

Trabajo académico

Diagnóstico de las redes General Motor Local Area Network y Local Interconnect Network implementadas en un vehículo Chevrolet Camaro 2011

Diagnosis of the General Motor Local Area Network and Local Interconnect Network implemented in a 2011 Chevrolet Camaro vehicle

Freddy Apuparo - Luis Ilbay - Claudio Ortiz

Instituto Superior Tecnológico Luis Rogelio González
 Azogues, Ecuador
 luis.ilbay@institutoscanar.ec,
 freddy.apuparo@institutoscanar.ec,
 claudio.ortiz@institutoscanar.ec

RESUMEN

En el presente trabajo investigativo da a conocer los resultados del estudio de las redes que se encuentran en el vehículo Chevrolet Camaro 2011, mediante el diagrama eléctrico del fabricante se observan tres redes de comunicación las cuales son: Low Speed GMLAN Serial Data, High Speed GMLAN Serial Data y red LIN.

Se emplea una metodología experimental, con el uso de un equipo de diagnóstico, un osciloscopio y una caja de desconexión, se mide el voltaje, la resistencia de la red High Speed GMLAN Serial Data, la velocidad de transmisión de datos, además se clasifica a cada una de las redes según su clase de transmisión, la topología o arquitectura de las redes. A su vez se generan averías en las distintas redes que provocan la pérdida de comunicación.

Finalmente se detallan los particulares de cada uno de los protocolos de comunicación que utiliza el vehículo.

Palabras Claves

Chevrolet Camaro, Gateway, High Speed GMLAN Serial Data, Low Speed GMLAN Serial Data, Red LIN

ABSTRAC

In the present research work, it presents the results of the study of the networks found in the Chevrolet Camaro 2011 vehicle, through the manufacturer's electrical diagram, three communication networks are observed: Low Speed GMLAN Serial Data, High Speed GMLAN Serial Data and LIN network.

An experimental methodology is used, with the use of a diagnostic equipment, an oscilloscope and a disconnection box, the voltage, the resistance of the High Speed GMLAN Serial Data network, the data transmission speed is measured, and it is also classified as each of the networks according to their transmission class, the topology or architecture of the networks. In turn, breakdowns are generated in the different networks that cause loss of communication.

Finally, the particulars of each of the communication protocols used by the vehicle are detailed.

Keywords

Chevrolet Camaro, Gateway, High Speed GMLAN Serial Data, Low Speed GMLAN Serial Data, Red LIN

I. Introducción

Durante el año de 1950 la tecnología implementada en el vehículo requería de conexiones simples con un número reducido de líneas, el cableado era necesario para la conexión de la batería, arranque, encendido, además de los sistemas de iluminación y señalización. Al pasar de los años se fue incrementando la longitud del cableado, e implementando algunos accesorios, los mismos que generaban un aumento del peso del vehículo. Posteriormente, al momento que la inyección electrónica se integra al motor, la arquitectura eléctrica del automóvil se vuelve mucho más compleja, requiriendo una mayor longitud de conductor y conexiones, esto hace que se incremente el peso del vehículo ya que se comienza a utilizar diversos sensores que monitorean el comportamiento del motor, así como actuadores que generan la alimentación de combustible, como lo afirma [1].

No solo el control electrónico se aplicó a los sistemas de alimentación y encendido, el mecanismo de frenos mediante el control ABS (Anti lock Braking System) también requirió de más cable, sensores y conexiones para su funcionamiento, a medida que la instrumentación tomó protagonismo en el vehículo se hizo necesario reducir la complejidad de la arquitectura eléctrica, pues, muchos más sistemas requerían de módulos, sensores y actuadores.

Durante el año de 1982 se inició el sistema CAN (Controller Area Network) el cual se realizó entre BOSCH e INTEL, al inicio su uso fue exclusivo en la industria automovilística dando como resultado la disminución de la longitud del cableado (reducción del peso) y número de conexiones en el vehículo volviendo así menos compleja su arquitectura, pero a la vez más complicada a la hora de diagnosticar averías como se indica en [2].

También se implementaron nuevos sistemas con control electrónico, el control de estabilidad ESP (Electronic Stability Program), el RCM (Restraint Control Module), el control de instrumentos de la carrocería a través de una BCM (Body Control Module), entre otros, requirieron el intercambio de datos por medio de lenguaje binario. En dependencia del modelo del automóvil y su gama pueden existir entre 20 a 80 microcontroladores instalados en los módulos de un vehículo moderno, esto conlleva a que el costo de desarrollar este sistema y su compatibilidad con diversas interfaces aumente [1].

