

Análisis a los componentes de potencia de la ECU Siemens Sirius 32 N Renault clio

Power components analysis of the Siemens Sirius 32 N ECU in a Renault clio



- David Alberto Trujillo Unda: Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano, Tecnólogo Superior en Electromecánica Automotriz, <https://orcid.org/0009-0003-4683-0448>
- Diego Andrés Calero Torres: Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano, Magister en Energías Renovables, <https://orcid.org/0000-0003-4754-4251>
- Jairo Edison Guasumba Maila: Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano, Magister en Diseño Mecánico Mención en Fabricación de Autopartes, <https://orcid.org/0000-0002-0533-0397>
Autor de correspondencia: dt2602632@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.64424/rcu42202561>

Recibido: 6 marzo 2025
Publicado: 25 septiembre 2025

Resumen:

Las Unidades de Control Electrónico (ECU) son esenciales en los vehículos modernos, porque optimizan la eficiencia y seguridad mediante el control de sistemas electrónicos, eléctricos y mecánicos; en dicho ámbito, cada cantidad de vehículos cuenta con más de un 10% de sistemas electrónicos que se encuentran en constante comunicación con la ECU, lo que permite un monitoreo constante de cada uno de los regímenes de trabajo que tienen. Esta investigación se enfoca en el análisis de los componentes de potencia, específicamente los drivers, en la ECU Siemens Sirius 32-N de Renault Clio, elementos críticos por su control de actuadores y alta susceptibilidad a daños. Mediante un diseño descriptivo y el uso de software especializado, se busca investigar el funcionamiento y diagnóstico de estos componentes. El estudio se centra en la identificación y análisis de los drivers, su función en el control de actuadores y la generación de curvas de Lissajous para el diagnóstico de la ECU.

Palabras clave: unidad de control electrónico, driver, Smart drive, corriente, Lissajous

Abstract:

Electronic Control Units (ECU) are essential in modern vehicles, because they optimize efficiency and safety through the control of electronic, electrical and mechanical systems. In this area, each greater number of vehicles have more than 10% of electronic systems that are in constant communication with the ECU, which allows constant monitoring of each of the work regimes they have. This research focuses on the analysis of the power components, specifically the drivers, in the Siemens Sirius 32-N ECU of Renault Clio, critical elements due to their control of actuators and high susceptibility to damage. Through a descriptive design and the use of specialized software, the aim is to investigate the operation and diagnosis of these components. The study focuses on the identification and analysis of the drivers, their function in the control of actuators and the generation of Lissajous curves for ECU diagnosis.

Keywords: Electronic Control Unit, driver, Smart drive, current, Lissajous



Introducción

La computadora automotriz, conocida como módulo de control del motor (ECM) o módulo de control del tren de potencia (PCM), es esencial para gestionar funciones del motor y la transmisión mediante sensores y actuadores. Estas unidades de control electrónico (ECUs) son fundamentales en los sistemas automotrices modernos, desempeñando roles críticos en la eficiencia del combustible, la seguridad y el confort del usuario (Aravind y Shah, 2024). La ECU recopila datos de varios sensores ubicados en diferentes partes del vehículo, como el sensor de oxígeno, el sensor de posición del acelerador, el sensor de velocidad, entre otros. Estos sensores proporcionan información sobre el estado del motor, la temperatura, la carga, la posición de las válvulas, la velocidad del vehículo y otros parámetros relevantes (Bosch, 2018).

La ECU, basada en un microcontrolador de 32 bits, permite realizar cálculos complejos y procesar datos de múltiples sensores en tiempo real. La Sirius 32N integra interfaces para la comunicación con módulos de control adicionales y sistemas de diagnóstico, facilita la gestión de parámetros como la inyección de combustible, el encendido del motor y el control de emisiones. Además, cuenta con capacidades de calibración y ajuste que permiten optimizar el rendimiento del motor y asegurar el cumplimiento de normativas ambientales. La unidad utiliza transistores de potencia para manejar señales de alta corriente y voltaje, esenciales para el funcionamiento fiable de los sistemas eléctricos del vehículo.

Las Unidades de Control Electrónico (ECU) son componentes esenciales en los vehículos modernos, encargadas de gestionar y optimizar el funcionamiento del motor y otros sistemas del vehículo para mejorar la eficiencia energética, el rendimiento y la seguridad. Como parte de la función para el control del motor, la ECU regula parámetros críticos como la cantidad de aire de admisión, la inyección de combustible, el tiempo de ignición y el control del acelerador electrónico, con lo cual, se asegura un rendimiento óptimo (Niimi, 2014; Kaiser, 2015). Además, para lograr la optimización de la energía, como en Vehículos Eléctricos VE, las ECUs integradas coordinan subsistemas como la Unidad de Control del Vehículo (VCU) y el Control Electrónico de Estabilidad (ESC), mejorando la eficiencia energética (Naqvi et al., 2024).

En cuanto a los protocolos de comunicación, lo realizan mediante sistemas CAN y UDS, que permiten un diagnóstico detallado del estado del vehículo, lo cual, contribuye a mejorar los procedimientos de mantenimiento del motor (Kataria et al., 2024).

