	$((A*256)+B) * 0.0000305$
			Equivalence Ratio Voltage	0	8	V	$((C*256)+D) * 0.000122$
1	29	4	O2S6_WR_I ambda(1):	0	2	N/A	$((A*256)+B) * 0.0000305$
			Equivalence Ratio Voltage	0	8	V	$((C*256)+D) * 0.000122$
1	2A	4	O2S7_WR_I ambda(1):	0	2	N/A	$((A*256)+B) * 0.0000305$
			Equivalence Ratio Voltage	0	8	V	$((C*256)+D) * 0.000122$
1	2B	4	O2S8_WR_I ambda(1):	0	2	N/A	$((A*256)+B) * 0.0000305$
			Equivalence Ratio Voltage	0	8	V	$((C*256)+D) * 0.000122$
1	2C	1	Commanded EGR	0	100	%	$100*A/255$

Continuación de la tabla III.

1	48	1	Absolute throttle position C	0	100	%	A*100/255
1	49	1	Accelerator pedal position D	0	100	%	A*100/255
1	4A	1	Accelerator pedal position E	0	100	%	A*100/255
1	4B	1	Accelerator pedal position F	0	100	%	A*100/255
1	4C	1	Commanded throttle actuator	0	100	%	A*100/255
1	4D	2	Time run with MIL on	0	65,535	minutes	(A*256)+B
1	4E	2	Time since trouble codes cleared	0	65,535	minutes	(A*256)+B
1	51	1	Fuel Type				
1	52	1	Ethanol fuel %	0	100	%	A*100/255
1	C3	?	?	?	?	?	Returns numerous data, including Drive Condition ID and Engine Speed*
1	C4	?	?	?	?	?	B5 is Engine Idle Request
							B6 is Engine Stop Request*

Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/OBD-II_PIDs. Consulta: 10 de diciembre de 2012.

Dependiendo del número de sensores que tenga el automóvil, así será la cantidad de PIDS que tenga activos el sistema de diagnóstico.

2.4.2. Modo 0x02 – mostrar datos Freeze Frame

Este modo muestra información de los valores que tenían todos los sensores de automóvil al momento de ocurrir una falla. Esta captura de valores se almacena en la memoria de la ECU. Esta información es de utilidad para tener una idea de qué pasaba en el motor cuando la sucedió la falla. La ECU envía la información de respuesta en hexadecimal. En la tabla IV se muestra la cantidad de bytes y cómo se interpreta.

Tabla IV. Interpretación modo 0x02 Mostrar datos Freeze Frame

Mode (hex)	PID (hex)	Data bytes returned	Description	Min value	Max value	Units	Fórmula
2	2	2	Freeze frame trouble code				BCD encoded

Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/OBD-II_PIDs. Consulta: 10 de diciembre de 2012.

2.4.3. Modo 0x03 – mostrar códigos de diagnóstico almacenados

El modo 0x03 muestra los códigos de fallas ó Diagnostic Trouble Codes (DTC) almacenados. La petición de información en este modo devuelve un paquete de 6 bytes. Este paquete se divide en tres. El primer carácter es determinado por los dos primeros bits del primer byte. En la tabla V se muestra la interpretación de los bits. El siguiente carácter se obtiene de analizar los siguientes dos bits. Estos bits están codificados en BCD. En la tabla VI se muestra la interpretación.

Tabla V. **Interpretación de bits para primer carácter DTC (área del automóvil)**

A7	A6	Primer carácter DTC
0	0	P - Motor
0	1	C - Chasis
1	0	B - Carrocería
1	1	U - Red

Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/OBD-II_PIDs. Consulta: 10 de diciembre de 2012.

Tabla VI. **Interpretación de bits para segundo carácter DTC**

A5	A4	Segundo carácter DTC
0	0	0
0	1	1
1	0	2
1	1	3

Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/OBD-II_PIDs. Consulta: 10 de diciembre de 2012.

La interpretación del tercer, cuarto y quinto carácter se muestra en la tabla VII. El resultado de interpretar todos los bits de los 6 bytes en la figura 6 con el formato utilizado y su interpretación.

Luego de interpretar los bytes, se busca en la tabla de DTC el error al cual pertenece ese código. Existen aproximadamente 841 DT estandarizados para OBDII.

Tabla VII. **Interpretación de bits para tercer, cuarto y quinto carácter DTC**

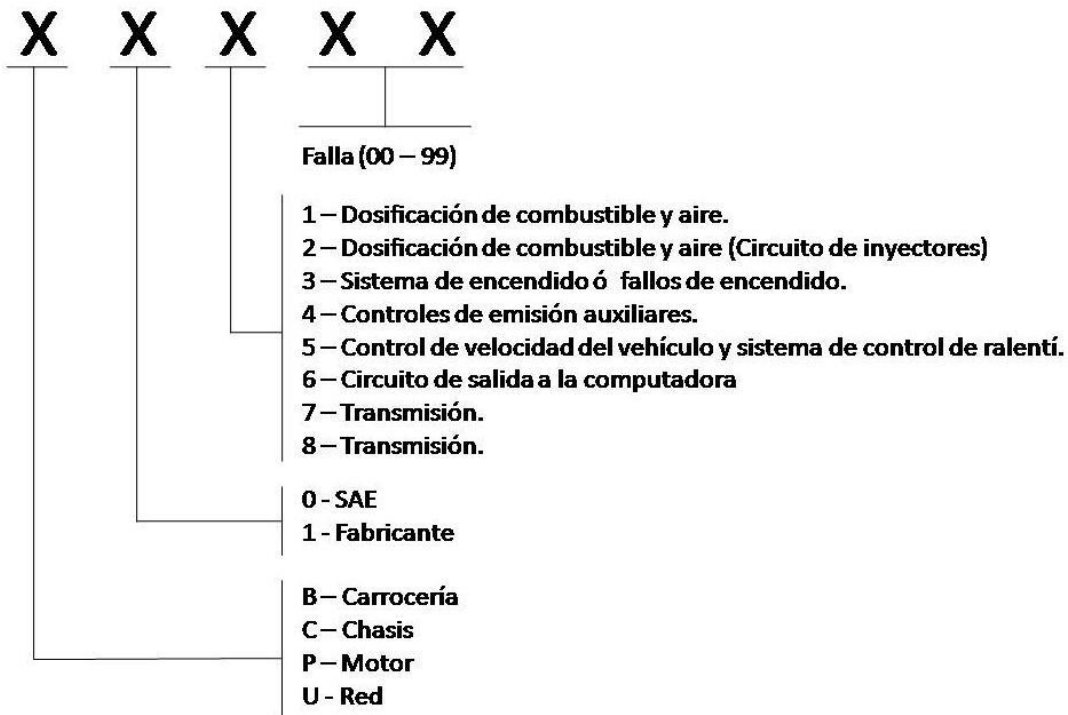
A3	A2	A1	A0	Tercer carácter DTC
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9
1	0	1	0	A
1	0	1	1	B
1	1	0	0	C
1	1	0	1	D
1	1	1	0	E
1	1	1	1	F

Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/OBD-II_PIDs. Consulta: 10 de diciembre de 2012.

La lista de DTC y su interpretación se puede ver en el anexo A.

Los DTC son de gran utilidad en el mundo automotriz para diagnosticar y reparar averías del automóvil de una forma rápida y certera, como se muestra en la figura 6.

Figura 6. Formato e interpretación de DTC



Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/OBD-II_PIDs. Consulta: 10 de diciembre de 2012.

2.4.4. Modo 0x04 – borrar códigos de diagnóstico y valores almacenados

Este modo se encarga de borrar todos los DTC y de apagar la luz mil (Malfunction Indicator Lamp) / Check Engine Light. Para poder acceder a este modo y borrar los DTC basta con enviar 0x04 a la DTC. Este modo no envía respuesta de petición. El único indicador de que se realizó exitosamente la operación es revisando en el tablero del automóvil si la luz mil está apagada. En la figura 7 se muestra la luz mil o *check engine light*.

Figura 7. Luz mil o *check engine light*



Fuente:

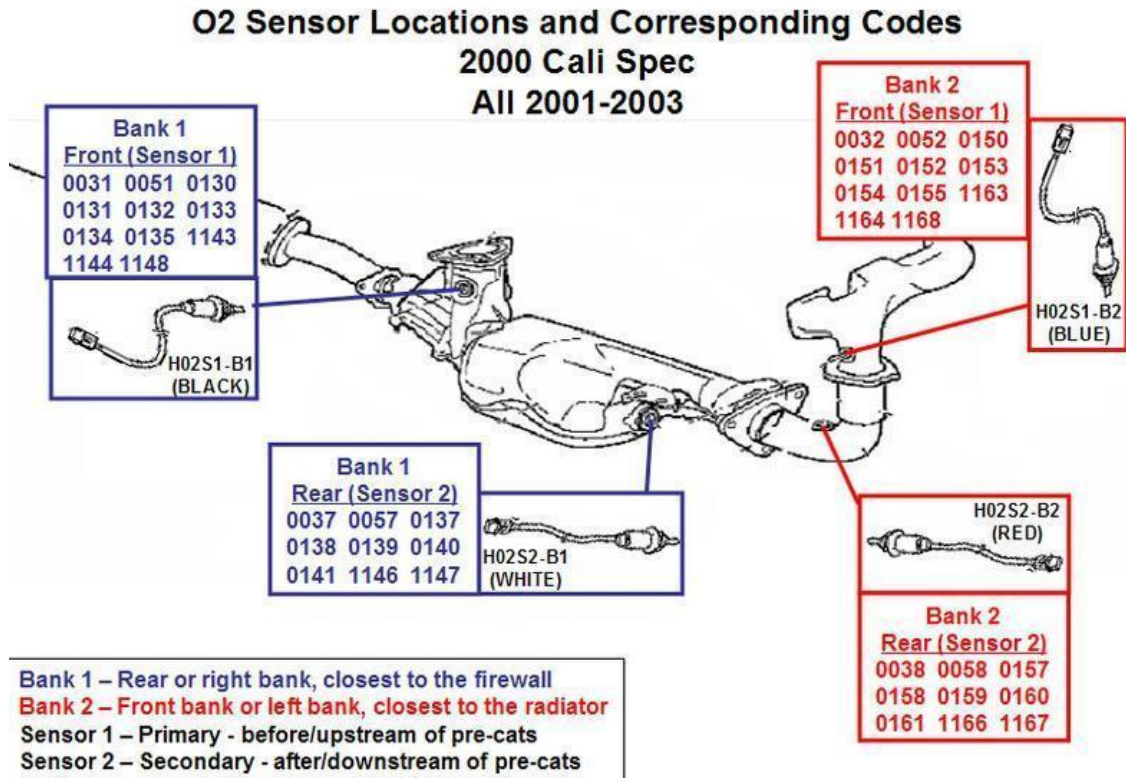
<http://www.deq.state.va.us/Programs/AirCheckVirginia/ForMotoristsVehicleOwners/WhydidmyvehiclefailWaiverInformation.aspx>. Consulta: 16 de diciembre de 2012.

2.4.5. Modo 0x05 – resultados de pruebas de monitoreo de sensores de oxígeno (no aplica para CAN)

Este modo muestra los resultados de las pruebas realizadas a los sensores de oxígeno para determinar el funcionamiento de los mismos así como la eficiencia del convertidor catalítico. En la tabla XX se muestra la descripción de cada PID para el modo 0x05.

La cantidad de sensores de oxígeno que tenga el automóvil depende del modelo y año de fabricación. En la figura 8 se muestra la ubicación de varios sensores del sistema de escape.

Figura 8. Ubicación de sensores de oxígeno. (1999 Infiniti I30)



Fuente: <http://forums.maxima.org/4th-generation-maxima-1995-1999/619415-where-bank-1-sensor-2-pls-see-my-pictures.html>. Consulta: 21 de diciembre de 2012.

Tabla VIII. PID Modo 0x05

Mode (hex)	PID (hex)	Data bytes returned	Description	Min value	Max value	Units	Fórmula
5	100		OBD Monitor IDs supported (\$01 - \$20)				
5	101		O2 Sensor Monitor Bank 1 Sensor 1	0	1.275	Volts	0.005 Rich to lean sensor threshold voltage
5	102		O2 Sensor Monitor Bank 1 Sensor 2	0	1.275	Volts	0.005 Rich to lean sensor threshold voltage
5	103		O2 Sensor Monitor Bank 1 Sensor 3	0	1.275	Volts	0.005 Rich to lean sensor threshold voltage
5	104		O2 Sensor Monitor Bank 1 Sensor 4	0	1.275	Volts	0.005 Rich to lean sensor threshold voltage
5	105		O2 Sensor Monitor Bank 2 Sensor 1	0	1.275	Volts	0.005 Rich to lean sensor threshold voltage
5	106		O2 Sensor Monitor Bank 2 Sensor 2	0	1.275	Volts	0.005 Rich to lean sensor threshold voltage
5	107		O2 Sensor Monitor Bank 2 Sensor 3	0	1.275	Volts	0.005 Rich to lean sensor threshold voltage
5	108		O2 Sensor Monitor Bank 2 Sensor 4	0	1.275	Volts	0.005 Rich to lean sensor threshold voltage

Continuación de la tabla VIII.

5	109		O2 Sensor Monitor Bank 3 Sensor 1	0	1.275	Volts	0.005 Rich to lean sensor threshold voltage
5	010A		O2 Sensor Monitor Bank 3 Sensor 2	0	1.275	Volts	0.005 Rich to lean sensor threshold voltage
5	010B		O2 Sensor Monitor Bank 3 Sensor 3	0	1.275	Volts	0.005 Rich to lean sensor threshold voltage
5	010C		O2 Sensor Monitor Bank 3 Sensor 4	0	1.275	Volts	0.005 Rich to lean sensor threshold voltage
5	010D		O2 Sensor Monitor Bank 4 Sensor 1	0	1.275	Volts	0.005 Rich to lean sensor threshold voltage
5	010E		O2 Sensor Monitor Bank 4 Sensor 2	0	1.275	Volts	0.005 Rich to lean sensor threshold voltage
5	010F		O2 Sensor Monitor Bank 4 Sensor 3	0	1.275	Volts	0.005 Rich to lean sensor threshold voltage
5	110		O2 Sensor Monitor Bank 4 Sensor 4	0	1.275	Volts	0.005 Rich to lean sensor threshold voltage
5	201		O2 Sensor Monitor Bank 1 Sensor 1	0	1.275	Volts	0.005 Lean to Rich sensor threshold voltage
5	202		O2 Sensor Monitor Bank 1 Sensor 2	0	1.275	Volts	0.005 Lean to Rich sensor threshold voltage

Continuación de la tabla VIII.

5	203		O2 Sensor Monitor Bank 1 Sensor 3	0	1.275	Volts	0.005 Lean to Rich sensor threshold voltage
5	204		O2 Sensor Monitor Bank 1 Sensor 4	0	1.275	Volts	0.005 Lean to Rich sensor threshold voltage
5	205		O2 Sensor Monitor Bank 2 Sensor 1	0	1.275	Volts	0.005 Lean to Rich sensor threshold voltage
5	206		O2 Sensor Monitor Bank 2 Sensor 2	0	1.275	Volts	0.005 Lean to Rich sensor threshold voltage
5	207		O2 Sensor Monitor Bank 2 Sensor 3	0	1.275	Volts	0.005 Lean to Rich sensor threshold voltage
5	208		O2 Sensor Monitor Bank 2 Sensor 4	0	1.275	Volts	0.005 Lean to Rich sensor threshold voltage
5	209		O2 Sensor Monitor Bank 3 Sensor 1	0	1.275	Volts	0.005 Lean to Rich sensor threshold voltage
5	020A		O2 Sensor Monitor Bank 3 Sensor 2	0	1.275	Volts	0.005 Lean to Rich sensor threshold voltage
5	020B		O2 Sensor Monitor Bank 3 Sensor 3	0	1.275	Volts	0.005 Lean to Rich sensor threshold voltage
5	020C		O2 Sensor Monitor Bank 3 Sensor 4	0	1.275	Volts	0.005 Lean to Rich sensor threshold voltage

Continuación de la tabla VIII.

5	020D		O2 Sensor Monitor Bank 4 Sensor 1	0	1.275	Volts	0.005 Lean to Rich sensor threshold voltage
5	020E		O2 Sensor Monitor Bank 4 Sensor 2	0	1.275	Volts	0.005 Lean to Rich sensor threshold voltage
5	020F		O2 Sensor Monitor Bank 4 Sensor 3	0	1.275	Volts	0.005 Lean to Rich sensor threshold voltage
5	210		O2 Sensor Monitor Bank 4 Sensor 4	0	1.275	Volts	0.005 Lean to Rich sensor threshold voltage

Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/OBD-II_PIDs. Consulta: 22 de diciembre de 2012.

2.4.6. Modo 0x06 resultados de pruebas , otro componente de monitoreo / sistema (resultados de pruebas, monitoreo del sensor de oxígeno, solo CAN)

Este modo permite obtener los resultados de todas las pruebas abordo. Verifica que todos los sensores estén funcionando correctamente. Es un modo muy útil que puede revelar el en funcionamiento interno del OBDII y permite predecir cuando un DTC puede aparecer, comparando a parámetros de funcionamiento provistos por el fabricante y los parámetros actuales de los sensores. Este modo es de gran utilidad para hacer mantenimiento preventivo del automóvil. En la figura 9 se muestra una tabla de algunos valores correspondientes al modo 6 de General Motors Company.

Figura 9. **Modo 6 de General Motors Company**

GM mode \$06 data definitions for GM vehicles using GMLAN diagnostic data link
Some items have footnotes, defined on the last pages.

