

## IMPLEMENTACIÓN DE CLÚSTER AUTOMOTRIZ PARA FINES DIDÁCTICOS

David Ricardo López Flores<sup>1</sup>, Jesús González Chacón<sup>2</sup>, Liseth Reyes<sup>2</sup>, Víctor García Pérez<sup>1</sup>, Roberto Herrera Salcedo<sup>1</sup>, Marcelino Sánchez Alvarado<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Chihuahua.

Dpto. de Mecatrónica y Energías Renovables.

Ave. Montes Americanos No. 9501 Sector 35

C.P. 31216 Chihuahua, Chih., México, Tel.: +52 (614) 4-32-20-00 ext. 105

dlopez@utch.edu.mx, biktort\_z@hotmail.com, rherrera@utch.edu.mx, msanchez@utch.edu.mx

<sup>2</sup>Visteon Technical Center Mexico

Dpto. de Ingeniería Eléctrica

Ave. Heroico Colegio Militar No. 4701

C.P. 31105 Chihuahua, Chih. México, Tel.: +52 (614) 4-29-50-49

jgonza34@visteon.com, lreyes3@visteon.com

### RESUMEN

En el presente trabajo, se muestra el desarrollo e implementación de un módulo didáctico para desarrollo de prácticas en el tema de la Autotrónica, basado en un panel de instrumentos básicos del automóvil, como el velocímetro y medidor de RPM (Revoluciones Por Minuto) entre otros. El módulo está construido en base a Controladores de Red de Área (CAN, *Controller Area Network*) y el Microcontrolador ATMEGA328P, además, de la creación de una base de datos para lectura/escritura de instrumentos basada en protocolos vehiculares según la recomendación de expertos del Centro Técnico de Visteon México. La comunicación entre el prototipo y un Computador de Escritorio (PC) es mediante el *GRYPHON 2* (Dispositivo para establecer conexión entre la PC y la Red del Automóvil) y *LabVIEW* (programa de National Instruments, NI). Se presentan pruebas funcionales de comunicación entre el módulo didáctico y la PC basadas en el protocolo CAN y la base de datos desarrollada para esta aplicación bajo las recomendaciones de Visteon.

**Palabras Clave:** Red CAN, Autotrónica, bases de datos, *LabVIEW*.

### ABSTRACT

In this paper, we present the development and implementation of a training module for develop of practices in the subject of autotronics, based on a panel of automotive basic instruments such as a speedometer and tachometer in RPM (Revolutions per Minute) and others. The module is built in base of Area Network drivers (CAN, *Controller Area Network*) and Microcontroller ATMEGA328P, also of a created database for reading/writing instruments based on vehicle protocols according to expertise recommendations from the Visteon Technical Center Mexico. Communication between prototype and the desktop computer (PC) is made by *GRYPHON 2* (device to establish connection between PC and Network Automobile) and *LabVIEW* (National Instruments program, NI). Communication functional testing between training module and PC based under CAN protocol and its database developed for this application as Visteon recommendations are presented.

**Keywords:** CAN, Autotronics, database, *LabVIEW*.

### 1. INTRODUCCIÓN

El escritor e inventor francés *Nicolás Joseph Cugnot* fue el primero en construir un automóvil de vapor en el año 1769, el cual fue diseñado principalmente para arrastrar piezas de artillería, es evidente que en aquel entonces no se tenían definidos protocolos de comunicación entre los dispositivos mecánicos del automóvil para el control del mismo [1]. Hoy en día han transcurrido más 230 años de evolución en este tema o industria, en la cual podemos apreciar ciertas disciplinas que se aplican en el contexto del automóvil como son, la mecánica, motores de combustión, la electrónica, entre otros. La electrónica como disciplina aplicada en el automóvil, tiene como función, hacer exacto y preciso el control de instrumentos y lecturas de sensores para obtener un mejor desempeño y seguridad del mismo, mediante protocolos de comunicación basados en redes CAN [2], el cual es un protocolo de comunicación serial orientado a mensajes y al control distributivo en tiempo real, donde sus reglas se encuentran regidas por estándares como lo son el ISO (Organización Internacional de Normalización) 11898 y J850. Cabe mencionar que este protocolo fue desarrollado en los años 90 por la firma alemana *Robert Bosch GmbH*, para remplazar cableados largos y complicados para la industria automotriz [3].