El sistema bus CAN en la actualidad y durante muchos años atrás ha venido siendo el más utilizado en la mayoría de vehículos, permite la transferencia de datos relevantes entre unidades de control, pero también existen diferentes protocolos de comunicación como por ejemplo el Bus LIN (Local Interconnect Network), el Bus MOST (Media Oriented Systems Transport), el Bus VAN (Vehicle Area Network) que son denominados como subbuses [3], así como modificaciones del protocolo CAN, siendo uno de estos el GMLAN.

GM (General Motors) desarrolló GMLAN (General Mo-

tor Local Area Network) con la ayuda de la tecnología CAN para sustituir el Bus de clase 2, con el cual existe una velocidad de transmisión de hasta 1 Mbps (Megabyte por segundo). El CAN es menos costoso que el Bus de clase 2 por que existen mayores proveedores de encapsulados CAN, mientras que el Bus de clase 2 utiliza chips personalizados, dentro de un automotor existen módulos que requieren alta velocidad como: la ECM, PCM, ABS, EPS, RCM mientras otros módulos, por ejemplo: controladores de asientos, de ventana, y de puerta funcionan a velocidades más bajas.

En el protocolo GMLAN se encuentran dos tipos de Buses que se conectan entre sí mediante un módulo de "puerta de enlace" o gateway, el High Speed GMLAN Serial Data tiene dos cables (bialámbrica) y es el de alta velocidad (500 Kbps), puede conectar hasta 16 computadoras y medir máximo 30 metros de longitud del cableado. En cambio, el Low Speed GMLAN Serial Data tiene un solo cable (mono alámbrico) siendo de menor velocidad (33,33 Kbps) con una longitud del cable máxima de 60 metros con disposición para conectar hasta 32 computadoras como dan a conocer D. C. Fheanis y J. A. Tenney en [4]. El módulo gateway realiza la comunicación entre las redes de altas y bajas velocidades.

Con respecto al protocolo LIN (Local Interconnect Network) una particularidad de este sistema de red multiplexada son que las unidades de control se encuentran ubicadas dentro de una zona limitada y concreta, también puede transmitir datos de una forma cíclica mediante el control LIN maestra como indica [5].

En la presente investigación se indica los resultados del estudio realizado en los protocolos High Speed GMLAN Serial Data, Low Speed GMLAN Serial Data y LIN (Local Interconnect Network) implementados en la comunicación de los módulos de un vehículo Chevrolet Camaro 2011, el objetivo de este trabajo es el análisis de los particulares de dichos protocolos enfocando esto en el diagnóstico y reparación de redes multiplexadas automotrices.

II. Método

A nivel nacional se han desarrollado múltiples investigaciones respecto al uso de redes multiplexadas en vehículos, los aportes generados por sus autores, su metodología y resultados de relevancia se describen a continuación.

En [6] se explica los procedimientos para la revisión y diagnóstico de redes multiplexadas Bus CAN, con el uso de un osciloscopio automotriz se presenta la metodología experimental a seguir para identificar fallas en el oscilograma de la red. Dentro de los aportes se resaltan las formas de onda de las siguientes averías, cortocircuito entre: CAN High y tierra, CAN Low y Tierra, CAN High y CAN Low, CAN High y alimentación de batería, CAN Low y alimentación de batería y finalmente una señal CAN corrupta.

En [7] se da a conocer los análisis de las redes CAN en los

modelos de automóviles más comerciales del país, mediante la utilización de un osciloscopio automotriz conectado a una laptop se aplica una metodología experimental que indica la forma apropiada de realizar las conexiones y configuraciones del osciloscopio, además de obtener las señales de comportamiento de las redes multiplexadas. Los resultados obtenidos en torno a esta investigación reflejan los diagramas de la diferencia de los niveles de tensión dominante y recesivo entre: CAN High y masa, CAN Low y masa, de los diferentes vehículos.

En referencia al documento citado en [8] se profundiza los particulares sobre redes CAN, ventajas, misiones que cumplan los diferentes elementos como: cables de Bus, controlador, transceptor y resistencias de terminación; se aporta la diferencia de tensión para la transmisión de datos y se enfatiza en la descripción del Gateway. Además, se da a conocer que mediante un equipo de diagnóstico y una caja de desconexiones se puede aplicar una metodología experimental sin realizar daños a las ECUs de la red procediendo a crear diferentes anomalías entre CAN High y CAN Low. Reportando en la Tabla I la categorización de 8 tipos de averías bajo normativa ISO.