La mayor parte de elementos de comandos electrónicos de monitoreo, control y diagnóstico de los vehículos cuentan con varios componentes, que limitan, controlan y rectifican el paso de señales y pulsos electrónicos.

Los tipos más utilizados son los transistores bipolares de unión (BJT), los transistores de efecto de campo (MOSFET) y los transistores de puerta aislada bipolar (IGBT). Cada uno con características únicas que los hacen adecuados para diferentes aplicaciones en computadoras automotrices.

Los BJTs son conocidos por su capacidad de manejar altas corrientes y su uso en aplicaciones de amplificación. Sin embargo, en el contexto automotriz, su uso es menos común en comparación con los MOSFETs e IGBTs debido a sus limitaciones en velocidad de conmutación y eficiencia energética (Chen, 1987).

Los MOSFETs, especialmente los de carburo de silicio (SiC), están ganando popularidad en aplicaciones automotrices debido a su alta velocidad de conmutación y eficiencia energética. Estos dispositivos son capaces de operar a temperaturas más altas y con menores pérdidas de energía, lo que los hace ideales para inversores de potencia en vehículos eléctricos (Chen et al., 2024; Kimoto, 2022). Sin embargo, el aumento en la frecuencia de conmutación puede incrementar las pérdidas de los inversores de potencia, lo que requiere mejoras en los sistemas de enfriamiento para mantener el rendimiento (Chen et al., 2024).

Los IGBTs combinan las ventajas de los transistores bipolares y de efecto de campo, siendo ampliamente utilizados en aplicaciones de alta potencia y voltaje, como en la conducción de motores en automóviles (Chen, 1987; Kapen, 2022).

Se han realizado mejoras significativas en los IGBTs para reducir la caída de voltaje en estado de encendido y las pérdidas al apagarse, utilizando estructuras de compuerta en trinchera y paradas de campo (Liu et al., 2020).

Los IGBTs de alto voltaje, como los basados en carburo de silicio, son prometedores para aplicaciones de ultra alto voltaje, mejorando la eficiencia energética y reduciendo el estrés del campo eléctrico (Zhong et al., 2022; Kimoto, 2022).

La optimización de la estructura y los materiales es crucial para mejorar la eficiencia de los IGBTs, especialmente en aplicaciones de alto voltaje donde el estrés del campo eléctrico puede comprometer las propiedades aislantes (Zhong et al., 2022).

La reducción de la capacitancia de Miller en los IGBTs es un área de investigación activa, ya que es crucial para mejorar el rendimiento en aplicaciones de baja frecuencia de conmutación (Liu et al., 2020). Los BJTs, MOSFETs e IGBTs desempeñan roles vitales en las computadoras automotrices, cada uno con sus propias ventajas y desafíos.

La continua investigación y desarrollo en estos dispositivos busca mejorar su eficiencia y adaptabilidad a las crecientes demandas de la industria automotriz.

Los sistemas de control en vehículos han evolucionado hacia arquitecturas integradas que permiten la coordinación de múltiples funciones, manteniendo un enfoque modular para evitar la complejidad y mejorar la estabilidad del sistema (Gordon et al., 2003; Wang & Ganesan, 2020).

Estos estudios sugieren que la tendencia tecnológica, en el ámbito de los transistores de potencia automotriz, se dirige hacia el uso de semiconductores de banda ancha como el carburo de silicio (SiC) y el nitruro de galio (GaN), que ofrecen mejoras significativas en eficiencia, reducción de pérdidas de energía, y capacidad de manejar mayores corrientes y voltajes en dispositivos más compactos.

La tendencia tecnológica en transistores de potencia automotriz se centra en el desarrollo de dispositivos más eficientes y compactos, capaces de manejar mayores corrientes y voltajes con menor pérdida de energía. Los materiales semiconductores de banda ancha, como el carburo de silicio (SiC) y el nitruro de galio (GaN), están emergiendo como alternativas superiores a los dispositivos de silicio tradicionales debido a sus propiedades avanzadas.

El SiC presente en los dispositivos ofrecen un alto voltaje de ruptura, baja pérdida de energía y conmutación rápida, lo que los hace ideales para aplicaciones automotrices que requieren alta eficiencia y densidad de potencia (Chaudhary et al., 2023; Kimoto, 2022; Mauromicale et al., 2019; Uchida et al., 2019). Los MOSFETs de SiC, en particular, son adecuados para aplicaciones de alta frecuencia debido a su mecanismo de conducción unipolar y tamaño reducido del chip (Li et al., 2017; Mdanat et al., 2024).

La presencia de GaN en los transistores aporta características como una alta eficiencia y capacidad de operar a altas frecuencias, lo que los hace atractivos para sistemas de conversión de energía en automóviles (Chaudhary et al., 2023; Mauromicale et al., 2019; Mdanat et al., 2024). Estos dispositivos permiten una reducción significativa de las pérdidas de energía y el tamaño de los convertidores de potencia (Mauromicale et al., 2019). Los dispositivos de SiC y GaN reducen las pérdidas de conducción y conmutación, mejorando así la eficiencia de los sistemas de potencia automotrices (Chaudhary et al., 2023; Kimoto, 2022; Uchida et al., 2019; Varecha et al., 2019). Los modelos de pérdida de energía para estos dispositivos han sido desarrollados para optimizar su rendimiento en aplicaciones de alta frecuencia (Ding et al., 2021; Li et al., 2017).

