



Análisis de redes multiplexadas y protocolos de comunicación para el control automático de dispositivos y accesorios de vehículos de la marca Toyota

Analysis of multiplexed networks and communication protocols for automatic control of devices and accessories of Toyota brand vehicles

Análise de redes multiplexadas e protocolos de comunicação para o controle automático de dispositivos e acessórios de veículos da marca Toyota

Ángel José Quevedo-Ríos ^I
angel.quevedo@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-2304-018X>

Fabián Celso Gunsha-Maji ^{II}
fabian.gunsha@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-5637-1052>

Luis Hernan Tiuquina-Sagba ^{III}
iamluishernan@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0005-4885-0797>

Elvis Joel Barrera-Barrera ^{IV}
joelbarrera095@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0001-5493-1084>

Correspondencia: angel.quevedo@esPOCH.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 10 de junio de 2024 * **Aceptado:** 20 de julio de 2024 * **Publicado:** 12 de agosto de 2024

- I. Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), EC060155, Ecuador.
- II. Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, (ESPOCH), EC060155, Ecuador.
- III. Investigador Independiente, Ecuador.
- IV. Investigador Independiente, Ecuador.

Resumen

La investigación tiene la finalidad de efectuar un estudio de las redes multiplexadas y protocolos de comunicación en vehículos de la marca Toyota de distintas líneas de fabricación contando con los modelos Yaris 2009, Prius 2010 y Yaris 2020, además de analizar la topología, velocidad de transmisión de datos y resistencias de cada una de las redes. Validado mediante análisis bibliográfico, estudios pre-investigación, conceptos y artículos científicos relacionados a estos sistemas de comunicación. Todo esto sumado a justificaciones realizadas en cada uno de los vehículos como: resistencia entre los canales, tensiones, señales obtenidas y velocidad de transmisión de datos con la ayuda de equipos de diagnóstico automotriz de alta gama como osciloscopio automotriz, escáner automotriz de alta gama y multímetro automotriz, los datos obtenidos fueron comparados con parámetros dictaminados por el fabricante Toyota. Entre los resultados obtenidos más relevantes la topología de la red de los tres vehículos tiene mucha similitud pese a ser de diferentes años de fabricación y modelo del vehículo mientras que la velocidad de transmisión de datos cambia considerablemente. Se recomienda el uso del diagrama eléctrico y manuales de cada uno de los vehículos para poder obtener datos objetivos y reales con la ayuda de equipos de diagnóstico adecuados y en perfecto estado.

Palabras clave: Protocolo de comunicación; Controller área network (CAN); Sistema multiplexado; Toyota; Equipos de diagnóstico; Topología; CAN High; CAN low; ISO.

Abstract

The purpose of the research is to carry out a study of the multiplexed networks and communication protocols in Toyota brand vehicles from different manufacturing lines, including the Yaris 2009, Prius 2010 and Yaris 2020 models, in addition to analyzing the topology, data transmission speed and resistance of each of the networks. Validated through bibliographic analysis, pre-research studies, concepts and scientific articles related to these communication systems. All this added to justifications made in each of the vehicles such as: resistance between channels, voltages, signals obtained and data transmission speed with the help of high-end automotive diagnostic equipment such as an automotive oscilloscope, a high-end automotive scanner and an automotive multimeter, the data obtained were compared with parameters dictated by the manufacturer Toyota. Among the most relevant results obtained, the network topology of the three vehicles is very similar despite being from different years of manufacture and vehicle model, while the data transmission speed

changes considerably. It is recommended to use the electrical diagram and manuals of each vehicle in order to obtain objective and real data with the help of suitable diagnostic equipment in perfect condition.

Keywords: Communication protocol; Controller area network (CAN); Multiplexed system; Toyota; Diagnostic equipment; Topology; CAN High; CAN low; ISO.

Resumo

O objetivo da investigação é realizar um estudo de redes multiplexadas e protocolos de comunicação em veículos da marca Toyota de diferentes linhas de fabrico incluindo os modelos Yaris 2009, Prius 2010 e Yaris 2020, bem como analisar a topologia, velocidade de transmissão de dados e resistências. Validado através de análise bibliográfica, estudos pré-investigação, conceitos e artigos científicos relacionados com estes sistemas de comunicação. Tudo isto somado às justificações feitas em cada um dos veículos como: resistência entre canais, tensões, sinais obtidos e velocidade de transmissão de dados com o auxílio de equipamentos de diagnóstico automóvel de última geração como osciloscópio automóvel, scanner automóvel de última geração e multímetro automóvel, os dados obtidos foram comparados com parâmetros ditados pelo fabricante Toyota. Entre os resultados mais relevantes obtidos, a topologia de rede dos três veículos é muito semelhante apesar de serem de anos de fabrico e modelo de veículo diferentes, enquanto a velocidade de transmissão de dados se altera consideravelmente. Recomenda-se a utilização do esquema elétrico e dos manuais de cada um dos veículos para a obtenção de dados objetivos e reais com o auxílio de equipamentos de diagnóstico adequados e em perfeitas condições.

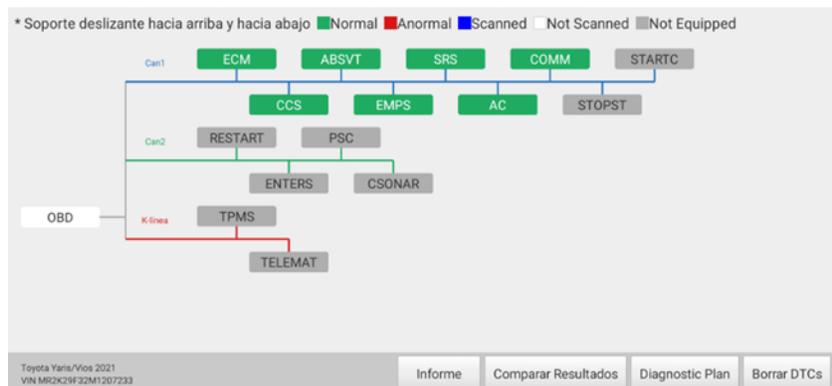
Palavras-chave: Protocolo de comunicação; Controlador de área de rede (CAN); Sistema multiplexado; Toyota; Equipamento de diagnóstico; Topologia; CANAlto; PODE baixo; ISO.

Introducción

En la década de los 80 las unidades móviles tenían cada vez más unidades de control electrónico internamente, la empresa alemana Robert Bosch buscaban otros tipos de métodos o sistemas de comunicación tipo bus, el cual pudiese utilizarse a través de comunicaciones múltiples en diferentes computadoras, finalmente en el año de 1986[1] se presentó la tecnología CAN (Controller Area Network) en el congreso de la SAE. En la industria automotriz los avances tecnológicos que se han

generado siglo a siglo son responsables de la revolución industrial y del crecimiento general de cada una de sus áreas laborales dentro de la ingeniería, esto para el confort de los usuarios el cual busca mejoras en el parque automotor[2]. La gestión electrónica de los automotores debe ser enlazadas a un sistema de bus común con fin de permitir la transferencia de datos entre los diferentes dispositivos y así obtener una respuesta rápida al accionamiento de cada uno de los dispositivos que opera y brinda la información correspondiente al correcto o incorrecto funcionamiento de cada uno de los componentes mecánicos y electrónicos[3]. Con el análisis de redes multiplexadas y protocolos de comunicación se detalla la determinación de topologías en los 3 diferentes vehículos de marca Toyota los cuales son de líneas de fabricación completamente distintas, así como lo indica la figura 1, además de identificar los niveles de voltaje de cada uno de los protocolos de comunicación existentes a través del DLC, y posterior decodificación de las tramas de datos[4]. La trama de datos representa la sucesión de bits establecidos en varios campos, la particularidad se da en cada uno de ellos.