Tabla I. averías producidas entre CAN - High y CAN - Low, según ISO

ISO	CAN - Low	CAN - High
1		Interrupción
2	Interrupción	
3		Corto con positivo de la batería
4	Corto con masa	
5		Corto con masa
6	Corto con positivo de la batería	Corto con CAN- High
7	Corto con CAN-Low	Falta R_{term}
8	Falta R_{term}	

En el trabajo evidenciado en [9] se realiza un compendio teórico sobre el funcionamiento de las redes multiplexadas que se aplican en los automóviles, además se da a conocer una metodología experimental para diagnosticar y reparar redes de los vehículos, como resultado de la investigación los autores realizan una red multiplexada con microcontroladores ABR (Available Bit Rate) para comandar puertas del vehículo, concluyendo que las redes en este dan mayores ventajas que el cableado convencional, seguidamente el autor aporta 6 pasos para el diagnóstico de una red multiplexada los cuales son:

- Paso 1: Revise cualquier cosa que funcione o no funcione.
- Paso 2: Realice la prueba de estado del módulo.
- Paso 3: Revise los valores de resistencia de los terminales
- Paso 4: Revise los voltajes del Bus de datos.
- Paso 5: Utilice un osciloscopio de almacenamiento digital para monitorear las formas de onda del circuito Bus

- Paso 6: Siga las instrucciones del manual de servicio para aislar la causa de la falla.

En la investigación referenciada en [10] incluye las comprobaciones que se deben hacer en un sistema de comunicación multiplexado con respecto al manual de servicio del vehículo Toyota Prius, la comprobación lo realiza a través de un equipo de diagnóstico Techstream y un osciloscopio automotriz en donde se verifican las líneas de comunicación entre los canales CAN- H y CAN-L aportando los oscilogramas de funcionamiento.

Por otra parte en [10] el autor propone una metodología de diagnóstico basado en el manual de servicio del vehículo Toyota Prius en el cual comprueba una red CAN con un multímetro y un osciloscopio, con el multímetro mide las resistencias de las terminales de red y a través del osciloscopio va observando los parámetros de comportamiento de los canales de CAN HIGH y CAN LOW para verificar daños y averías en los oscilogramas la metodología seguida por el autor es de tipo experimental y finalmente el autor concluye que el estudio de las redes multiplexadas se ha logrado despejar dudas de las diferentes aplicaciones que tienen en un vehículo y es necesario el diagnóstico para determinar los problemas que puedan originar la transferencia de datos a cada una de las unidades eléctricas.

En la presente investigación se estudia la topología de las redes de comunicación GMLAN y LIN implementadas en el vehículo Chevrolet Camaro 2011, para lo cual se ubica en el diagrama eléctrico el módulo gateway de la red, el cual corresponde a la BCM, en esta se pueden encontrar 4 red LIN denominados LIN 1, LIN 3, LIN 4 y LIN 11.

Por otra parte, se emplea una metodología experimental para el estudio de la velocidad y clase, resistencia de la red GMLAN, así como los voltajes característicos de la red GMLAN y LIN, como se detalla a continuación.

La medición de la velocidad y clase de red se realizó mediante una caja de desconexión conectada al puerto DLC o SAE J1962, un osciloscopio automotriz con un ordenador, se registran los oscilogramas de las redes Low Speed GMLAN Serial Data y High Speed GMLAN Serial Data.

Para el análisis de la resistencia de la red se utilizó un multímetro y una caja de desconexión, se selecciona la opción de Ω (ohmios) en el multímetro y se conecta los cables en la caja de desconexión, uno en el canal High Speed GMLAN Serial Data Bus + (Pin 6 del DLC) y el otro en High Speed GMLAN Serial Data Bus - (Pin 14 del DLC).

Para determinar los voltajes característicos de las redes se empleó el osciloscopio, donde se evidencia los pulsos de voltaje y el tiempo estimado.

Finalmente, para determinar el estado de vigilia de la red,

se utilizó el osciloscopio donde se evidencia el oscilograma de la red dormida cuando se deja de realizar alguna acción en el vehículo. Al momento de abrir una puerta las redes High Speed GMLAN Serial Data, Low Speed GMLAN Serial Data y LIN comienzan a adquirir señales provocando que en el oscilograma pase de una red dormida a una red oscilante, debidas a una señal denominada Wake up, al momento que deja de accionar la red esta vuelve a su estado de vigilia.

A. Averías generadas

En la presente sección se realizan distintas averías en el Bus de datos de las tres redes en análisis mediante un cable y la caja de desconexión, los resultados se describen en la siguiente sección

Se realiza un cortocircuito a tierra (Pin 4 del DLC) en la red Low Speed GMLAN Serial Data (Pin 1 del DLC), en la Figura 1 se observa que se pierde la comunicación al momento de realizar la falla.