OBD Monitor ID (OBDMID)	Test ID (TID)	Units and Scaling ID (UASID)	Description	Range <small>For information ONLY. Source information is ISO-15031-5 document</small>	Resolution <small>For information ONLY. Source information is ISO-15031-5 document</small>
Oxygen Sensor Monitor Bank 1 Sensor 1					
01	01	0A	Rich to Lean Sensor Threshold Voltage	0.0000 to 7.9900 V	0.122 mV / bit
01	02	0A	Lean to Rich Sensor Threshold Voltage	0.0000 to 7.9900 V	0.122 mV / bit
01	03	0A	Low Sensor Voltage for Switch Time Calculation	0.0000 to 7.9900 V	0.122 mV / bit
01	04	0A	High Sensor Voltage for Switch Time Calculation	0.0000 to 7.9900 V	0.122 mV / bit
01	05	10	Rich to Lean Sensor Switch Time	0.0000 to 65.535 ms	1 ms / bit
01	06	10	Lean to Rich Sensor Switch Time	0.0000 to 65.535 ms	1 ms / bit
01	10	<small>see footnote 1</small>			
01	80	2B	Rich to Lean Switches Test Results	0 to 65535 switches	1 switch / bit
01	81	2B	Lean to Rich Switches Test Results	0 to 65535 switches	1 switch / bit
01	82	20	Rich-Lean Response to Lean-Rich Response Ratio	0.000:1 to 255.996:1 ratio	0.0039 / bit
01	83	0A	Low Sensor Voltage for Half Period Time Calculation	0.0000 to 7.9900 V	0.122 mV / bit

Fuente: <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/347-diagn%C3%B3stico-en-modo-6.html>. Consulta: 28 de diciembre de 2012.

2.4.7. 0x07 - mostrar códigos de diagnóstico pendientes (detectados durante el ciclo de conducción actual o pasado)

Este modo permite la lectura DTC pendientes en la memoria de la ECU, mostrando los DTC que han aparecido más de una vez. Algunos vehículos con sistemas OBDII modernos o los que están equipados con protocolo CAN almacenan el primer error de monitor no continuo en el modo 7.

2.4.8. 0x08 - control de funcionamiento del componente de abordo

En este modo solo se encuentra el sistema de evaporación. Si se encuentra este sistema en el automóvil, este sellará la válvula de ventilación del

canister permitiendo hacer pruebas de vacío y presión al sistema para la búsqueda de fugas.

2.4.9. 0x09 Solicitud de información del vehículo

Este modo contiene información del número de identificación del vehículo o *Vehicle Identification Number (VIN)* y la información de la calibración de la ECU. En la parte de calibración se puede modificar los parámetros re-programando la ECU para obtener el desempeño deseado del vehículo.

2.5. PID no estándar

La mayoría de PID y DTC anteriormente mencionados son los descritos por el estándar OBDII. Para automóviles modernos hay más funciones soportada por OBDII que las cubiertas por el estándar. El traslape es pequeño entre los códigos estandarizados y los códigos desarrollados por los fabricantes.

La información de dominio público de códigos desarrollados por fabricante es muy limitada. La fuente de información principal de PID de fabricantes es la Equipment and Tool Institute (ETI) y la información es exclusiva solo para miembros. La membresía para poder tener acceso a los códigos tiene un precio de US\$7 500,00. Aun así, teniendo el acceso a esta información, ETI no provee la información a totalidad de los códigos no estandarizados. Incluso, sin tener acceso a esos códigos desarrollados por el fabricante de automóviles, la mayor parte de información útil se obtiene por medio de los PID y DTC estandarizados.

3. PROPUESTA: DISEÑO DE ESCÁNER AUTOMOTRIZ OBDII MULTIPROTOCOLO

3.1. Descripción

Un escáner automotriz es una herramienta utilizada para comunicarse con la ECU del automóvil y poder acceder a los distintos tipos modos de operación para interpretar los datos de respuesta de las peticiones realizadas y mostrándolas de forma que el usuario pueda diagnosticar la falla.

En el mercado actual se encuentran escáner OBDII a precios muy elevados. El escáner más barato que se puede adquirir ronda por *US \$250,00* (aproximadamente Q. 1 945,00).

Con la ayuda de microcontroladores programables (PIC), intérprete de protocolos OBDII ELM327 y dispositivos electrónicos de bajo costo, se propone el diseño de escáner de diagnóstico OBDII multiprotocolo. El propósito del diseño es obtener una herramienta útil de bajo costo, capaz de leer, interpretar y borrar los DTC de la ECU.

3.2. Dispositivos a utilizar

El diseño propuesto tiene como base:

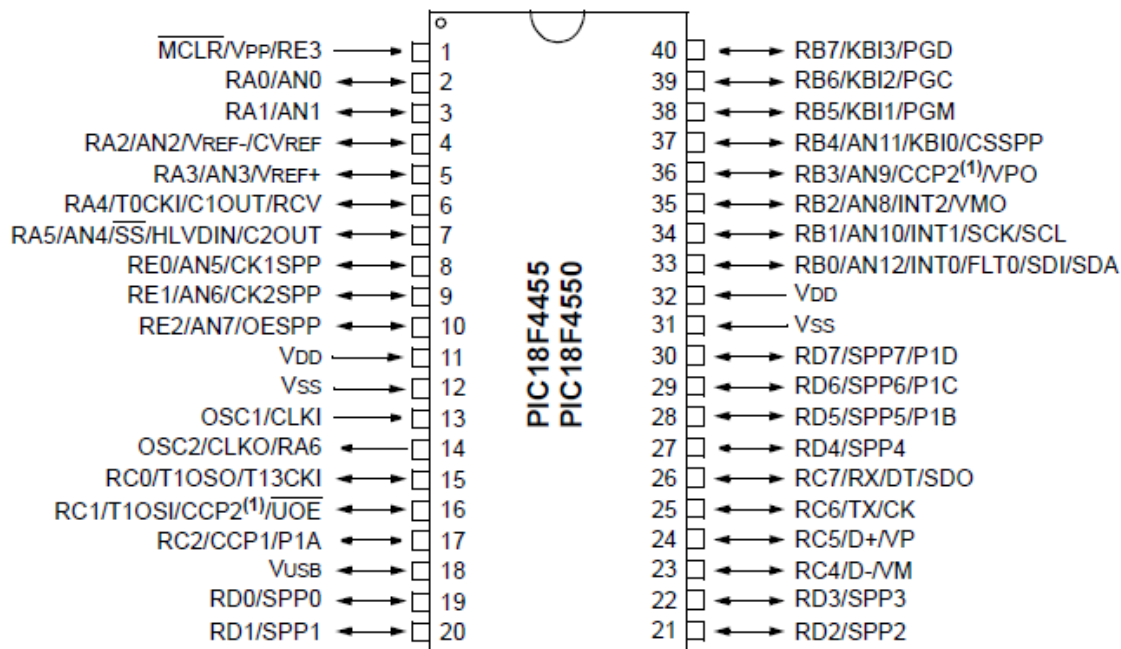
- Un microcontrolador con comunicación UART (PIC18F4550 de Microchip).
- Intérprete de Protocolos OBDII a UART (ELM327 de ELM Electronics).

- Pantalla con información legible. (LCD 16x2).
- Conector OBDII oDLC.

3.2.1. PIC18F4550

Microcontrolador de gama alta con tecnología nanowatt con consumo reducido de energía. Este, en particular, tiene opciones múltiples de oscilador, puerto USB, UART, ADC, memoria flash de 32KBytes y puertos bidireccionales de entrada y salida digital. El PIC18F4550 cuenta con los puertos, interfaces y especificaciones de memoria necesarias para realizar el escáner OBDII pensando en expandir la funcionalidad del mismo, mejorando el software cargado con las funciones nuevas. En la figura 10 se muestra el diagrama esquemático del PIC18F4550.

Figura 10. Diagrama esquemático PIC18F4550



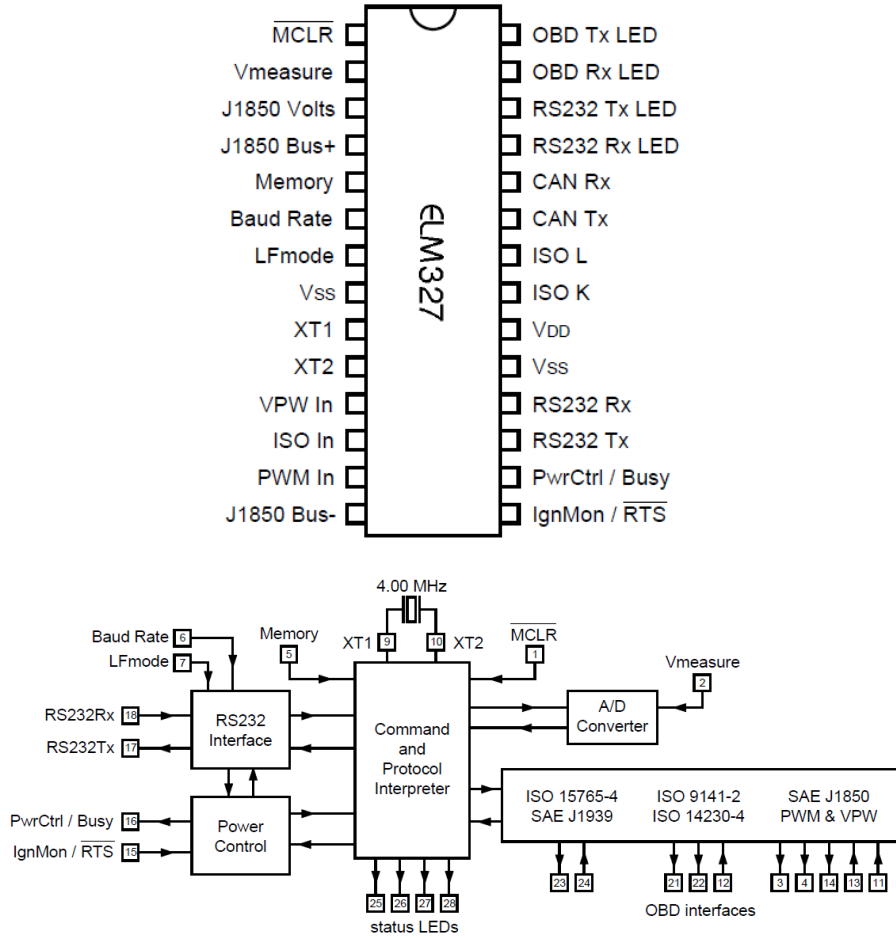
Fuente: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632c.pdf> . Consulta: 28 de diciembre de 2012.

3.2.2. ELM327

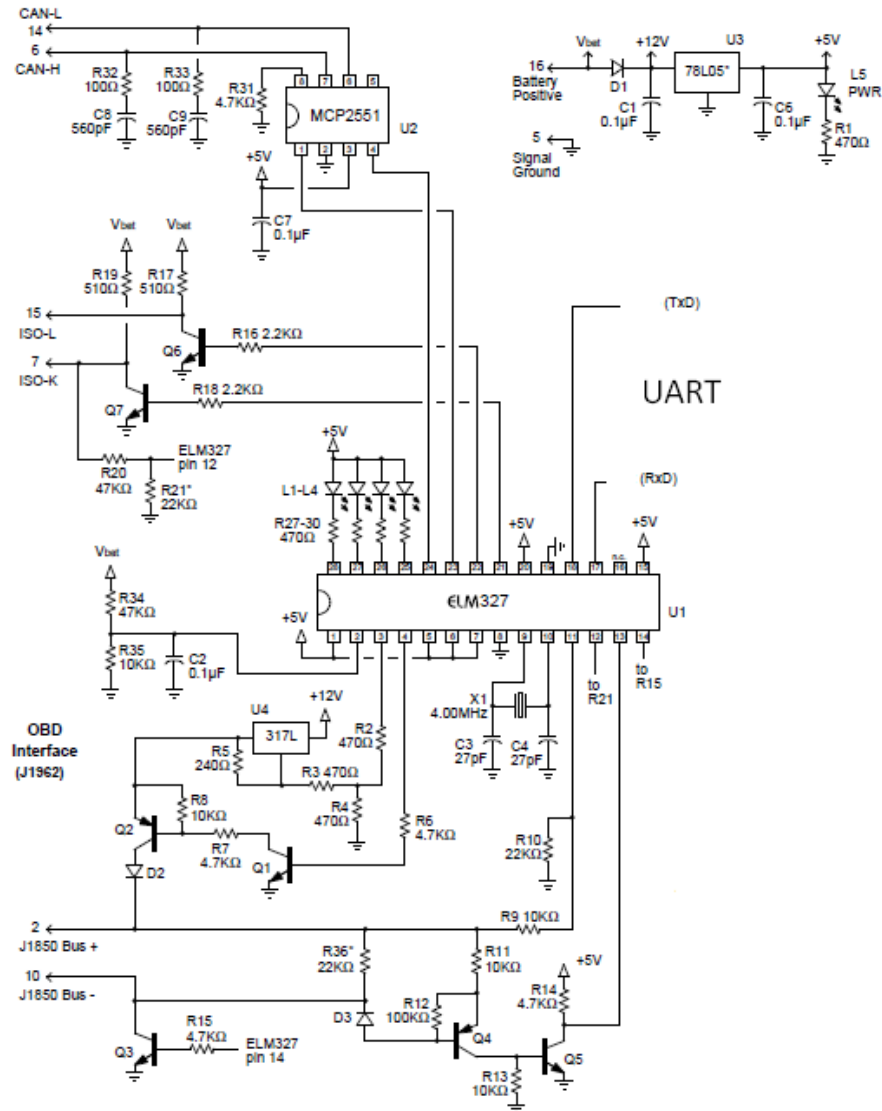
Intérprete de protocolos OBDII a UART. Este está basado en un PIC18FXXX de Microchip con software desarrollado por ELM Electronics y tiene la cualidad de interpretar todos los protocolos OBDII con pocos circuitos externos. Tiene las siguientes funciones:

- Encargada de convertir los protocolos OBDII a UART con niveles de voltaje TTL, para ser enviados e interpretados por el PIC18F4550.
- Realiza automáticamente la búsqueda del protocolo OBDII que tiene el automóvil e inicializa la comunicación con la ECU.
- Uso de comandos AT para lograr la comunicación con la ECU para poder realizar peticiones a la ECU o de configuración del intérprete, ELM327 utiliza comandos con números hexadecimales. Los comandos AT se emplean en módems y son un conjunto de comandos compuestos por cadenas de texto cortos que se combinan entre sí para producir órdenes completas para realizar operaciones. En el anexo B se muestra los comandos AT y hexadecimales utilizados por ELM327, para realizar peticiones a la ECU o configuraciones al ELM327. En la figura 11 se muestra el diagrama esquemático y bloques de ELM327.

Figura 11. Diagrama esquemático y bloques de ELM327



Continuación de la figura 11.



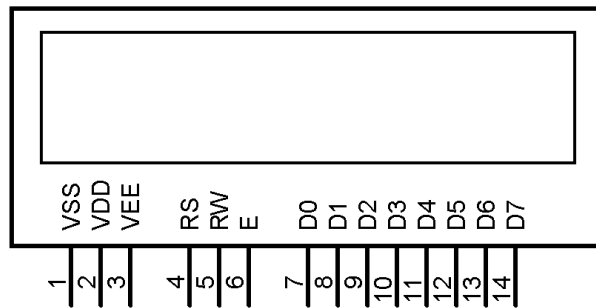
Fuente: <http://elmelectronics.com/DSheets/ELM327DS.pdf>. Consulta: 5 de enero de 2013.

3.2.3. Pantalla LCD 16x2

Pantalla de cristal líquido de 16 columnas y 2 filas de pantalla de bajo costo y consumo de energía. Esta pantalla LCD tiene como finalidad mostrar de una forma legible los datos interpretados y procesados por el microcontrolador. El microcontrolador PIC18F4550 realizará la rutina de inicialización para enviar

datos y que la pantalla sea la encargada de mostrarlos al usuario. En la figura 12 se muestra la un ejemplo de pantalla LCD 16x2.

Figura 12. **Pantalla LCD 16x2**



Fuente: http://www.skpang.co.uk/catalog/lcd-displays-16x2-lcd-33v-c-91_207.html. Consulta: 7 de diciembre de 2012.

3.2.4. Conector OBDII o DLC macho

Conector tipo macho estandarizado para herramientas de diagnóstico. Este conector se encuentra en www.ebay.com y www.amazon.com, por menos de US\$ 2,00.

Figura 13. **Conector OBDII macho**

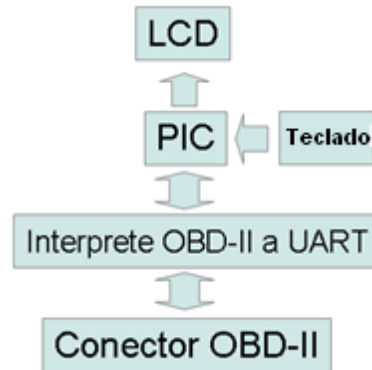


Fuente: <http://www.ebay.com/itm/OBD-II-2-OBD2-OBDII-EOBD-J1962-Male-CONNECTOR-DLC-PLUG-/370227445669>. Consulta: 7 de febrero de 2013.

3.3. Diagrama de bloques

La unión de los 4 dispositivos anteriormente mencionados forma el escáner OBDII. La estructura del escáner se muestra en el diagrama de bloques en la figura 14.

Figura 14. **Diagrama de bloques escáner OBDII**



Fuente: elaboración propia.

Funciones de cada bloque:

- El microcontrolador 18F4550: es el encargado de procesar las peticiones del usuario y enviar los comandos AT necesarios al intérprete OBDII via UART.
- Intérprete OBDII inicializará el protocolo de comunicación del automóvil enviando los comandos a la ECU esperando una respuesta. La ECU enviará la respuesta de la petición y el intérprete convertirá la información proveniente del protocolo con el cual el automóvil este equipado para luego enviarla al PIC18F4550 vía UART.
- Luego de que el PIC 18F4550 reciba la información realizará cálculos y conversiones de datos para luego inicializar la LCD y enviar la información y mostrarla de una forma legible para el usuario.