Figura 1: Topología de red del Toyota Yaris 2020



Determinación de las redes multiplexadas

En la obtención del sistema topológico de ECUs se da a través de equipos de diagnóstico automotrices de gama alta debido a que son necesarios para validar la investigación, lo cual se requiere los diagramas del sistema eléctrico de cada uno de los automotores de base para la investigación de esa manera identificar el protocolo de comunicación que trabaja cada uno de los vehículos[5]. El osciloscopio automotriz de alta gama contribuye en la toma de oscilogramas de las líneas eléctricas del sistema eléctrico y electrónico en el campo automotriz. Para desarrollar el estudio de las redes multiplexadas, se identifica el protocolo de comunicación con el cual se

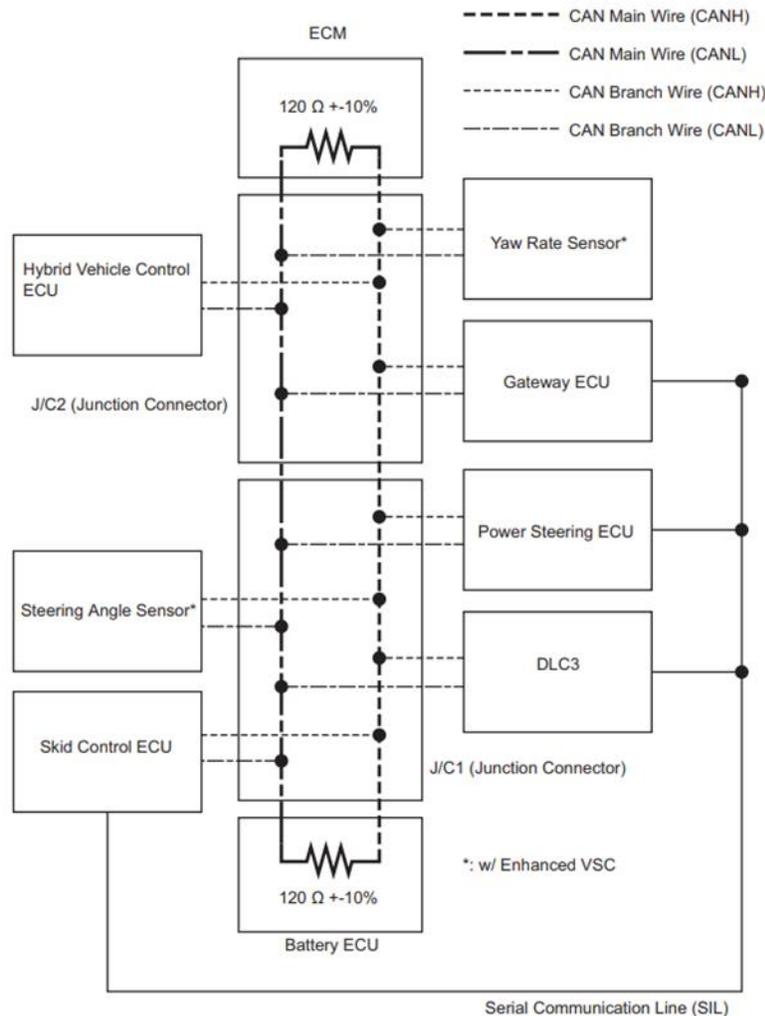
establece en cada uno sus diferentes módulos además de verificar la interfaz con la que se enlaza el vehículo. La clasificación de las redes multiplexadas utilizados en el sector automotriz se detalla en la tabla 1 la cual establece las diferentes velocidades de transmisión de datos[6].

Tabla I: Clasificación de las redes multiplexadas

Redes de clase A (baja velocidad) Redes de datos cuya velocidad de transmisión es inferior a 10 kbps.	E C Bus. IEBus. SAE J1708 Bus.	– 1 kbps – 3,9 – 4,1 kbps – 9,6 kbps
Redes de clase B (media velocidad) Su velocidad va desde 10 kbps a los 125 kbps	VPW J1850. IEBus. LIN-Bus. PWM J1708 Bus. VAN-Bus. CAN-Bus.	– 10,4 kbps – 18 kbps – 20 kbps – 41,6 kbps – 62,5 – 125 kbps – 10 – 125 kbps
Redes de clase C (alta velocidad)	DIS Bus. FLEXRAY(UTP) CAN-Bus. TTCAN Bus	– 150 kbps – 500 kbps – 125 kbps – 1 Mbps – 1 Mbps
Otras redes de muy alta velocidad son:	FLEXRAY(STP) Intellibus SMARTwireX TTP Bus	– 10 Mbps – 12,5 Mbps – 25 Mbps – 25 Mbps
Dentro de las redes de comunicación de alta velocidad, las más importantes de fibra óptica son:	Domestic digital data (D2B) Byteflight (SI-Bus) MOST-Bus MML	– 5,6 – 20 Mbps – 10 Mbps – 21,2 Mbps – 100 Mbps

Los diferentes componentes y conexiones utilizados en las redes multiplexadas estándar permiten transmitir con mayor rapidez y eficacia los datos mediante las interconexiones las cuales conllevan señales eléctricas mismas que formaran datos de 0 y 1 para mantener un lenguaje[7]. Apoyado por el diagrama eléctrico identificamos los protocolos de comunicación que maneja la marca Toyota los mismos que se identifican en la figura 2 la cual fue extraída del Toyota Prius 2010[8], a través de los equipos de diagnóstico automotriz utilizados es posible analizar el protocolo de comunicación establecido por los 3 vehículos de prueba.

Figura 2: Topología de red del Toyota Prius 2010



Selección de equipos

La industria automotriz avanza constantemente a nivel mundial y parte de la electrónica hoy en día gestiona las diferentes ECU y el uso de equipos de diagnóstico automotriz como escáner multimarca, osciloscopio y multímetro automotriz son de gran importancia para el diagnóstico electrónico. Mismos que son establecidos y adecuados para su uso por marcas diferentes marcas reconocidas como lo son AUTEL, LAUNCH, THINKCAR, CARMAN, ETC. Los investigadores utilizaron el escáner de gama alta de marca Autel de acuerdo con las diversas funciones que conlleva este instrumento además de incorporar osciloscopio y la interfaz de decodificación de trama de datos.

El escáner seleccionado (MaxiSys Ultra) identifica automáticamente el VIN del vehículo lo cual permite emparejar todas las características electrónicas de las ECUs inmersas en los vehículos la cual se detalla en la topología de red y la identificación de los componentes existentes dentro de los vehículos[9]. Una de las ventajas del escáner automotriz de alta gama es su polifuncionalidad debida que también puede utilizarse como osciloscopio y multímetro automotriz lo cual permite tener mejores referencias técnicas en el diagnostico automotriz.

Resultados y Discusión

La parte más importantes en este proceso de recopilación de datos es la medición e interpretación de las señales referenciales de cada una de las redes del vehículo, para cada uno de los casos en particularidad como son la red CAN High, red CAN Low y Línea K. Cada una de ellas tiene diferentes particularidades y se debe realizar con efectividad el análisis de datos con la finalidad de que la información obtenida sea la más apropiada.

Para comprobar la veracidad de los valores nominales se procede a la verificación de cada uno de los manuales de los tres vehículos sujetos al proceso de investigación para obtener referencias precisas mediante el fabricante. Tanto los valores teóricos como los obtenidos deben asemejarse tomando siempre en cuenta un margen de error debido a las circunstancias en las que trabaja el vehículo, calidad de los materiales empleados en el sistema o factores externos que afecten al sistema multiplexado de los vehículos, para así poder argumentar el perfecto funcionamiento de la electrónica del vehículo.

Método

La investigación se basa en el método científico general descriptivo el cual se detalla el proceso para recolección de información que proporcionaron los distintos vehículos a través de sus diferentes manuales de taller, diagramas eléctricos y manuales de servicio, además de los equipos de diagnóstico automotriz utilizados.