Diseño Compacto y Eficiente: Se han desarrollado configuraciones de control de puerta y suministro que minimizan el tamaño y el costo, mejorando la densidad de potencia y la fiabilidad (Kaceti et al., 2020). Los dispositivos como los DiMOS de SiC integran diodos y transistores en un solo chip, ofreciendo soluciones compactas y eficientes para vehículos eléctricos e híbridos (Kitabatake & Ohoka, 2015).

La transición hacia semiconductores de banda ancha como SiC y GaN está impulsando la eficiencia y la miniaturización de los transistores de potencia automotriz. Estos materiales ofrecen mejoras significativas en la reducción de pérdidas de energía y en la capacidad de manejar mayores corrientes y voltajes, lo que es crucial para el avance de los vehículos eléctricos e híbridos.

La finalidad de este estudio es proporcionar a los técnicos automotrices una herramienta de diagnóstico visual especializada y precisa para la ECU Siemens Sirius 32-N del Renault Clio. Al establecer imágenes de referencia de las curvas de Lissajous obtenidas bajo condiciones normales en pines, se facilitará la identificación de posibles anomalías en el funcionamiento interno de la ECU mediante la comparación directa con las curvas generadas en unidades bajo diagnóstico. Esta metodología busca simplificar el proceso de detección de fallas, mejorar la eficiencia de las reparaciones y, en última instancia, contribuir a una mayor confiabilidad y un menor tiempo de inactividad de los vehículos Renault Clio equipados con esta ECU específica, basándose en la inspección visual de las formas de ondas características.

Metodología

Se aplicó un diseño descriptivo de caso único para el análisis de la unidad ECU Siemens Sirius 32-N proveniente de un Renault Clio, en funcionamiento normal, para obtener imágenes del transistor de potencia, su diagrama de conexión dentro de la ECU y las curvas de Lissajous en pines estratégicos. El análisis se realizó con la ECU desconectada del vehículo, alimentada externamente y con simulación de señales. La muestra, constituida por una Unidad de Control Electrónico (ECU) Siemens Sirius 32-N, fue extraída de un vehículo Renault Clio en condiciones de funcionamiento normal.

La principal herramienta para la recolección de información fue un Trazador de Curvas y el software principal utilizado, un Smart Curve para la visualización, captura y almacenamiento de las curvas de Lissajous generadas por el Trazador de Curvas, y para organizar las imágenes de referencia. Adicionalmente, se utilizó una cámara para obtener fotografías detalladas de los transistores de potencia dentro de la ECU.

Se consultaron los diagramas eléctricos y la documentación técnica de la ECU Siemens Sirius 32-N del Renault Clio para identificar un conjunto específico de pines de prueba estratégicos. Estos pines son seleccionados en función de la importancia de las señales que transportan para el funcionamiento de la ECU (ej., señales de sensores simulados, actuadores, comunicación interna simulada) con la expectativa de generar curvas de Lissajous informativas.

Se inspeccionó físicamente la ECU Siemens Sirius 32-N para identificar los transistores de potencia relevantes. Se tomaron fotografías de alta resolución que muestran su ubicación y características dentro de la ECU. Los diagramas eléctricos y la documentación técnica específica de la ECU Siemens Sirius 32-N del Renault Clio para obtener el diagrama de conexión de los transistores de potencia, identificando sus terminales y su integración en el circuito de la ECU. Se identificaron pines de prueba estratégicos en la ECU, basándose en los diagramas y la función de los circuitos asociados a los transistores de potencia y otras señales relevantes para el diagnóstico.

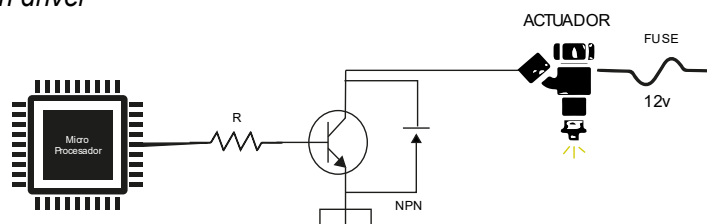
La ECU Siemens Sirius 32-N fue alimentada externamente y se simularon las señales de entrada necesarias para activar los circuitos de interés conectando las sondas del Trazador de Curvas a los pares de pines estratégicos para generar y visualizar las curvas de Lissajous (modo XY), registrando los parámetros de configuración del trazador para cada medición. Se capturaron múltiples imágenes de alta resolución de las curvas de Lissajous visualizadas utilizando la función de captura del Trazador de Curvas o una cámara externa.

La metodología específica que la ECU se analizó fuera del vehículo, con alimentación y simulación de señales externas para su funcionamiento. Fue importante asegurarse que la simulación de señales sea lo más precisa posible para reflejar las condiciones de funcionamiento reales.

La Figura 1 es una ilustración del principio de funcionamiento del control de un actuador mediante un transistor, controlado a su vez por el microprocesador de la ECU. Su propósito es proporcionar el contexto electrónico fundamental para comprender la función de los transistores de potencia dentro de la ECU y justificar la relevancia de su análisis a través de la medición de curvas de Lissajous en los pines correspondientes.

