



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ

TEMA: “Modelación y parametrización del trazado de figuras de Lissajous para el diagnóstico y reparación de módulos automotrices”

AUTOR:

MUQUINCHE MASAPUNCHO, ADRIÁN PAUL

DIRECTOR:

ING. ERAZO LAVERDE, WASHINGTON GERMÁN

**LATACUNGA
FEBRERO, 2023**



El aprendizaje es experiencia, todo lo demás es
información

Albert Einstein



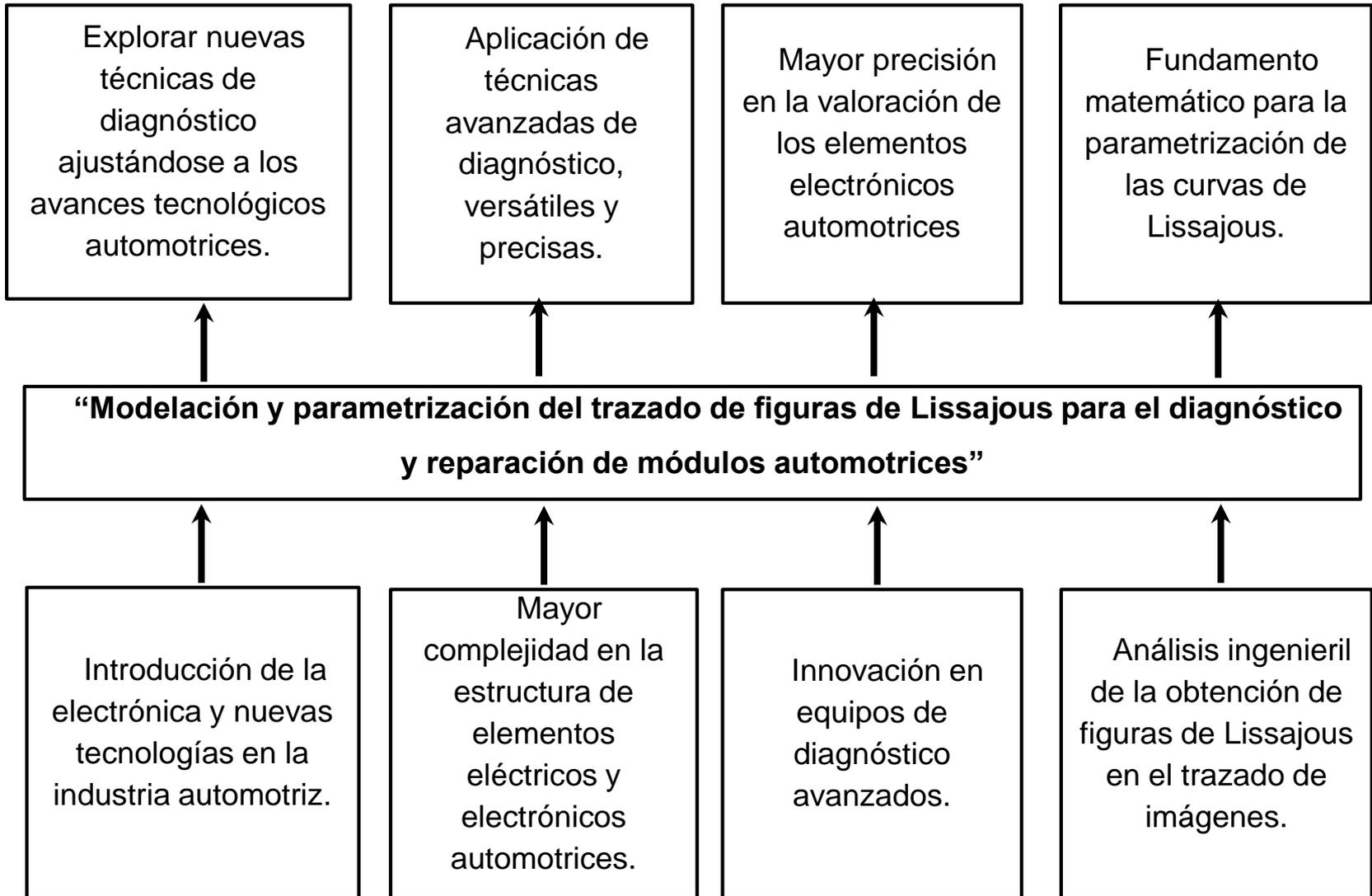
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Contenido

- Planteamiento del problema
- Objetivos
- Metas
- Marco teórico
- Diseño y construcción del trazador
- Pruebas y análisis
- Conclusiones
- Recomendaciones



Planteamiento del problema



Objetivos

General

- Modelar y parametrizar el trazador de figuras de Lissajous para el diagnóstico y reparación de módulos automotrices.

Específicos

- Captar la información necesaria acerca de la técnica de diagnóstico “Voltaje-Intensidad” mediante recopilación en libros, papers, revistas y/o manuales que den realce a la investigación.
- Investigar el principio matemático en el que se fundamenta la obtención de las firmas básicas análogas de las curvas de Lissajous.
- Investigar las firmas básicas características que se obtienen de los elementos que conforman un módulo automotriz, así como la valoración de los mismos.



Objetivos

- Analizar la arquitectura de un módulo de control automotriz, así como su lógica de funcionamiento y las funciones que cumplen cada circuito o bloque dentro del módulo.
- Construir el trazador de curvas a través del uso de componentes digitales que permitan obtener señales senoidales estables que afiancen el diagnóstico por imágenes.
- Parametrizar las firmas análogas mediante cálculos que permitan obtener valores de diferencia del estado y rendimiento de los elementos bajo test.
- Realizar la reparación de módulos automotrices aplicando el diagnóstico de trazo por imágenes.



Metas

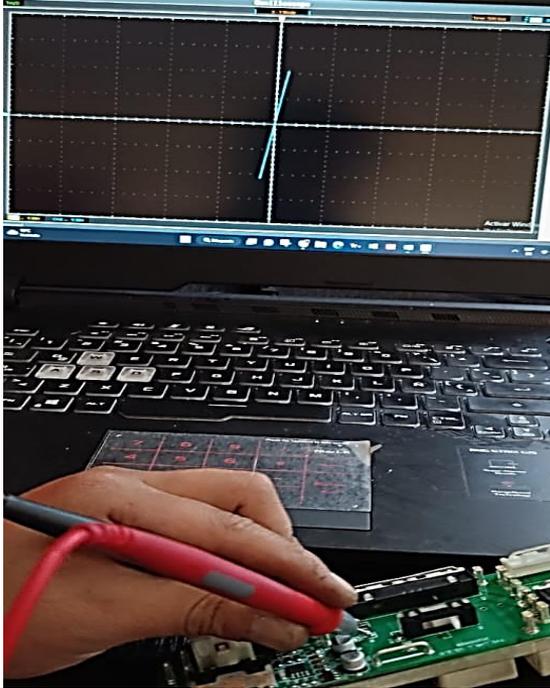
- Desarrollar la modelación y construcción del trazador de curvas para realizar el test de elementos aplicando la técnica de “voltaje-intensidad” evaluando así el estado de los módulos automotrices.
- Generar el proceso de reparación de módulos automotrices aplicando técnicas de reemplazo de componentes soldados en placas PCB.