Método de observación el cual mediante la toma de datos se determinará el tipo de sucesos que ocurren en los automóviles al efectuar la toma de datos, ya que el proceso que se lleva a cabo con cada uno de los vehículos seleccionados tiene variabilidad del tiempo y condiciones específicas.

Análisis de manuales de taller y diagramas eléctricos

La identificación y ubicación de los componentes eléctricos y electrónicos esta información técnica de cada uno de los vehículos es proporcionada por la plataforma TOYOTA Techstream, además de la plataforma MITCHELL ONDEMAND. A través de estas plataformas el manejo de los sistemas eléctricos y electrónicos proporcionan información valiosa la cual permite reducir el tiempo en la ubicación de componentes y cables que serán evaluados.

Toda la información recopilada ayuda en la comprensión del funcionamiento del sistema de comunicación y a su vez detectar la ubicación de cada uno de los componentes que estén internamente en vehículo de tal manera que se identifica la formación de grupos de los sistemas.

Topología de los sistemas multiplexados

Los vehículos de la marca Toyota presentan un complejo sistema de intercomunicación entre sus unidades de control con el objetivo de intercambiar información entre ellos y con los demás componentes del sistema electrónico del automóvil. En el caso puntual del modelo Yaris de la marca Toyota no tienen una Gateway que actuara como punto central de comunicación y traducción de datos entre los diferentes módulos del vehículo, en el modelo Prius al igual que el Yaris su forma de realizar una comunicación segura y sin problemas entre las redes es mediante el protocolo CAN HIGH y CAN LOW.

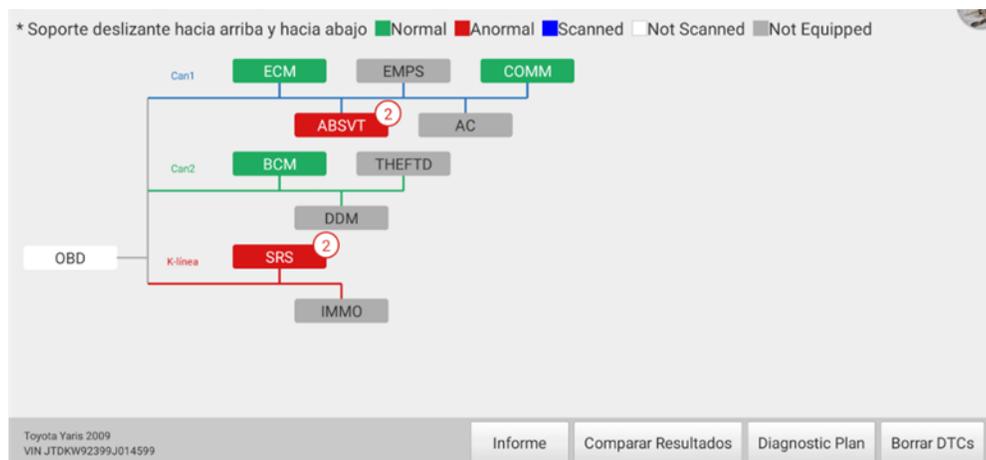
La información del sistema electrónico se accede con el vehículo en funcionamiento, debemos comunicar nuestro escáner automotriz a través del puerto DLC el cual recibe información de todos los módulos por medio de las redes multiplexadas utilizadas en cada uno de los modelos utilizados, así como lo detalla los diferentes esquemas eléctricos de los vehículos de prueba.

Toyota Yaris 2009

En el caso de estudio del vehículo Toyota modelo Yaris año 2009 en la conexión del escáner automotriz obtenemos información de los módulos electrónicos asociados así como lo indica la figura 3, el vehículo consta del Módulo de control del cuerpo (BCM) que gestiona y controla varias funciones relacionadas con el cuerpo del vehículo como los limpiaparabrisas, luces, vidrios eléctricos, entre otros que está conectada a una red CAN que hace referencia a una red de baja velocidad o confort usada comúnmente para este tipo de funciones.

También tenemos módulos asociados a una red CAN de alta velocidad o CAN tracción como el módulo de control del Motor (ECM) encargado de gestionar las funciones que se relacionan con el motor y el sistema de inyección de combustible, el panel de instrumentos (IPS) que brindan información sobre el estado o rendimiento del automóvil al conductor y el módulo del sistema de frenos antibloqueo (ABS) el cual controla el sistema de frenos del vehículo. Los módulos asociados a la línea K de diagnóstico detalla al módulo SRS el cual se encarga de controlar el sistema de bolsas de aire y cinturones de seguridad equipados en el vehículo como seguridad pasiva.

Figura 3: Topología Toyota Yaris 2009



Toyota Prius 2010

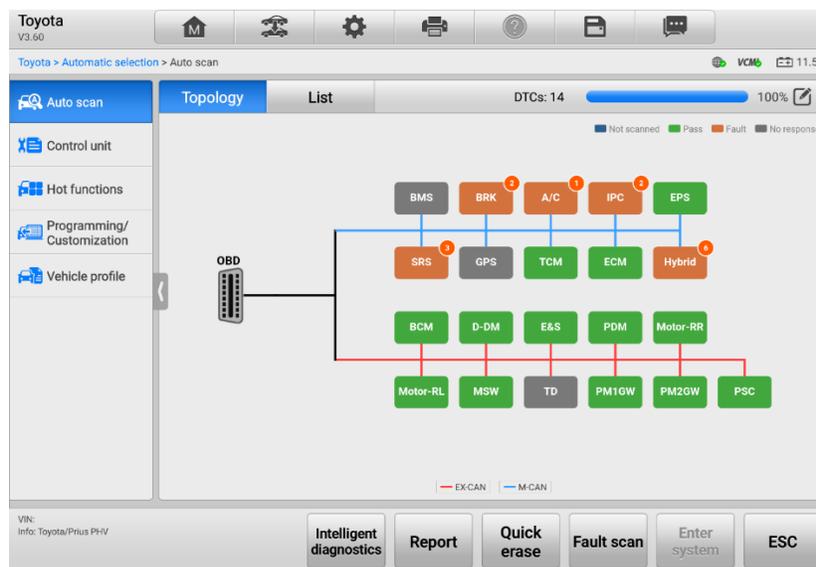
El vehículo Toyota marca Prius del año 2010 trabaja con un sistema multiplexado complejo debido al sistema híbrido que incorpora este tipo de vehículos. Aun así, hay que recalcar que en la topología mostrada por el escáner Autel MaxiSys Ultra el vehículo cuenta con el protocolo de comunicación bus CAN basado en la ISO11898 así como lo indica la figura 4 en el cual consta con una red CAN de alta velocidad y una red CAN de baja velocidad. Se determinó a tipo de red se encuentran asociados los diferentes módulos a partir de las señales obtenidas y el cálculo de la velocidad de transmisión de datos que lleva cada una de ellas.

La red bus CAN de alta velocidad está conectada a módulos como el Battery Management System (BMS) encargado de gestionar toda la parte electrónica, almacenaje y control de las baterías de alto voltaje, módulo de sistema de frenos antibloqueo (ABS), módulo del aire acondicionado (AC), el panel de instrumentos (IPS), módulo de la dirección electrónica asistida del vehículo (EPS),

módulos (SRS) encargado de controlar las bolsas de aire y cinturones de seguridad, módulo de control de la transmisión (TCM), módulo de control del motor (ECM) y un módulo que gestión el sistema híbrido del vehículo para conseguir propulsar el vehículo.