Figura 1

Esquema de un driver



Nota. Autores, (2024)

Para facilitar la comprensión de la Tabla 1 y la imagen visual que se presentan a continuación, es importante señalar que la tabla detalla la correspondencia específica entre los números de pin de la Unidad de Control Electrónico (ECU) Siemens Sirius 32-N del Renault Clio y los diversos componentes a los que se conecta, incluyendo actuadores, sensores y otros elementos relevantes del sistema electrónico del vehículo. De forma complementaria.

Tabla 1

Pin data del ecu Siemens Sirius 32N

Función	Pin
+30	30
GND	3-28-33-67
+15	29
R. PPAL-	10
R. PPAL+	66
HALL	X
BOMBA	9
INYECTOR/ES	59-90-60-89
BOBINA/S	1-32
MÓDULO/S	X
RPM+	24
RPM-	54
SONDA	45
MAP	16
TPS	X
T. MOTOR	18
T. AIRE	46
SV	78-6-71-7
VSS	51
FASE	X

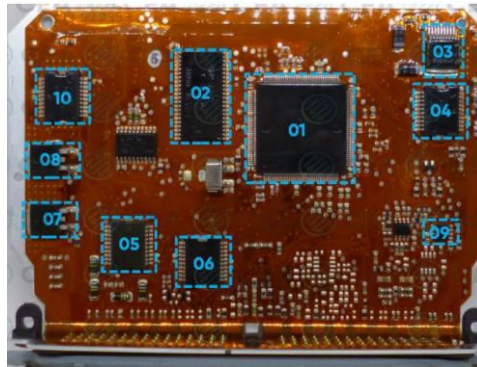
Nota. Renault, (2016). Manual de taller. Adicional a la tabla presente, la figura 1 proporciona una representación gráfica de la disposición física de los pines en el conector de la ECU.

Resultados y discusión

Identificación y descripción interna de los semiconductores de la computadora Siemens Sirius 32-N, se encuentran detallados en la figura 2 y tabla 2 respectivamente. La figura proporciona una representación visual directa de la ubicación física de los componentes dentro de la ECU. Los números superpuestos en la imagen se corresponden directamente con los números de la Tabla 2, permitiendo al lector asociar la descripción funcional y la matrícula de cada componente con su ubicación física real en la placa.

Figura 2

Renault Clio, ECU Siemens Sirius 32-N



Nota. Full Probe, 2024

La tabla 2 proporciona una identificación de los principales circuitos integrados (ICs) y módulos funcionales presentes dentro de la ECU Siemens Sirius 32-N del Renault Clio. Al conocer los nombres y las matrículas de los componentes, se facilita la búsqueda de información técnica adicional (datasheets, diagramas de pines, etc.) sobre su funcionamiento individual.

Tabla 2.

Componentes Siemens Sirius 32-N Renault Clio

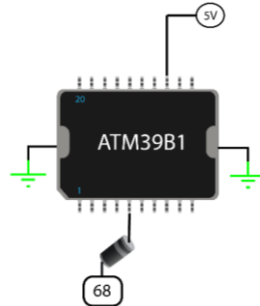
Nº	Elemento	Matricula
1	ICR Microcontrolador	INFINEON C167SR-EACEA
2	Memoria flash	AM29F200BB
3	Regulador de voltaje	JM99AB / LMB1028S
4	Control de inyectores	ATM36
5	Control de relé principal, control de relé de bomba, control de electroventilador	ATM39B1
6	Control de P.A. P	U705 SDIC03
7	Control de encendido	20CL36
8	Control de encendido	20CL36
9	Línea K, Línea L	L9613
10	Control Válvula de purga de canister	ATM38

Nota. Autores, (2024)

El control del relé principal recibe una señal de la ECU que indica cuándo se debe activar o desactivar un relé específico. Cuando la señal indica que un relé debe activarse, el control del relé cierra un circuito que permite el flujo de corriente hacia el componente correspondiente. Cuando la señal indica que el relé debe desactivarse, el circuito se abre y se interrumpe el flujo de corriente.

Figura 4

Control de relé de bomba

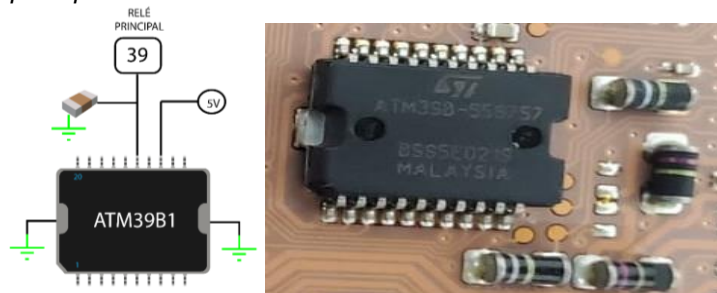


Nota. Full Probe, 2024

La Figura 5 ilustra el circuito de control del relé principal, donde el pin 39 de la ECU está conectado al Integrated Circuit (IC) ATM39B1, específicamente a uno de sus pines de salida. Este IC, el ATM39B1, actúa como un driver o interruptor electrónico que, al recibir una señal de control (no mostrada directamente en este diagrama, pero implícita en su función), es capaz de activar o desactivar el relé principal. La activación del relé principal permite el flujo de corriente hacia diversos sistemas del vehículo, mientras que su desactivación interrumpe este flujo. El diagrama también muestra una conexión a tierra (GND) del IC y una posible conexión a una fuente de voltaje de 5V, que podría ser utilizada para alimentar internamente el IC o proporcionar una referencia para su funcionamiento. En esencia, este circuito representa la interfaz electrónica entre la lógica de control de la ECU (implementada en el IC ATM39B1) y el relé físico que suministra potencia a los sistemas del vehículo, características tabla 3.