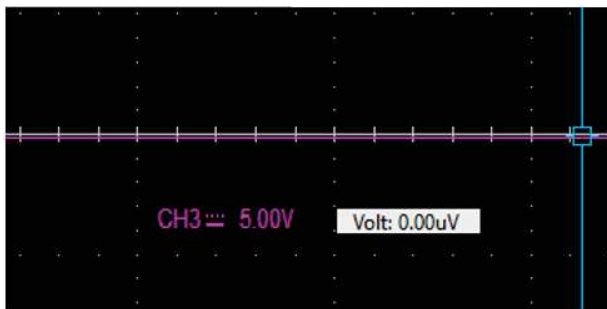


Figura 1. Red Low Speed GMLAN Serial Data cortocircuitada a tierra.

Para la siguiente avería se realiza un cortocircuito a tierra (Pin 4 del DLC) del canal High Speed GMLAN Serial Data Bus - (Pin 14 del DLC), notificando que en este canal se pierde la comunicación y el canal High Speed GMLAN Serial Data Bus + mantiene su comunicación con normalidad. Se observa en la Figura 2 la avería realizada.

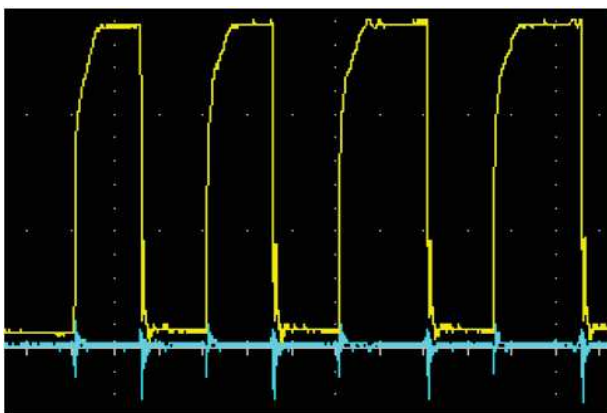


Figura 2. High Speed GMLAN Serial Data Bus - cortocircuitado a tierra.

De igual forma se realiza una avería mediante un corto-

circuito a tierra (Pin 4 del DLC) que involucra el canal High Speed GMLAN Serial Data Bus + (Pin 6 del DLC), en donde se produce la pérdida total de comunicación de la red. Esto se visualiza en la Figura 3.

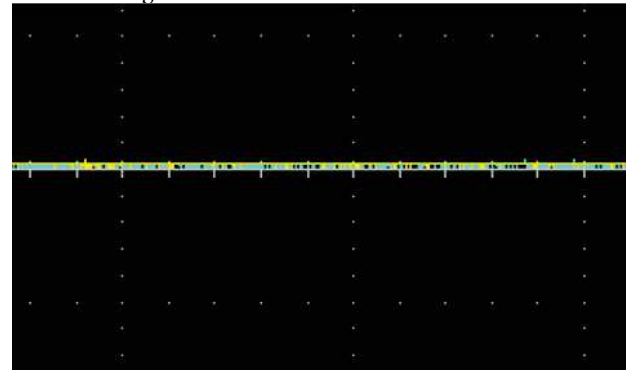


Figura 3. High Speed GMLAN Serial Data Bus + en corto con tierra.

Se realiza un cortocircuito entre los canales High Speed GMLAN Serial Data Bus + (Pin 6 del DLC) y High Speed GMLAN Serial Data Bus - (Pin 14 del DLC), lo que produce que la red se mantenga en vigilia al momento de realizar la falla anulando la comunicación. Se aprecia en la Figura 4 el estado de vigilia en la red.

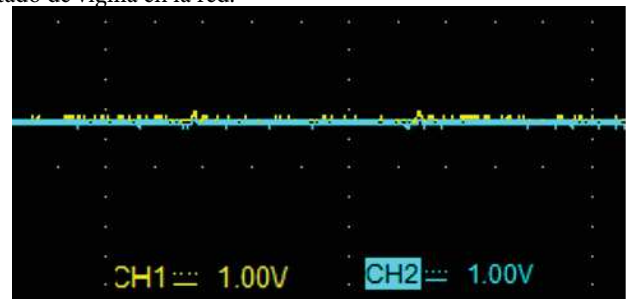


Figura 4. Corto entre canales High Speed GMLAN Serial Data Bus + y High Speed GMLAN Serial Data Bus

Se efectúa un cortocircuito a tierra que involucra a la red LIN, el corto se realiza en el Pin 10 de la BCM a través de la sonda positiva y negativa del osciloscopio, al momento que se realiza la falla en la red se pierde la comunicación y no existe transmisión de datos. En la Figura5 se observa el corto a tierra de la red.