La red CAN de color azul los cuales son de baja velocidad conecta a módulos como módulo de control del cuerpo (BCM), Módulo de control de la transmisión asociado al sistema híbrido del vehículo (D-DM), sistema de entrada y arranque sin llave (E&S) para desbloquear las puertas y arrancar el vehículo sin una llave física, módulo de distribución de energía (PDM) que distribuye la energía eléctrica a los diferentes módulos y sistemas que integran al vehículo, dos módulos independientes que controlan la apertura y cierre de las puertas traseras tanto derecha como izquierda (Motor-RR) & (Motor-RL), módulo de control de las ventanas eléctricas (MSW), Dos módulos (Gateway) que comunican bidireccionalmente los diferentes sistemas del vehículo, tanto el motor de combustión interna (PM1GW) y el motor eléctrico (PM2GW) para conseguir que la transferencia de datos sea muy efectiva en todo el vehículo híbrido y un módulo de control de la fuente de energía (PSC) que aseguran una distribución eficiente de energía de la tracción eléctrica del vehículo.

Figura 4: Topología Toyota Prius 2010

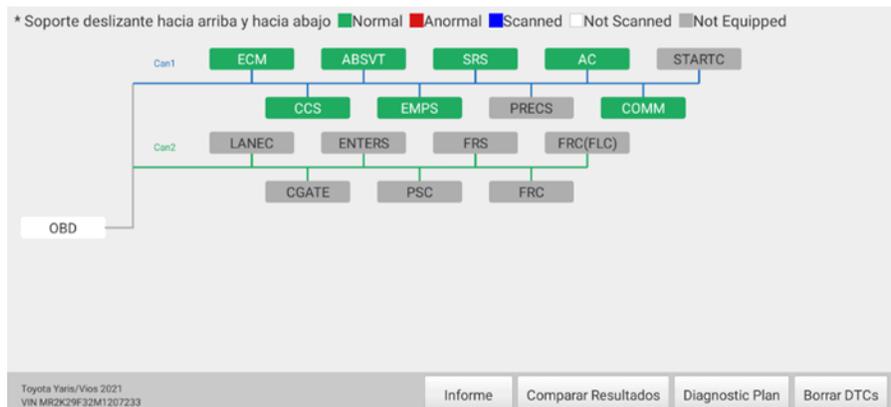


Toyota Yaris 2020

En el vehículo Toyota Yaris año 2020 los módulos están asociados a una sola red de comunicación de alta velocidad o CAN tracción en el cual se encuentran en la figura 5 detallando el módulo de

control del motor (ECM), módulo de sistema de frenos antibloqueo (ABS), módulos (SRS) encargado de controlar las bolsas de aire y cinturones de seguridad, sistema de control de crucero (CCS) que permite mantener el vehículo a una velocidad constante sin necesidad de pisar el acelerador, módulo de la dirección electrónica asistida del vehículo (EMPS), modulo del aire acondicionado (AC) y el módulo del panel de instrumentos del vehículo o también llamado (COMM) por algunos escáner automotrices multimarca.

Figura 5: Topología Toyota Yaris 2020



Análisis de las Redes disponibles en los vehículos

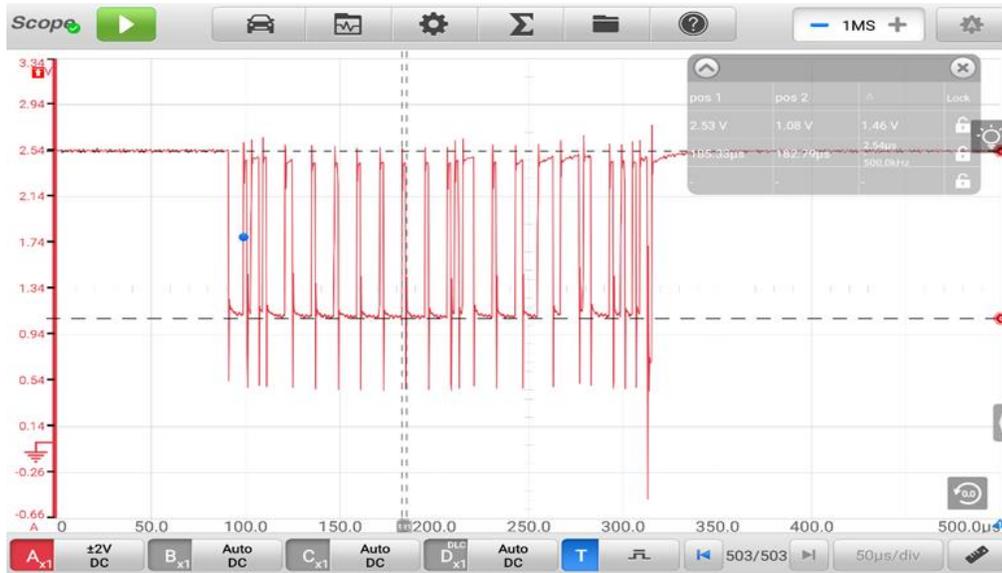
En el sector automotriz el protocolo CAN se utiliza para una tasa de transferencia de datos de alta velocidad, entre 500 Kilobits por segundo (Kbps) a 1 Megabit por segundo (Mbps) para poder comunicar entre sí unidades de control electrónico y algunos sensores de una manera muy precisa y sin retrasos además de garantizar una compatibilidad con la mayoría de los fabricantes de productos relacionados con el sistema electrónico del vehículo. También se usan una red CAN de baja tasa de transferencia de datos, entre 100 y 125 Kilobits por segundo (Kbps) usados para interconectar módulos de carrocería, seguridad y confort del vehículo. Todo esto sumado a un sistema libre de fallos debido al trabajo crucial que debe desempeñar el sistema electrónico en el funcionamiento y seguridad del vehículo.

Un bus LIN con calidad de protocolo de red económico que resulta suficiente para realizar muchas de las aplicaciones de confort dentro del vehículo, su baja velocidad de transmisión de datos, entre 1 y 10 Kilobits por segundo (Kbps) y exigencias de seguridad reducidas la convierte en una red de

transmisión de datos ideal para funciones especiales de confort como eleva vidrios eléctricos, intermitentes laterales, cierre centralizado.

Análisis del CAN BUS LOW del automóvil Toyota modelo Yaris 2009

Figura 6: Comportamiento de onda CAN LOW Toyota modelo Yaris 2009



Con base bibliográfica del diagrama eléctrico del vehículo, manual de taller y topología del automotor Toyota Yaris 2009 determinamos la forma de onda tomada desde el pin 14 el cual se aprecia en la figura 6 basado en el documento de la SAE es un CAN Low el cual se obtuvo mediante el oscilograma, el cual identificamos los valores referenciales de acuerdo con la siguiente tabla 2.

Tabla 2: Voltajes referenciales de la red CAN LOW Toyota Yaris 2009.

CAN LOW		
Descripción	Voltajes referenciales (V)	Estado de Bit
Inicio	2.5	Recesivo
Caída	1.0	Dominante
Diferencial	1.4	-

Fuente: Barrera E., Tiuquina L., 2023

La calidad de la señal depende de la longitud de la línea del bus, Configuración del osciloscopio, entre otros factores electromagnéticos. Estos voltajes determinados mediante el oscilograma obtenido por los investigadores permiten identificar la operación normal de funcionamiento de la red CAN LOW, su onda es de tipo digital la cual se obtuvo con el vehículo en KOEO el delta del voltaje para este tipo de red CAN es de 1.46 V y su forma de onda actúa en 2.5 V a 1.0 V.