Figura 5

Control de relé principal Relé De Bomba/ATM39B1



Nota. Full Probe, 2024

Tabla 3

Características

Pin del componente	Función
4	Out – V1 Cooling
5	Out – Fuel Pump Relay – Pin 68 ECU
6	Out – V1 Cooling
14	Out – Giro Account
15	Out – Main relay – Pin 39 ECU

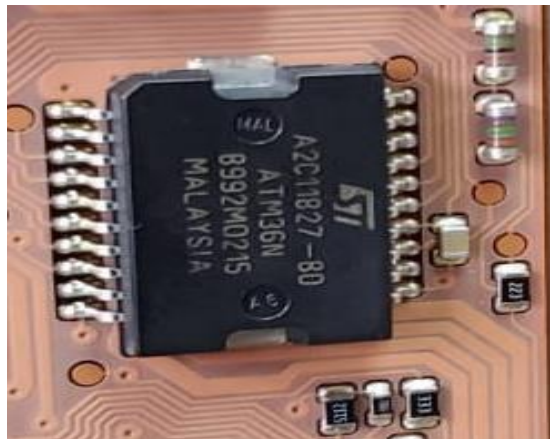
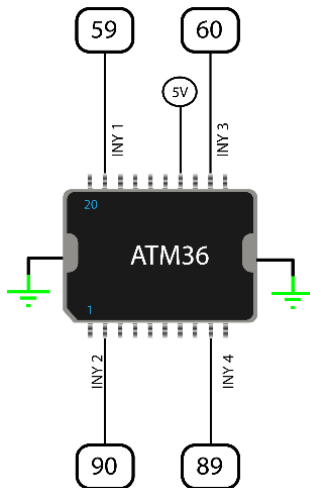
Nota. Datasheet, (2024)

El control de inyectores ATM36 recibe una señal de la ECU que indica cuándo se debe activar o desactivar el inyector. Esta señal se basa en diversos factores, como las RPM del motor, la carga del motor y la temperatura del motor.

Cuando la señal indica que el relé debe activarse, este cierra un circuito que permite el flujo de corriente hacia los inyectores de combustible. Esto energiza los solenoides de los inyectores, lo que provoca la apertura de las válvulas y la inyección de combustible en los cilindros del motor. Cuando la señal indica que el relé debe desactivarse, este abre el circuito, lo que interrumpe el flujo de corriente hacia los inyectores. Esto desenergiza los solenoides de los inyectores, lo que provoca el cierre de las válvulas y la interrupción del flujo de combustible.

Figura 7

Control de inyectores Atm36



Nota. Full Probe, (2024)

Tabla 4

Pin data Atm36

Pin del componente	Función
1-10-11-20	Grounding (Conexión a Tierra)
2	Out-inyector 2 - pin 90 ECU
4	In- inyector 2
8	In- inyector 4
9	Out-inyector 4 - pin 89 ECU
12	Out-inyector 3 - pin 60 ECU
13	In- inyector 3
14-15	+ 5v
17	In- inyector 3
19	Out-inyector 1 - pin 59 ECU

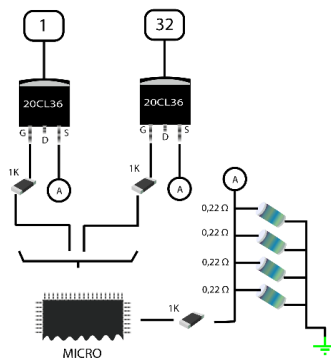
Nota. Datsheet, (2024)

El Control de Encendido/20CL36 en la ECU tiene como función principal controlar el momento preciso en que se produce la chispa en las bujías del motor. Esto es crucial para asegurar una combustión eficiente y un rendimiento óptimo del motor. El Control de Encendido/20CL36 funciona en conjunto con varios sensores para determinar el momento óptimo de encendido. Estos sensores incluyen:

- Sensor de Posición del Cigüeñal (CKP): Mide la posición del cigüeñal y la velocidad del motor.
- Sensor de Posición del Árbol de Levas (CMP): Mide la posición del árbol de levas y la fase del motor.
- Sensores de detonación: Detectan la presencia de detonación en el motor.
- Con la información proporcionada por estos sensores, la ECU calcula el momento ideal para generar la chispa en cada bujía. La ECU envía una señal a la bobina de encendido, que a su vez genera la chispa en las bujías.

Figura 9.