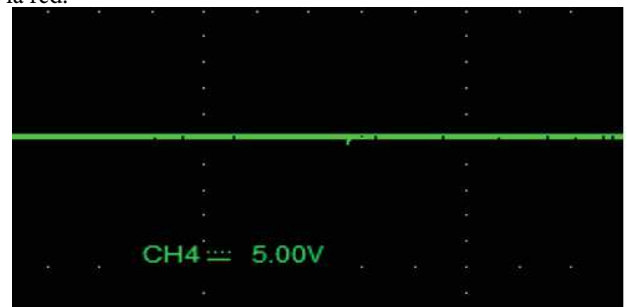


Figura 5. Cortocircuito a tierra de red LIN.

III. Análisis de resultados

A. Topología o arquitectura de red

La red LIN 1 se conecta directamente desde la BCM al módulo del sunroof en configuración serie. La red LIN 3 y la red LIN 4 se conectan a los vidrios automáticos y tienen una configuración en árbol desde la BCM hasta los módulos esclavos de los elevadores, para los vidrios posteriores se utiliza la red LIN 4 y para los delanteros la red LIN 3. Finalmente, la red LIN 11 tiene una configuración en serie entre la BCM y el módulo de la antena del inmovilizador, algunas de las conexiones tratadas se observan en la Figura 6.

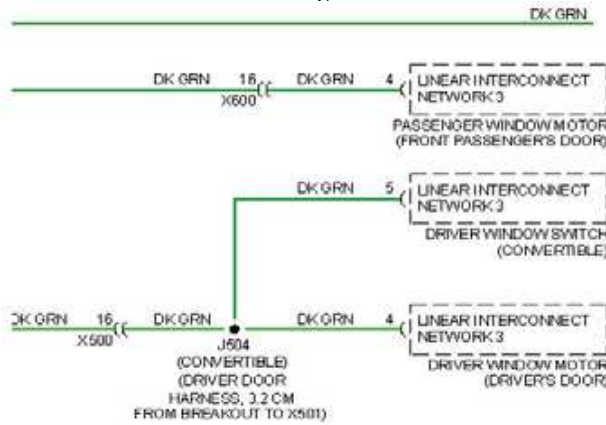


Figura 6. Red LIN 9 usada en vidrios delanteros [11].

La red High Speed GMLAN Serial Data se conecta desde la BCM hasta el puerto OBDII o SAEJ1962 en configuración en serie, sale desde la BCM hasta los módulos de la bomba de combustible y control telemático en configuración Daisy Chain terminando en la resistencia de red, por otros pines de la BCM se conecta en configuración Daisy Chain el ABS, la TCM, la ECM y el módulo de control de luces, una parte de dicho circuito se observa en la Figura 7.

La red Low Speed GMLAN Serial Data interactúa con una regleta de conexiones permitiendo una configuración en estrella, de este cableado mono alámbrico se conectan diversos módulos como: el módulo de interfaz de reproductor multimedia que se encuentra ubicado debajo de la consola central, el módulo del tablero, un módulo de medidor auxiliar si el auto se encuentra equipado con dicho módulo, la radio del vehículo. Además, consta de un arnés que se despliega del cableado principal para realizar una segunda configuración en estrella entre los módulos: de detección de presencia de pasajeros, de control de asistencia de estacionamiento, de control de calefacción de asientos y del airbag. Parte de estas conexiones se aprecian en la Figura 8.

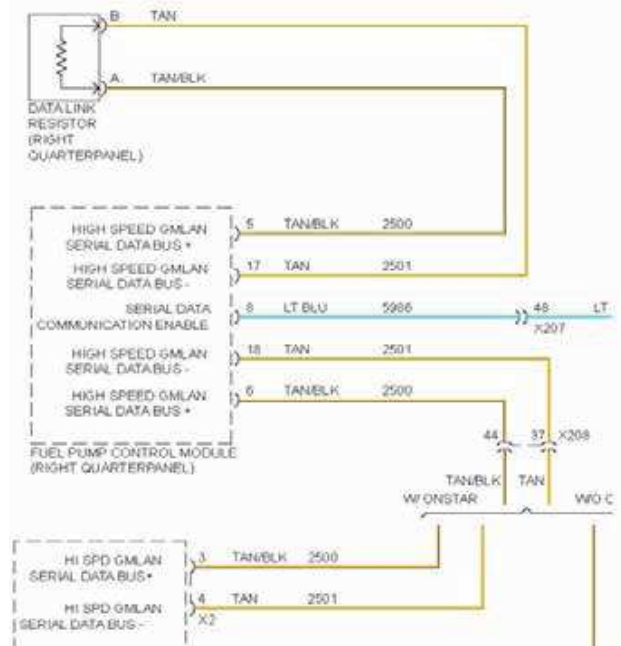


Figura 7. Conexión Daisy Chain entre módulos de la bomba de combustible y control telemático [11].