Velocidad de transmisión de datos y decodificación de la trama

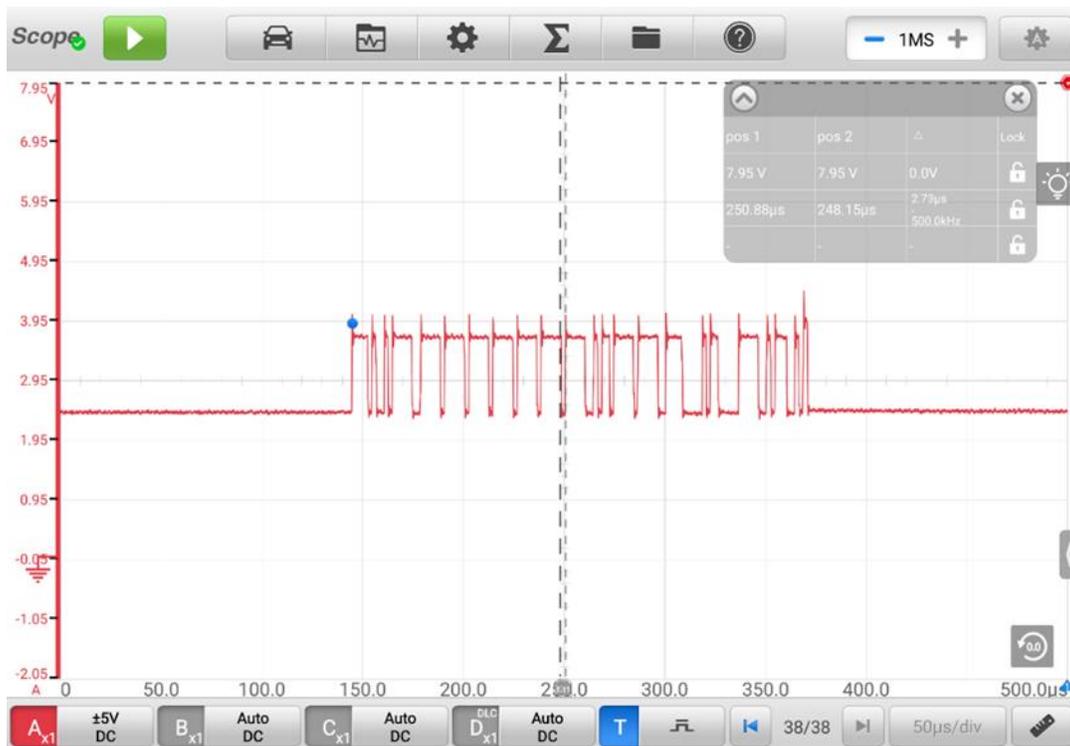
Para el cálculo de la velocidad de transmisión de datos necesitamos la longitud de bit más pequeño de la trama o también llamado tiempo de bit que es 2,54 μs .

$$V_t = \frac{1 \text{ bit}}{2,54 \mu\text{s}} * \frac{1 \mu\text{s}}{1 * 10^{-6}\text{s}} = 393700 \text{ bits/s}$$

El resultado de la velocidad de transmisión de datos para la red CAN Low del Toyota Yaris año 2009 es 393,7 Kbps.

Análisis del CAN HIGH BUS del automóvil Toyota modelo Yaris 2009

Figura 7: Comportamiento de onda CAN HIGH Toyota modelo Yaris 2009



Mediante el análisis del diagrama eléctrico del vehículo, manual de taller y topología del automotor Toyota modelo Yaris del año 2009 determinamos la forma de onda tomada desde el pin 6 a través del osciloscopio, así como lo indica la figura 7 el cual de acuerdo con la SAE se trata de un CAN HIGH, mediante el equipo se identificó los valores referenciales de acuerdo con la tabla 3.

Tabla 2: Voltajes referenciales de la red CAN HIGH Toyota Yaris 2009

CAN HIGH		
Descripción	Voltajes referenciales (V)	Estado de Bit
Inicio	2.5	Recesivo
Elevación	3.7	Dominante
Diferencial	1.3	-

Fuente: Barrera E., Tiuquina L., 2023

Estos voltajes obtenidos mediante el oscilograma permitieron identificar la operación normal de funcionamiento de la red CAN HIGH, su onda es de tipo digital conseguida a través del equipo de diagnóstico para lo cual el vehículo estaba en el estado de KOEO el delta del voltaje para este tipo de red CAN es de 1,33 V y su forma de onda actúa en 2.5 V además la calidad de la señal mostrada por el osciloscopio depende de la longitud de la línea del bus.

Velocidad de transmisión de datos y decodificación de la trama

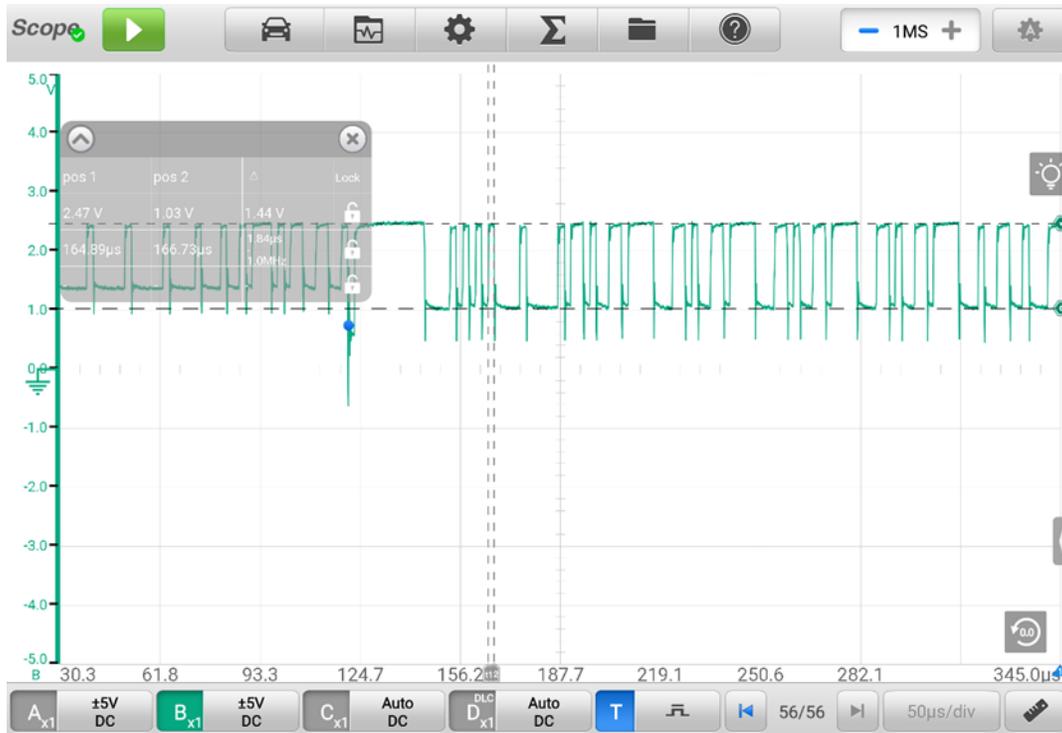
El tiempo de bit que es 2,54 μ s.

$$V_t = \frac{1 \text{ bit}}{2,54 \mu\text{s}} * \frac{1 \mu\text{s}}{1 * 10^{-6}\text{s}} = 393700 \text{ bits/s}$$

La velocidad de transmisión de datos para la red CAN High del Toyota Yaris año 2009 es 393,7 Kbps.

Análisis del CAN BUS LOW del automóvil Toyota modelo PRIUS HIBRIDO 2010

Figura 8. Comportamiento de onda CAN LOW Toyota modelo Prius 2010



Después de examinar el diagrama eléctrico del vehículo, manual de taller y topología del automotor determinamos la forma de onda, así como lo indica la figura 8 la cual es tomada desde el pin 14 del DLC, de acuerdo con la SAE es un CAN LOW mediante el oscilograma identificamos los valores referenciales de acuerdo con la tabla 4.