Control de encendido



Nota. Full Probe, (2024)

Figura 10

Mosfet



Nota. Autores, (2024)

Tabla 5

Pin data Mosfet 20CL36

Pin del componente	Función
1	Firing (disparador)
2	Out – pin 1 ECU – cylinder 2/3
3	Grounding (Conexión a Tierra)

Nota. Datasheet, (2024)

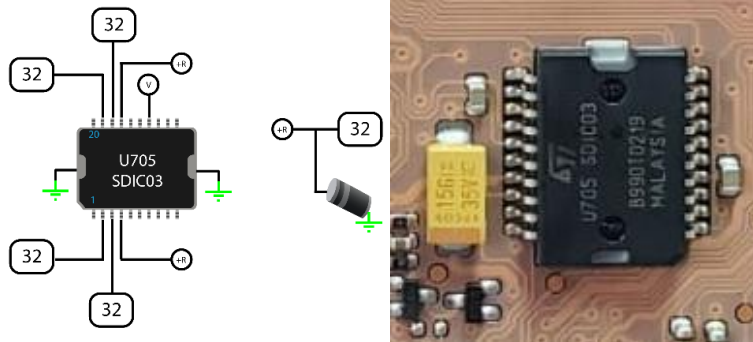
El Control de Presión de Aire de Admisión (PAP) en la ECU tiene como función principal medir y regular la cantidad de aire que ingresa al motor. Esto es crucial para asegurar una combustión eficiente y un rendimiento óptimo del motor. El PAP funciona en conjunto con varios sensores para determinar la cantidad de aire que ingresa al motor. Estos sensores incluyen:

- Sensor de Presión Absoluta del Colector (MAP): Mide la presión del aire en el colector de admisión.
- Sensor de Temperatura del Aire de Admisión (IAT): Mide la temperatura del aire que ingresa al motor.
- Sensor de Flujo de Aire Masiva (MAF): Mide la cantidad de aire que ingresa al motor por unidad de tiempo.

Con la información proporcionada por estos sensores, la ECU calcula la cantidad de aire que necesita el motor para funcionar correctamente. La ECU ajusta la apertura del acelerador electrónico para controlar la cantidad de aire que ingresa al motor.

Figura 11

Control de P.A.P U705 SDIC03



Nota. Full Probe, 2024

Tabla 6

Pin data u705

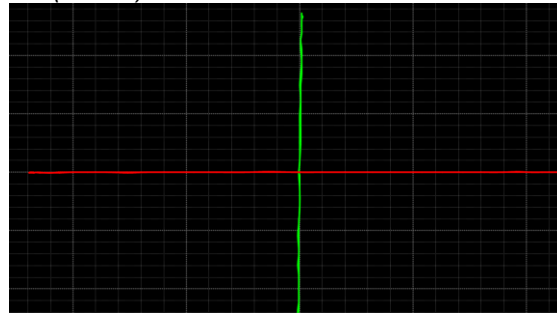
Pin del componente	Función
1-20	Grounding (Conexión a Tierra)
2	Out-Stepper Motor – Coil B – Pin 42 ECU
3	Out-Stepper Motor – Coil A – Pin 12 ECU
4	+ 15
15	+ 5v
17	-15
18	Out-Stepper Motor – Coil A – Pin 41 ECU
19	Out-Stepper Motor – Coil B – Pin 72 ECU

Nota. Datasheet, (2024)

El análisis realizado en este estudio revela la importancia de los transistores de potencia, que se encuentran en las computadoras automotrices, además, el método de diagnóstico aplicado en ellas evidencia (en las figuras del 12 al 16) su influencia en el rendimiento y la eficiencia de los sistemas electrónicos del vehículo. Estas representaciones gráficas presentan las diferentes tendencias de curva relacionadas con los IGBT, en cuanto a su caída de tensión en estado activo (Liu et al, 2020), lo cual, también corrobora que un análisis por medio de curvas genera un indicio de diagnóstico práctico, que al igual que el estudio realizado por (Mdanat et al, 2024) también busca la simplificación y simulación por medio de elementos alternos, donde las curvas reflejan las tensiones y corrientes parasitas; y un diagnóstico práctico para la pérdida de potencia. Se ha identificado que el diseño robusto y la correcta implementación de estos transistores garantizan la fiabilidad del vehículo. De la misma manera, la pérdida de conmutación como elemento intrínseco de pérdida de funcionamiento, no depende solo del dispositivo, sino, de las características del circuito; es decir, de la corriente de excitación de la compuerta, inductancia parasita y capacitancias parasitas, que describe el estudio de Xiao Feng Ding et al, (2021). Esto fue corroborando con los diferentes circuitos presentados y sus figuras resultantes en este estudio, que combinan la correlación entre la tendencia teórica de las curvas de Lissajous con los datos obtenidos de la simulación del funcionamiento de los sistemas electrónicos de potencia de un vehículo.