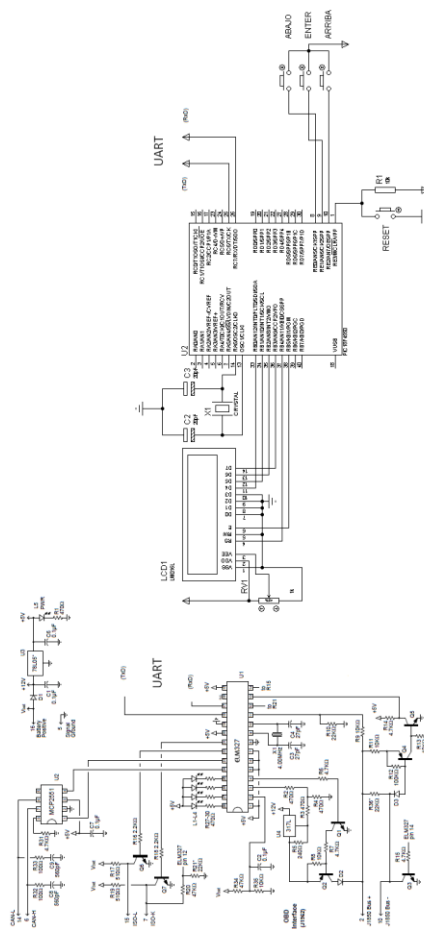
El escáner tendrá un menú donde el usuario podrá elegir una de las opciones para poder realizar la operación que desee, utilizando los botones de

navegación. El menú será sencillo y tendrá una breve descripción de la operación. El botón enter servirá para elegir la opción deseada.

3.4. Diagrama esquemático

La conexión eléctrica de los dispositivos que forman el escáner OBDII se muestra en la figura15.

Figura 15. Diagrama esquemático escáner OBDII



Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Tabla de componentes ELM327**

Semiconductores	Resistores
D1 = 1N4001	R32, R33= 100 ohm
D2, D3, D4, D5 = 1N4148	R5 = 240 ohm
L1, L2, L3, L4 = LED Amarillo	R1, R2, R3, R4, R27, R28, R29, R30 = 470 ohm
L5 = LED verde	R17, R19 = 510 ohm 1/2W
Q1, Q3, Q5, Q6, Q7, Q9 = 2N3904 (NPN)	R16, R18 = 2.2 Kohm
Q2, Q4, Q8 = 2N3906 (PNP)	R6, R7, R14, R15, R23, R26, R31 = 4.7 Kohm
U1 = ELM327	R8, R9, R11, R13, R22, R24, R25, R35, R37 = 10 Kohm
U2 = MCP2551	R10, R21, R36 = 22 Kohm
U3 = 78L05 (5V, 100mA regulador)	R20, R34 = 47 Kohm
U4 = 317L (100mA, regulador ajustable)	R12 = 100 Kohm

Capacitores (16V o mayor, excepto los notificados)	Misc
C1, C5 = 0.1uF 50V	X1, X2 = 4.000MHz
C2, C6, C7 = 0.1uF	
C3, C4 = 27pF	
C8, C9 = 560pF 50V	
C10, C11 = 22pF	

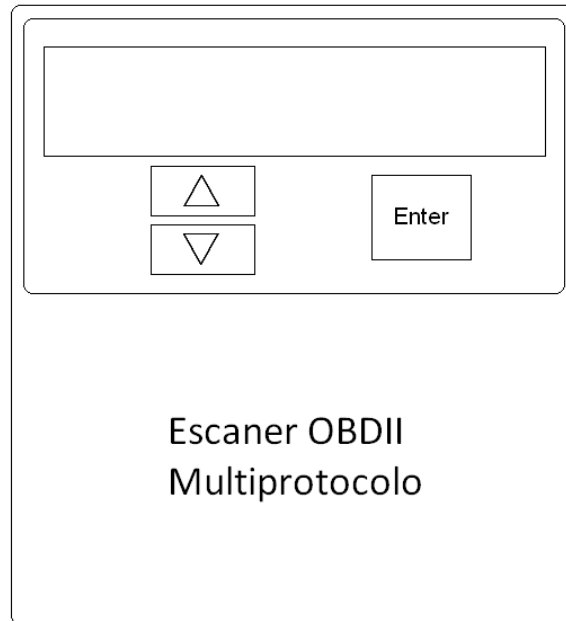
Fuente: <http://elmelectronics.com/DSheets/ELM327DS.pdf>. Consulta: 5 de enero de 2013.

En la figura 15 se observa la circuitería necesaria para poder convertir las distintas señales eléctricas de los protocolos a señales TTL del puerto UART. El regulador de voltaje se alimentará de la batería del automóvil evitando utilizar fuentes externas. La conexión UART entre PIC y ELM327 es cruzada, eso quiere decir que Tx se conecta con Rx y viceversa.

3.5. Diseño exterior

El diseño exterior propuesto es una pequeña caja de rectangular de 10 centímetros de base y 15 centímetro de alto. El cable con el conector DLC estará en la parte superior de la caja. La sencillez y simpleza del dispositivo facilitará el uso del escáner utilizando la intuición.

Figura 16. **Diseño exterior escáner OBDII**



Fuente: elaboración propia.

3.6. Código fuente

El código fuente se desarrolla bajo el lenguaje de programación MikroC. Esta es una versión de C desarrollada por Mikroelectrónica para programar microcontroladores.

MikroC incluye funciones predeterminadas que mejorarán el código fuente y simplificará mejoras futuras que se desee incorporar para actualizar el escáner sin tener que recurrir algún cambio en el hardware. En la tabla X se muestra el código fuente del escáner OBDII.

Tabla X. **Código fuente de escáner OBDII escrito en MikroC**

```

/*
* Diseño de scáner automotriz multiprotocolo OBDII:
* Copyright:
  Julio Ortiz, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2013.
* Revisión History:
  20/04/2013:
  - initial release;
* Descripción:
  Scanner OBDII Multiprotocolo utilizando intérprete ELM327.
* Test configuration:
  MCU:      P118F4550
  Dev.Board: EasyPIC5
  Oscillator: External Clock 8.0000 MHz
  Ext. Modules: -
  SW:      mikroC PRO for PIC
*/
// Declarar variables y constantes
char output[30],output1[30],temp[30],temp1[30],show1[1],show[1];
int j,k,cont,select, select_op, selection, submenu;
const code unsigned char ATZ[]="ATZ",ATI[] = "ATI",ATDP[] = "ATDP",Cooltemp[] =
"0105\r",          Intaketemp[]          =          "010F\r",
Barpressure[]="0133\r",Ambtemp[]="0146\r",vehiclespeed[]="010D\r",fuelpress[]="01A\r";
unsigned int da,da1;

char* codetxt_to_ramtxt(const char* ctxt){
  static char txt[20];
  char i;
  for(i =0; txt[i] = ctxt[i]; i++);

  return txt;
}
// Conexiones de modulo LCD
sbit LCD_RS at RB4_bit;
sbit LCD_EN at RB5_bit;
sbit LCD_D4 at RB0_bit;
sbit LCD_D5 at RB1_bit;
sbit LCD_D6 at RB2_bit;
sbit LCD_D7 at RB3_bit;

sbit LCD_RS_Direction at TRISB4_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISB5_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISB0_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISB1_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISB2_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISB3_bit;
// Fin de conexiones de modulo LCD

```

Continuación de la tabla X.

```
//Rutinas
void clrarray (void){
    memset(output, "\0", sizeof(output));
    memset(output1, "\0", sizeof(output));
    da=da1=0;
}
void init (void){
    TRISB = 0; //PortB como salida
    PORTB = 0xFF;
    TRISE = 0xFF;
    TRISE.B0 = 1; //Pin RE0 como entrada - arriba
    TRISE.B1 = 1; //Pin RE1 como entrada -enter
    TRISE.B2 = 1; //Pin RE1 como entrada - regresar
    ADCON1 = 0x0F; //Deshabilitar módulo ADC
    CMCON = 7; //Deshabilitar comparador
    // Uart and LCD init
    Lcd_Init(); //Inicializar LCD
    Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR); //Borrar display
    Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF); //Apagar cursor
    UART1_Init(9600); //Inicializar módulo UART a 9600 bps
    Delay_ms(10);
}
void presentation(void){ //Pantalla de presentación
    Lcd_Out(1,2,"OBDII Scanner");
    Lcd_Out(2,4,"USAC 2013");
    Delay_ms(2000);
    Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
}
void atzinit(void){ //Reinicio de ELM327 al encender
    Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
    UART1_Write_Text(codetxt_to_ramtxt(ATZ));
    UART1_Write_Text("\r");
    clrarray();
    Delay_ms(7000);
}
void sendatz() { //Reinicio de ELM327
    Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
    UART1_Write_Text(codetxt_to_ramtxt(ATZ));
    UART1_Write_Text("\r");
    Lcd_Out(1,1,"Send: ATZ");
    UART1_Read_Text(output, "\r", 10); //Leer texto hasta que 'delim'
    UART1_Read_Text(output, "\r", 15); //Leer texto hasta que 'delim'
    Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
    Lcd_Out(1,1,"Device has ");
    Lcd_Out(2,1,"been Reseted ");
    clrarray();
}
}
```

Continuación de la tabla X.

```
void sendati() { //Identificación ELM327
  Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
  UART1_Write_Text(codetxt_to_ramtxt(ATI));
  UART1_Write_Text("\r");
  Lcd_Out(1,1,"Send: ATI");
  UART1_Read_Text(output,"\r",10);
  UART1_Read_Text(output,"\r", 15);
  Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
  Lcd_Out(1,1,"Device ID ");
  Lcd_Out(2,1,output);
  clrarray();
}
void sendatdp() { //Detección de protocolo utilizado
  Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
  UART1_Write_Text(codetxt_to_ramtxt(ATDP));
  UART1_Write_Text("\r");
  UART1_Read_Text(output,"\r",4);
  UART1_Read_Text(output,"\r",1);
  UART1_Read_Text(output,"\n",1);
  UART1_Read_Text(output,"\r",255);
  Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
  Lcd_Out(1,1,"Protocol ");
  Lcd_Out(2,1,output);
  clrarray();
}
void cleardtc() {
  Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
  Lcd_Out(1,1,"Clearing DTC's");
  Delay_ms(2000);
  UART1_Write_Text("4\r");
  Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
  Lcd_Out(1,1,"DTC cleared");
}
void readdtc() { //Lectura de DTC's
  Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
  Lcd_Out(1,1,"Reading DTC's");
  UART1_Write_Text("3\r");
  UART1_Read_Text(temp,"\r",2);
  UART1_Read_Text(temp,"\r",1);
  UART1_Read_Text(temp,"\n",1);
  UART1_Read_Text(temp,"\t",3);
  UART1_Read_Text(output,"\r",255);
}
```

Continuación de la tabla X.

```
if (strstr(output[0], "0") != 0){
    output[0]=0x50;
    output[2]=output[1];
    output[1]=0x30;
    output[5]=0x00;
    output[6]=0x00;
    output[7]=0x00;
    output[8]=0x00;
    output[9]=0x00;
    output[10]=0x00;
    output[11]=0x00;
    output[12]=0x00;
    output[13]=0x00;
    output[14]=0x00;
    output[15]=0x00;
    output[16]=0x00;
    Lcd_Out(2, 1, output);
}
if (strstr(output[0], "1") != 0){
    output[0]=0x50;
    output[2]=output[1];
    output[1]=0x31;
    Lcd_Out(2, 1, output);
}
if (strstr(output[0], "2") != 0){
    output[0]=0x50;
    output[2]=output[1];
    output[1]=0x32;
    Lcd_Out(2, 1, output);
}
if (strstr(output[0], "3") != 0){
    output[0]=0x50;
    output[2]=output[1];
    output[1]=0x33;
    Lcd_Out(2, 1, output);
}
if (strstr(output[0], "4") != 0){
    output[0]=0x43;
    output[2]=output[1];
    output[1]=0x30;
    Lcd_Out(2, 1, output);
}
```

Continuación de la tabla X.

```
void readpid0F () {                                     //Lectura de PID 01 0F
  Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
  Lcd_Out(1,1,"Reading PID's");
  Delay_ms(1500);
  Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
  UART1_Write_Text(codetxt_to_ramtxt(Intaketemp));
  UART1_Read_Text(temp1,"\r",5);
  UART1_Read_Text(temp1,"\r",1);
  UART1_Read_Text(temp1,"\n",1);
  UART1_Read_Text(temp1,"\t",3);
  UART1_Read_Text(temp1,"\t",3);
  UART1_Read_Text(output1,"\r",3);
  da1=((xtoi(output1))-40);
  inttostr(da1,show1);
  Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
  lcd_Out(1,1,"Intake temp.");
  lcd_Out(2,1,show1);
  Lcd_Chr(2,7, 223);
  Lcd_Chr(2,8, 'C');
  Delay_ms(3000);
  clrarray();
}
void readpid33() {                                     //Lectura de PID 01 33
  Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
  Lcd_Out(1,1,"Reading PID's");
  Delay_ms(1500);
  Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
  UART1_Write_Text(codetxt_to_ramtxt(Barpressure));
  UART1_Read_Text(temp,"\r",5);
  UART1_Read_Text(temp,"\r",1);
  UART1_Read_Text(temp,"\n",1);
  UART1_Read_Text(temp,"\t",3);
  UART1_Read_Text(temp,"\t",3);
  UART1_Read_Text(output,"\r",3);
  da=((xtoi(output)));
  inttostr(da,show);
  Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
  lcd_Out(1,1,"Bar. pressure");
  lcd_Out(2,1,show);
  Lcd_out(2,7,"kPa");
  Delay_ms(3000);
}
```

Continuación de la tabla X.

```
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
UART1_Write_Text(codetxt_to_ramtxt(fuelpress));
UART1_Read_Text(temp, "\r", 5);
UART1_Read_Text(temp, "\r", 1);
UART1_Read_Text(temp, "\n", 1);
UART1_Read_Text(temp, "\t", 3);
UART1_Read_Text(temp, "\t", 3);
UART1_Read_Text(output, "\r", 3);
da=((xtoi(output))*3);
inttostr(da, show);
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
Lcd_Out(1, 1, "Fuel pressure");
Lcd_Out(2, 1, show);
Lcd_out(2, 7, "kPa");
Delay_ms(3000);
}
void Menu() { //Menú de escáner OBDII
    select = 1;
    selection = 1;
    submenu = 0;
    select_op = 1;

    //Display main menú
    Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
    Lcd_Out(1, 2, "Modo1");
    Lcd_Out(2, 2, "Modo3");
    Lcd_Out(1, 10, "Modo4");
    Lcd_Out(2, 10, "DProt");

    while (1)
    {
        if ((PORTE.B0 = 1) && (submenu == 0)) //Cuando se presione RE0, '>'
            opción seleccionada.
            {
                switch(selection)
                {
                    case 1:
                        Lcd_Chr(1, 1, '>');
                        selection = 2;
                        select = 1;
                        Lcd_Chr(2, 9, ' ');
                        break;
                }
            }
    }
}
```


Continuación de la tabla X.

```
break;
case 3:
  Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
  Lcd_Out(1, 1,"Modo 4");
  clearatc();
  //Lcd_Out(1,10,"Option1");
  //Lcd_Out(2,10,"Option2");
  Submenú = 1;
break;
case 4:
  Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
  Lcd_Out(1, 1,"Modo 9");
  sendatdp();
  //Lcd_Out(1,10,"Option1");
  //Lcd_Out(2,10,"Option2");
  submenú = 1;
break;
}
}

if ((PORTE.B0 = 1) && (submenú == 1))
{
  switch(select_op)
  {
    case 1:
      Lcd_Chr(1,9,'>');
      select_op = 2;
      Lcd_Chr(2,9,' ');
      break;
    case 2:
      Lcd_Chr(2,9,'>');
      select_op = 1;
      Lcd_Chr(1,9,' ');
      break;
  }
}

//Regresar a menú principal si RE2 se presiona
if (PORTE.B2 = 1)
```

Continuación de la tabla X.

```
    {
      Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
      Lcd_Out(1, 2,"Modo1");
      Lcd_Out(2, 2,"Modo3");
      Lcd_Out(1,10,"Modo4");
      Lcd_Out(2,10,"DProt");
      submenú = 0;
    }

    Delay_ms(300);

  }

}
void main(){                                     //Programa principal
  init();
  atzinit();
  presentation();
  Menú();
}
```

Fuente: elaboración propia.

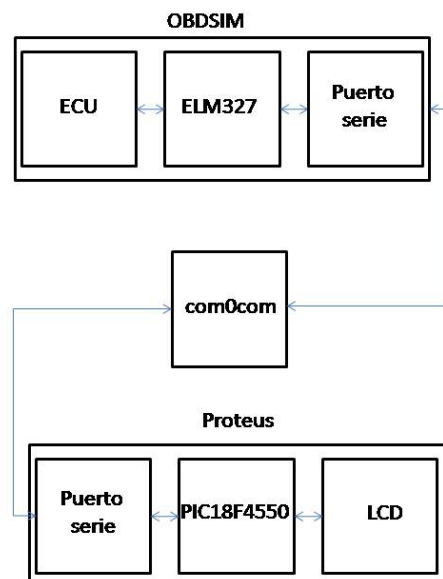
3.7. Simulación

El software utilizado para simular la interacción entre microcontrolador PIC, intérprete ELM327 y ECU del automóvil:

- Obsim (simulador de ELM327 con ECU de automóvil).
- PIC18F4550 simulado en Proteus con puerto UART conectado a módulo virtual de puerto serie.
- Com0com (interconexión virtual entre puertos serie).

La simulación de escáner se logra mediante la interconexión de los tres componentes anteriormente mencionados como se muestra en la figura 17.