La evolución de la industria automotriz implica un incremento en la actividad económica, como lo es en el caso de Chihuahua, que tiene un total de 156,544 empleos al mes de marzo de 2015 en dicha industria, según cifras del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) [4]; es sabido que para que una industria tenga factibilidad técnica, debe contar con recurso humano altamente capacitado y con la finalidad de contribuir a dicha capacitación, se plantea el diseño y construcción de módulo didáctico para desarrollo de prácticas en el tema de la Autotrónica bajo las recomendaciones y observaciones de personal experto del Centro Técnico de Visteon cuya finalidad

es de apoyar la estrategia global de la empresa en el creciente negocio de electrónicos para vehículos.

En la figura 1 se puede apreciar la propuesta del módulo didáctico, en la cual el practicante puede crear bases de datos similares a las que se emplean en la redes vehiculares actuales, interactuar a nivel de dispositivos, programación/operación del dispositivo *GRYPHON 2* y desarrollo de programas mediante *LabVIEW* para lectura de bases de datos de la red. El prototipo consiste en una serie de indicadores tales como falla de fusibles, falta de cinturón de seguridad, entre otros. Además, de indicador de gasolina, velocímetro, RPM y control de seguros de puertas y ventanas, entre otros. Mediante el diseño y construcción de un sistema mínimo basado en el Microcontrolador ATMEGA328P, controlador de periféricos (SPI) MCP2515 y controlador CAN MCP2551 se logra agrupar el panel de instrumentos propuesto en una red CAN. Un dispositivo *GRYPHON 2* nos habilita para leer/escribir en la red CAN a uno o más dispositivos y/o grupos de instrumentos a través de la PC y un programa desarrollado *LabVIEW*.

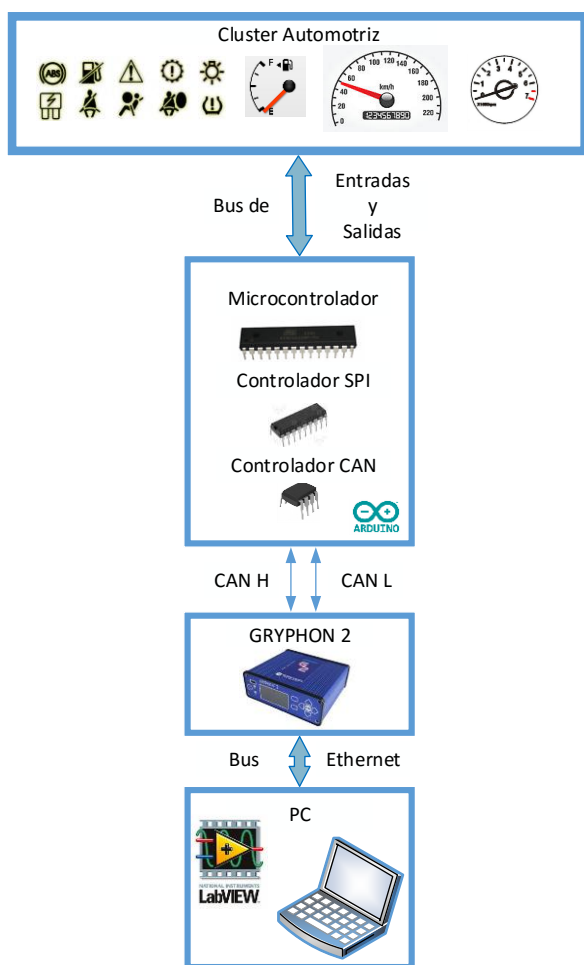


Figura 1. Prototipo didáctico de Autotrónica propuesto.