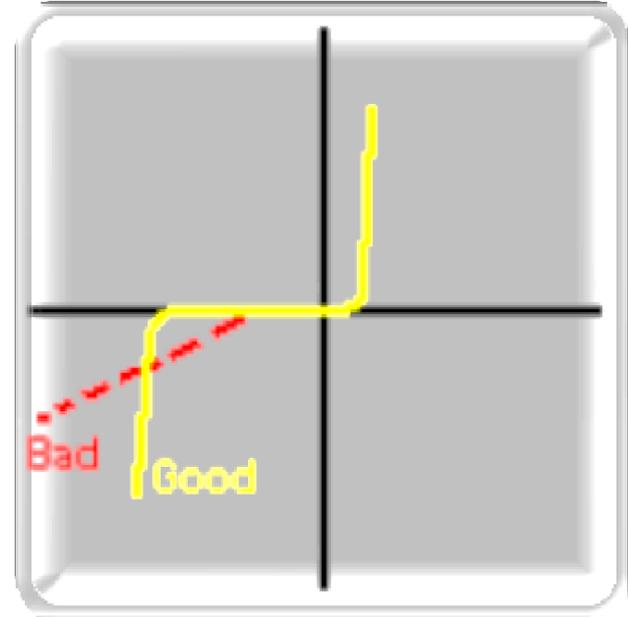
Marco teórico



Método Tensión vs Intensidad (V - I)



Método no invasivo,
medición pasiva

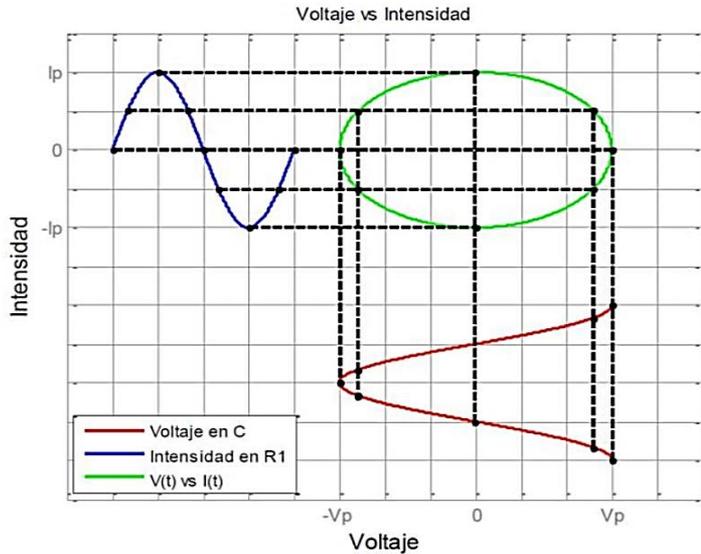


Comparación de figuras
obtenidas



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Obtención de figuras de Lissajous



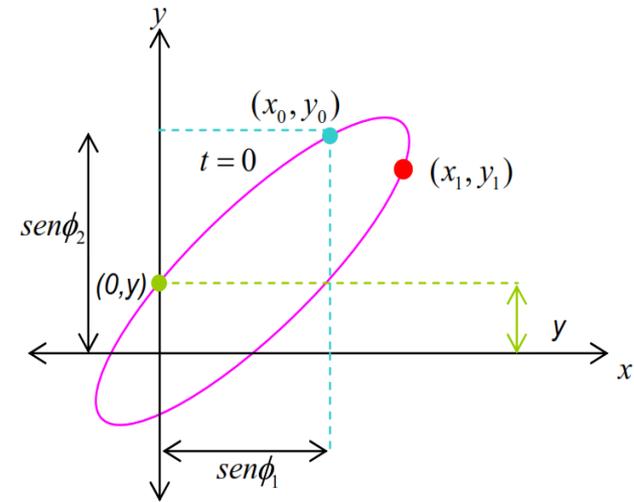
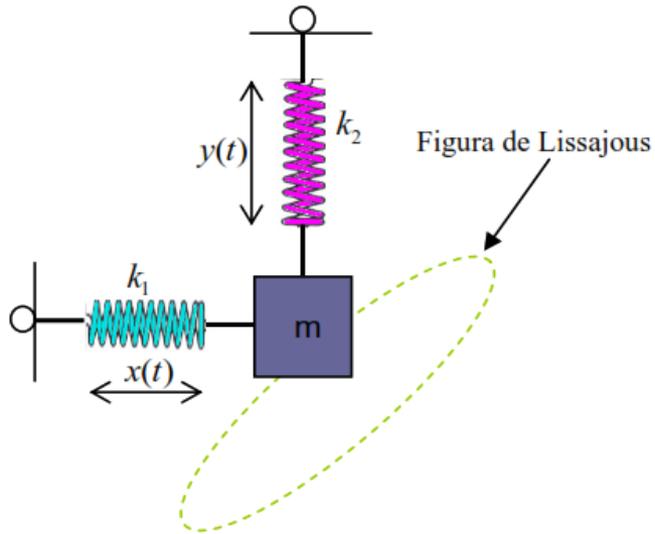
Ondas senoidales proyectadas en el plano ortogonal X e Y.

Relación de frecuencias	Corrimiento de fase
1 : 1	
1 : 2	
1 : 3	
1 : 4	

Variaciones de formas en función de la relación de frecuencias.