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.: Voltajes referenciales de la red CAN LOW Toyota Prius 2010

CAN LOW		
Descripción	Voltajes referenciales (V)	Estado de Bit
Inicio	2.5	Recesivo
Caída	1.0	Dominante
Diferencial	1.4	-

Fuente: Barrera E., Tiuquinga L., 2023

Estos voltajes determinados mediante el oscilograma permiten identificar la operación normal de funcionamiento de la red CAN LOW para lo cual de acuerdo con la figura 8 y su onda es de tipo digital, la cual se identificó que con el estado del vehículo en KOEO el delta del voltaje para este tipo de red CAN es de 1.44 V y su forma de onda actúa en 2.5 V que es el bit recesivo.

Velocidad de transmisión de datos y decodificación de la trama

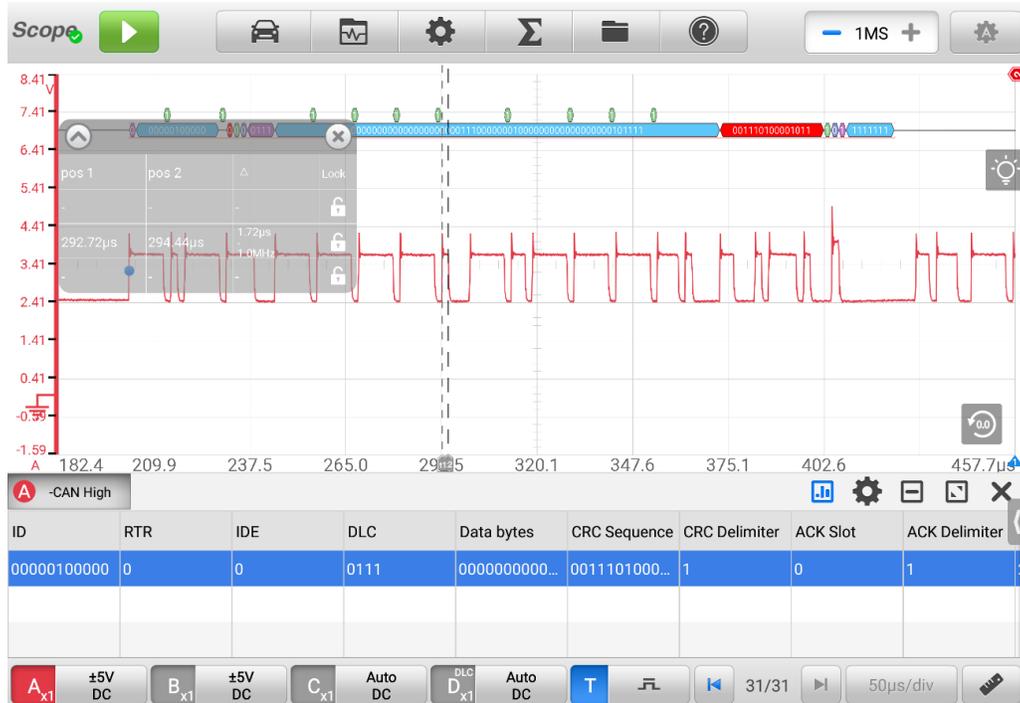
El tiempo de bit que es 1,86 μs .

$$V_t = \frac{1 \text{ bit}}{1,86 \mu\text{s}} * \frac{1 \mu\text{s}}{1 * 10^{-6}\text{s}} = 543478 \text{ bits/s}$$

La velocidad de transmisión de datos para la red CAN Low del Toyota modelo Prius año 2010 es 543,4 Kbps lo cual nos permite deducir que el vehículo trabaja con una red CAN de alta velocidad en los módulos principales.

Análisis del CAN HIGH BUS del automóvil Toyota modelo PRIUS HIBRIDO 2010

Figura 9: Comportamiento de onda CAN HIGH Toyota modelo Prius 2010



Con el análisis del diagrama eléctrico del vehículo, manual de taller y topología del automotor Toyota Prius 2010 determinamos la forma de onda tomada desde el pin 6 así como lo indica la figura 9 el cual de acuerdo con la SAE es CAN HIGH, mediante el oscilograma identificamos los valores referenciales de acuerdo con la tabla 5 la cual indica su voltaje de inicio y final.

Tabla 5: Voltajes referenciales de la red CAN HIGH Toyota Prius 2010

CAN HIGH		
Descripción	Voltajes referenciales (V)	Estado de Bit
Inicio	2.5	Recesivo
Elevación	3.7	Dominante
Diferencial	1.3	-

Fuente: Barrera E., Tiuquinga L., 2023

Estos voltajes obtenidos mediante el osciloscopio permiten identificar la operación normal de funcionamiento de la red CAN HIGH, su onda es de tipo digital, identificamos que con el vehículo en KOEO el delta del voltaje para este tipo de red CAN es de 1.33 V y su forma de onda actúa en 2.5 V además la calidad de la señal depende de la longitud de la línea del bus.

(1) *Velocidad de transmisión de datos y decodificación de la trama*

El tiempo de bit que es 1,86 μ s.

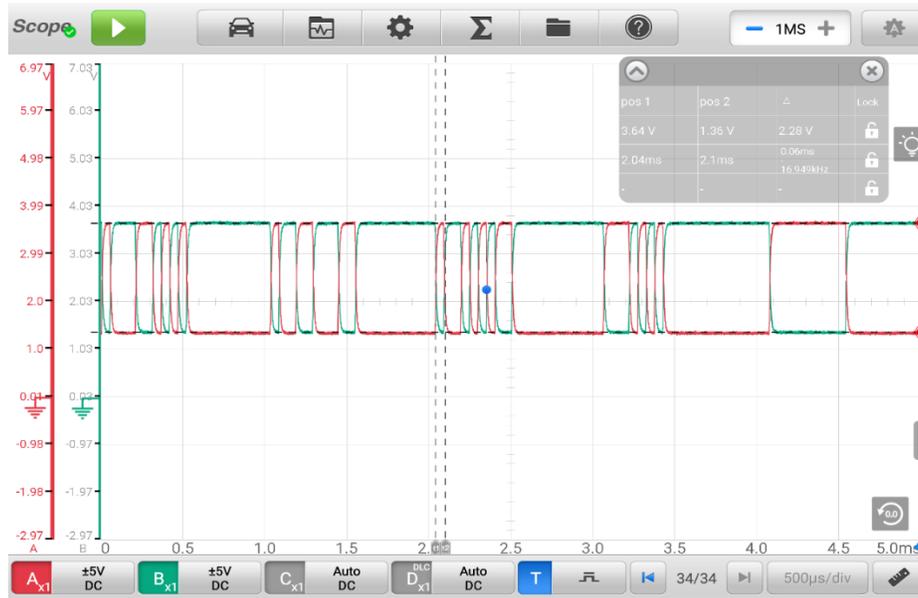
$$V_t = \frac{1 \text{ bit}}{1,86 \mu\text{s}} * \frac{1 \mu\text{s}}{1 * 10^{-6}\text{s}} = 543478 \text{ bits/s}$$

La velocidad de transmisión de datos para la red CAN High del Toyota modelo Prius año 2010 es 543,4 Kbps.

Análisis del CAN BUS CONFORT del automóvil Toyota modelo Prius 2010

Tomando en cuenta que también cuenta con un sistema tolerante a fallos, lo característico que ofrece este sistema es la velocidad de transmisión de datos que puede llegar hasta los 125 Kbps y se lo utiliza como una red CAN de confort del vehículo para gestionar módulos enfocados a sistemas que no requieren de demasiada velocidad de transferencia de datos como lo son módulos de carrocería o seguridad pasiva.

Figura 10. Comportamiento de la red Can Confort Toyota modelo Prius 2010



Mediante la revisión diagrama eléctrico del vehículo, manual de taller y topología del automotor Toyota Prius 2010 determinamos la forma de onda de acuerdo a la figura 10 es del módulo de la BMS tomada del vehículo de su conector de la BMS de los pines 30 y 31 de color azul y verde respectivamente, mediante el oscilograma identificamos los valores referenciales de acuerdo con la tabla 6 y tabla 7.