## 2. DESARROLLO

En este capítulo se presenta el diseño y construcción del clúster automotriz, el sistema mínimo para el agrupamiento de los indicadores e instrumentos del clúster, el desarrollo de la base de datos basada en CAN, los diagramas de flujo para lectura/escritura que se implementaron en el sistema mínimo y el programa *LabVIEW*.

### 2.1. Clúster Automotriz

En el desarrollo del panel de instrumentos como se puede apreciar en el diagrama a bloques/eléctrico de la figura 2, se consideraron potenciómetros que permiten leer el valor de los indicadores (grupo 1) de velocidad, RPM, nivel de gasolina, nivel de aceite y batería. En el caso de los indicadores (grupo 2) tales como seguro de puertas, luces de interiores, faros, control de ventanas, entre otros, se emplearon interruptores para generar y leer su estado, además, de un led indicador para visualizar su valor en el clúster. Por último, para visualizar el estado de dispositivos (grupo 3) como, motor, gasolina baja, falla de fusibles, entre otros, se utilizaron Led's (Diodo Emisor de Luz), los cuales pueden ser accionados a nivel de palabra de control mediante la interfaz CAN y *LabVIEW*.

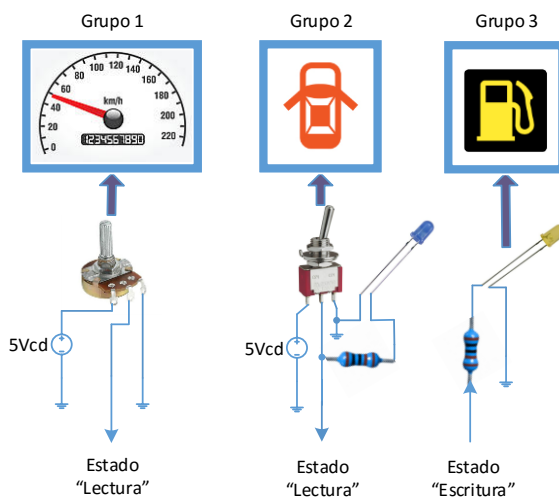


Figura 2. Agrupación del panel de instrumentos para lectura y escritura.

La agrupación de los instrumentos es para facilitar la elaboración de la base de datos que nos permitirá un mejor control de lectura y escritura del clúster automotriz.

### 2.2. Sistema Mínimo

La implementación de la red CAN para lectura/escritura de los instrumentos, sensores y actuadores del clúster automotriz se puede apreciar en la figura 3 y 4, ambos diagramas a bloques eléctricos están contruidos a base del Microcontrolador ATMEGA 328P [5], el cual se encarga de gestionar la lectura/escritura de la base de datos que agrupa los dispositivos físicos del clúster. Para poder contar con más de un grupo de

instrumentos interconectados a la Red CAN es necesario el controlador SPI (MCP2515) [6], el cual se encarga de controlar los mensajes provenientes del Microcontrolador y el controlador CAN (MCP2551) [7] como transductor de señales TTL (Lógica Transistor a Transistor) a señales de tipo capa física de CAN con el estándar 11898, reconociendo como 0 lógico (bit dominante) un voltaje aproximado de 2.0 V, resultado de la tensión diferencial entre CAN H = 3.5 V y CAN L = 1.5 V, como 1 lógico (bit recesivo) un voltaje cercano a 0V, resultado de la tención diferencial de CAN H = CAN L = 2.5 V.