Fundamento matemático



$$x(t) = \text{sen} (\omega_1 t + \varphi_1)$$

$$\rightarrow t = 0, \varphi_1 = 0 \rightarrow$$

$$y(t) = \text{sen} (\omega_2 t + \varphi_2)$$

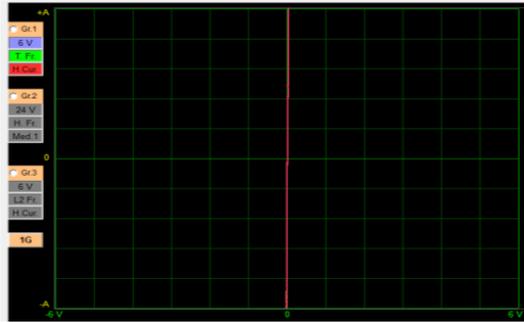
$$x(t) = \text{sen} (2\pi f_1 t)$$

$$y(t) = \text{sen} (2\pi f_2 t + \delta)$$



Figuras características

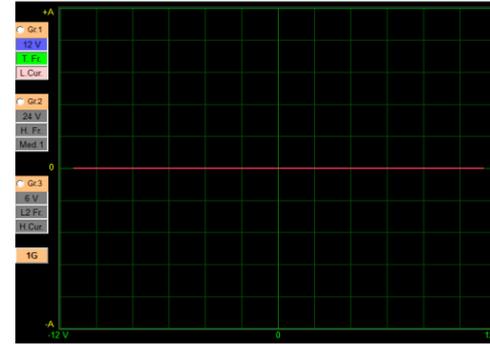
Cortocircuito



$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{V}{0 \Omega} = \infty$$

Circuito abierto

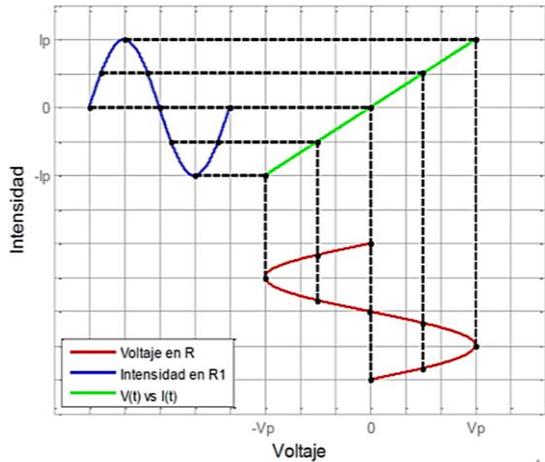


$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{V}{\infty} = 0$$

Resistencia

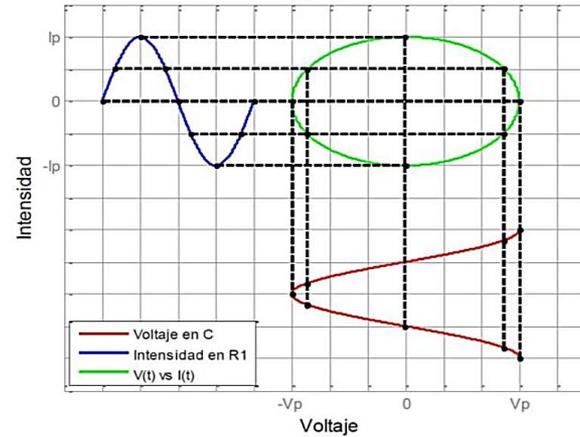
Voltaje vs Intensidad



$$m = \frac{I_p - I_{p'}}{V_p - V_{p'}}$$

Condensador

Voltaje vs Intensidad



$$\frac{V^2}{V_p^2} + \frac{I^2}{I_p^2} = 1$$

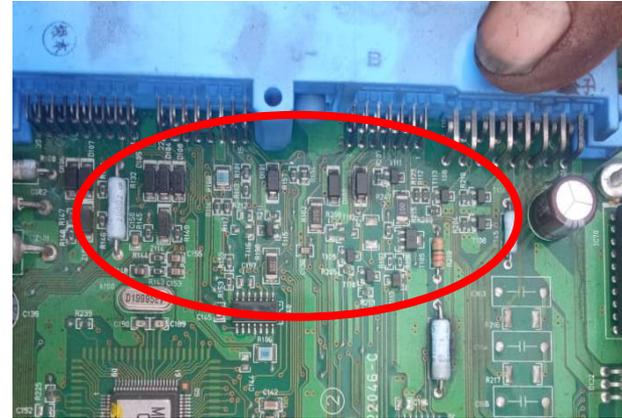


Arquitectura de un módulo automotriz

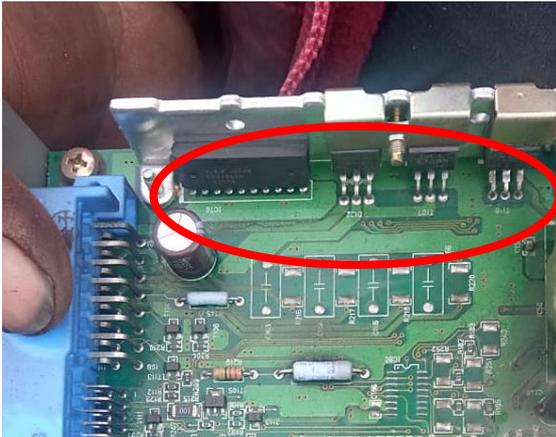
Bloque soporte o fuente



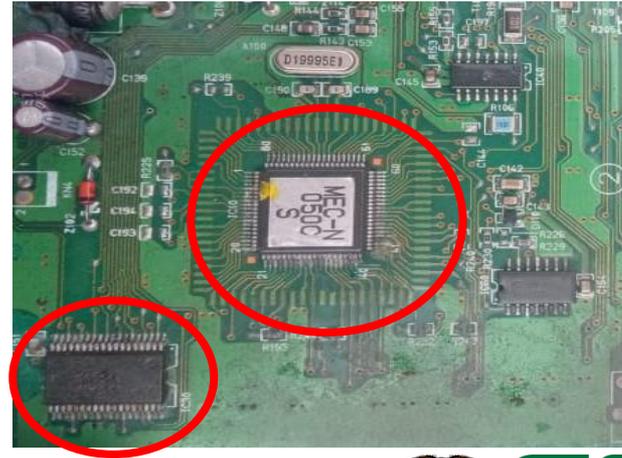
Bloque de entrada



Bloque de salida



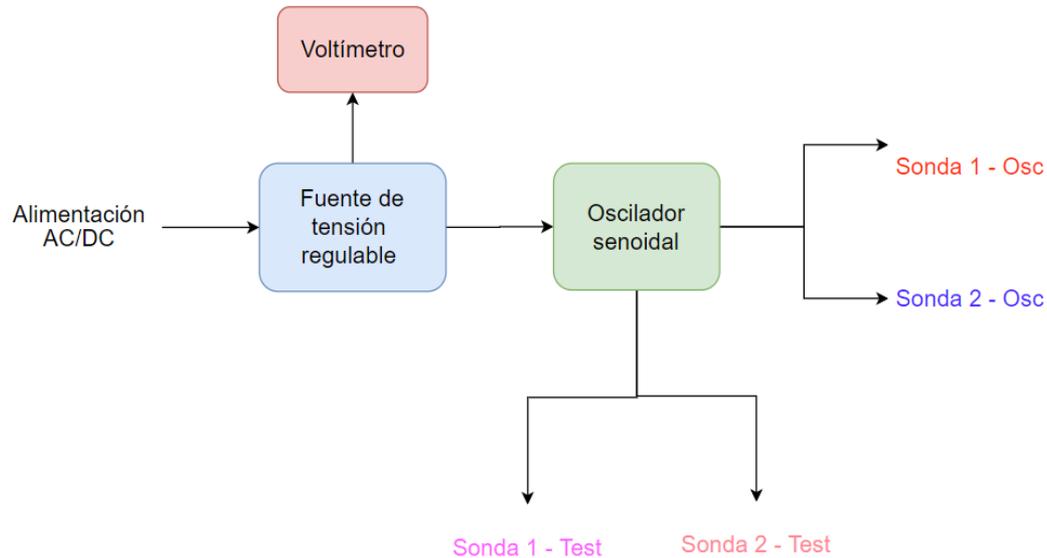
Bloque de procesamiento



Trazador de curvas



Descripción y requisitos del trazador

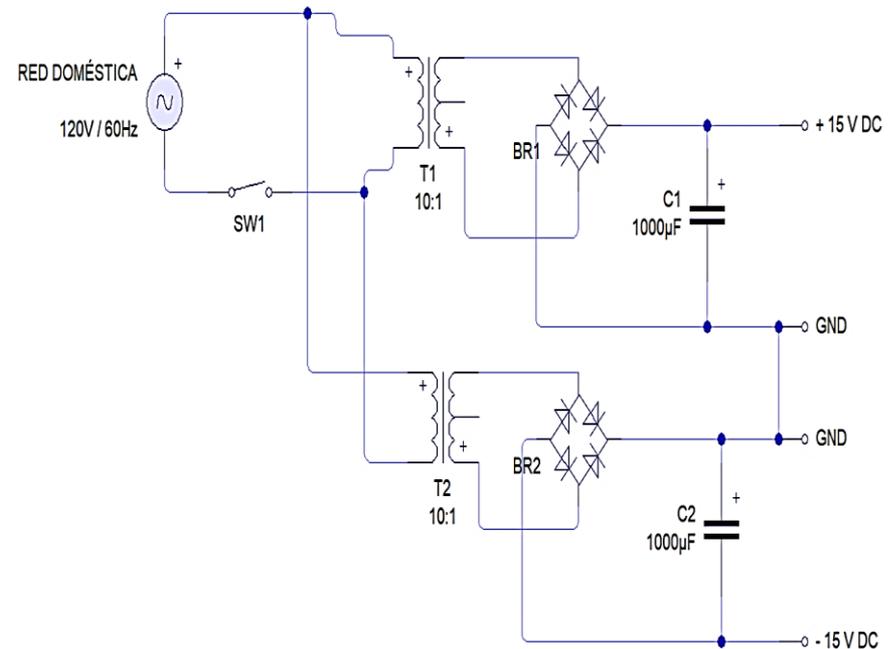


Parámetro	Valor	Unidad	Observación
Tensión de alimentación	120	V/AC	Alimentación externa doméstica.
Corriente de alimentación	300	mA/DC	Corriente de alimentación en la salida AC/DC
Tensión de trabajo	2 a 15	V/DC	Es la tensión con la que trabaja la fuente regulable.
Tensión de oscilación	-15 a +15	Vp/AC	Voltajes picos en los que trabaja el bloque oscilador.
Frecuencia de oscilación	580	Hz	Las dos ondas senoidales deben poseer la misma frecuencia.



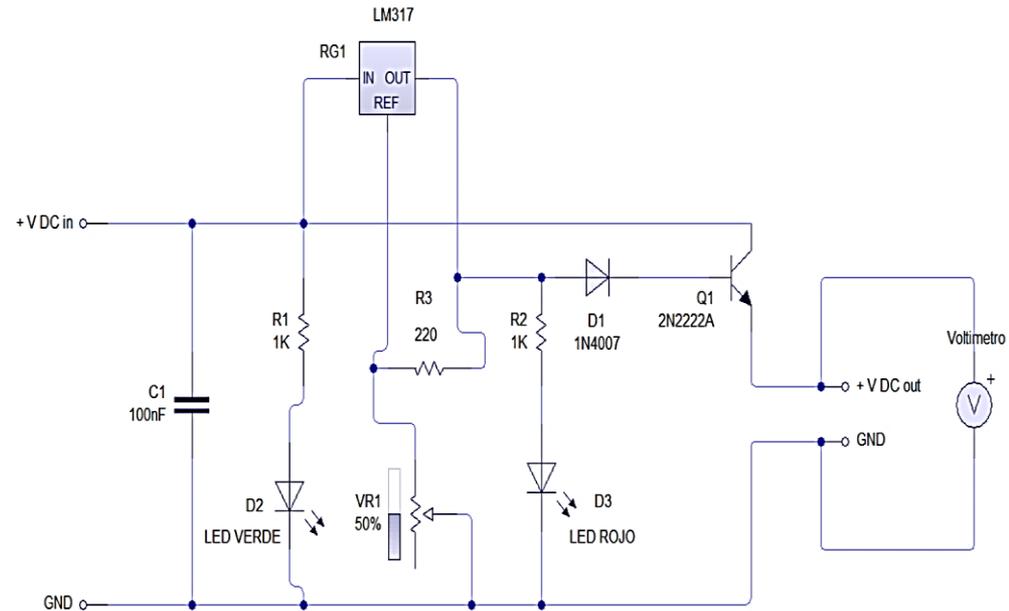
Alimentación AC/DC

Elemento	Ecuación	Selección
Transformador	$V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$ $RT = \frac{VP}{V_{rms}}$	120 V/AC- 12 VAC RT=10:1
Diodos rectificadores	$V_{pr} = V_{rms} \times \sqrt{2}$	1N4007
Capacitor	$VC = V_{pr} - 1,4 V$ $C = \frac{If}{F \times Vr}$	1000 uF 25 V