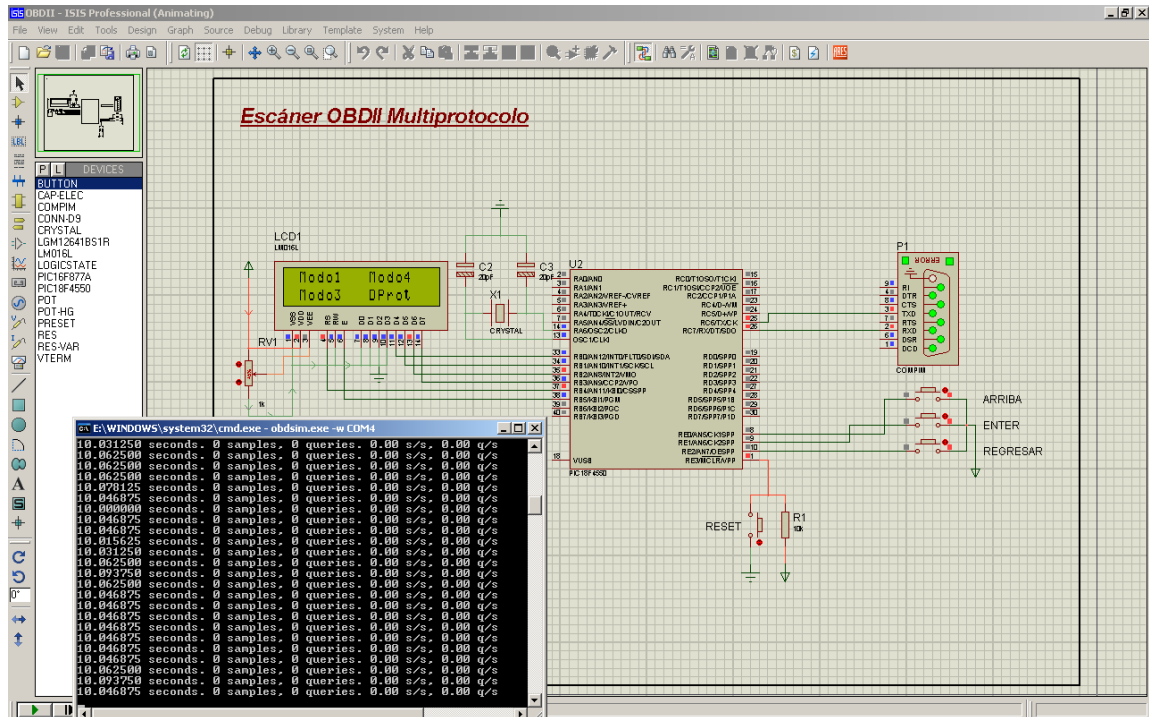
Figura 17. **Diagrama de bloques de interconexión de componentes**



Fuente: elaboración propia.

La simulación del escáner automotriz facilita la programación del código fuente y realización de pruebas.

Figura 18. Simulación de escáner

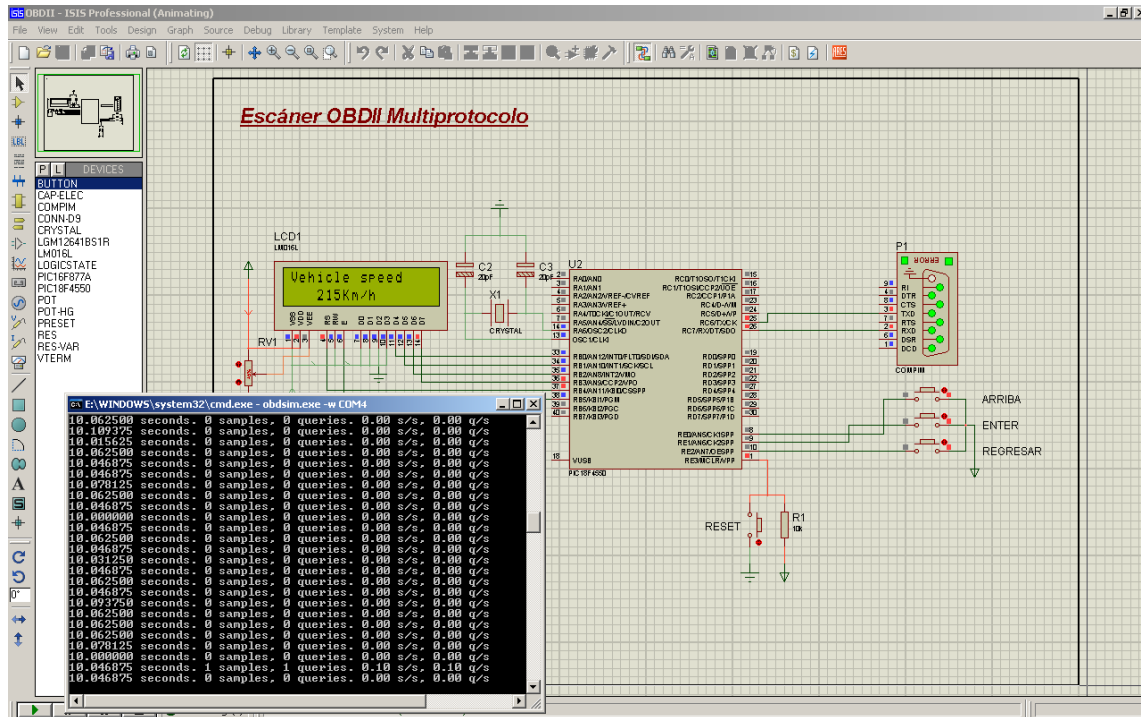


Fuente: elaboración propia.

En la figura 18 se muestra la interacción del escáner automatizado con la ECU simulada del automóvil. Como se puede observar en la pantalla LCD se muestran 4 opciones: modo1, modo3, modo 4, DProt.

En la opción modo1 se encuentra la lectura de PID's en tiempo real de temperatura del refrigerante, temperatura del múltiple de admisión, presión barométrica, temperatura del ambiente, velocidad del vehículo y presión de combustible. En la figura 19 se muestra un ejemplo de los PID's del modo1.

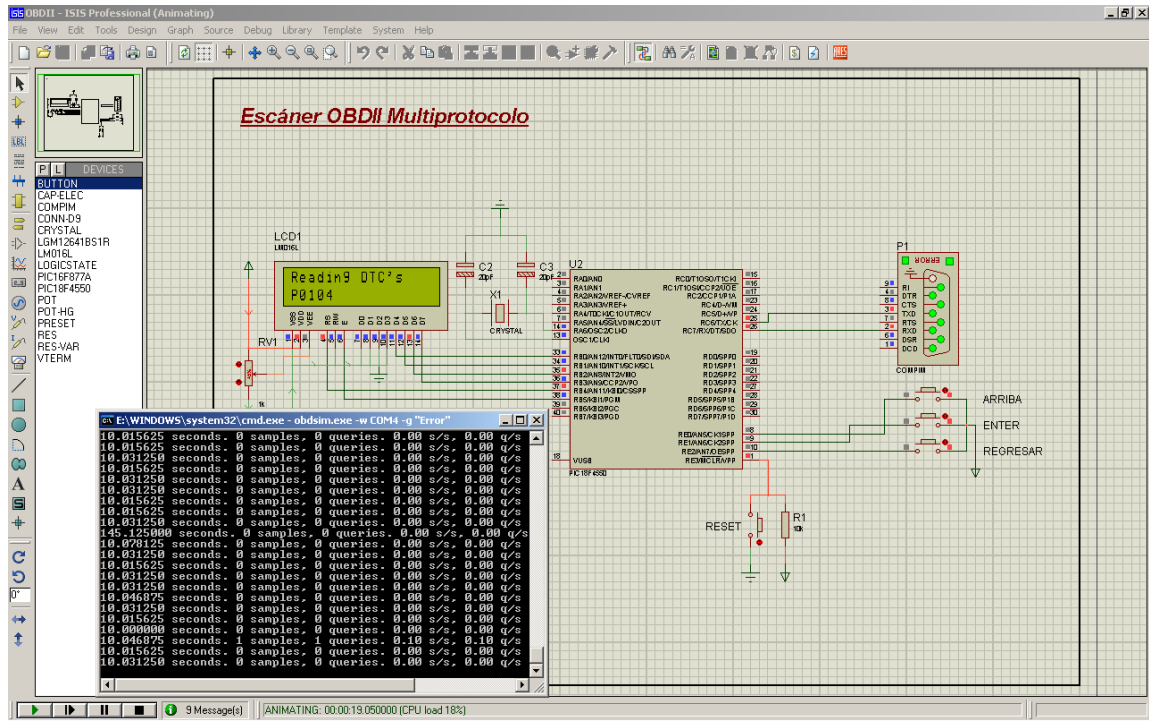
Figura 19. Modo1, lectura de PID velocidad del vehículo



Fuente: elaboración propia.

En la opción modo2 se obtienen los DTC's almacenados por la ECU. En la figura 20 se muestran un ejemplo de DTC's obtenidos por medio del escáner. El código que se obtiene es P0104. Este código es equivalente a sensor de masa/volumen aire – interrupción intermitente.

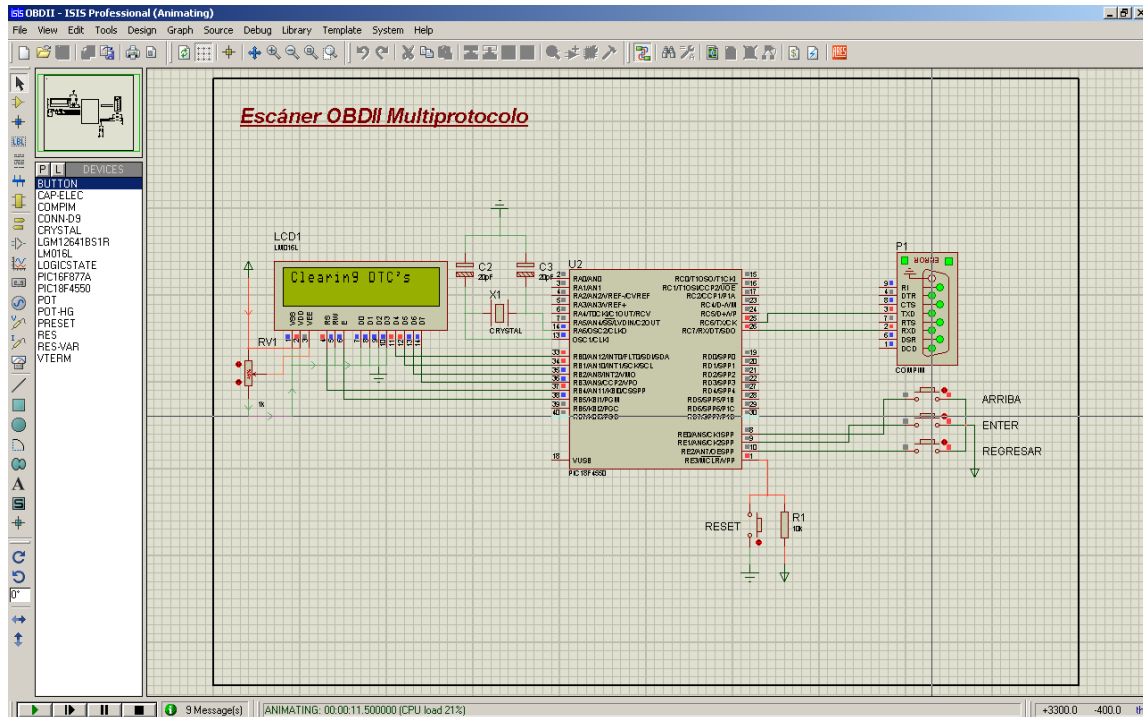
Figura 20. Lectura de DTC's



Fuente: elaboración propia.

En la opción modo 4 se envía a la ECU el comando que borra todos los DTC's. En la figura 21 se muestra un ejemplo.

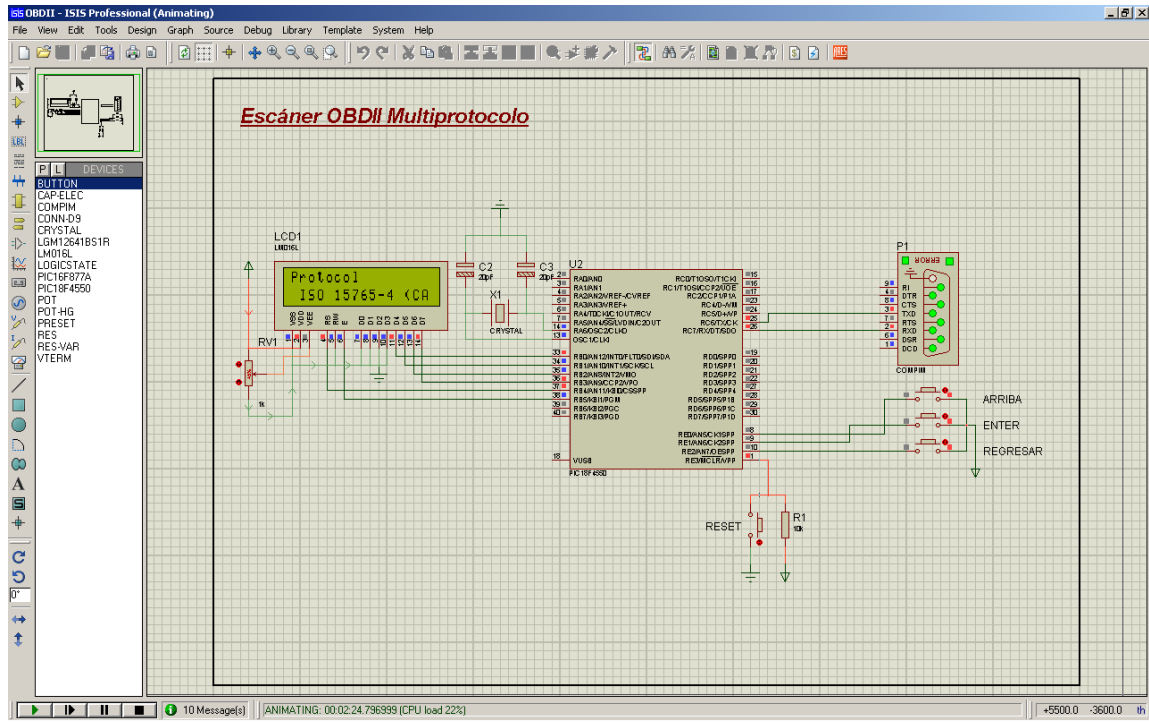
Figura 21. Borrado de DTC's



Fuente: elaboración propia.

En la opción DProto se detecta el protocolo que se está utilizando para obtener comunicación con la ECU. En la figura 22 se muestra el protocolo utilizado; ISO 15765-4 (CAN).

Figura 22. Luz de mil encendida en Mazda 6 V6 3.0L 2006



Fuente: elaboración propia.

3.8. Diagnóstico de automóvil

Se diagnostica un automóvil para poder corroborar el funcionamiento del escáner OBDII. Utilizando la simulación anterior del microcontrolador, se hace la interfaz con una unidad física de un intérprete de protocolos OBDII ELM327, la cual se conectará a la ECU del automóvil.

El automóvil a diagnosticar será un Mazda6 V6 3.0L modelo 2006. Este vehículo muestra en el tablero de control la luz de mil encendida, como se muestra en la figura 23.

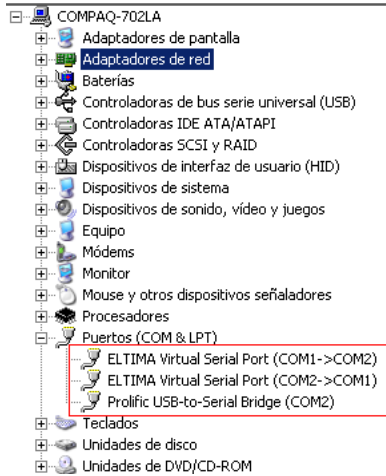
Figura 22. Luz de mil encendida en Mazda 6 V6 3.0L 2006



Fuente: elaboración propia.

Virtualmente se interconectan el puerto serie de la simulación del microcontrolador con la unidad física del intérprete de protocolos OBDII ELM327. Con la ayuda de Virtual Serial Port Driver se interconectan ambos puertos, como se muestra en la figura 23.

Figura 23. Interconexión de puertos

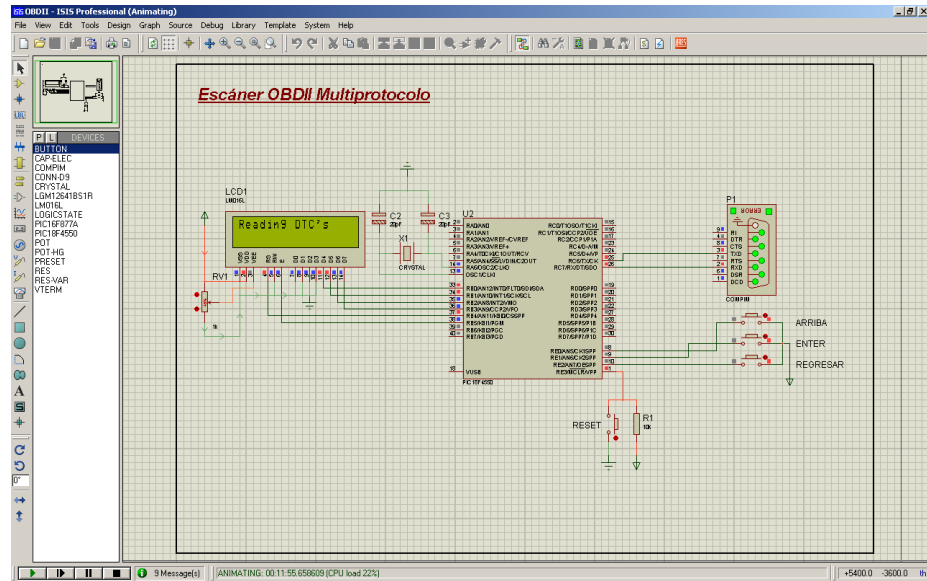
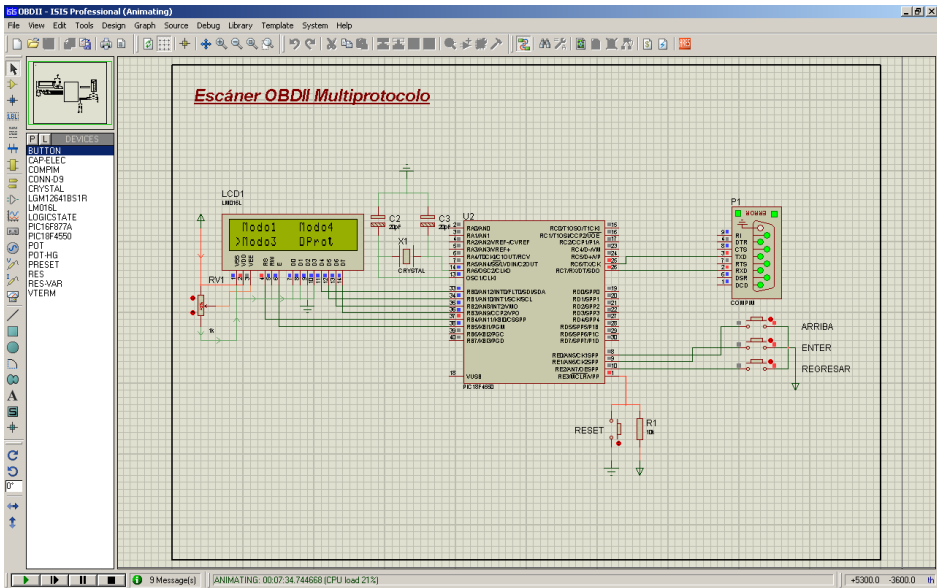


Interconexión de puertos
COM1: Simulador de microcontrolador en Proteus.
COM2: Interprete de protocolos OBDII ELM327

Fuente: elaboración propia.