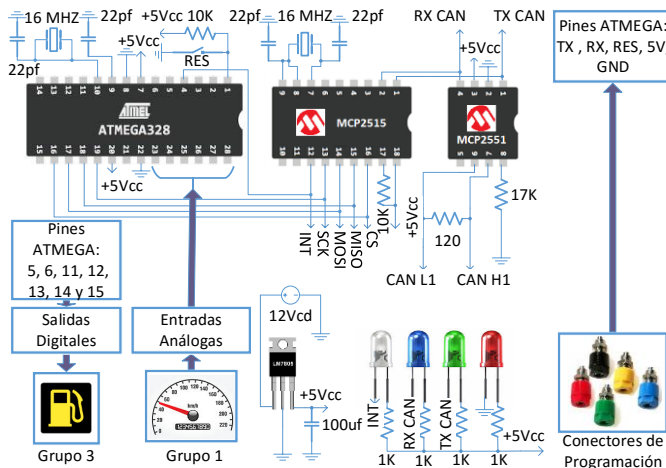


Figura 3. Sistema mínimo A, para lectura/escritura en CAN de dispositivos de grupo 1 y 3.

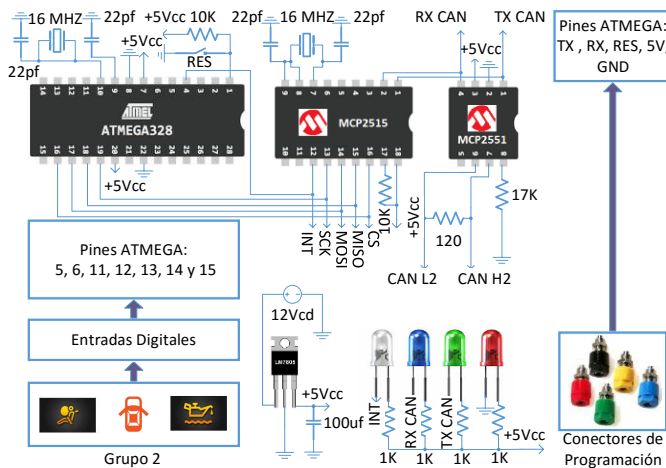


Figura 4. Sistema mínimo B, para lectura/escritura en CAN de dispositivos de grupo 2.

Finalmente en la figura 5 se aprecia el esquema a bloques de la interconexión de la Red CAN mediante el GRYPHON 2, el cual recibe comandos con el estándar de transmisión de datos para redes de área local (ETHERNET) desde una PC que contiene el programa desarrollado en LabVIEW para esta aplicación [8, 9].

Los comandos recibidos por infraestructura ETHERNET son convertidos por el GRYPHON 2 a protocolo de comunicación CAN con el estándar 11898. De acuerdo con la figura 5, podemos notar la unión típica de CAN L1 y CAN L2 con CAN L, CAN H1 y CAN H2 con CAN H, habilitando de esta forma la capacidad de interactuar a nivel de componente, programación y gestión del clúster automotriz entre los tres grupos a través del bit dominante, el cual indica que grupo va empezar a transmitir o recibir un mensaje por la red.

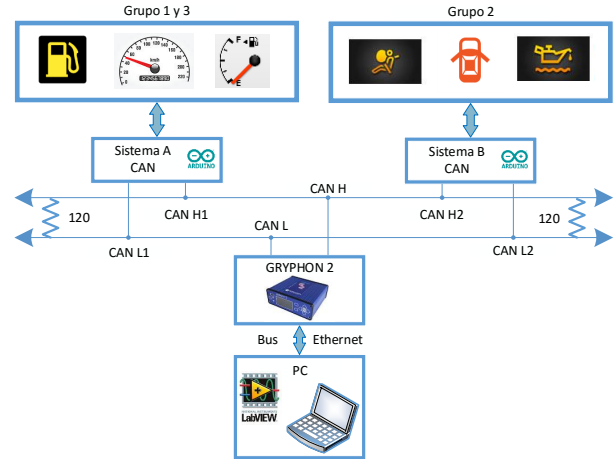


Figura 5. Red CAN para gestión del clúster automotriz.