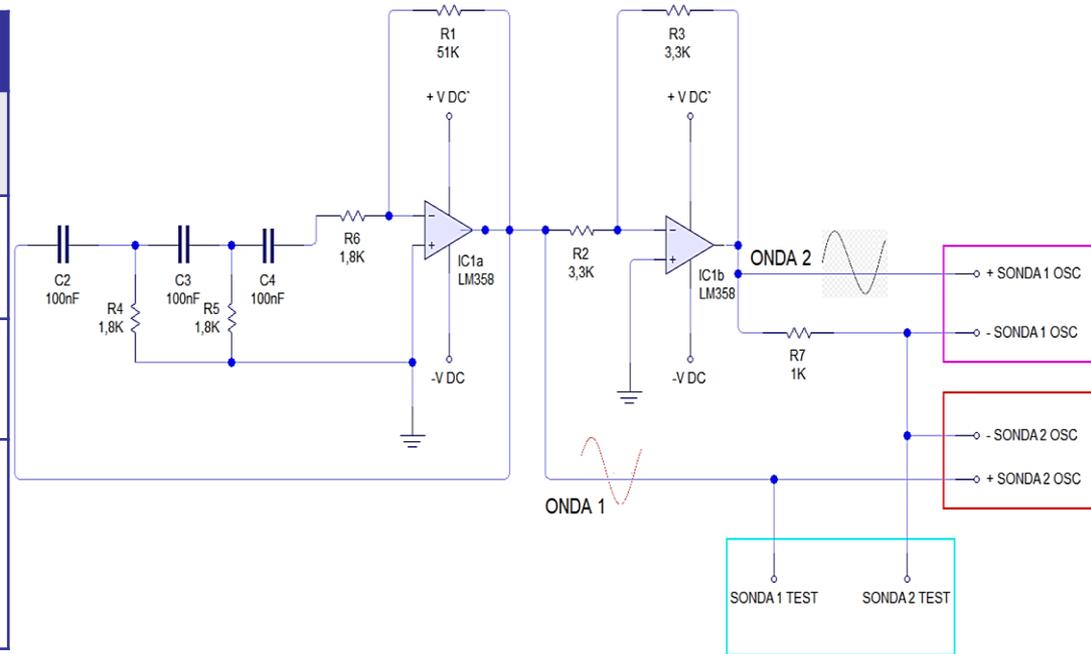
Fuente regulable DC

Elemento	Ecuación	Selección
Regulador	-	1.2-37V/DC 1.5 A
Potenciómetro	$R2 = \frac{V_{sal} - V_{ref}}{\frac{V_{ref}}{R1} + I_{adj}}$	5 K Ω
Capacitor cerámico	-	100 nF
Diodo led verde Y rojo	-	-
Diodo	-	2N2222A
Resistencia	-	220 Ω
Voltímetro		0 a 100 V/DC

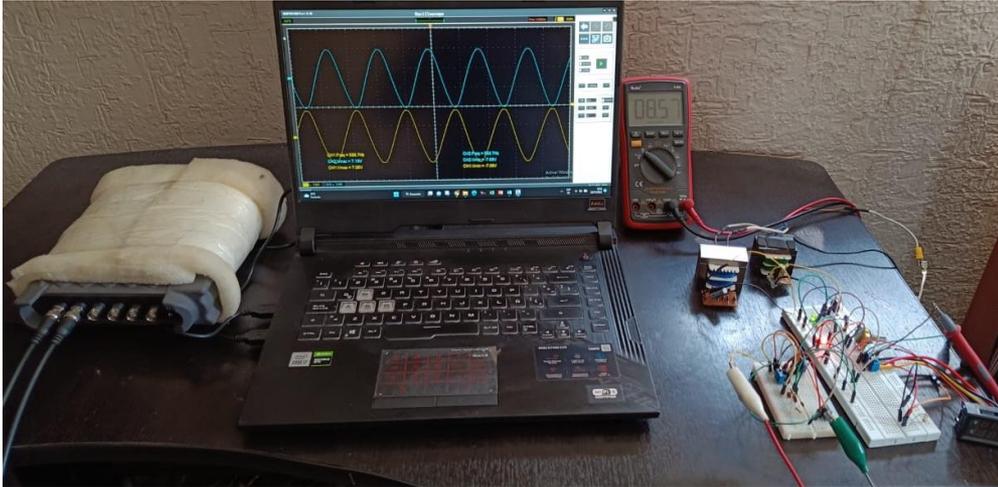


Oscilador senoidal

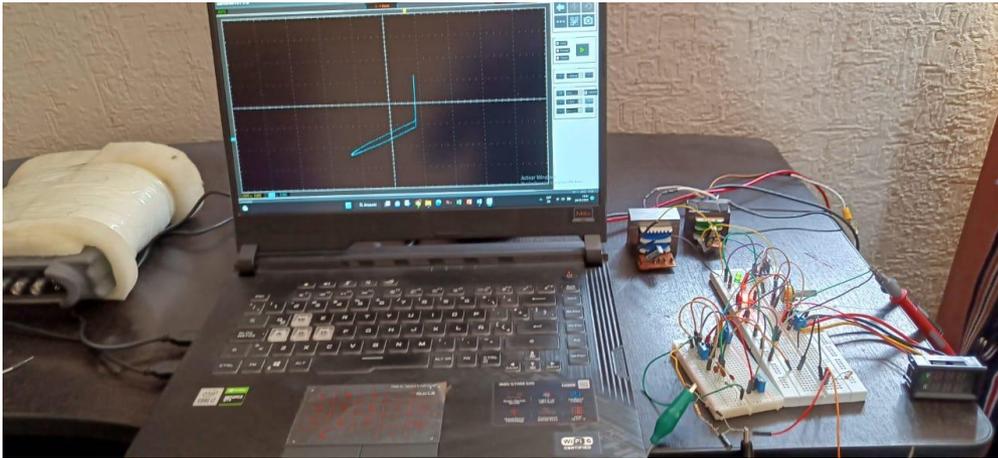
Elemento	Ecuación	Selección
Capacitor	-	1000 nF
Resistencia en	$R = \frac{1}{2\pi \sqrt{6} Fr C}$	1,8 K Ω
Resistencia Rf	$Rf = 29 R$	56 K Ω
Integrado LM358P	-	-0,3 V - 32 V 0 - 700 K Hz



Pruebas iniciales



Obtención de ondas

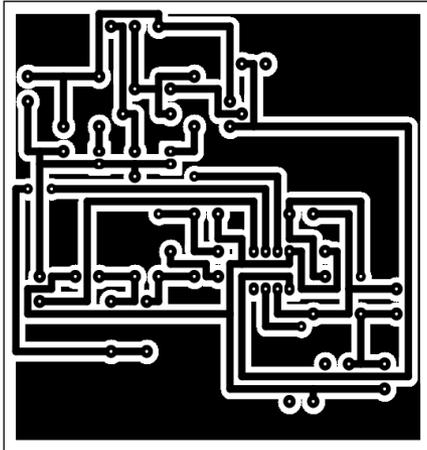


Obtención de figuras de
Lissajous



Construcción

Creación de placa



Construcción de la base



Integración placa - circuitos



Dispositivo

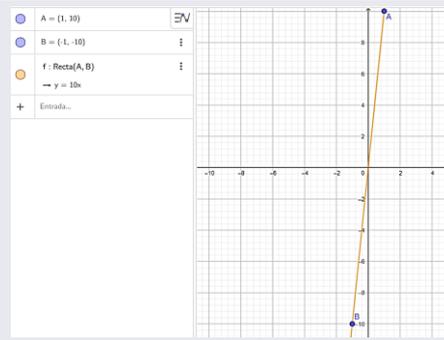
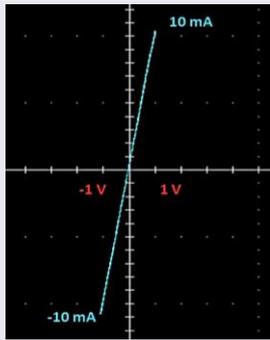