Entrando a modo 3 del escáner para realizar lectura de DTC's que provocaron que la luz mil se encendiera. En la figura 25 se muestra el modo seleccionado en el escáner para realizar lectura de DTC's.

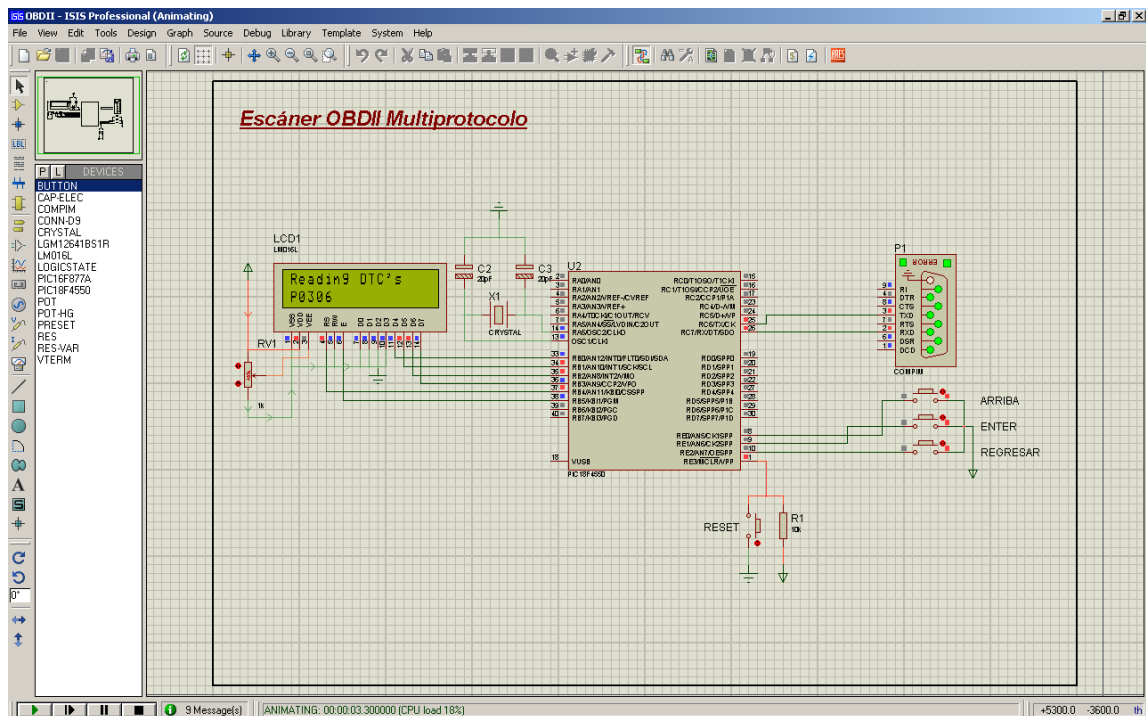
Figura 24. Entrando a modo 3 y leyendo DTC's



Fuente: elaboración propia.

En la figura 25 se muestra el DTC leído; P0306. Este código es equivalente a fallo de encendido de chispa en el cilindro 6.

Figura 25. DTC leído P0306



Fuente: elaboración propia.

Luego de saber cuál y dónde está ubicada la falla, se inspecciona la bobina de ignición y bujía del cilindro seis para comprobar cuál de los dos componentes está defectuoso causando el malfuncionamiento, y a su vez, se encienda la luz de mil en el tablero.

Una vez reemplazado el componente defectuoso se realiza el borrado de DTC's con el modo 4 del escáner y así apagar la luz mil. Si la reparación es exitosa, la luz mil no se encenderá de nuevo. En la figura 26 se muestra el

tablero del automóvil Mazda6 con la luz mil apagada después de realizar el borrado del DTC.

Figura 26. Luz mil apagada luego de ser borrado el DTC



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. El escáner OBDII diseñado permite leer e interpretar los datos de la ECU. Estas funciones permitirán que los usuarios puedan diagnosticar con más facilidad los defectos de operación de un vehículo.
2. La implementación y comercialización de este escáner podrá ser una opción de bajo costo en el mercado, permitiendo que más talleres de mecánica automotriz puedan atender a sus clientes con automóviles nuevos o posteriores a 1996.
3. Los microcontroladores juegan un papel importante en el desarrollo de las herramientas actuales de diagnóstico de automóviles, con su relación precio/prestaciones se puede obtener una herramienta potente a un precio accesible y de reducido tamaño.
4. El dispositivo desarrollado para este trabajo de tesis cabe en la palma de la mano y no necesita fuentes de alimentación, más que la del conector OBDII.
5. Aunque la información del sistema de diagnóstico OBDII es muy costosa y difícil de obtener, con la información de acceso público gratuito (Foro de mecánica automotriz, documentos de SAE, foros de hobbistas) se puede realizar herramientas de diagnóstico muy eficiente.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar funciones predeterminadas del MikroC. Esto reduce el tamaño del código y mejorará la funcionalidad del escáner.
2. Al escribir el código fuente del escáner, tomar en cuenta el formato estandarizado de la trama de los datos de repuesta del intérprete ELM327, la cual se encuentra descrita en el manual de usuario del mismo. Esto ayudará a realizar la lectura correcta de los datos por parte del microcontrolador.
3. Revisar cuál versión de ELM327 se utilizará para poder desarrollar el código fuente sobre la base de los comandos y estandarización de tramas aceptados por el mismo, ya que varía de versión en versión.
4. Tomar en cuenta la velocidad en baudios que tiene por defecto el puerto UART del intérprete de protocolos OBDII ELM327, para lograr una comunicación exitosa con el microcontrolador.
6. Actualizar el software del microcontrolador con las nuevas funciones implementadas en el sistema OBDII, esto hará más completo el escáner, sin tener que invertir en hardware que aumente el costo de la herramienta.

BIBLIOGRAFÍA

1. AUGERI, Fernando. *Diagnóstico en modo 6*. [en línea]. Argentina. Disponible en: < <http://www.cise.com/porta/otas-tecnicas/item/347-diagn%C3%B3stico-en-modo-6.html>>. [Consulta: 2 de diciembre de 2012].
2. AUTEL. *DTC Library*. [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica Disponible en: <<http://www.autel.us/DTC%20Library/dtc.htm#P0100-P0199>>. [Consulta: 8 de enero de 2013].
3. ELM Electronics. *ELM 327 AT Commands* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica Disponible en: <http://www.elmelectronics.com/ELM327/AT_Commands.pdf>. [Consulta: 3 de diciembre de 2013].
4. *ELM 327, OBD to RS232 Intérpreter*. [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica. Disponible en: <<http://elmelectronics.com/DSheets/ELM327DS.pdf>>. [Consulta: 6 de enero de 2013].
5. Microchip. *PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet*. [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica Disponible en: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632c.pdf>>. [Consulta: 5 de enero de 2013].

6. NAPA Institute of Automotive Technology. *Introduction to OBDII*. [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica Disponible en: <www.lbcc.edu/atc/documents/OBD2.pdf>. [Consulta: 10 de enero de 2013].
7. New Hampshire Department of Environmental Services. *On-Board Diagnostics: A New Generation of Motor Vehicles*. [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica. Disponible en:<<http://des.nh.gov/organization/commissioner/pip/factsheets/ard/documents/ard-30.pdf>>. [Consulta: 5 de enero de 2013].
8. OBDII Experts. *OBDII Connector & Protocol by manufacturer* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica. Disponible en:<<http://www.obdexperts.co.uk/faq.html>>. [Consulta: 20 de diciembre de 2012].
9. OLIVER, John. *Implementing the J1850 Protocol*. [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica. Disponible en:<http://download.intel.com/design/intarch/papers/j1850_wp.pdf>. [Consulta: 20 de diciembre de 2012].
10. RIBBENS, William B. *Understanding Automotive Electronics*. 6a ed. Estados Unidos de Norteamérica: Newnes, 2003. 480 p. ISBN: 0-7506-7599-3.

11. SAE, Society of Automotive Engineers. *SAE J1962-2002 Diagnostic Connector Equivalent to ISODIS 15031-3*. [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica. Disponible en: <<https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/005/sae.j1962.2002.pdf>>. [Consulta: 7 de enero de 2013].

12. Virginia Department of Environmental Quality. *Malfunction Indicator Lamp* [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica. Disponible en:<<http://www.deq.state.va.us/Programs/AirCheckVirginia/ForMotoristsVehicleOwners/WhydidmyvehiclefailWaiverInformation.aspx>>. [Consulta: 14 de diciembre 2013].

ANEXOS

Anexo A. Tabla de DTC

DTC Descripción

P0000	NO SE ENCUENTRA NINGUNA AVERÍA
P0001	Control regulador volumen combustible - circuito abierto
P0002	Control regulador volumen combustible - rango/funcionamiento circuito
P0003	Control regulador volumen combustible - señal baja
P0004	Control regulador volumen combustible - señal alta
P0005	Válvula corte combustible - circuito abierto
P0006	Válvula corte combustible - señal baja
P0007	Válvula corte combustible - señal alta
P0008	Sistema posición motor (bloque 1) - rendimiento
P0009	Sistema posición motor (bloque 2) - rendimiento
P0010	0 Actuador posición árbol levas (bloque 1) - circuito defectuoso
P0011	1 Posición árbol levas (bloque 1) - encendido avanzado, rendimiento
P0012	2 Posición árbol levas (bloque 1) - encendido atrasado
P0013	3 Actuador posición árbol levas (bloque 1) - circuito defectuoso
P0014	4 Actuador posición árbol levas (bloque 1) - encendido avanzado, rendimiento
P0015	5 Actuador posición árbol levas (bloque 1) - encendido atrasado
P0016	6 cigüeñal-árbol levas (bloque 1 sensor A) - correlación
P0017	7 Posición cigüeñal-árbol levas (bloque 1 sensor B) - correlación
P0018	8 Posición cigüeñal-árbol levas (bloque 2 sensor A) - correlación
P0019	9 Posición cigüeñal-árbol levas (bloque 2 sensor B) - correlación
P0020	0 Actuador posición árbol levas (bloque 2) - circuito defectuoso
P0021	1 Posición árbol levas (bloque 2) - encendido avanzado, rendimiento
P0022	2 Posición árbol levas (bloque 2) - encendido atrasado
P0023	3 Actuador posición árbol levas (bloque 2) - circuito defectuoso
P0024	4 Actuador posición árbol levas (bloque 2) - encendido avanzado, rendimiento
P0025	5 Actuador posición árbol levas (bloque 2) - encendido atrasado
P0026	6 Circuito solenoide control válvula admisión (bloque 1) - rango
P0027	7 Circuito solenoide control válvula escape (bloque 1) - rango
P0028	8 Circuito solenoide control válvula admisión (bloque 2) - rango
P0029	9 Circuito solenoide control válvula escape (bloque 2) - rango
P0030	0 Sensor calentado oxígeno (Sensor 1 bloque 1) - circuito defectuoso
P0031	1 Sensor calentado oxígeno (Sensor 1 bloque 1) - señal baja
P0032	2 Sensor calentado oxígeno (Sensor 1 bloque 1) - señal alta
P0033	3 Válvula descarga turbocompresor - circuito defectuoso
P0034	4 descarga turbocompresor - señal baja

P0035 5 Válvula descarga turbocompresor - señal alta
 P0036 6 Sensor calentado oxígeno (Sensor 2 bloque 1) - circuito defectuoso
 P0037 7 Sensor calentado oxígeno (Sensor 2 bloque 1) - señal baja
 P0038 8 Sensor calentado oxígeno (Sensor 2 bloque 1) - señal alta
 P0039 9 Válvula derivación turbocompresor - rango
 P0040 0 Señales sensor oxígeno cambiadas (bloque 1 sensor 1 y bloque 2 sensor 1)
 P0041 1 Señales sensor oxígeno cambiadas (bloque 1 sensor 2 y bloque 2 sensor 2)
 P0042 2 Sensor calentado oxígeno (Sensor 3 bloque 1) - circuito defectuoso
 P0043 3 Sensor calentado oxígeno (Sensor 3 bloque 1) - señal baja
 P0044 4 Sensor calentado oxígeno (Sensor 3 bloque 1) - señal alta
 P0045 5 Solenoide sobrealimentación turbocompresor - circuito abierto
 P0046 6 Solenoide sobrealimentación turbocompresor - rango, rendimiento
 P0047 7 Solenoide sobrealimentación turbocompresor - señal baja
 P0048 8 Solenoide sobrealimentación turbocompresor - señal alta
 P0049 9 Turbina turbocompresor - sobre velocidad
 P0050 0 Sensor calentado oxígeno (Sensor 1 bloque 2) - circuito defectuoso
 P0051 1 Sensor calentado oxígeno (Sensor 1 bloque 2) - señal baja
 P0052 2 Sensor calentado oxígeno (Sensor 1 bloque 2) - señal alta
 P0053 3 Sensor calentado oxígeno (Sensor 1 bloque 1) - resistencia
 P0054 4 Sensor calentado oxígeno (Sensor 2 bloque 1) - resistencia
 P0055 5 Sensor calentado oxígeno (Sensor 3 bloque 1) - resistencia
 P0056 6 Sensor calentado oxígeno (Sensor 2 bloque 2) - circuito defectuoso
 P0057 7 Sensor calentado oxígeno (Sensor 2 bloque 2) - señal baja
 P0058 8 Sensor calentado oxígeno (Sensor 2 bloque 2) - señal alta
 P0059 9 Sensor calentado oxígeno (Sensor 1 bloque 2) - resistencia
 P0060 0 Sensor calentado oxígeno (Sensor 2 bloque 2) - resistencia
 P0061 1 Sensor calentado oxígeno (Sensor 3 bloque 2) - resistencia
 P0062 2 Sensor calentado oxígeno (Sensor 3 bloque 2) - circuito defectuoso
 P0063 3 Sensor calentado oxígeno (Sensor 3 bloque 2) - señal baja
 P0064 64 Sensor calentado oxígeno (Sensor 3 bloque 2) - señal alta
 P0065 65 Inyector asistido por aire - rango, funcionamiento
 P0066 66 Inyector asistido por aire - circuito defectuoso, señal baja
 P0067 67 Inyector asistido por aire - señal alta
 P0068 68 Correlación sensor MAP/sensor MAF/Posición mariposa
 P0069 69 Correlación sensor presión absoluta colector/sensor presión barométrica
 P0070 70 Sensor temperatura aire ambiente - circuito defectuoso
 P0071 71 Sensor temperatura aire ambiente - rango, funcionamiento
 P0072 72 Sensor temperatura aire ambiente - señal baja
 P0073 73 Sensor temperatura aire ambiente - señal alta
 P0074 74 Sensor temperatura aire ambiente - interrupción intermitente
 P0075 75 Solenoide control válvula admisión (bloque 1) - circuito defectuoso
 P0076 76 Solenoide control válvula admisión (bloque 1) - señal baja

P0077 77 Solenoide control válvula admisión (bloque 1) - señal alta
P0078 78 Solenoide control válvula escape (bloque 1) - circuito defectuoso
P0079 79 Solenoide control válvula escape (bloque 1) - señal baja
P0080 80 Solenoide control válvula escape (bloque 1) - señal alta
P0081 81 Solenoide control válvula admisión (bloque 2) - circuito defectuoso
P0082 82 Solenoide control válvula admisión (bloque 2) - señal baja
P0083 83 Solenoide control válvula admisión (bloque 2) - señal alta
P0084 84 Solenoide control válvula escape (bloque 2) - circuito defectuoso
P0085 85 Solenoide control válvula escape (bloque 2) - señal baja
P0086 86 Solenoide control válvula escape (bloque 2) - señal alta
P0087 87 Rampa combustible/presión sistema demasiado baja
P0088 88 Rampa combustible/presión sistema demasiado alta
P0089 89 Regulador presión combustible 1 - funcionamiento
P0090 90 Solenoide dosificador combustible 1 - circuito abierto
P0091 91 Solenoide dosificador combustible 1 - cortocircuito a masa
P0092 92 Solenoide dosificador combustible 1 - cortocircuito a positivo
P0093 93 Fuga en sistema combustible - fuga grande
P0094 94 Fuga en sistema combustible - fuga pequeña
P0095 95 Sensor temperatura aire admisión 2 - circuito defectuoso
P0096 96 Sensor temperatura aire admisión 2 - rango, funcionamiento
P0097 97 Sensor temperatura aire admisión 2 - señal baja
P0098 98 Sensor temperatura aire admisión 2 - señal alta
P0099 99 Sensor temperatura aire admisión 2 - circuito intermitente
P0100 00 Sensor masa/volumen aire - circuito defectuoso
P0101 01 Sensor masa/volumen aire - rango, funcionamiento
P0102 02 Sensor masa/volumen aire - señal entrada baja
P0103 03 Sensor masa/volumen aire - señal entrada alta
P0104 04 Sensor masa/volumen aire - interrupción intermitente
P0105 05 Sensor presión absoluta colector/presión barométrica - circuito defectuoso
P0106 06 Sensor presión absoluta colector/presión barométrica - rango, funcionamiento
P0107 07 Sensor presión absoluta colector/presión barométrica - señal entrada baja
P0108 08 Sensor presión absoluta colector/presión barométrica - señal entrada alta
P0109 09 Sensor presión absoluta colector/presión barométrica - interrupción intermitente
P0110 10 Sensor temperatura aire admisión - circuito defectuoso
P0111 11 Sensor temperatura aire admisión - rango, funcionamiento
P0112 12 Sensor temperatura aire admisión - señal entrada baja
P0113 13 Sensor temperatura aire admisión - señal entrada alta
P0114 14 Sensor temperatura aire admisión - interrupción intermitente
P0115 15 Sensor temperatura refrigerante motor - circuito defectuoso
P0116 16 Sensor temperatura refrigerante motor - rango, funcionamiento
P0117 17 Sensor temperatura refrigerante motor - señal entrada baja
P0118 18 Sensor temperatura refrigerante motor - señal entrada alta