### 2.3. Base de Datos CAN

El protocolo CAN que se utiliza en el proyecto, es el CAN 2.0A el cual posee un identificador de 11 bits y puede transmitir hasta 2048 identificadores que transmiten tramas de datos desde 125Kps a 1Mbps. El formato de las tramas CAN realizan diferentes funciones, según sea la situación particular, las cuales son: Trama de Datos (Data Frame), Trama Remota o de Solicitud (Remote Frame), Trama de Error (Error Frame), Trama de Sobrecarga (Overload Frame) e Intertrama (Interframe). En la figura 6 podemos apreciar el estándar ISO 11898 que se utilizó para el desarrollo de la base de datos [10-12].

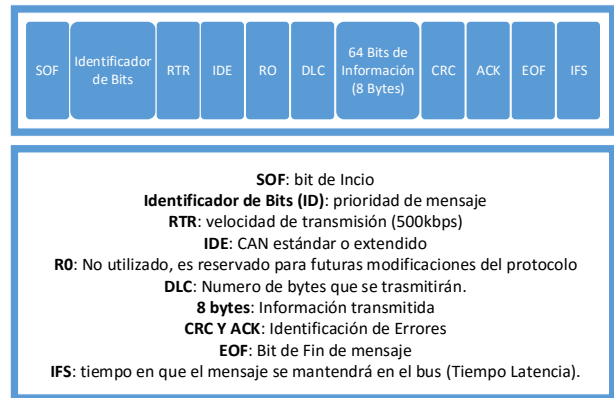


Figura 6. Estructura de mensaje CAN bajo el estándar 11898.

De acuerdo con la figura 5, es posible representar en un solo identificador el estado de escritura/lectura de 8 instrumentos, sin embargo para fines didácticos hemos empleado 7 identificadores para agrupar los instrumentos del clúster en donde cada color representa la posición de los 8 bytes posibles de información, esto se puede apreciar en la tabla 1. Además, categorizamos como actuador a los dispositivos del clúster al cual podemos escribir su estado, reconociendo como 1 lógico la palabra en hexadecimal 0x01 y lo contrario como 0x00. Como indicadores a los instrumentos que podemos leer su estado desde el clúster, el cual puede en estados lógicos 1 y 0 con la palabra 0x01 y 0x00 respectivamente, y para el caso de los instrumentos, como ejemplo: el velocímetro y RPM, lecturas en el rango de 0 a 255, equivalentes en hexadecimal de 0x00 a 0xFF.

Tabla 1. Base de datos CAN

ID	Instrumento	Posición en la información
340	Cinturón de seguridad	Indicadores
	Bloqueo de seguridad de puertas	00 00 00 00 00 00 00 00
	Puertas	0x01 = ON, 0x00 = OFF
341	Luces interiores	Indicadores
	Faros	00 00 00 00 00 00 00 00
	Ventanas	0x01 = ON, 0x00 = OFF
	Limpiaparabrisas	
342	Velocímetro	Indicadores
	RPM	00 00 00 00 00 00 00 00
343	Nivel de gasolina	Indicadores
	Nivel de aceite	0 = 0x00 a 255 = 0xFF
344	Temperatura del motor	Indicadores
	Carga de batería	00 00 00 00 00 00 00 00
345	Chequeo del motor	Actuadores
	Advertencia de temperatura	00 00 00 00 00 00 00 00
	Presión de aceite	0x01 = ON, 0x00 = OFF
346	Luz de advertencia ABS	Actuadores
	Presión de neumáticos	00 00 00 00 00 00 00 00
	Bolsa de aire	0x01 = ON, 0x00 = OFF
	Alerta de la batería	