Pruebas y análisis



Pruebas y análisis

Resistencia SMD (100 Ω)



Voltaje de trazador 10 V

Frecuencia 578 Hz

Ecuación $10x - y = 0$

Cálculo de la resistencia (R)

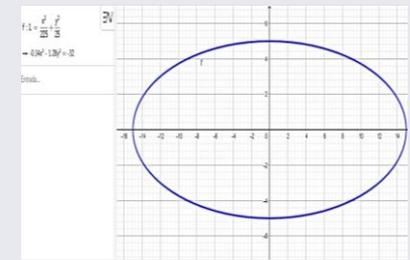
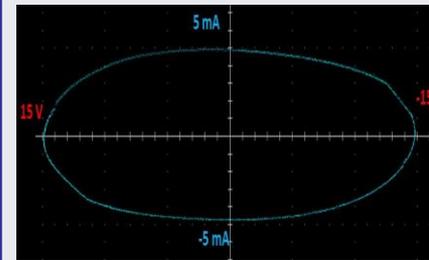
$$R = (m)^{-1} = \left(\frac{I - I'}{V - V'} \right)^{-1}$$

$$R = \left(\frac{((10 + 10) \text{ mA} \times 10^{-3})}{(1 + 1) \text{ V}} \right)^{-1}$$

$$R = 100 \Omega$$

Análisis (valor obtenido) Dentro del rango

Capacitor electrolítico (0,1 uF)



Voltaje del trazador 15 V

Frecuencia 574,7 Hz

Ecuación canónica $\frac{V^2}{225} + \frac{I^2}{25} = 1$

Cálculo del capacitor

$$C = \frac{i}{2\pi \times f \times V}$$

$$= \frac{0,005 \text{ A}}{2\pi \times 574,7 \text{ Hz} \times 15 \text{ V}}$$

$$C = 9,231 \times 10^{-8} \text{ F} \cong 0,1 \mu\text{F}$$

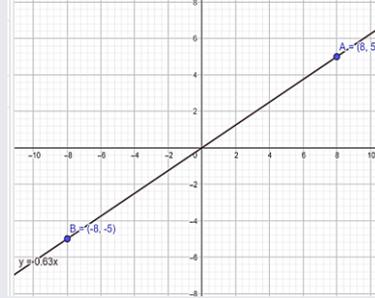
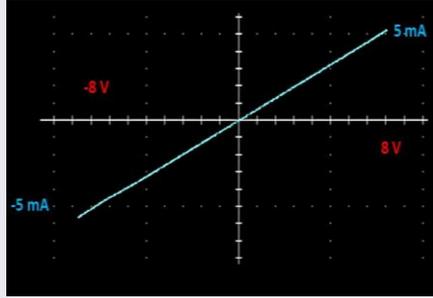
Análisis (valor obtenido) Dentro del rango



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Pruebas y análisis

Sensor TPS – 0% de variación



Voltaje del trazador

8,38 V

Frecuencia

600

Cálculo de la resistencia (R)

$$R = (m)^{-1} = \left(\frac{I - I'}{V - V'} \right)^{-1}$$

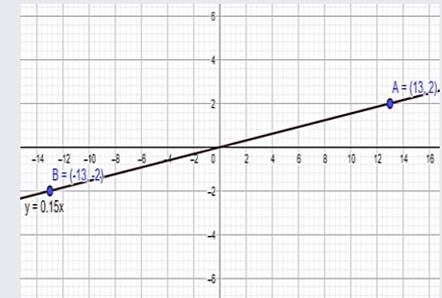
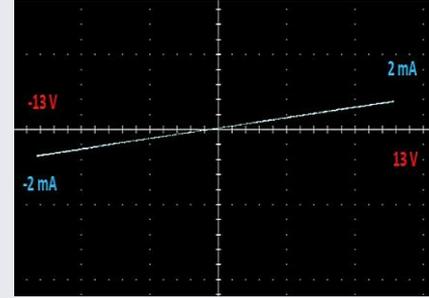
$$R = \left(\frac{(5 + 5) \text{ mA} \times 10^{-3}}{(8 + 8) \text{ V}} \right)^{-1}$$

$$R = 1,6 \text{ k}\Omega$$

Análisis (valor obtenido)

Dentro del rango

Sensor TPS – 100% de variación



Voltaje del trazador

8,38 V

Frecuencia

600

Cálculo de la resistencia (R)

$$R = \left(\frac{(2 + 2) \text{ mA} \times 10^{-3}}{(13 + 13) \text{ V}} \right)^{-1}$$

$$R = 6,5 \text{ k}\Omega$$

Análisis (valor obtenido)

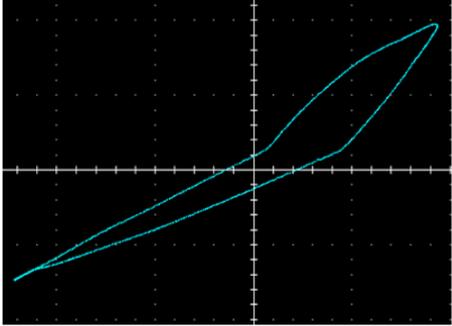
Dentro del rango



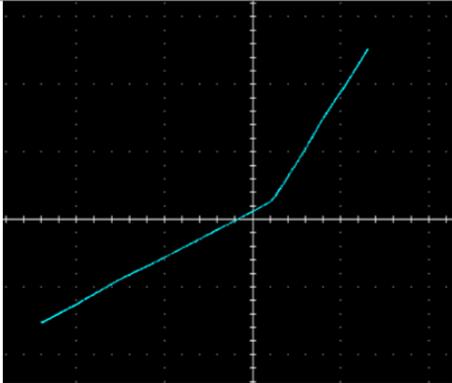
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Pruebas y análisis - ECU Lada Niva

Bobinas 1 y 4, alimentación - ECU de Lada Niva

Pines de conexión	Descripción	Configuración Osc.	Firma
1-37	El pin 1 corresponde a la activación de las bobinas 1 y 4 y el pin 37 es la alimentación por ignición, en la firma se aprecia una forma de polarización de un diodo que en su inicio comienza con una inclinación, propio de una resistencia, las aberturas nos indican la presencia de capacitancia en el circuito.	Canal 1: 5 V / d Canal 2: 5 V / d (1 V \cong 1mA) Tiempo: 500 us V. Traz: 12,6 V	

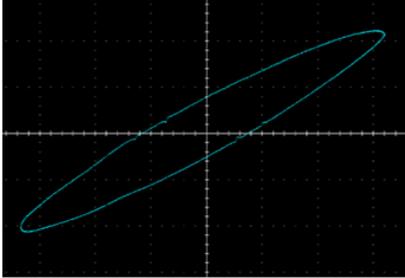
Bobinas 1 y 4, control a masa - ECU de Lada Niva

Pines de conexión	Descripción	Configuración Osc.	Firma
1-14	El pin 1 corresponde a la activación de las bobinas 1 y 4 y el pin 14 es la alimentación a masa, en la firma se ve la forma de polarización de un diodo, se nota la presencia de dos resistencias por las dos inclinaciones de la figura.	Canal 1: 5 V / d Canal 2: 5 V / d (1 V \cong 1mA) Tiempo: 500 us V. Traz: 12,6 V	