P0119 19 Sensor temperatura refrigerante motor - interrupción intermitente
P0120 20 Sensor posición pedal acelerador A/mariposa A - circuito defectuoso
P0121 21 Sensor posición pedal acelerador A/mariposa A - rango, funcionamiento
P0122 22 Sensor posición pedal acelerador A/mariposa A - señal entrada baja
P0123 23 Sensor posición pedal acelerador A/mariposa A - señal entrada alta
P0124 24 Sensor posición pedal acelerador A/mariposa A - interrupción intermitente
P0125 25 Temperatura refrigerante insuficiente para control combustible bucle cerrado
P0126 26 Temperatura refrigerante insuficiente para funcionamiento estable
P0127 27 Temperatura aire admisión demasiado alta
P0128 28 Termostato refrigerante - circuito defectuoso
P0129 29 Presión barométrica demasiado baja
P0130 30 Sensor oxígeno (Sensor 1 bloque 1) - circuito defectuoso
P0131 31 Sensor oxígeno (Sensor 1 bloque 1) - baja tensión
P0132 32 Sensor oxígeno (Sensor 1 bloque 1) - alta tensión
P0133 33 Sensor oxígeno (Sensor 1 bloque 1) - respuesta lenta
P0134 34 Sensor oxígeno (Sensor 1 bloque 1) - actividad no detectada
P0135 35 Sensor calentado oxígeno (Sensor 1 bloque 1) - circuito defectuoso
P0136 36 Sensor oxígeno (Sensor 2 bloque 1) - circuito defectuoso
P0137 37 Sensor oxígeno (Sensor 2 bloque 1) - baja tensión
P0138 38 Sensor oxígeno (Sensor 2 bloque 1) - alta tensión
P0139 39 Sensor oxígeno (Sensor 2 bloque 1) - respuesta lenta
P0140 40 Sensor oxígeno (Sensor 2 bloque 1) - actividad no detectada
P0141 41 Sensor calentado oxígeno (Sensor 2 bloque 1) - circuito defectuoso
P0142 42 Sensor oxígeno (Sensor 3 bloque 1) - circuito defectuoso
P0143 43 Sensor oxígeno (Sensor 3 bloque 1) - baja tensión
P0144 44 Sensor oxígeno (Sensor 3 bloque 1) - alta tensión
P0145 45 Sensor oxígeno (Sensor 3 bloque 1) - respuesta lenta
P0146 46 Sensor oxígeno (Sensor 3 bloque 1) - actividad no detectada
P0147 47 Sensor calentado oxígeno (Sensor 3 bloque 1) - circuito defectuoso
P0148 48 Error alimentación combustible
P0149 49 Error reglaje combustible
P0150 50 Sensor oxígeno (Sensor 1 bloque 2) - circuito defectuoso
P0151 51 Sensor oxígeno (Sensor 1 bloque 2) - baja tensión
P0152 52 Sensor oxígeno (Sensor 1 bloque 2) - alta tensión
P0153 53 Sensor oxígeno (Sensor 1 bloque 2) - respuesta lenta
P0154 54 Sensor oxígeno (Sensor 1 bloque 2) - actividad no detectada
P0155 55 Sensor calentado oxígeno (Sensor 1 bloque 2) - circuito defectuoso
P0156 56 Sensor oxígeno (Sensor 2 bloque 2) - circuito defectuoso
P0157 57 Sensor oxígeno (Sensor 2 bloque 2) - baja tensión
P0158 58 Sensor oxígeno (Sensor 2 bloque 2) - alta tensión
P0159 59 Sensor oxígeno (Sensor 2 bloque 2) - respuesta lenta
P0160 60 Sensor oxígeno (Sensor 2 bloque 2) - actividad no detectada

P0161 61 Sensor calentado oxígeno (Sensor 2 bloque 2) - circuito defectuoso
P0162 62 Sensor oxígeno (Sensor 3 bloque 2) - circuito defectuoso
P0163 63 Sensor oxígeno (Sensor 3 bloque 2) - baja tensión
P0164 64 Sensor oxígeno (Sensor 3 bloque 2) - alta tensión
P0165 65 Sensor oxígeno (Sensor 3 bloque 2) - respuesta lenta
P0166 66 Sensor oxígeno (Sensor 3 bloque 2) - actividad no detectada
P0167 67 Sensor calentado oxígeno (Sensor 3 bloque 2) - circuito defectuoso
P0168 68 Temperatura combustible demasiado alta
P0169 69 Composición combustible incorrecta
P0170 70 Regulación inyección (bloque 1) - circuito defectuoso
P0171 71 Regulación inyección (bloque 1) - demasiado pobre
P0172 72 Regulación inyección (bloque 1) - demasiado rico
P0173 73 Regulación inyección (bloque 2) - circuito defectuoso
P0174 74 Regulación inyección (bloque 2) - demasiado pobre
P0175 75 Regulación inyección (bloque 2) - demasiado rico
P0176 76 Sensor composición combustible - circuito defectuoso
P0177 77 Sensor composición combustible - rango, funcionamiento
P0178 78 Sensor composición combustible - señal entrada baja
P0179 79 Sensor composición combustible - señal entrada alta
P0180 80 Sensor temperatura combustible A - circuito defectuoso
P0181 81 Sensor temperatura combustible A - rango, funcionamiento
P0182 82 Sensor temperatura combustible A - señal entrada baja
P0183 83 Sensor temperatura combustible A - señal entrada alta
P0184 84 Sensor temperatura combustible A - interrupción intermitente
P0185 85 Sensor temperatura combustible B - circuito defectuoso
P0186 86 Sensor temperatura combustible B - rango, funcionamiento
P0187 87 Sensor temperatura combustible B - señal entrada baja
P0188 88 Sensor temperatura combustible B - señal entrada alta
P0189 89 Sensor temperatura combustible B - interrupción intermitente
P0190 90 Sensor presión rampa combustible - circuito defectuoso
P0191 91 Sensor presión rampa combustible - rango, funcionamiento
P0192 92 Sensor presión rampa combustible - señal entrada baja
P0193 93 Sensor presión rampa combustible - señal entrada alta
P0194 94 Sensor presión rampa combustible - interrupción intermitente
P0195 95 Sensor temperatura aceite motor - circuito defectuoso
P0196 96 Sensor temperatura aceite motor - rango, funcionamiento
P0197 97 Sensor temperatura aceite motor - señal entrada baja
P0198 98 Sensor temperatura aceite motor - señal entrada alta
P0199 99 Sensor temperatura aceite motor - interrupción intermitente
P0200 00 Inyector - circuito defectuoso
P0201 01 Inyector cilindro 1 - circuito defectuoso
P0202 02 Inyector cilindro 2 - circuito defectuoso

P0203 03 Inyector cilindro 3 - circuito defectuoso
P0204 04 Inyector cilindro 4 - circuito defectuoso
P0205 05 Inyector cilindro 5 - circuito defectuoso
P0206 06 Inyector cilindro 6 - circuito defectuoso
P0207 07 Inyector cilindro 7 - circuito defectuoso
P0208 08 Inyector cilindro 8 - circuito defectuoso
P0209 09 Inyector cilindro 9 - circuito defectuoso
P0210 10 Inyector cilindro 10 - circuito defectuoso
P0211 11 Inyector cilindro 11 - circuito defectuoso
P0212 12 Inyector cilindro 12 - circuito defectuoso
P0213 13 Inyector arranque en frio 1 - circuito defectuoso
P0214 14 Inyector arranque en frio 2 - circuito defectuoso
P0215 15 Solenoide corte combustible - circuito defectuoso
P0216 16 Control reglaje inyección - circuito defectuoso
P0217 17 Sobrecalentamiento motor
P0218 18 Sobrecalentamiento transmisión
P0219 19 Sobre régimen motor
P0220 20 Sensor posición pedal acelerador B/mariposa B - circuito defectuoso
P0221 21 Sensor posición pedal acelerador B/mariposa B - rango, funcionamiento
P0222 22 Sensor posición pedal acelerador B/mariposa B - señal entrada baja
P0223 23 Sensor posición pedal acelerador B/mariposa B - señal entrada alta
P0224 24 Sensor posición pedal acelerador B/mariposa B - interrupción intermitente
P0225 25 Sensor posición pedal acelerador C/mariposa C - circuito defectuoso
P0226 26 Sensor posición pedal acelerador C/mariposa C - rango, funcionamiento
P0227 27 Sensor posición pedal acelerador C/mariposa C - señal entrada baja
P0228 28 Sensor posición pedal acelerador C/mariposa C - señal entrada alta
P0229 29 Sensor posición pedal acelerador C/mariposa C - interrupción intermitente
P0230 30 Relé bomba combustible principal - circuito defectuoso
P0231 31 Relé bomba combustible secundaria - señal baja
P0232 32 Relé bomba combustible secundaria - señal alta
P0233 33 Relé bomba combustible secundaria - interrupción intermitente
P0234 34 Sobrealimentación motor - límite excedido
P0235 35 Sobrealimentación motor turbocompresor - límite no alcanzado
P0236 36 Sensor presión absoluta colector A (turbo) - rango, funcionamiento
P0237 37 Sensor presión absoluta colector A (turbo) - señal baja
P0238 38 Sensor presión absoluta colector A (turbo) - señal alta
P0239 39 Sensor presión absoluta colector B (turbo) - circuito defectuoso
P0240 40 Sensor presión absoluta colector B (turbo) - rango, funcionamiento
P0241 41 Sensor presión absoluta colector B (turbo) - señal baja
P0242 42 Sensor presión absoluta colector B (turbo) - señal alta
P0243 43 Válvula descarga turbo A - circuito defectuoso
P0244 44 Válvula descarga turbo A - rango, funcionamiento

P0245 45 Válvula descarga turbo A - señal baja
P0246 46 Válvula descarga turbo A - señal alta
P0247 47 Válvula descarga turbo B - circuito defectuoso
P0248 48 Válvula descarga turbo B - rango, funcionamiento
P0249 49 Válvula descarga turbo B - señal baja
P0250 50 Válvula descarga turbo B - señal alta
P0251 51 Bomba inyección A (árbol levas/rotor) - circuito defectuoso
P0252 52 Bomba inyección A (árbol levas/rotor) - rango, funcionamiento
P0253 53 Bomba inyección A (árbol levas/rotor) - señal baja
P0254 54 Bomba inyección A (árbol levas/rotor) - señal alta
P0255 55 Bomba inyección A (árbol levas/rotor) - interrupción intermitente
P0256 56 Bomba inyección B (árbol levas/rotor) - circuito defectuoso
P0257 57 Bomba inyección B (árbol levas/rotor) - rango, funcionamiento
P0258 58 Bomba inyección B (árbol levas/rotor) - señal baja
P0259 59 Bomba inyección B (árbol levas/rotor) - señal alta
P0260 60 Bomba inyección B (árbol levas/rotor) - interrupción intermitente
P0261 61 Inyector cilindro 1 - señal baja
P0262 62 Inyector cilindro 1 - señal alta
P0263 63 Cilindro 1 - fallo contribución/equilibrio
P0264 64 Inyector cilindro 2 - señal baja
P0265 65 Inyector cilindro 2 - señal alta
P0266 66 Cilindro 2 - fallo contribución/equilibrio
P0267 67 Inyector cilindro 3 - señal baja
P0268 68 Inyector cilindro 3 - señal alta
P0269 69 Cilindro 3 - fallo contribución/equilibrio
P0270 70 Inyector cilindro 4 - señal baja
P0271 71 Inyector cilindro 4 - señal alta
P0272 72 Cilindro 4 - fallo contribución/equilibrio
P0273 73 Inyector cilindro 5 - señal baja
P0274 74 Inyector cilindro 5 - señal alta
P0275 75 Cilindro 5 - fallo contribución/equilibrio
P0276 76 Inyector cilindro 6 - señal baja
P0277 77 Inyector cilindro 6 - señal alta
P0278 78 Cilindro 6 - fallo contribución/equilibrio
P0279 79 Inyector cilindro 7 - señal baja
P0280 80 Inyector cilindro 7 - señal alta
P0281 81 Cilindro 7 - fallo contribución/equilibrio
P0282 82 Inyector cilindro 8 - señal baja
P0283 83 Inyector cilindro 8 - señal alta
P0284 84 Cilindro 8 - fallo contribución/equilibrio
P0285 85 Inyector cilindro 9 - señal baja
P0286 86 Inyector cilindro 9 - señal alta

P0287 87 Cilindro 9 - fallo contribución/equilibrio
P0288 88 Inyector cilindro 10 - señal baja
P0289 89 Inyector cilindro 10 - señal alta
P0290 90 Cilindro 10 - fallo contribución/equilibrio
P0291 91 Inyector cilindro 11 - señal baja
P0292 92 Inyector cilindro 11 - señal alta
P0293 93 Cilindro 11 - fallo contribución/equilibrio
P0294 94 Inyector cilindro 12 - señal baja
P0295 95 Inyector cilindro 12 - señal alta
P0296 96 Cilindro 12 - fallo contribución/equilibrio
P0297 97 Sobre velocidad del vehículo
P0298 98 Temperatura aceite motor demasiado alta
P0299 99 Turbocompresor
P0300 00 Uno o varios cilindros - falsa explosión detectada
P0301 01 Cilindro 1 - falsa explosión detectada
P0302 02 Cilindro 2 - falsa explosión detectada
P0303 03 Cilindro 3 - falsa explosión detectada
P0304 04 Cilindro 4 - falsa explosión detectada
P0305 05 Cilindro 5 - falsa explosión detectada
P0306 06 Cilindro 6 - falsa explosión detectada
P0307 07 Cilindro 7 - falsa explosión detectada
P0308 08 Cilindro 8 - falsa explosión detectada
P0309 09 Cilindro 9 - falsa explosión detectada
P0310 10 Cilindro 10 - falsa explosión detectada
P0311 11 Cilindro 11 - falsa explosión detectada
P0312 12 Cilindro 12 - falsa explosión detectada
P0313 13 Falsa explosión detectada - nivel bajo combustible
P0314 14 Falsa explosión en un solo cilindro
P0315 15 Sistema posición cigüeñal
P0316 16 Falsa explosión durante arranque motor
P0317 17 No encuentra hardware carretera desnivelada
P0318 18 Sensor carretera desnivelada A - circuito defectuoso
P0319 19 Sensor carretera desnivelada B - circuito defectuoso
P0320 20 Sensor posición cigüeñal/régimen motor - circuito defectuoso
P0321 21 Sensor posición cigüeñal/régimen motor - rango, funcionamiento
P0322 22 Sensor posición cigüeñal/régimen motor - no hay señal
P0323 23 Sensor posición cigüeñal/régimen motor - interrupción intermitente
P0324 24 Error sistema control detonación
P0325 25 Sensor detonación 1 (bloque 1) - circuito defectuoso
P0326 26 Sensor detonación 1 (bloque 1) - rango funcionamiento
P0327 27 Sensor detonación 1 (bloque 1) - señal entrada baja
P0328 28 Sensor detonación 1 (bloque 1) - señal entrada alta

P0329 29 Sensor detonación 1 (bloque 1) - interrupción intermitente
P0330 30 Sensor detonación 2 (bloque 2) - circuito defectuoso
P0331 31 Sensor detonación 2 (bloque 2) - rango, funcionamiento
P0332 32 Sensor detonación 2 (bloque 2) - señal entrada baja
P0333 33 Sensor detonación 2 (bloque 2) - señal entrada alta
P0334 34 Sensor detonación 2 (bloque 2) - interrupción intermitente
P0335 35 Sensor posición cigüeñal A - circuito defectuoso
P0336 36 Sensor posición cigüeñal A - rango, funcionamiento
P0337 37 Sensor posición cigüeñal A - señal entrada baja
P0338 38 Sensor posición cigüeñal A - señal entrada alta
P0339 39 Sensor posición cigüeñal A - interrupción intermitente
P0340 40 Sensor posición árbol levas A (bloque 1) - circuito defectuoso
P0341 41 Sensor posición árbol levas A (bloque 1) - rango, funcionamiento
P0342 42 Sensor posición árbol levas A (bloque 1) - señal entrada baja
P0343 43 Sensor posición árbol levas A (bloque 1) - señal entrada alta
P0344 44 Sensor posición árbol levas A (bloque 1) - interrupción intermitente
P0345 45 Sensor posición árbol levas A (bloque 2) - circuito defectuoso
P0346 46 Sensor posición árbol levas A (bloque 2) - rango, funcionamiento
P0347 47 Sensor posición árbol levas A (bloque 2) - señal entrada baja
P0348 48 Sensor posición árbol levas A (bloque 2) - señal entrada alta
P0349 49 Sensor posición árbol levas A (bloque 2) - interrupción intermitente
P0350 50 Bobina encendido primaria/secundaria - circuito defectuoso
P0351 51 Bobina encendido A primaria/secundaria - circuito defectuoso
P0352 52 Bobina encendido B primaria/secundaria - circuito defectuoso
P0353 53 Bobina encendido C primaria/secundaria - circuito defectuoso
P0354 54 Bobina encendido D primaria/secundaria - circuito defectuoso
P0355 55 Bobina encendido E primaria/secundaria - circuito defectuoso
P0356 56 Bobina encendido F primaria/secundaria - circuito defectuoso
P0357 57 Bobina encendido G primaria/secundaria - circuito defectuoso
P0358 58 Bobina encendido H primaria/secundaria - circuito defectuoso
P0359 59 Bobina encendido I primaria/secundaria - circuito defectuoso
P0360 60 Bobina encendido J primaria/secundaria - circuito defectuoso
P0361 61 Bobina encendido K primaria/secundaria - circuito defectuoso
P0362 62 Bobina encendido L primaria/secundaria - circuito defectuoso
P0363 63 Falsa explosión detectada - cancelación alimentación combustible
P0365 65 Sensor posición árbol levas B, bloque 1 - circuito defectuoso
P0366 66 Sensor posición árbol levas B, bloque 1 - rango, funcionamiento
P0367 67 Sensor posición árbol levas B, bloque 1 - señal entrada baja
P0368 68 Sensor posición árbol levas B, bloque 1 - señal entrada alta
P0369 69 Sensor posición árbol levas B, bloque 1 - interrupción intermitente
P0370 70 Referencia reglaje encendido, señal alta resolución A - defectuosa
P0371 71 Referencia reglaje encendido, señal alta resolución A - demasiados impulsos