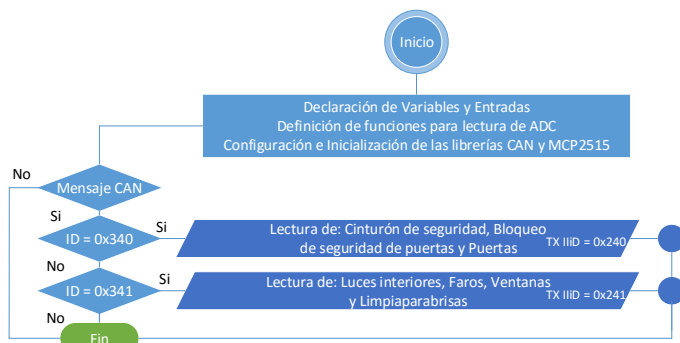


Figura 7. Diagrama de flujo de programación para sistema mínimo B.

## 2.4. Programación

En la figura 7 y 8 se puede observar el diagrama de flujo que se implementó para la programación en el sistema mínimo B y A

respectivamente, tomando en cuenta la base de datos presentada en la tabla 1.

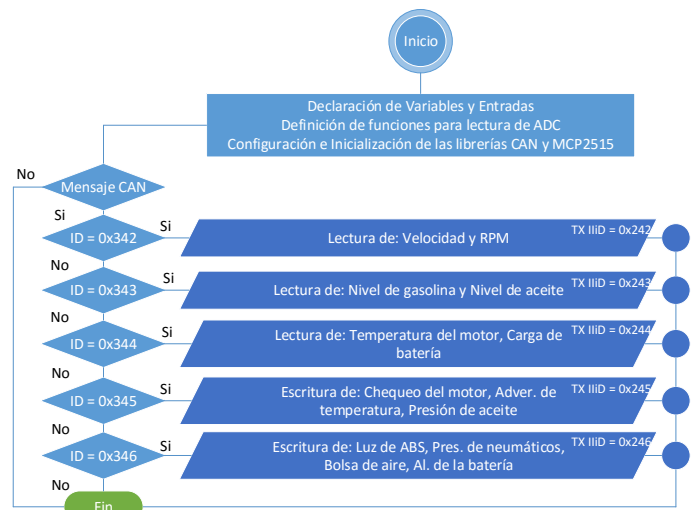


Figura 8. Diagrama de flujo de programación para sistema mínimo A.

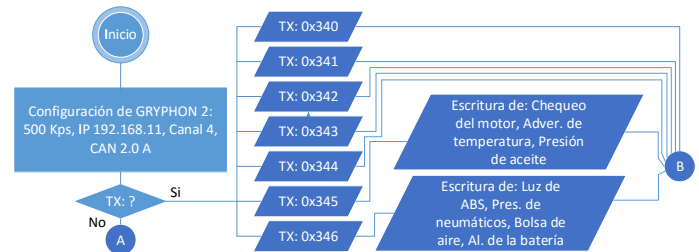


Figura 9. Trasmisión de mensajes CAN en LabVIEW.

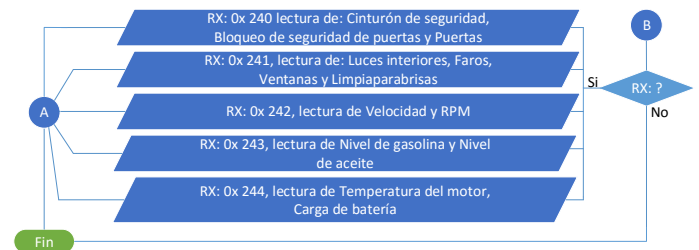


Figura 10. Recepción de mensajes CAN en LabVIEW.

En el desarrollo del programa para el sistema mínimo A y B, se emplearon librerías facilitadas por el fabricante *Arduino-Sparkfun* [13], las cuales facilitan la gestión de los mensajes CAN bajo el protocolo estándar 11898. De acuerdo con los diagramas de flujo, primero inicializamos variables y entradas, además de la inicialización de funciones para lectura de los canales analógicos y la configuración de la librerías para la operación del controlador *SPI* MCP2515, seguido esperamos a que se produzca un mensaje nuevo en la red y de acuerdo con el tipo de identificador se procede a leer/escribir el panel del



clúster según sea el caso. En la Figura 9 y 10 se muestra el diagrama de flujo del programa desarrollado en *LabVIEW*, los cuales consisten en configurar el *GRYPHON 2*, transmitir y recibir mensajes *CAN* para desplegarlos en un panel virtual de instrumentos.