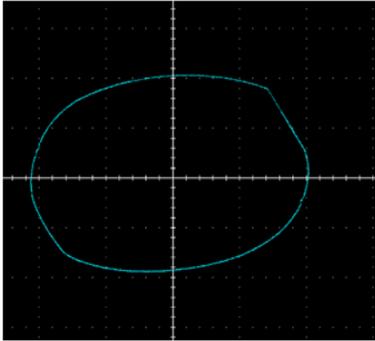


Pruebas y análisis - ECU Lada Niva

Sensor de posición de árbol de levas - ECU de Lada Niva

Pines de conexión	Descripción	Configuración Osc.	Firma
8 - 37	Los pines 8 y 37 corresponden a la masa y señal del sensor de posición del árbol de levas, se puede ver en la figura una elipse inclinada indicando la presencia de un capacitor y una resistencia.	Canal 1: 5 V /d Canal 2: 5 V /d (1 V \cong 1mA) Tiempo: 500 us V. Traz: 15 V	

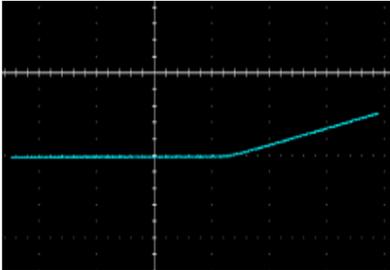
Señal del sensor TPS - ECU de Lada Niva

Pines de conexión	Descripción	Configuración Osc.	Firma
26 - 53	El pin 26 corresponde a la masa del sensor y el pin 53 corresponde a la señal del sensor, la firma describe una elipse horizontal, esto muestra la presencia de un capacitor cuyo valor es bajo.	Canal 1: 5 V /d Canal 2: 5 V /d (1 V \cong 1mA) Tiempo: 500 us V. Traz: 10 V	

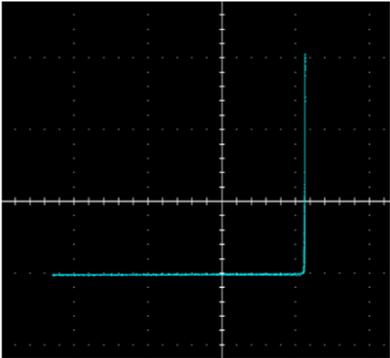


Pruebas y análisis – ECU Grand Vitara

Inyector 4, alimentación – ECU de Grand Vitara

Pines de conexión	Descripción	Configuración Osc.	Firma
B20-D8	El pin B20 corresponde a alimentación de ignición y el pin D8 es el control del inyector 4, en la firma se ve la forma propia de un diodo, después de la polarización del diodo se aprecia una línea inclinada hacia la horizontal que es propio de una resistencia relativamente alta.	Canal 1: 5 V /d Canal 2: 5 V /d (1 V \cong 1mA) Tiempo: 500 us V. Traz: 13 V	

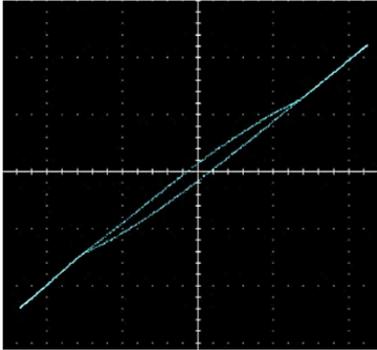
Inyector 4, control a masa - ECU de Grand Vitara

Pines de conexión	Descripción	Configuración Osc.	Firma
B6-D8	El pin B6 corresponde a alimentación de masa y el pin D8 es el control del inyector 4, en la firma se ve el patrón de un diodo que representa la presencia de un transistor de potencia que hace el control de masa para la activación del inyector.	Canal 1: 2 V /d Canal 2: 5 V /d (1 V \cong 1mA) Tiempo: 500 us V. Traz: 13 V	

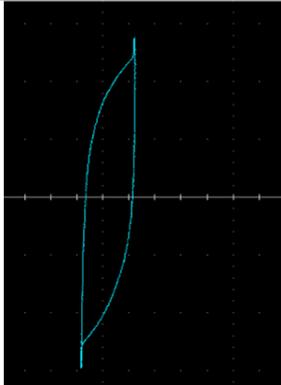


Pruebas y análisis – ECU Grand Vitara

Sensor TPS, voltaje de señal – ECU de Grand Vitara

Pines de conexión	Descripción	Configuración Osc.	Firma
B13-B9	El pin B13 corresponde a la alimentación de 5 voltios y el pin B9 es la señal del sensor, en la firma se puede ver una curva inclinada propio de una resistencia con una ensanchadura que muestra la presencia de un capacitor en el circuito.	Canal 1: 5 V /d Canal 2: 1 V /d (1 V \cong 1mA) Tiempo: 500 us V. Traz: 15 V	

Sensor TPS, voltaje de referencia - ECU de Grand Vitara

Pines de conexión	Descripción	Configuración Osc.	Firma
B21-B13	El pin B21 corresponde a la alimentación de masa del sensor y el pin B13 es la alimentación de 5 voltios, en la firma se puede ver el patrón de un diodo zener por la extensión de sus vértices, la ensanchadura en el eje vertical muestra la presencia de un capacitor en el circuito.	Canal 1: 5 V /d Canal 2: 5 V /d (1 V \cong 1mA) Tiempo: 500 us V. Traz: 11 V	



Diagnóstico – Nissan Sentra

Descripción	Observación	Imagen de referencia	Conclusión
Comprobación de fusibles que alimentan a la ECU	Fusible 9: 10 Amp. Fusible 14: 10 Amp.		Buen estado
Inspección visual a maso de cables	Reconexión de ECM		Buen estado