P0372 72 Referencia reglaje encendido, señal alta resolución A - pocos impulsos
P0373 73 Referencia reglaje encendido, señal alta resolución A - Impulsos intermitentes
P0374 74 Referencia reglaje encendido, señal alta resolución A - No hay impulsos
P0375 75 Referencia reglaje encendido, señal alta resolución B - defectuosa
P0376 76 Referencia reglaje encendido, señal alta resolución B - demasiados impulsos
P0377 77 Referencia reglaje encendido, señal alta resolución B - pocos impulsos
P0378 78 Referencia reglaje encendido, señal alta resolución B - impulsos intermitentes
P0379 79 Referencia reglaje encendido, señal alta resolución B - no hay impulsos
P0380 80 Calentadores, circuito A - defectuoso
P0381 81 Testigo calentadores - circuito defectuoso
P0382 82 Calentadores, circuito B - defectuoso
P0385 85 Sensor posición cigüeñal B - circuito defectuoso
P0386 86 Sensor posición cigüeñal B - rango, funcionamiento
P0387 87 Sensor posición cigüeñal B - señal entrada baja
P0388 88 Sensor posición cigüeñal B - señal entrada alta
P0389 89 Sensor posición cigüeñal B - interrupción intermitente
P0390 90 Sensor posición cigüeñal B (bloque 2) - circuito defectuoso
P0391 91 Sensor posición cigüeñal B (bloque 2) - rango, funcionamiento
P0392 92 Sensor posición cigüeñal B (bloque 2) - señal entrada baja
P0393 93 Sensor posición cigüeñal B (bloque 2) - señal entrada alta
P0394 94 Sensor posición cigüeñal B (bloque 2) - interrupción intermitente
P0400 400 Recirculación gases escape - flujo defectuoso
P0401 401 Recirculación gases escape - flujo insuficiente
P0402 402 Recirculación gases escape - flujo excesivo
P0403 403 Recirculación gases escape - circuito defectuoso
P0404 404 Recirculación gases escape - rango, funcionamiento
P0405 405 Sensor válvula EGR A - señal baja
P0406 406 Sensor válvula EGR A - señal alta
P0407 407 Sensor válvula EGR B - señal baja
P0408 408 Sensor válvula EGR B - señal alta
P0409 409 Sensor recirculación gases escape A - circuito defectuoso
P0410 410 Sistema inyección aire secundario - defectuoso
P0411 411 Sistema inyección aire secundario - flujo incorrecto
P0412 412 Válvula inyección aire secundario A - circuito defectuoso
P0413 413 Válvula inyección aire secundario A - circuito abierto
P0414 414 Válvula inyección aire secundario A - cortocircuito
P0415 415 Válvula inyección aire secundario B - circuito defectuoso
P0416 416 Válvula inyección aire secundario B - circuito abierto
P0417 417 Válvula inyección aire secundario B - cortocircuito
P0418 418 Relé inyección aire secundario A - circuito defectuoso
P0419 419 Relé inyección aire secundario B - circuito defectuoso
P0420 420 Sistema catalizador (bloque 1) - eficiencia por debajo umbral

P0421 421 Catalizador delantero (bloque 1) - eficiencia por debajo umbral
P0422 422 Catalizador principal (bloque 1) - eficiencia por debajo umbral
P0423 423 Catalizador calentado (bloque 1) - eficiencia por debajo umbral
P0424 424 Catalizador calentado (bloque 1) - temperatura por debajo umbral
P0425 425 Sensor temperatura catalizador (bloque 1)
P0426 426 Sensor temperatura catalizador (bloque 1) - rango, funcionamiento
P0427 427 Sensor temperatura catalizador (bloque 1) - señal baja
P0428 428 Sensor temperatura catalizador (bloque 1) - señal alta
P0429 429 Calentador catalizador (bloque 1) - circuito defectuoso
P0430 430 Sistema catalizador (bloque 2) - eficiencia por debajo umbral
P0431 431 Catalizador delantero (bloque 2) - eficiencia por debajo umbral
P0432 432 Catalizador principal (bloque 2) - eficiencia por debajo umbral
P0433 433 Catalizador calentado (bloque 2) - eficiencia por debajo umbral
P0434 434 Catalizador calentado (bloque 2) - temperatura por debajo umbral
P0435 435 Sensor temperatura catalizador (bloque 2)
P0436 436 Sensor temperatura catalizador (bloque 2) - rango, funcionamiento
P0437 437 Sensor temperatura catalizador (bloque 2) - señal baja
P0438 438 Sensor temperatura catalizador (bloque 2) - señal alta
P0439 439 Calentador catalizador (bloque 2) - circuito defectuoso
P0440 440 Sistema emisiones evaporación - defectuoso
P0441 441 Sistema emisiones evaporación - flujo incorrecto
P0442 442 Sistema emisiones evaporación - fuga pequeña
P0443 443 Válvula control emisiones evaporación - circuito defectuoso
P0444 444 Válvula control emisiones evaporación - circuito abierto
P0445 445 Válvula control emisiones evaporación - cortocircuito
P0446 446 Sistema emisiones evaporación, control ventilación - circuito defectuoso
P0447 447 Sistema emisiones evaporación, control ventilación - circuito abierto
P0448 448 Sistema emisiones evaporación, control ventilación - cortocircuito
P0449 449 Sistema emisiones evaporación, válvula ventilación - circuito defectuoso
P0450 450 Sensor presión emisiones evaporación - circuito defectuoso
P0451 451 Sensor presión emisiones evaporación - rango, funcionamiento
P0452 452 Sensor presión emisiones evaporación - señal baja
P0453 453 Sensor presión emisiones evaporación - señal alta
P0454 454 Sensor presión emisiones evaporación - interrupción intermitente
P0455 455 Sistema emisiones evaporación - fuga grande
P0456 456 Sistema emisiones evaporación - fuga pequeña
P0457 457 Sistema emisiones evaporación - fuga detectada
P0458 458 Válvula control emisiones evaporación - señal baja
P0460 460 Sensor nivel depósito combustible - circuito defectuoso
P0461 461 Sensor nivel depósito combustible - rango, funcionamiento
P0462 462 Sensor nivel depósito combustible - señal entrada baja
P0463 463 Sensor nivel depósito combustible - señal entrada alta

P0464 464 Sensor nivel depósito combustible - interrupción intermitente
P0465 465 Sensor flujo purga filtro emisiones evaporación - circuito defectuoso
P0466 466 Sensor flujo purga filtro emisiones evaporación - rango, funcionamiento
P0467 467 Sensor flujo purga filtro emisiones evaporación - señal baja
P0468 468 Sensor flujo purga filtro emisiones evaporación - señal alta
P0469 469 Sensor flujo purga filtro emisiones evaporación - interrupción intermitente
P0470 470 Sensor presión gases escape - circuito defectuoso
P0471 471 Sensor presión gases escape - rango, funcionamiento
P0472 472 Sensor presión gases escape - señal baja
P0473 473 Sensor presión gases escape - señal alta
P0474 474 Sensor presión gases escape - interrupción intermitente
P0475 475 Válvula reguladora presión gases escape - circuito defectuoso
P0476 476 Válvula reguladora presión gases escape - rango, funcionamiento
P0477 477 Válvula reguladora presión gases escape - señal baja
P0478 478 Válvula reguladora presión gases escape - señal alta
P0479 479 Válvula reguladora presión gases escape - interrupción intermitente
P0480 480 Ventilador refrigerante motor 1 - circuito defectuoso
P0481 481 Ventilador refrigerante motor 2 - circuito defectuoso
P0482 482 Ventilador refrigerante motor 3 - circuito defectuoso
P0483 483 Ventilador refrigerante motor, prueba plausibilidad - defectuoso
P0484 484 Ventilador refrigerante motor, sobrecarga corriente en circuito
P0485 485 Ventilador refrigerante motor, potencia/masa - circuito defectuoso
P0486 486 Sensor válvula EGR B - circuito defectuoso
P0487 487 Recirculación gases escape/posición mariposa - circuito defectuoso
P0488 488 Recirculación gases escape/posición mariposa - rango, funcionamiento
P0489 489 Recirculación gases escape - señal baja
P0490 490 Recirculación gases escape - señal alta
P0491 491 Sistema inyección aire secundario (bloque 1) - funcionamiento
P0492 492 Sistema inyección aire secundario (bloque 2) - funcionamiento
P0493 493 Sobre velocidad ventilador refrigerante motor
P0494 494 Velocidad ventilador refrigerante motor baja
P0495 495 Velocidad ventilador refrigerante motor alta
P0496 496 Sistema emisiones evaporación - flujo purga alto
P0497 497 Sistema emisiones evaporación - flujo purga bajo
P0498 498 Sistema emisiones evaporación, control ventilación - señal baja
P0499 499 Sistema emisiones evaporación, control ventilación - señal alta
P0500 500 Sensor velocidad vehículo - circuito defectuoso
P0501 501 Sensor velocidad vehículo - rango, funcionamiento
P0502 502 Sensor velocidad vehículo - señal entrada baja
P0503 503 Sensor velocidad vehículo - señal alta/intermitente
P0504 504 Interruptor freno - correlación A/B
P0505 505 Sistema control ralentí - defectuoso

P0506 506 Sistema control ralentí - rpm inferior al previsto
 P0507 507 Sistema control ralentí - rpm superior al previsto
 P0508 508 Control aire ralentí - señal baja
 P0509 509 Control aire ralentí - señal alta
 P0510 510 Interruptor mariposa cerrada - circuito defectuoso
 P0511 511 Control aire ralentí - circuito defectuoso
 P0512 512 Circuito petición motor arranque - funcionamiento incorrecto
 P0513 513 Llave inmovilizadora incorrecta
 P0514 514 Sensor temperatura batería - rango, funcionamiento
 P0515 515 Sensor temperatura batería - circuito defectuoso
 P0516 516 Sensor temperatura batería - señal baja
 P0517 517 Sensor temperatura batería - señal alta
 P0518 518 Control aire ralentí - interrupción intermitente
 P0519 519 Control aire ralentí - funcionamiento circuito
 P0520 520 Sensor/interruptor presión aceite motor - circuito defectuoso
 P0521 521 Sensor/interruptor presión aceite motor - rango, funcionamiento
 P0522 522 Sensor/interruptor presión aceite motor - baja tensión
 P0523 523 Sensor/interruptor presión aceite motor - alta tensión
 P0524 524 Presión aceite motor demasiado baja
 P0525 525 Control velocidad crucero - rango, funcionamiento
 P0526 526 Sensor velocidad ventilador refrigerante motor - circuito defectuoso
 P0527 527 Sensor velocidad ventilador refrigerante motor - rango, funcionamiento
 P0528 528 Sensor velocidad ventilador refrigerante motor - no hay señal
 P0530 530 Sensor presión refrigerante aire acondicionado - circuito defectuoso
 P0531 531 Sensor presión refrigerante aire acondicionado - rango, funcionamiento
 P0532 532 Sensor presión refrigerante aire acondicionado - señal baja
 P0533 533 Sensor presión refrigerante aire acondicionado - señal alta
 P0534 534 Perdida refrigerante aire acondicionado
 P0535 535 Sensor temperatura evaporador aire acondicionado - circuito defectuoso
 P0536 536 Sensor temperatura evaporador aire acondicionado - rango, funcionamiento
 P0537 537 Sensor temperatura evaporador aire acondicionado - señal baja
 P0538 538 Sensor temperatura evaporador aire acondicionado - señal alta
 P0539 539 Sensor temperatura evaporador aire acondicionado - interrupción intermitente
 P0540 540 Calentador aire admisión A - circuito defectuoso
 P0541 541 Calentador aire admisión A - señal baja
 P0542 542 Calentador aire admisión A - señal alta
 P0543 543 Calentador aire admisión A - circuito abierto
 P0544 544 Sensor temperatura recirculación gases escape (bloque 1) - circuito defectuoso
 P0545 545 Sensor temperatura recirculación gases escape (bloque 1) - señal baja
 P0546 546 Sensor temperatura recirculación gases escape (bloque 1) - señal alta
 P0547 547 Sensor temperatura gases escape (bloque 2) - circuito defectuoso

P0548 548 Sensor temperatura gases escape (bloque 2) - señal baja
P0549 549 Sensor temperatura gases escape (bloque 2) - señal alta
P0550 550 Sensor/interruptor presión dirección asistida - circuito defectuoso
P0551 551 Sensor/interruptor presión dirección asistida - rango, funcionamiento
P0552 552 Sensor/interruptor presión dirección asistida - señal baja
P0553 553 Sensor/interruptor presión dirección asistida - señal alta
P0554 554 Sensor/interruptor presión dirección asistida - interrupción intermitente
P0555 555 Sensor presión servofreno - circuito defectuoso
P0556 556 Sensor presión servofreno - rango, funcionamiento
P0557 557 Sensor presión servofreno - señal entrada baja
P0558 558 Sensor presión servofreno - señal entrada alta
P0559 559 Sensor presión servofreno - interrupción intermitente
P0560 560 Tensión del sistema - defectuosa
P0561 561 Tensión del sistema - inestable
P0562 562 Tensión del sistema - baja
P0563 563 Tensión del sistema - alta
P0564 564 Control velocidad crucero seña entrada A - circuito defectuoso
P0565 565 Interruptor principal control velocidad, señal ON (encendido) - defectuoso
P0566 566 Interruptor principal control velocidad, señal OFF (apagado) - defectuoso
P0567 567 Interruptor selector control velocidad, resume (reanudación) - defectuoso
P0568 568 Interruptor principal control velocidad, señal SET (fijación) - defectuoso
P0569 569 Interruptor selector control velocidad, señal COAST (reducción) - defectuoso
P0570 570 Sensor posición pedal acelerador control velocidad - defectuoso
P0571 571 Interruptor de velocidad/de freno A - circuito defectuoso
P0572 572 Interruptor de velocidad/de freno A - señal baja
P0573 573 Interruptor de velocidad/de freno A - señal alta
P0574 574 Control velocidad crucero - velocidad vehículo alta
P0575 575 Control velocidad crucero - circuito defectuoso
P0576 576 Control velocidad crucero - señal entrada baja
P0577 577 Control velocidad crucero - señal entrada alta
P0578 578 Control velocidad crucero, señal entrada A - activación permanente
P0579 579 Control velocidad crucero, señal entrada A - rango, funcionamiento
P0580 580 Control velocidad crucero, señal entrada A - señal baja
P0581 581 Control velocidad crucero, señal entrada A - señal alta
P0582 582 Control velocidad crucero, control vacío - circuito abierto
P0583 583 Control velocidad crucero, control vacío - señal baja
P0584 584 Control velocidad crucero, control vacío - señal alta
P0585 585 Control velocidad crucero, señal entrada A/B - correlación
P0586 586 Control velocidad crucero, control ventilación - circuito abierto
P0587 587 Control velocidad crucero, control ventilación - señal baja
P0588 588 Control velocidad crucero, control ventilación - señal alta
P0589 589 Control velocidad crucero, señal entrada B - circuito defectuoso

P0590 590 Control velocidad crucero, señal entrada B - activación permanente
 P0591 591 Control velocidad crucero, señal entrada B - rango, funcionamiento
 P0592 592 Control velocidad crucero, señal entrada B - señal baja
 P0593 593 Control velocidad crucero, señal entrada B - señal alta
 P0594 594 Control velocidad crucero, control actuador - circuito abierto
 P0595 595 Control velocidad crucero, control actuador - señal baja
 P0596 596 Control velocidad crucero, control actuador - señal alta
 P0597 597 Control calentador termostato - circuito abierto
 P0598 598 Control calentador termostato - señal baja
 P0599 599 Control calentador termostato - señal alta
 P0600 600 Bus de datos CAN - defectuoso
 P0601 601 Módulo control motor - memoria ROM
 P0602 602 Módulo control motor - error programación
 P0603 603 Módulo control motor - error memoria permanente KAM
 P0604 604 Módulo control motor - error memoria RAM
 P0605 605 Módulo control motor - error memoria ROM
 P0606 606 Módulo de control - fallo del procesador
 P0607 607 Módulo de control - problema de funcionamiento
 P0608 608 Módulo control, señal salida sensor velocidad A - defectuosa
 P0609 609 Módulo control, señal salida sensor velocidad B - defectuosa
 P0610 610 Módulo control - error opciones vehículo
 P0611 611 Módulo control inyector combustible - problema funcionamiento
 P0612 612 Módulo control inyector combustible - circuito relé
 P0613 613 Módulo control transmisión - error procesador
 P0614 614 Módulo control motor/transmisión - discrepancia
 P0615 615 Relé motor arranque - circuito defectuoso
 P0616 616 Relé motor arranque - señal baja
 P0617 617 Relé motor arranque - señal alta
 P0618 618 Módulo control combustible alternativo - error memoria permanente KAM
 P0619 619 Módulo control combustible alternativo - error memoria RAM/ROM
 P0620 620 Control alternador - circuito defectuoso
 P0621 621 Testigo alternador - circuito defectuoso
 P0622 622 Alternador, control de campo - circuito defectuoso
 P0623 623 Testigo control generador - circuito defectuoso
 P0624 624 Testigo control tapón llenado - circuito defectuoso
 P0625 625 Terminal campo generador - señal baja
 P0626 626 Terminal campo generador - señal alta
 P0627 627 Control bomba combustible - circuito abierto
 P0628 628 Control bomba combustible - señal baja
 P0629 629 Control bomba combustible - señal alta
 P0630 630 Número bastidor VIN módulo motor/transmisión - no programado o erróneo
 P0631 631 Número bastidor VIN módulo transmisión - no programado o erróneo