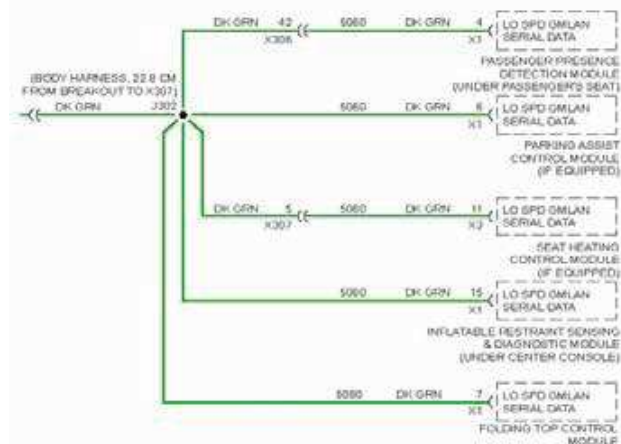


Figura 8. Conexión de módulos mediante red Low Speed GMLAN Serial Data [11].

B. Medición de velocidad y clase de red

Primeramente, se configura el osciloscopio a una velocidad de 10 microsegundos por división, para determinar la velocidad de red se utilizó el cursor vertical, el mismo con el que se mide el bit más pequeño de la señal, se comprueba que el bit mide 2 microsegundos y registra una frecuencia de comunicación de 490 kHz, lo que determina a la red de clase C con una velocidad de 500 kbps. Las señales de los canales se muestran en la Figura 9.

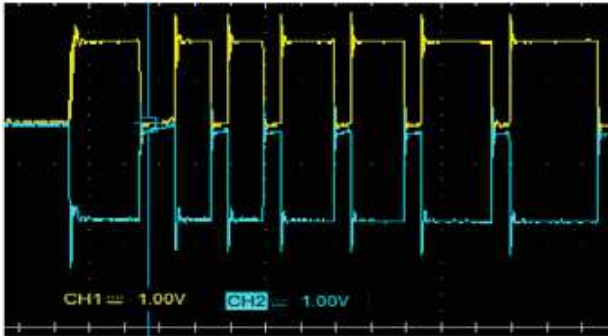


Figura 9. Medición de velocidad de High Speed GMLAN Serial Data.

Posteriormente se registra la red LIN dentro del cual se mide el ancho del bit del más pequeño el cual mide 106 microsegundos a una velocidad de transmisión de 10 kbps, categorizándola como una red de clase B. Parte de esta señal se aprecia en la figura 10.

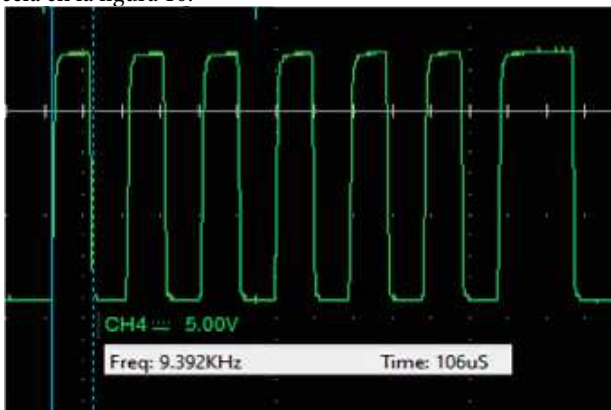


Figura 10. Medición de velocidad de red LIN.

Se registra la señal de la red Low Speed GMLAN Serial Data, se mide el ancho de bit más pequeño obteniendo un tiempo de 31.9 microsegundos a una velocidad de comunicación de 33.33 kbps categorizándole como una red de clase B. Se observa la transmisión de datos de la red Low Speed GMLAN Serial Data en la figura 11.

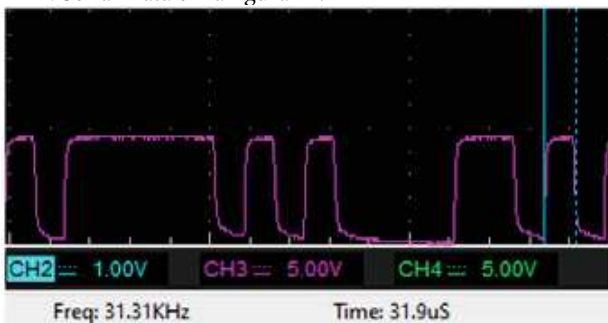


Figura 11. Oscilograma de la red Low Speed GMLAN Serial Data

C. Medición de resistencia de red High Speed GMLAN Serial Data

El resultado obtenido de la resistencia fue de 61.9 Ω según

como se indica en el apartado de Método. En la Figura 12 se determina la resistencia de la red.