### 3. RESULTADOS

La construcción de los sistemas mínimos se pueden apreciar en la figura 11. En la figura 12 se puede observar la implementación del clúster automotriz y en la figura 13 se puede visualizar la conexión del clúster con la PC.

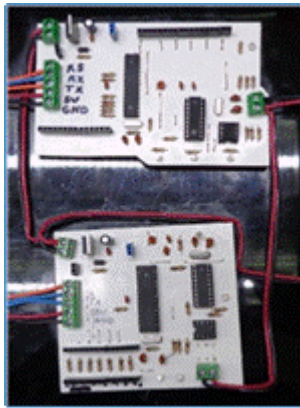


Figura 11. Sistema mínimo A y B.



Figura 12. Panel de instrumentos del clúster.



Figura 13. Clúster en conexión con la PC.

Para apreciar mejor el panel virtual de instrumentos en la PC se muestra la figura 14, la cual representa el panel de la figura 12.

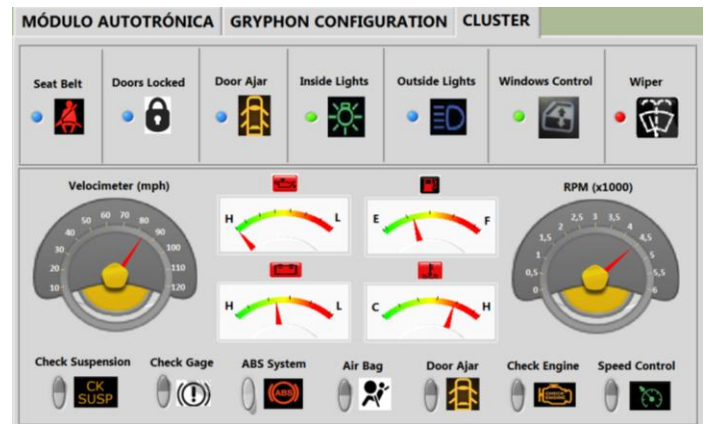


Figura 14. Panel virtual de instrumentos del clúster automotriz.

Con fines de validar el proceso de comunicación presentamos en la figura 15 la transmisión de un mensaje con el identificador 0x341H que corresponde con el estado de Luces interiores, Faros, Ventanas y Limpiaparabrisas, seguido podemos notar que el modulo didáctico responde con los estados actuales a través del identificador 0x241, tomando de izquierda a derecha el byte menos significativo. Para este experimento se utilizó el programa *Hercules*, el cual es facilitado por el grupo de *DG Technologies* (empresa que ofrece soluciones en redes de automóviles)

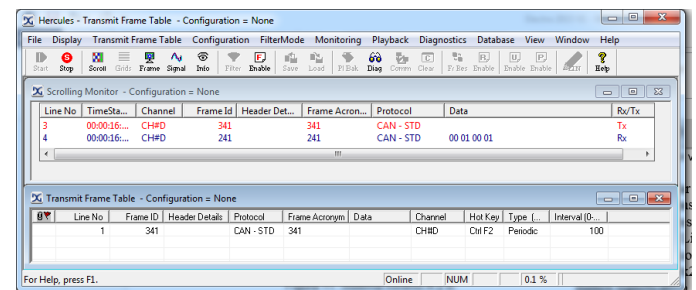


Figura 15. Validación de la Red CAN.