P0632 632 Cuentakilómetros módulo motor/transmisión - no programado
P0633 633 Llave inmovilizadora módulo motor/transmisión - no programada
P0634 634 Módulo motor/transmisión - temperatura interna alta
P0635 635 Control dirección asistida - circuito defectuoso
P0636 636 Control dirección asistida - señal baja
P0637 637 Control dirección asistida - señal alta
P0638 638 Control actuador mariposa (bloque 1) - rango, funcionamiento
P0639 639 Control actuador mariposa (bloque 2) - rango, funcionamiento
P0640 640 Control calentador aire admisión - circuito defectuoso
P0641 641 Tensión referencia sensor A - circuito abierto
P0642 642 Control de detonación motor - defectuoso
P0643 643 Tensión referencia sensor A - señal alta
P0644 644 Pantalla del conductor, comunicación serie - circuito defectuoso
P0645 645 Aire acondicionado
P0646 646 Relé embrague compresor aire acondicionado - señal baja
P0647 647 Relé embrague compresor aire acondicionado - señal alta
P0648 648 Testigo control inmovilizador - circuito defectuoso
P0649 649 Testigo velocidad crucero - circuito defectuoso
P0650 650 Testigo de averías - circuito defectuoso
P0651 651 Tensión referencia sensor B - circuito abierto
P0652 652 Tensión referencia sensor B - señal baja
P0653 653 Tensión referencia sensor B - señal alta
P0654 654 Régimen motor (rpm) señal salida - circuito defectuoso
P0655 655 Señal salida testigo sobrecalentamiento motor - circuito defectuoso
P0656 656 Señal salida nivel combustible - circuito defectuoso
P0657 657 Tensión alimentación actuador - circuito abierto
P0658 658 Tensión alimentación actuador - señal baja
P0659 659 Tensión alimentación actuador - señal alta
P0660 660 Válvula control aire colector admisión (bloque 1) - circuito abierto
P0661 661 Válvula control aire colector admisión (bloque 1) - señal baja
P0662 662 Válvula control aire colector admisión (bloque 1) - señal alta
P0663 663 Válvula control aire colector admisión (bloque 2) - circuito abierto
P0664 664 Válvula control aire colector admisión (bloque 2) - señal baja
P0665 665 Válvula control aire colector admisión (bloque 2) - señal alta
P0666 666 Sensor temperatura interna módulo motor/transmisión - circuito defectuoso
P0667 667 Sensor temperatura interna módulo motor/transmisión - rango, funcionamiento
P0668 668 Sensor temperatura interna módulo motor/transmisión - señal baja
P0669 669 Sensor temperatura interna módulo motor/transmisión - señal alta
P0670 670 Módulo control calentadores - circuito defectuoso
P0671 671 Calentadores cilindro 1 - circuito defectuoso
P0672 672 Calentadores cilindro 2 - circuito defectuoso
P0673 673 Calentadores cilindro 3 - circuito defectuoso

P0674 674 Calentadores cilindro 4 - circuito defectuoso
P0675 675 Calentadores cilindro 5 - circuito defectuoso
P0676 676 Calentadores cilindro 6 - circuito defectuoso
P0677 677 Calentadores cilindro 7 - circuito defectuoso
P0678 678 Calentadores cilindro 8 - circuito defectuoso
P0679 679 Calentadores cilindro 9 - circuito defectuoso
P0680 680 Calentadores cilindro 10 - circuito defectuoso
P0681 681 Calentadores cilindro 11 - circuito defectuoso
P0682 682 Calentadores cilindro 12 - circuito defectuoso
P0683 683 Comunicación módulo calentadores/motor/transmisión - incorrecto
684 Comunicación módulo calentadores/motor/transmisión - rango,
P0684 funcionamiento
P0685 685 Relé alimentación módulo motor/transmisión - circuito abierto
P0686 686 Relé alimentación módulo motor/transmisión - señal baja
P0687 687 Relé control motor - cortocircuito a masa
P0688 688 Relé control motor - cortocircuito a positivo
P0689 689 Relé alimentación módulo motor/transmisión - señal baja
P0690 690 Relé alimentación módulo motor/transmisión - señal alta
P0691 691 Ventilador refrigerante motor 1 - cortocircuito a masa
P0692 692 Ventilador refrigerante motor 1 - cortocircuito a positivo
P0693 693 Ventilador refrigerante motor 2 - cortocircuito a masa
P0694 694 Ventilador refrigerante motor 2 - cortocircuito a positivo
P0695 695 Ventilador refrigerante motor 3 - cortocircuito a masa
P0696 696 Ventilador refrigerante motor 3 - cortocircuito a positivo
P0697 697 Tensión referencia sensor C - circuito abierto
P0698 698 Tensión referencia sensor C - señal baja
P0699 699 Tensión referencia sensor C - señal alta
P0700 700 Sistema control transmisión - defectuoso
P0701 701 Sistema control transmisión - rango, funcionamiento
P0702 702 Sistema control transmisión - eléctrico
P0703 703 Convertidor par/interruptor freno B - circuito defectuoso
P0704 704 Interruptor posición pedal embrague - circuito defectuoso
P0705 705 Sensor/Interruptor marchas cortas/largas P/R/N/D/L - circuito defectuoso
P0706 706 Sensor/Interruptor marchas cortas/largas - rango, funcionamiento
P0707 707 Sensor/Interruptor marchas cortas/largas - señal baja
P0708 708 Sensor/Interruptor marchas cortas/largas - señal alta
P0709 709 Sensor/Interruptor marchas cortas/largas - interrupción intermitente
P0710 710 Sensor temperatura aceite transmisión - circuito defectuoso
P0711 711 Sensor temperatura aceite transmisión - rango, funcionamiento
P0712 712 Sensor temperatura aceite transmisión - señal baja
P0713 713 Sensor temperatura aceite transmisión - señal alta
P0714 714 Sensor temperatura aceite transmisión - interrupción intermitente

P0715 715 Sensor velocidad giro árbol turbina - circuito defectuoso
P0716 716 Sensor velocidad giro árbol turbina - rango, funcionamiento
P0717 717 Sensor velocidad giro árbol turbina - no hay señal
P0718 718 Sensor velocidad giro árbol turbina - interrupción intermitente
P0719 719 Convertidor par/interruptor freno B - señal baja
P0720 720 Sensor velocidad vehículo - circuito defectuoso
P0721 721 Sensor velocidad vehículo - rango, funcionamiento
P0722 722 Sensor velocidad vehículo - no hay señal
P0723 723 Sensor velocidad vehículo - interrupción intermitente
P0724 724 Convertidor par/interruptor freno B - señal alta
P0725 725 Señal entrada régimen motor - circuito defectuoso
P0726 726 Señal entrada régimen motor - rango, funcionamiento
P0727 727 Señal entrada régimen motor - no hay señal
P0728 728 Señal entrada régimen motor - interrupción intermitente
P0730 730 Relación de marchas incorrecta
P0731 731 Marcha 1 - relación incorrecta
P0732 732 Marcha 2 - relación incorrecta
P0733 733 Marcha 3 - relación incorrecta
P0734 734 Marcha 4 - relación incorrecta
P0735 735 Marcha 5 - relación incorrecta
P0736 736 Marcha atrás - relación incorrecta
P0737 737 Régimen motor módulo control transmisión - circuito salida
P0738 738 Régimen motor módulo control transmisión - señal salida baja
P0739 739 Régimen motor módulo control transmisión - señal salida alta
P0740 740 Válvula embrague convertidor par - circuito defectuoso
P0741 741 Válvula embrague convertidor par - funcionamiento, desactivado
P0742 742 Válvula embrague convertidor par - activado permanente
P0743 743 Válvula embrague convertidor par - circuito eléctrico
P0744 744 Válvula embrague convertidor par - interrupción intermitente
P0745 745 Solenoide presión aceite transmisión - circuito defectuoso
P0746 746 Solenoide presión aceite transmisión - funcionamiento, desactivado
P0747 747 Solenoide presión aceite transmisión - activado permanente
P0748 748 Solenoide presión aceite transmisión - circuito eléctrico
P0749 749 Solenoide presión aceite transmisión - interrupción intermitente
P0750 750 Electroválvula cambio A - circuito defectuoso
P0501 501 Sensor velocidad vehículo - rango, funcionamiento
P0502 502 Sensor velocidad vehículo - señal entrada baja
P0503 503 Sensor velocidad vehículo - señal alta/intermitente
P0504 504 Interruptor freno - correlación A/B
P0505 505 Sistema control ralentí - defectuoso
P0506 506 Sistema control ralentí - rpm inferior al previsto
P0507 507 Sistema control ralentí - rpm superior al previsto

P0508 508 Control aire ralentí - señal baja
 P0509 509 Control aire ralentí - señal alta
 P0510 510 Interruptor mariposa cerrada - circuito defectuoso
 P0511 511 Control aire ralentí - circuito defectuoso
 P0512 512 Circuito petición motor arranque - funcionamiento incorrecto
 P0513 513 Llave inmovilizadora incorrecta
 P0514 514 Sensor temperatura batería - rango, funcionamiento
 P0515 515 Sensor temperatura batería - circuito defectuoso
 P0516 516 Sensor temperatura batería - señal baja
 P0517 517 Sensor temperatura batería - señal alta
 P0518 518 Control aire ralentí - interrupción intermitente
 P0519 519 Control aire ralentí - funcionamiento circuito
 P0520 520 Sensor/interruptor presión aceite motor - circuito defectuoso
 P0521 521 Sensor/interruptor presión aceite motor - rango, funcionamiento
 P0522 522 Sensor/interruptor presión aceite motor - baja tensión
 P0523 523 Sensor/interruptor presión aceite motor - alta tensión
 P0524 524 Presión aceite motor demasiado baja
 P0525 525 Control velocidad crucero - rango, funcionamiento
 P0526 526 Sensor velocidad ventilador refrigerante motor - circuito defectuoso
 P0527 527 Sensor velocidad ventilador refrigerante motor - rango, funcionamiento
 P0528 528 Sensor velocidad ventilador refrigerante motor - No hay señal
 P0530 530 Sensor presión refrigerante aire acondicionado - circuito defectuoso
 P0531 531 Sensor presión refrigerante aire acondicionado - rango, funcionamiento
 P0532 532 Sensor presión refrigerante aire acondicionado - señal baja
 P0533 533 Sensor presión refrigerante aire acondicionado - señal alta
 P0534 534 Pérdida refrigerante aire acondicionado
 P0535 535 Sensor temperatura evaporador aire acondicionado - circuito defectuoso
 P0536 536 Sensor temperatura evaporador aire acondicionado - rango, funcionamiento
 P0537 537 Sensor temperatura evaporador aire acondicionado - señal baja
 P0538 538 Sensor temperatura evaporador aire acondicionado - señal alta
 P0539 539 Sensor temperatura evaporador aire acondicionado - interrupción intermitente
 P0540 540 Calentador aire admisión A - circuito defectuoso
 P0541 541 Calentador aire admisión A - señal baja
 P0542 542 Calentador aire admisión A - señal alta
 P0543 543 Calentador aire admisión A - circuito abierto
 P0544 544 Sensor temperatura recirculación gases escape (bloque 1) - circuito defectuoso
 P0545 545 Sensor temperatura recirculación gases escape (bloque 1) - señal baja
 P0546 546 Sensor temperatura recirculación gases escape (bloque 1) - señal alta
 P0547 547 Sensor temperatura gases escape (bloque 2) - circuito defectuoso
 P0548 548 Sensor temperatura gases escape (bloque 2) - señal baja
 P0549 549 Sensor temperatura gases escape (bloque 2) - señal alta

P0550 550 Sensor/interruptor presión dirección asistida - circuito defectuoso
P0551 551 Sensor/interruptor presión dirección asistida - rango, funcionamiento
P0552 552 Sensor/interruptor presión dirección asistida - señal baja
P0553 553 Sensor/interruptor presión dirección asistida - señal alta
P0554 554 Sensor/interruptor presión dirección asistida - interrupción intermitente
P0555 555 Sensor presión servofreno - circuito defectuoso
P0556 556 Sensor presión servofreno - rango, funcionamiento
P0557 557 Sensor presión servofreno - señal entrada baja
P0558 558 Sensor presión servofreno - señal entrada alta
P0559 559 Sensor presión servofreno - interrupción intermitente
P0560 560 Tensión del sistema - defectuosa
P0561 561 Tensión del sistema - inestable
P0562 562 Tensión del sistema - baja
P0563 563 Tensión del sistema - alta
P0564 564 Control velocidad crucero seña entrada A - circuito defectuoso
P0565 565 Interruptor principal control velocidad, señal ON (encendido) - defectuoso
P0566 566 Interruptor principal control velocidad, señal OFF (apagado) - defectuoso
P0567 567 Interruptor selector control velocidad, RESUME (reanudación) - defectuoso
P0568 568 Interruptor principal control velocidad, señal SET (fijación) - defectuoso
P0569 569 Interruptor selector control velocidad, señal COAST (reducción) - defectuoso
P0570 570 Sensor posición pedal acelerador control velocidad - defectuoso
P0571 571 Interruptor de velocidad/de freno A - circuito defectuoso
P0572 572 Interruptor de velocidad/de freno A - señal baja
P0573 573 Interruptor de velocidad/de freno A - señal alta
P0574 574 Control velocidad crucero - velocidad vehículo alta
P0575 575 Control velocidad crucero - circuito defectuoso
P0576 576 Control velocidad crucero - señal entrada baja
P0577 577 Control velocidad crucero - señal entrada alta
P0578 578 Control velocidad crucero, señal entrada A - activación permanente
P0579 579 Control velocidad crucero, señal entrada A - rango, funcionamiento
P0580 580 Control velocidad crucero, señal entrada A - señal baja
P0581 581 Control velocidad crucero, señal entrada A - señal alta
P0582 582 Control velocidad crucero, control vacío - circuito abierto
P0583 583 Control velocidad crucero, control vacío - señal baja
P0584 584 Control velocidad crucero, control vacío - señal alta
P0585 585 Control velocidad crucero, señal entrada A/B - correlación
P0586 586 Control velocidad crucero, control ventilación - circuito abierto
P0587 587 Control velocidad crucero, control ventilación - señal baja
P0588 588 Control velocidad crucero, control ventilación - señal alta
P0589 589 Control velocidad crucero, señal entrada B - circuito defectuoso
P0590 590 Control velocidad crucero, señal entrada B - activación permanente
P0591 591 Control velocidad crucero, señal entrada B - rango, funcionamiento

P0592 592 Control velocidad crucero, señal entrada B - señal baja
P0593 593 Control velocidad crucero, señal entrada B - señal alta
P0594 594 Control velocidad crucero, control actuador - circuito abierto
P0595 595 Control velocidad crucero, control actuador - señal baja
P0596 596 Control velocidad crucero, control actuador - señal alta
P0597 597 Control calentador termostato - circuito abierto
P0598 598 Control calentador termostato - señal baja
P0599 599 Control calentador termostato - señal alta
P0600 600 Bus de datos CAN - defectuoso
P0601 601 Módulo control motor - memoria ROM
P0602 602 Módulo control motor - error programación

Fuente: <http://www.furgovw.org/index.php?topic=159196.0>. Consulta: 12 de enero de 2013.

Anexo B. Comandos AT de ELM32

ELM327 AT Commands

Version in which the command first appeared...

version	Command	Description	Group
1.2	DM1	(J1939) Monitor for DM1 messages	J1939
1.0	DP	Describe the current Protocol	OBD
1.0	DPN	Describe the Protocol by Number	OBD
1.0	E0	Echo Off	General
1.0	E1	Echo On	General
1.1	FC SD [1-5 bytes]	Flow Control Set Data to [...]	CAN
1.1	FC SH hh hh hh hh	Flow Control Set the Header to hhhhhhhh	CAN
1.1	FC SH hhh	Flow Control Set the Header to hhh	CAN
1.1	FC SM h	Flow Control Set the Mode to h	CAN
1.3a	FE	Forget Events	General
1.4	FI	perform a Fast Initiation	ISO
1.0	H0	Headers Off	OBD
1.0	H1	Headers On	OBD
1.0	I	Print the ID	General
1.0	IB 10	set the ISO Baud rate to 10400	ISO
1.4	IB 48	set the ISO Baud rate to 4800	ISO
1.0	IB 96	set the ISO Baud rate to 9600	ISO
1.2	IFR H	IFR value from Header	J1850
1.2	IFR S	IFR value from Source	J1850
1.2	IFR0	IFRs Off	J1850
1.2	IFR1	IFRs Auto	J1850
1.2	IFR2	IFRs On	J1850
1.4	IGN	read the IgnMon input level	Other
1.2	IIA hh	set the ISO (slow) Init Address to hh	ISO
1.3	JE	use J1939 Elm data format	J1939
1.4b	JHF0	J1939 Header Formatting Off	J1939
1.4b	JHF1	J1939 Header Formatting On	J1939
1.3	JS	use J1939 SAE data format	J1939
1.4b	JTM1	set the J1939 Timer Multiplier to 1x	J1939
1.4b	JTM5	set the J1939 Timer Multiplier to 5x	J1939
1.3	KW	display the Key Words	ISO
1.2	KW0	Key Word checking Off	ISO
1.2	KW1	Key Word checking On	ISO
1.0	L0	Linefeeds Off	General
1.0	L1	Linefeeds On	General

ELM327 AT Commands

Version in which the command first appeared...

version	Command	Description	Group
1.4	SS	set Standard Search order (J1978)	OBD
1.0	ST hh	Set Timeout to hh x 4 msec	OBD
1.0	SW hh	Set Wakeup interval to hh x 20 msec	ISO
1.4	TA hh	set Tester Address to hh	OBD
1.0	TP Ah	Try Protocol h with Auto search	OBD
1.0	TP h	Try Protocol h	OBD
1.3	V0	use of Variable DLC Off	CAN
1.3	V1	use of Variable DLC On	CAN
1.2	WM [1-6 bytes]	Set the Wakeup Message	ISO
1.0	WM xxyyzzaa	set the Wakeup Message to xxyyzzaa	ISO
1.0	WM xxyyzzaabb	set the Wakeup Message to xxyyzzaabb	ISO
1.0	WM xxyyzzaabbcc	set the Wakeup Message to xxyyzzaabbcc	ISO
1.0	WS	Warm Start	General
1.0	Z	reset all	General

Fuente: http://www.elmelectronics.com/ELM327/AT_Commands.pdf. Consulta: 7 de enero de 2013.