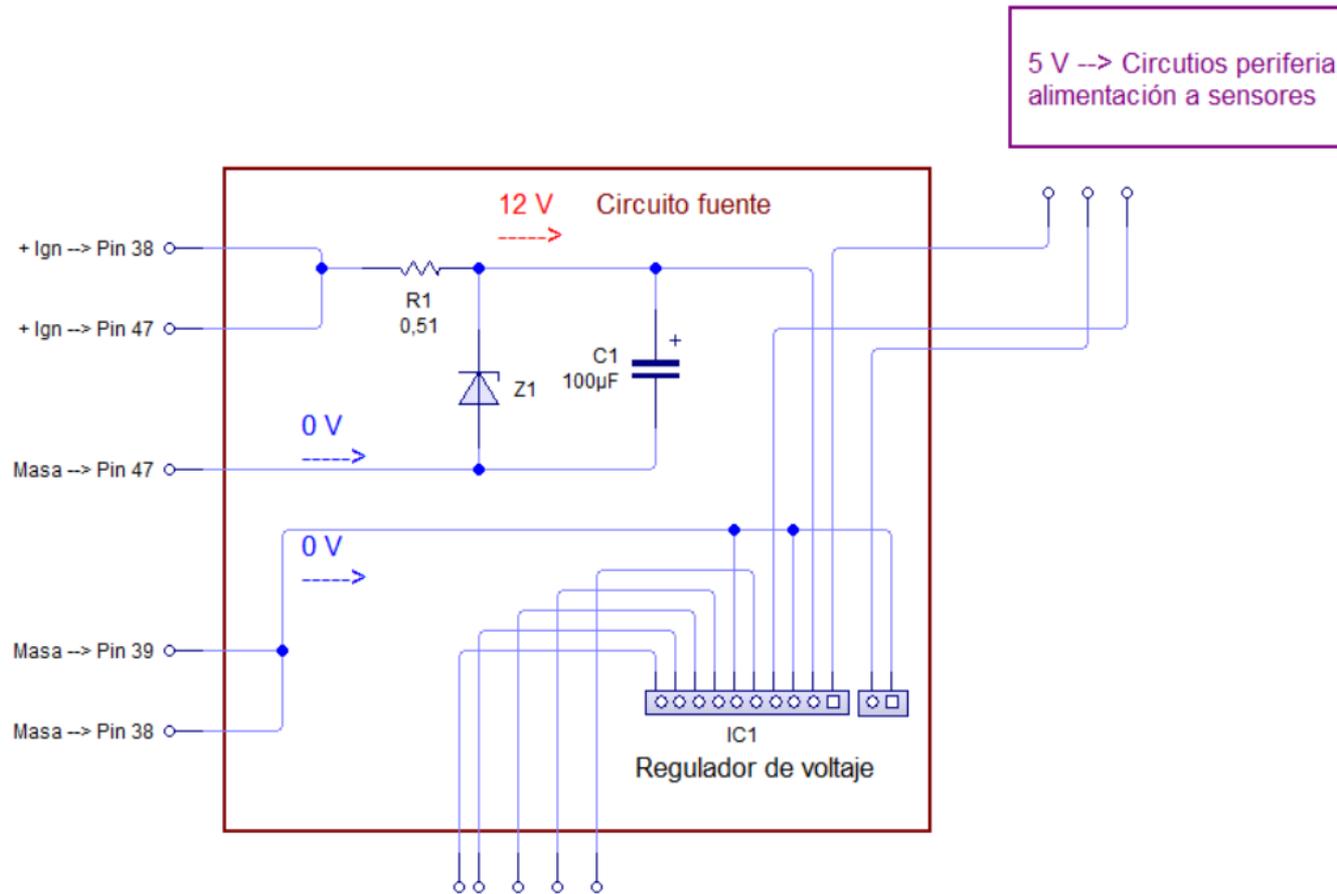


Diagnóstico – Nissan Sentra

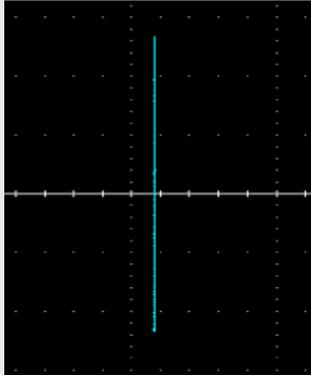
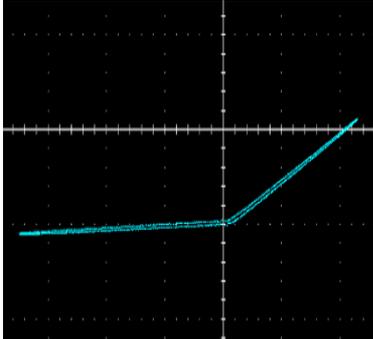
Descripción	Observación	Imagen de referencia	Conclusión
Comprobación de alimentaciones positivas	Permanente: Pin 46 Ignición: Pin 47		Buen estado
Comprobación alimentaciones negativas	Pines:116,107, 108,39,48,6,13		Buen estado



Circuito fuente – ECU



Diagnóstico – ECU

Descripción	Observación	Imagen de referencia	Análisis
Se ubicó las puntas test en los pines de la ECU del circuito a diagnosticar.	Pin 46: C.Bat. Pin 47: Masa V. Traz: 10V	 Una imagen de osciloscopia que muestra una línea vertical roja constante en el tiempo, indicando un cortocircuito entre la alimentación y la masa de la ECU.	Existe un circuito cerrado entre la alimentación permanente y la masa de la ECU es decir existe un cortocircuito.
	Pin 38: Ignición Pin 47: Masa V. Traz: 13	 Una imagen de osciloscopia que muestra una línea roja que se eleva con una curva característica de inductancia, indicando la presencia de un elemento inductivo en el circuito.	Si bien se observa una figura, no existe la presencia de capacitancia que es característico del circuito fuente de esta ECU.

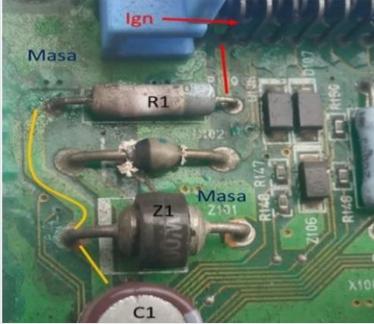
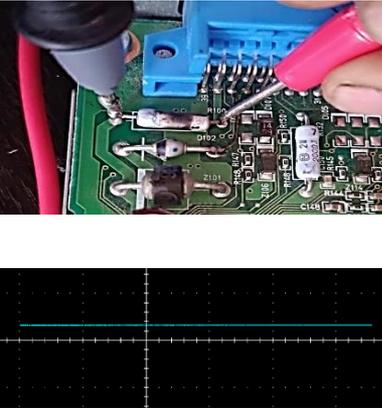


Diagnóstico – ECU

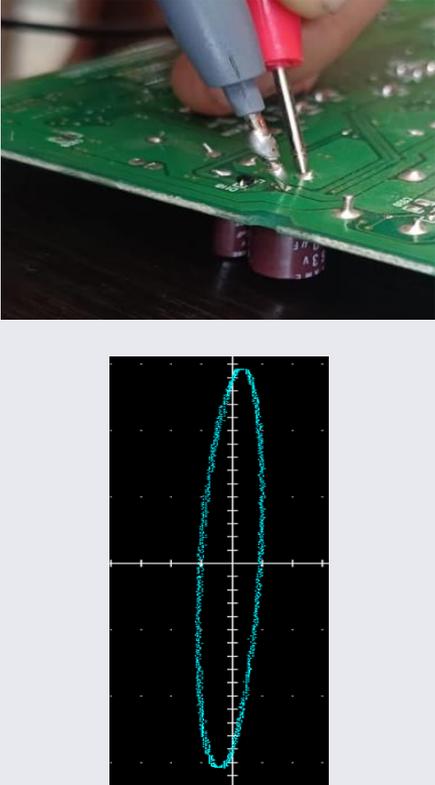
Descripción	Observación	Imagen de referencia	Análisis
Se desmontó las carcasa del módulo	-		-
Se realizó una inspección visual a la placa, ubicando las pistas desde el pin de conexión hasta los elementos afectados.	Pista (-) = Pin 47, masa Pista (+) = Pin 46, C.Bat		Visualmente se puede ver un cortocircuito provocado en esa zona de la placa, siguiendo las dos pistas que estaban unidas, estas corresponden a los pines de corriente permanente y de masa.



Diagnóstico – ECU

Descripción	Observación	Imagen de referencia	Análisis
<p>Se realizó una inspección visual a la placa, ubicando las pistas desde el pin de conexión hasta los elementos afectados.</p>	<p>Pin 38: Ignición</p> <p>Pin 47: Masa</p>		<p>Se puede ver la presencia de humedad en los elementos que forman parte del circuito fuente, la resistencia principal R1 se nota deteriorada.</p>
<p>Se ubicaron las puntas del trazador en los terminales de la resistencia R1.</p>	<p>Valor nominal de R1 (en buen estado) : 0,51 Ω</p>		<p>La figura que describe una línea horizontal, mostrando un circuito abierto, es decir la resistencia estaba internamente interrumpida, desde ese punto la corriente deja de fluir hacia el resto del circuito fuente.</p>

Diagnóstico – ECU

Descripción	Observación	Imagen de referencia	Análisis
Se ubicaron las puntas del trazador en los puntos de conexión del capacitor C1.	Valor de 100 μ F		Ubicando las puntas directamente en los terminales de conexión del capacitor, se aprecia una elipse vertical propia de un capacitor de elevado valor por lo cual se descarta una posible avería en este elementos del circuito fuente.



Proceso de reparación

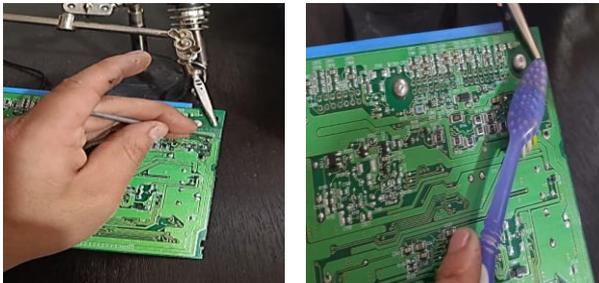
Descripción

Imágenes de referencia

1. Sujetada la PCB en la mano auxiliar, se realiza la limpieza en las zonas afectadas con el alcohol isopropílico y el cepillo.



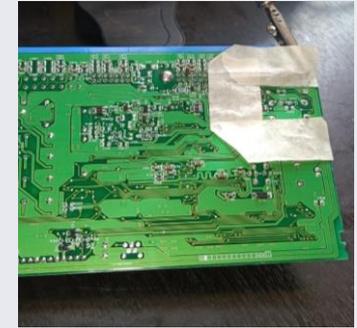
2. Con la ayuda de la punta metálica se separó las pistas cortocircuitadas y se limpió la zona nuevamente.