Figura 12. Resultado de medición de resistencia de la red High Speed GMLAN Serial Data.

D. Voltajes característicos de redes

Según el análisis realizado se registra en el oscilograma de la red LIN pulsos de 12 voltios y un tiempo estimado de 106 microsegundos como se aprecian en la Figura 13.

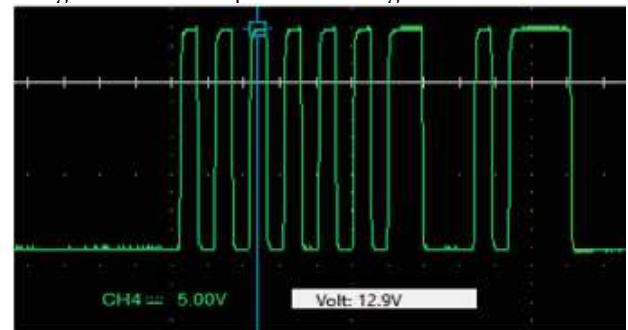


Figura 13. Voltaje de la red LIN.

La red High Speed GMLAN Serial Data transmite pulsos de 1.5 V a 2.5 V en el canal High Speed GMLAN Serial Data Bus - y pulsos de 2.5 V a 3.5 V en el canal la High Speed GMLAN Serial Data Bus +, su oscilograma se observa en la Figura 14.

La red Low Speed GMLAN Serial Data transmite pulsos de 0 V a 5 V como se observa en la Figura 15.

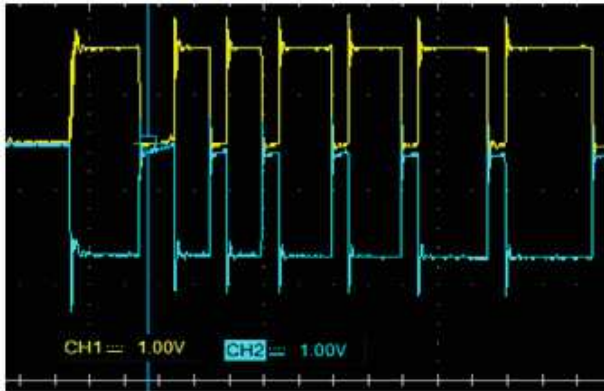


Figura 14. Oscilograma de red High Speed GMLAN Serial Data.

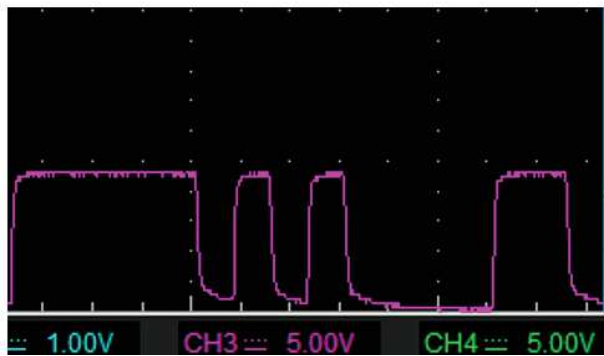


Figura 15. Oscilograma de red Low Speed GMLAN Serial Data.

E. Estado de vigilia

Cuando no se envían mensajes entre los módulos que conforman la red, los oscilogramas muestran un estado de vigilia. En la Figura 16 se puede apreciar el estado de transmisión de datos de tres redes.

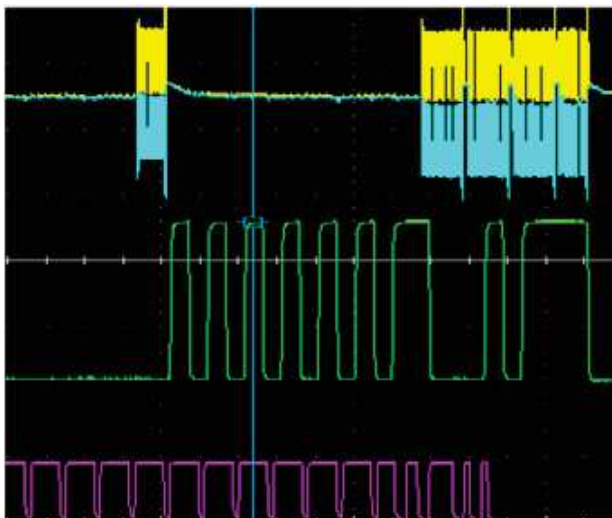


Figura 16. Redes High Speed GMLAN Serial Data, Low Speed GMLAN Serial Data y LIN en transmisión de mensajes.