En esencia, al mandar mediante Hercules el mensaje 0x341 (color rojo) el modulo didáctico responde según la figura 7 y la tabla 1, el estado generado en el clúster por el usuario, el cual resulta con Luces de Interiores y Ventanas en estado apagado, además de Faros y Limpiaparabrisas en encendido, esto mediante el mensaje (color azul) 0x0241 00 01 00 01, dejando los otros 4 bytes sin escribir, ya que según la tabla 1 no son utilizados.

### 4. CONCLUSIONES

Se presentó en este proyecto un módulo didáctico para aplicaciones automotrices en el cual se pueden desarrollar prácticas de lectura/escritura de instrumentos similares a un

clúster de un automóvil basados en una Red CAN 2.0A bajo el estándar 11898, además, de desarrollar programas basados en LabVIEW y el ATMEGA 328P que puedan gestionar la base de datos creada por el usuario, consolidando de esta forma desde los conceptos básicos de CAN hasta los más complicados como lo es la comprensión del mensaje a nivel de bits con señales físicas. Este proyecto habilita una importante herramienta para entrenamiento y formación de recurso humano en el tema de la Autotrónica dentro del marco de los planes de estudio de TSU e Ing. en Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de Chihuahua.

Se trabajó con aplicaciones desarrolladas por DG Technologies para el producto GRYPHON 2 con la finalidad de validación de resultados y la Red de Comunicación.

## AGRADECIMIENTOS

La conclusión de este proyecto es gracias a las recomendaciones y observaciones dadas por los expertos en el tema de Autotrónica del Centro Técnico de Visteon México en colaboración con el Cuerpo Académico de Electromecánica Industrial de la UTCH.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Ángel Escamilla Arrollo, Red Controladora de Área (CAN): Protocolo de Comunicación Serial Distribuida, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo [en línea] disponible <http://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Red%20controladora%20de%20area%20CAN.pdf>, sitio visitado en octubre de 2014.
- [2] Corrigan, S. *Introduction to the Controller Area Network (CAN)*. Texas Instruments. USA. August 2002.
- [3] Bosch, R., *CAN Specification Version 2.0*. BOSCH, 1991.
- [4] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Ocupación y Empleo, [en línea] disponible <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/Default.aspx?s=est&c=26055&ent=08&e=08&t=1>, sitio visitado el 13 de agosto de 2015.
- [5] Atmel Corporation, *Atmel 8-Bit Microcontroller with 4/8/16/32 KBytes In-System Programmable Flash*, data sheet Atmel-8271I-AVR- ATmega, USA, © Octubre 2014.
- [6] Microchip Technology Inc., *Stand-Alone CAN Controller with SPI Interface MCP2515*, data sheet DS21801G, USA, © 2003-2012.
- [7] Microchip Technology Inc., *High-Speed CAN transceiver MCP2551*, data sheet DS21667D, USA, 2003.
- [8] DG Technologies Vehicle Network Solutions, *Gryphon 2 product page* [en línea], disponible <http://www.dgtech.com/product/gryphon2/gryphon2.php>, sitio visitado en octubre de 2014.
- [9] DG Technologies Vehicle Network Solutions, *Hercules Software page* [en línea], disponible <http://www.dgtech.com/product/hercules/downloads/downloads.php>, sitio visitado en octubre de 2014.
- [10] Freescale, *Bosch Controller Area Network (CAN) Version 2.0 Protocol Standard*, Freescale Semiconductor, Inc., Rev 3, 1998.
- [11] Universidad de las Américas, Definición y Teoría de Operación del bus de CAN, Colección de Tesis Digitales [en línea], disponible [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lmt/pacheco\\_h\\_je/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/pacheco_h_je/capitulo2.pdf), sitio visitado en noviembre de 2014.
- [12] --. *CAN in Automation (CiA): Controller Area Network (CAN)* [en línea], disponible <http://www.can-cia.org/>, sitio visitado en octubre de 2014.
- [13] --. *Sparkfun Home page* [en línea], disponible <http://www.sparkfun.com/products/10039>, sitio visitado en octubre de 2014.