Figura 12

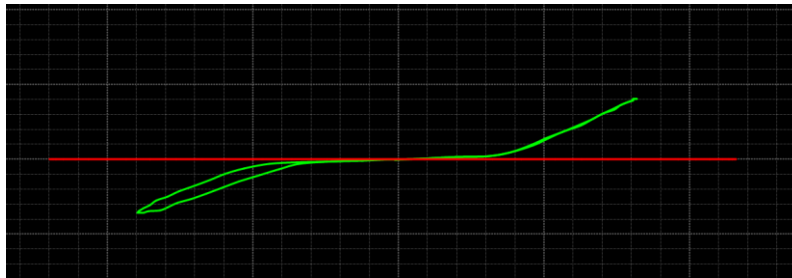
Entrada de Sonda Landa (Pin 80)



Nota. Autores, 2024

Figura13

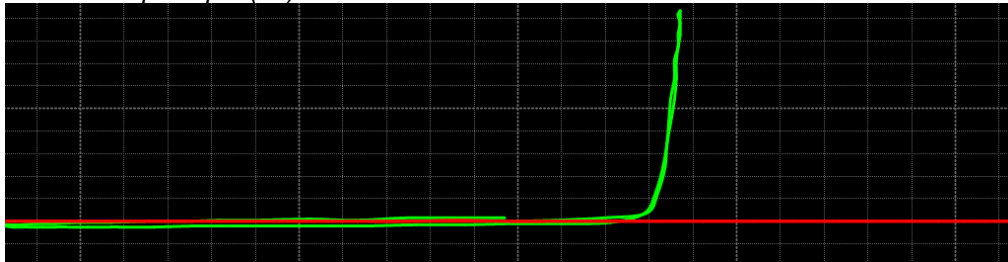
Base transistor en buen estado



Nota. Autores, 2024

Figura 14

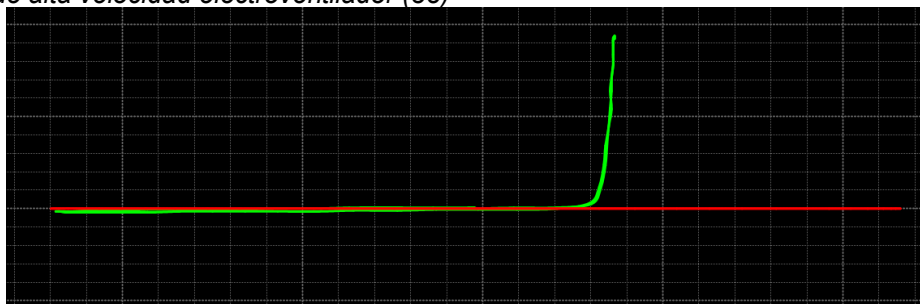
Salida de relé principal (39)



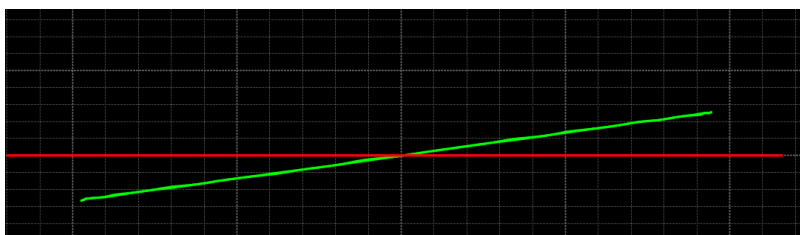
Nota. Autores, 2024

Figura 15

Relé de alta velocidad electroventilador (38)



Nota. Autores, 2024

Figura 16*Módulo de control ventilador a/ta (46)*

Nota. Autores, 2024

Conclusiones

La investigación propuso caracterizar las curvas de Lissajous en un conjunto de pines de prueba estratégicos de la ECU Siemens Sirius 32-N del Renault Clio bajo condiciones simuladas de funcionamiento normal, obteniendo un conjunto de imágenes de referencia para el diagnóstico técnico, revelando patrones visuales característicos para cada par de señales analizadas en los pines descritos. Este conjunto de imágenes de referencia representa una contribución al campo del diagnóstico automotriz de ECUs, al ofrecer a los técnicos una herramienta visual comparativa para evaluar el funcionamiento interno de la ECU Siemens Sirius 32-N del Renault Clio.

La inspección visual de las curvas obtenidas en una ECU bajo diagnóstico y su comparación con las imágenes de referencia podrían facilitar la identificación de desviaciones que indiquen posibles fallas en los componentes o circuitos asociados a los pines examinados. Sin embargo, es importante considerar que este estudio se basa en el análisis de una única ECU funcional bajo condiciones de simulación específicas, lo que limita la generalización de los resultados.

Futuras investigaciones podrían enfocarse en validar estos patrones de referencia con un número mayor de ECUs, incluyendo aquellas con fallas conocidas, para establecer la fiabilidad y la especificidad de este método diagnóstico. Además, se sugiere explorar la variación de las curvas bajo diferentes escenarios de funcionamiento simulado y expandir el análisis a un conjunto más amplio de pines de la ECU Siemens Sirius 32-N y a otras unidades de control automotriz.