Tabla 6: Voltajes referenciales de la red CAN HIGH CONFORT Toyota Prius 2010

CAN HIGH CONFORT		
Descripción	Voltajes referenciales (V)	Estado de Bit
Inicio	4	Recesivo
Elevación	1	Dominante
Diferencial	3	-

Fuente: Barrera E., Tiuquinga L., 2023

Tabla 7: Voltajes referenciales de la red CAN LOW CONFORT Toyota Prius 2010

CAN HIGH CONFORT		
Descripción	Voltajes referenciales (V)	Estado de Bit
Inicio	1	Recesivo
Elevación	4	Dominante

Diferencial	3	-
-------------	---	---

Fuente: Barrera E., Tiuquina L., 2023

Estos voltajes obtenidos mediante el osciloscopio permiten identificar la operación normal de funcionamiento de la red CAN CONFORT para lo cual de acuerdo con la figura 10 su onda es de tipo digital, identificamos que con el vehículo en KOEO el delta del voltaje para este tipo de red CAN es de 2,5 V aproximadamente.

Velocidad de transmisión de datos y decodificación de la trama

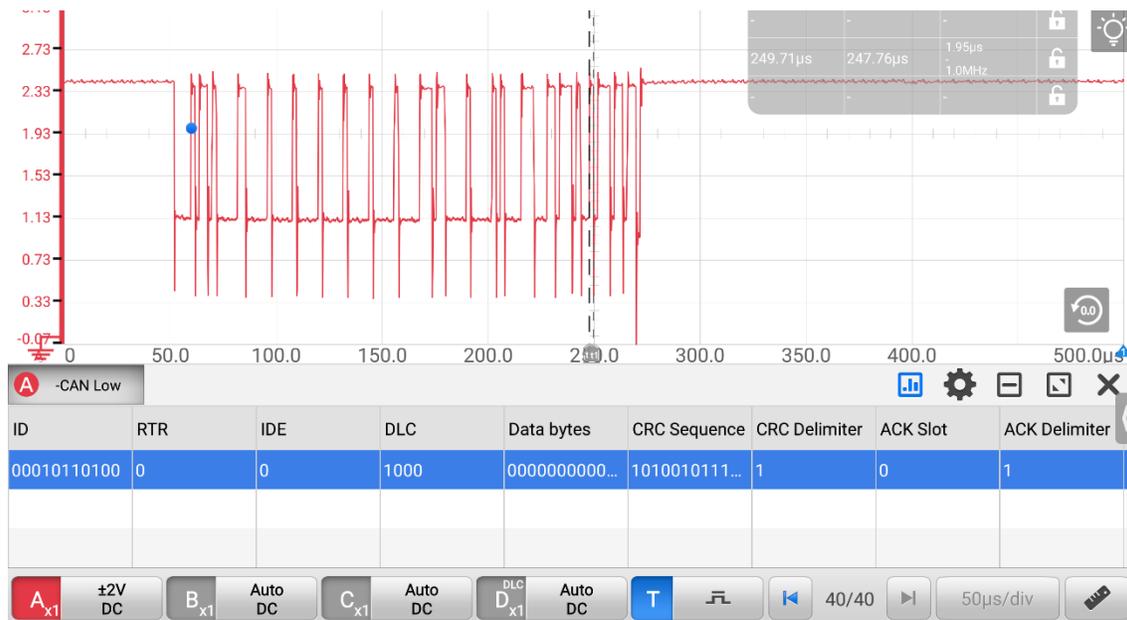
El tiempo de bit que es 0,009 ms.

$$V_t = \frac{1 \text{ bit}}{0,009 \text{ ms}} * \frac{1 \text{ ms}}{1 * 10^{-3} \text{ s}} = 11 \text{ 1111 bits/s}$$

La velocidad de transmisión de datos para la red CAN Confort del Toyota modelo Prius año 2010 es 111,1 Kbps.

Análisis del CAN BUS LOW del automóvil Toyota modelo Yaris 2020

Figura 11: Comportamiento de onda CAN LOW Toyota modelo Yaris 2020



Mediante el análisis del diagrama eléctrico del vehículo, manual de taller y topología del automotor Toyota modelo Yaris del año 2020 determinamos la forma de onda graficada en la figura 11 la cual es tomada desde el pin 14 el cual de acuerdo con la SAE se trata de un CAN LOW, mediante el oscilograma identificamos los valores referenciales de acuerdo con la tabla 8.

Tabla 8: Voltajes referenciales de la red CAN LOW Toyota Yaris 2020

CAN LOW		
Descripción	Voltajes referenciales (V)	Estado de Bit
Inicio	2,45	Recesivo
Caída	1,2	Dominante
Diferencial	1.25	-

Fuente: Barrera E., Tiuquina L., 2023

Los voltajes obtenidos mediante el oscilograma permiten identificar la operación normal de funcionamiento de la red CAN LOW para lo cual de acuerdo con la figura 11 y su onda es de tipo digital, identificamos que con el vehículo en KOEO el delta del voltaje para este tipo de red CAN es de 1.16 V y su forma de onda actúa en 2.2 V.

Velocidad de transmisión de datos y decodificación de la trama

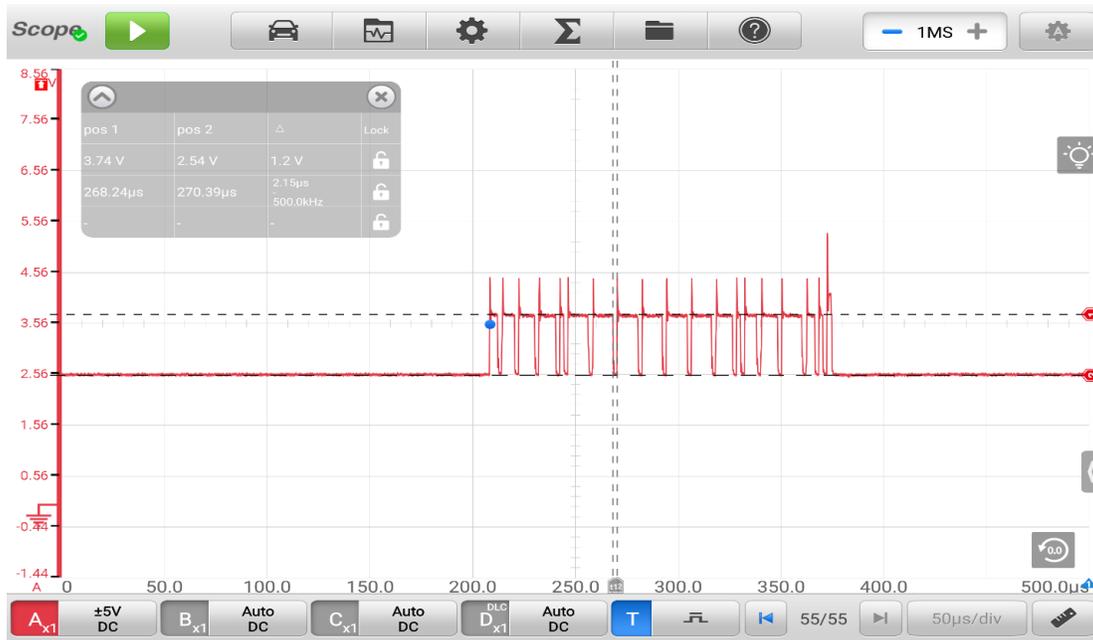
El tiempo de bit que es 2,14 μ s.

$$V_t = \frac{1 \text{ bit}}{2,14 \mu\text{s}} * \frac{1 \mu\text{s}}{1 * 10^{-6}\text{s}} = 467289 \text{ bits/s}$$

La velocidad de transmisión de datos para la red CAN Low del Toyota modelo Yaris año 2020 es 467,3 Kbps.