IV. Conclusiones

Se reporta que la resistencia de la red High Speed GMLAN Serial Data es de 61.9Ω , y se encuentra en el rango permitido por el fabricante.

Del proceso investigativo realizado en el presente trabajo se determinó que la velocidad de transmisión de las redes en estudio son las siguientes:

- En la red High Speed GMLAN Serial Data se registra una velocidad de transmisión de 500 kbps categorizándola como de clase C,
- La red Low Speed GMLAN Serial Data posee una velocidad de transmisión de 33.33 kbps categorizándola como una red de clase B.
- La red LIN posee una velocidad de transmisión de 10 kbps categorizándola como una red de clase B.

Respecto a la topografía o arquitectura de red que se observa en el vehículo Chevrolet Camaro LS 2011, en la red LIN posee dos topologías ya que se conecta en serie y en árbol con diferentes módulos, la red High Speed GMLAN Serial Data se comunica en serie con el puerto OBD II a su vez existe una comunicación en Daisy Chain que conecta a diferentes módulos como el ABS, TCM, ECM y el módulo de control de las luces; en la red Low Speed GMLAN Serial Data se observa una configuración en estrella que mediante el cable mono alámbrico conecta a diversos módulos como el de presencia de pasajero, calentador de asientos y asistente de parqueo por citar algunos.

Ante la presencia de un cortocircuito de la red LIN a tierra se pierde la comunicación en los módulos conectados a esta red por lo que no permite la interacción con los vidrios eléctricos.

Al existir un cortocircuito de la red Low Speed GMLAN Serial Data a tierra se pierde la comunicación en esta red.

Al momento de realizar un cortocircuito en canal High Speed GMLAN Serial Data Bus + a tierra, se pierde la comunicación en esta red, también existe pérdida de comunicación cuando se cortocircuitan los canales High Speed GMLAN Serial Data Bus + y High Speed GMLAN Serial Data Bus -.

Es importante destacar que las fallas generadas en el presente documento, no provocan daños a los diferentes módulos del vehículo, debido a que el sistema de comunicación maneja corrientes bajas; de tal manera que los resultados obtenidos de este estudio pueden ser considerados para temas de diagnóstico en redes de comunicación implementadas en otro automóvil, ya que los oscilogramas cuando se presentan estas fallas van a ser similares, según se indica en la Tabla I.

V. Referencias

- [1] K. Reif, "Automotive Networking," in Automotive Mechatronics: Networking - Driving Stability Systems - Electronics, Wiesbaden, Springer Vieweg, 2015, pp. 8 - 10.
- [2] A. Cano Martínez, «Capítulo 2 CAN (Controller Area Network),» de Mantenimiento de redes multiplexadas, Malaga, IC Editorial, 2014, pp. 54

- 56.

- [3] E. J. Domínguez Soriano y J. Ferrer Ruiz, de Circuitos eléctricos auxiliares del vehículo, EDITEX, 2018.
- [4] D. C. Fheanis y J. A. Tenney, «Vehicle- Bus Interface With GMLAN for Data Collection,» Arizona State University, Arizona, 2001 [On line]. Available in : <https://pdf4pro.com/view/vehicle-bus-interface-with-gmlan-for-data-collection-5737dc.html>.
- [5] A. Cano Martínez, «Lineas K y Lineas 1,» de Mantenimiento de redes multiplexadas, Malaga, IC editorial, 2014, pp. 41 - 43.
- [6] Ford Motor Company, «Diagnostics and Testing Communications Network,» Ford Motor Company, Dearborn, 2010.
- [7] J. Chavez y D. Santiago , «Estudio y análisis de operaciones y comportamiento de las señales multiplexadas del automóvil según la tecnología actual,» Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, 2016, [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/14063>.
- [8] E. J. Dominguez Soriano y J. Ferrer Ruiz, «Red CAN,» de Circuitos eléctricos auxiliares del vehículo, Editex, 2018, pp. 97 - 105.
- [9] J. G. Campoverde , «Análisis del funcionamiento y aplicación de las redes de comunicación multiplexadas en vehículos automotrices,» cuenca, 2013, [En línea]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/3276>.
- [10] H. J. Figueroa, «Estudio y análisis del sistema multiplexado del vehículo híbrido toyota prius.,» Guayaquil, 2015, [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/840>.
- [11] Mitchell Repair Information Company, LLC, «OnDemand 5, Chevrolet Camaro LS Computer Data Lines,» San Diego, 2011.