Referencias

- Aravind, R., & Shah, C. (2024). Innovations in Electronic Control Units: Enhancing Performance and Reliability with AI. *International Journal of Engineering and Computer Science*.
<https://doi.org/10.18535/ijecs/v12i01.4787>.
- Automobile Embedded Real-Time Systems (2019). *Systems Engineering of Software-Enabled Systems*.
<https://doi.org/10.1002/9781119535041.app2>
- Bosch, R. (2020). *Automotive Handbook* (10th ed.). Bentley Publishers.
- Chaudhary, O., Denai, M., Refaat, S., & Pissanidis, G. (2023). Technology and Applications of Wide Bandgap Semiconductor Materials: Current State and Future Trends. *Energies*.
<https://doi.org/10.3390/en16186689>.
- Chen, D. (1987). Power semiconductors: Fast, tough, and compact: MOS field-effect transistors and gate turnoff thyristors are bringing new levels of performance in switching frequencies and current and voltage ratings. *IEEE Spectrum*, 24, 30-35.
<https://doi.org/10.1109/MSPEC.1987.6448932>
- Chen, X., Xu, X., Li, M., Li, Y., & Ling, H. (2024). Multi-objective topology optimization design of silicon carbide metal oxide semiconductor field effect transistors power module liquid-cooled heatsink for electric vehicles. *Applied Thermal Engineering*.
<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2024.123861>
- Ding, X., Lu, P., & Shan, Z. (2021). A high-accuracy switching loss model of SiC MOSFETs in a motor drive for electric vehicles. *Applied Energy*, 291, 116827.
<https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2021.116827.B>
- Gordon, T., Howell, M., & Brandao, F. (2003). Integrated Control Methodologies for Road Vehicles. *Vehicle System Dynamics*, 40, 157 - 190.
<https://doi.org/10.1076/vesd.40.1.157.15877>
- Kaceti, J., Kaceti, T., Jaensch, M., & Goetz, S. (2020). Novel Low-Side/High-Side Gate Drive and Supply With Minimum Footprint, High Power Density, and Low Cost for Silicon and Wide-Bandgap Transistors. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 36, 8219-8229.
<https://doi.org/10.1109/TPEL.2020.3016923>
- Kaiser, M. (2015). Electronic control unit (ECU). 254-259.
https://doi.org/10.1007/978-3-658-03964-6_16
- Kapen, T. (2022). INSULATED-GATE BIPOLAR TRANSISTOR. *Chronos*.
<https://doi.org/10.52013/2658-7556-70-8-12>

- Kimoto, T. (2022). High-voltage SiC power devices for improved energy efficiency. *Proceedings of the Japan Academy. Series B, Physical and Biological Sciences*, 98, 161 - 189.
<https://doi.org/10.2183/pjab.98.011>
- Kataria, U., Panchal, K., Puvvada, J., Kadlag, S., & Shinde, S. (2024). Implement Standard UDS Diagnostics over can for Automotive Actuator ECU. *International Journal For Multidisciplinary Research*.
<https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i02.17526>
- Kitabatake, M., & Ohoka, A. (2015). SiC DioMOS with precisely controlled epitaxial channel. *MRS Bulletin*, 40, 425-430.
<https://doi.org/10.1557/MRS.2015.91>
- Li, X., Jiang, J., Huang, A., Guo, S., Deng, X., Zhang, B., & She, X. (2017). A SiC Power MOSFET Loss Model Suitable for High-Frequency Applications. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 64, 8268-8276.
<https://doi.org/10.1109/TIE.2017.2703910>.
- Liu, Y., Zhao, L., Wang, L., & Wang, Y. (2020). A new trench gate field stop insulated gate bipolar transistor (IGBT) with a significant reduction in Miller capacitance. *Micro & Nano Letters*.
<https://doi.org/10.1049/mna2.12021>
- Mauromicale, G., Raciti, A., Rizzo, S., Susinni, G., Fusillo, F., Palermo, A., & Scrimizzi, F. (2019). Efficiency of state-of-the-art GaN devices in a synchronous-rectifier buck converter. *IECON 2019 - 45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 1, 1726-1731.
<https://doi.org/10.1109/IECON.2019.8927488>
- Mdanat, R., Georgious, R., Saeed, S., & García, J. (2024). Power Loss Modeling and Impact of Current Measurement on the Switching Characterization in Enhancement-Mode GaN Transistors. *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, 12, 5404-5420.
<https://doi.org/10.1109/JESTPE.2024.3431270>.
- Naqvi, S., Jamil, H., Iqbal, N., Khan, S., Khan, M., Qayyum, F., & Kim, D. (2024). Evolving Electric Mobility Energy Efficiency: In-Depth Analysis of Integrated Electronic Control Unit Development in Electric Vehicles. *IEEE Access*, 12, 15957-15983.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3356598>
- Niimi, Y. (2014). Engine ECU Systems, 116.
<https://doi.org/10.1002/9781118354179.AUTO225>
- Uchida, K., Hiyoshi, T., Saitoh, Y., Masuda, T., & Kaneda, T. (2019). High Current SiC Transistors for Automotive Applications.

- Varecha, P., Makys, P., Sumega, M., & Sovicka, P. (2019). Power losses analysis in MOSFET 3-phase high current power inverter for automotive application area. *Transportation Research Procedia*. <https://doi.org/10.1016/J.TRPRO.2019.07.082>.
- Wang, D., & Ganesan, S. (2020). Automotive Domain Controller. *2020 International Conference on Computing and Information Technology (ICCIT-1441)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/ICCIT-144147971.2020.9213824>
- Zhong, L., Liu, W., Xi, Y., Wang, F., Chen, S., Sun, Q., Sun, Y., & Fei, G. (2022). An Integrated Structure–Material Optimization Strategy for the Packaging of High-Voltage Insulated Gate Bipolar Transistors. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 29, 2163-2170. <https://doi.org/10.1109/TDEI.2022.3211225>