Análisis del CAN HIGH BUS del automóvil Toyota modelo Yaris 2020

Figura 12. Comportamiento de onda CAN HIGH Toyota modelo Yaris 2020



Con base en el diagrama eléctrico del vehículo, manual de taller y topología del automotor determinamos la forma de onda, así como lo indica la figura 12 la cual fue referenciada desde el pin 6 del DLC el cual de acuerdo con la SAE es CAN HIGH, mediante el oscilograma identificamos los valores referenciales de acuerdo con la tabla 9.

Tabla 9: Voltajes referenciales de la red CAN HIGH Toyota Yaris 2020

CAN HIGH		
Descripción	Voltajes referenciales (V)	Estado de Bit
Inicio	2.5	Recesivo
Elevación	3.7	Dominante
Diferencial	1.2	-

Fuente: Barrera E., Tiuquina L., 2023

Estos voltajes determinados mediante el oscilograma obtenido por los investigadores permiten identificar la operación normal de funcionamiento de la red CAN HIGH, su onda es de tipo digital, identificamos que con el vehículo en KOEO el delta del voltaje para este tipo de CAN LOW es de

1.22 V y su forma de onda actúa en 2.5 V además la calidad de la señal depende de la longitud de la línea del bus, configuración del osciloscopio, entre otros factores electromagnéticos.

Velocidad de transmisión de datos y decodificación de la trama

El tiempo de bit que es 2,14 μs.

$$V_t = \frac{1 \text{ bit}}{2,14 \mu\text{s}} * \frac{1 \mu\text{s}}{1 * 10^{-6}\text{s}} = 467289 \text{ bits/s}$$

La velocidad de transmisión de datos para la red CAN High del Toyota modelo Yaris año 2020 es 467,3 Kbps.

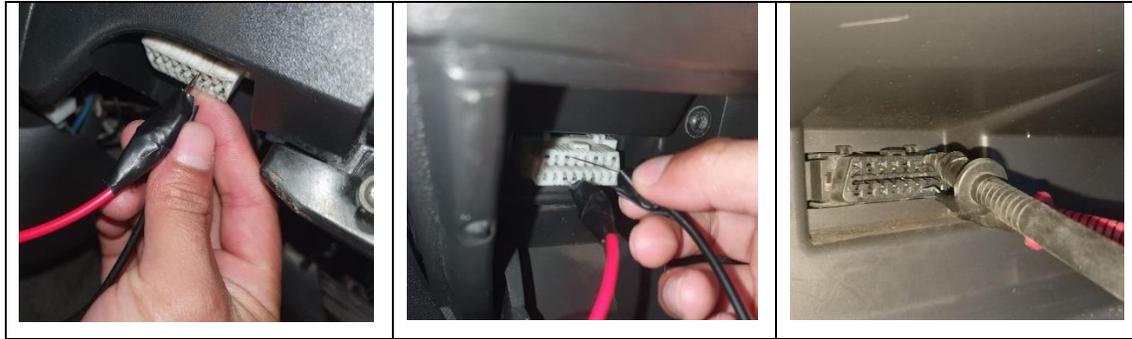
Medición de las resistencias de la red

Para poder medir la resistencia correspondiente a la red CAN de los vehículos se procede a utilizar un multímetro en la opción ohmios y colocar las puntas en los pines 6 y 14 del puerto DCL que pertenecen al CAN H y CAN L de cada uno de los vehículos utilizados en la investigación como se aprecia en la siguiente tabla 10.

De esta manera podemos determinar que los canales de comunicación de la red CAN se encuentran en correcto funcionamiento mediante el valor de 60 ohm entre los canales como lo propone el fabricante Toyota.

Tabla 10: Resistencias entre la red CAN H y CAN L en los vehículos

Resistencia de la Red		
Modelo Yaris 2009	Modelo Prius 2010	Modelo Yaris 2020
		



Fuente: Barrera E., Tiuquina L., 2023

La resistencia entre los canales CAN H y CAN L en los tres vehículos se encuentra dentro del rango permitido por la marca, así podemos corroborar que la resistencia de la red de cada uno de los vehículos se encuentra en perfecto estado y funcionamiento. Así podemos descartar todo tipo de anomalía en el cableado o módulos que integra la red multiplexada de los vehículos, de otra forma si existiera algún problema la resistencia entre las redes aumentaría o disminuiría su valor de resistencia.

Conclusiones

- El enfoque principal de la investigación es el análisis y comportamiento de las redes multiplexadas en los vehículos mediante el uso de equipos de diagnóstico automotriz e información bibliográfica de cada uno de los vehículos con la finalidad de profundizar el conocimiento sobre las redes de comunicación en los vehículos.
- El análisis de información proveniente de estudios y artículos científicos detalla la importante intervención de los sistemas multiplexados de los automóviles, lo cual evidencia su innovación tecnológica significativa conlleva a mejorar la funcionalidad y eficiencia de los sistemas electrónicos en el parque automotor, una integración más efectiva y una comunicación instantánea entre los diversos módulos existentes dentro del vehículo, lo cual enriquece la experiencia de conducción, aumenta los niveles de confort y la seguridad para los ocupantes.
- Mediante el cálculo de la velocidad de transmisión de datos podemos determinar qué tipo de red multiplexada está asociada a los módulos con exactitud, esta velocidad no se la puede comparar debido a que depende de muchos factores externos como el número de módulos

asociados a la red, calidad de la señal, carga de tráfico de datos, la longitud del cable, estado del cableado interno del vehículo y materiales utilizados.

- Uno de los métodos más rápidos para comprobar alguna avería de las redes CAN, es medir su resistencia con la ayuda de un multímetro automotriz teniendo en cuenta el valor nominal de resistencia brindado por el fabricante, en el caso de la marca Toyota la resistencia es 60 Ω y se lo puede valorar mediante el puerto DLC3 y una caja de desconexión, los tres vehículos se encuentran dentro del rango permitido por el fabricante.
- En este estudio, se comparó los protocolos de comunicación obtenidos de los tres vehículos mencionados. Los resultados nos indican que, pese a ser estos vehículos de diferente línea de fabricación la marca Toyota todos trabajan con el protocolo CAN Bus, debido a la eficacia y costo los cuales están sujetos en la industria automotriz. Por lo tanto, se evidencia que los pines 6 y 14 del DLC es la opción tomada por Toyota para acceder a sus diferentes computadoras.

Referencias

1. “Bus de CAN Controller Area Network.”
2. A. Donado Cantillo, “Identificación de Redes Multiplexadas CAN en un Automóvil,” AutoSoporte. Accessed: Aug. 22, 2023. [Online]. Available: <https://autosorte.com/identificacion-de-redes-multiplexadas-can-en-un-automovil/>
3. López Diguay Jenny Alexandra, “ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL SISTEMA MULTIPLEXADO DE UN VEHÍCULO AUDI Q5,” Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2021.
4. S. M. Cedeño Delgado, “Revisión sistemática de Comunicaciones Unificadas de VoIP en redes CAN,” Informática y Sistemas: Revista de Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones, vol. 5, no. 1, p. 17, Sep. 2021, doi: 10.33936/isrtic.v5i1.3569.
5. “CAN COMMUNICATION SYSTEM,” 2018.
6. “Sistema de Comunicación Multiplexado Prius,” 2541.
7. E. Fernandez Palomeque, “Estudio de la Red CAN y sus Diversas Evoluciones en Vehículos Convencionales eHíbridos, con el Propósito de Realizar un Diagnóstico Acertado Tomando Como Base sus Protocolos de Comunicación,” ResearchGate, pp. 1–10, May 2014.

8. Toyota Manual de Taller, “MULTIPLEX COMMUNICATION SYSTEM,” 2010.
9. AUTEL, “Autel Maxisys Ultra,” Software de Diagnostico.

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).