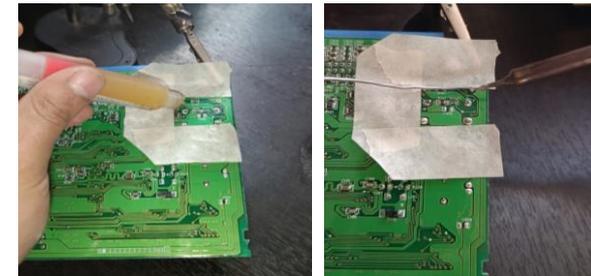
Descripción

Imágenes de referencia

3. Para reemplazar la resistencia R1, se separó la zona a trabajar con cinta masking para no afectar con el calor del cautín el resto de la placa.



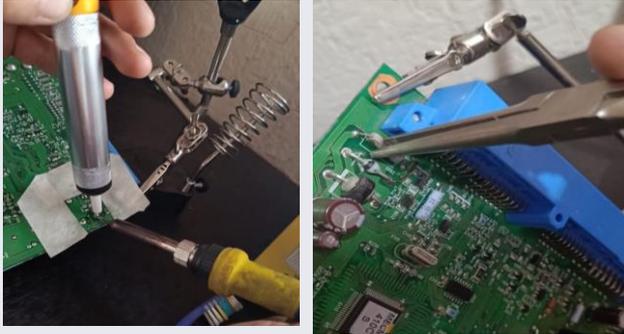
4. Se colocó flux en los puntos de conexión de la resistencia y se ubicó la punta del cautín para fundir el estaño de los terminales.



Proceso de reparación

Descripción

5. Con la ayuda del extractor se fue retirando el estaño fundido y con la pinza se fue halando la resistencia para que se libere.



Imágenes de referencia

6. Una vez retirada la resistencia se limpió los orificios de conexión del estaño sobrante tanto en parte superior como inferior al ser la placa de doble cara.



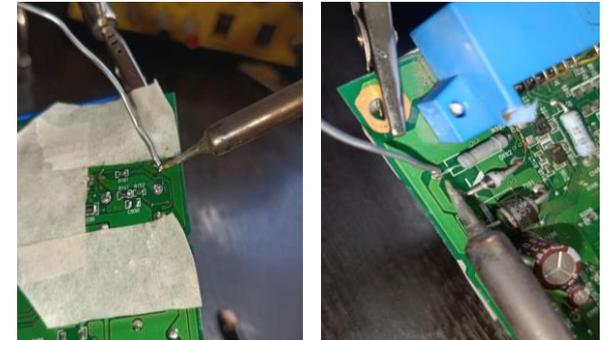
Descripción

7. Para instalar la resistencia nueva se colocó nuevamente flux en las dos caras de la paca, con la punta del cautín se fue calentando la zona e insertando la resistencia progresivamente.

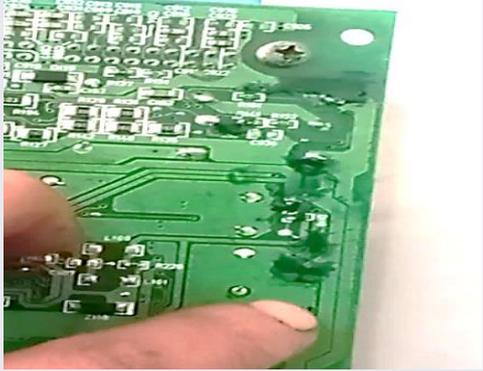


Imágenes de referencia

8. Ingresada la resistencia se realizó el acabado de la suelda y se cortan las puntas sobrantes de la resistencia.



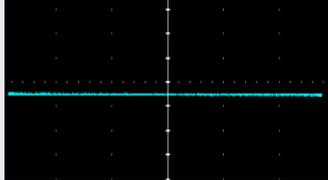
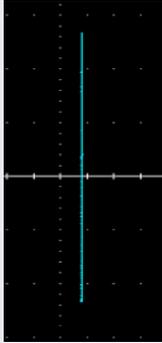
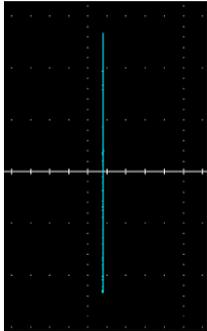
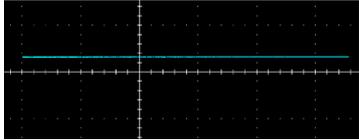
Proceso de reparación

Descripción	Imágenes de referencia
<p>9. Se limpió con alcohol toda la zona que fue intervenida, para evitar un futuro cortocircuito, además se colocó una pega aislante utilizada en placas electrónicas.</p>	

Nota: Con la estación de suelda en el proceso de desoldadura se trabajó a una temperatura de 450°C y en la soldadura se trabajó a 350°C.

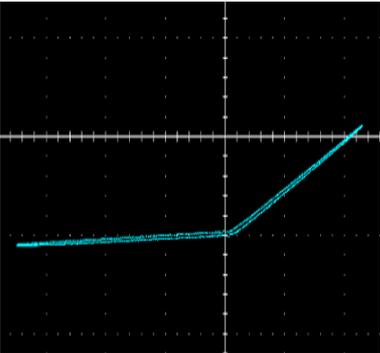
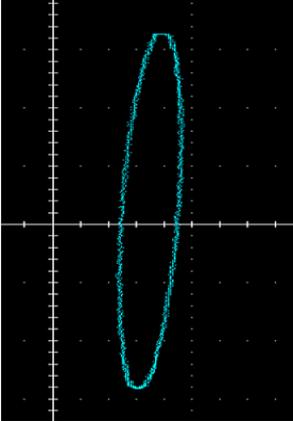


Comparación de mediciones

Conexión del trazador	Firma / Antes	Firma / Después	Análisis
Terminales de resistencia			Después de haber realizado la reparación, la firma descrita por la resistencia es similar a la de un circuito cerrado, esto es debido a que el valor de la resistencia es demasiado bajo ($0,51\Omega$) acercándose al valor de 0Ω que representaría un cortocircuito, pero cabe resaltar que esta resistencia sirve como fusible en esta ECU así que es indispensable.
Pin 46: C.Bat. Pin 47: Masa			En los pines de corriente permanente y masa donde existía un cortocircuito se puede ver que después de la intervención ambos circuitos están aislados esto se denota por la línea horizontal que representa un circuito abierto.



Comparación de mediciones

Conexión del trazador	Firma / Antes	Firma / Después	Análisis
Pin 38: Ignición Pin 47: Masa			Después de haber reemplazado la resistencia la firma del circuito fuente es propia un capacitor, podemos ver la diferencia de las firmas en su formas ya que antes de ser reparada no presentaba la ensanchadura y después de la reparación se pudo cerrar el circuito y mostrar la elipse indicando la presencia de capacitancia.

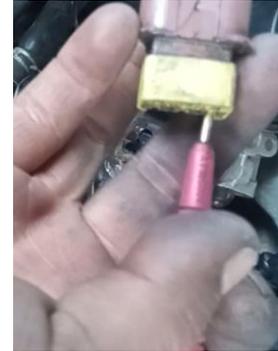


Comprobación en automóvil

Luz mil encendida



Voltaje de referencia en sensores



Conclusiones

- Se investigó el principio matemático de las firmas análogas siendo el movimiento armónico simple (MAS) su fundamento, el cual utiliza un punto móvil que se mueve en el plano rectangular “X” e “Y” describiendo la figura de Lissajous, este movimiento puede ser representado mediante ecuaciones paramétricas que relacionan funciones de senos y cosenos que varían dependiendo de la velocidad angular y el tiempo.
- Se investigó las formas de las firmas características de los elementos que generalmente integran un módulo automotriz. Al existir la presencia de una resistencia la figura de Lissajous se presenta como una línea inclinada, un capacitor dará la forma de una elipse, un diodo y transistor forman una especie de “L” y una bobina formara una elipse inclinada; cada forma variara dependiendo de los valores de cada elemento.



Conclusiones

- Se analizó la arquitectura y lógica de funcionamiento de un módulo automotriz, la estructura se divide en cuatro bloques; el bloque de soporte o circuito fuente, se encarga de alimentar y regular la corriente de batería para alimentar a la placa cuyo voltaje de trabajo es generalmente de 5 voltios, el bloque de entrada o periferia, filtra y trata las señales que envían los sensores para enviarlas al microprocesador, el bloque de salida o de potencia, amplifica las señales que controla a los actuadores se caracteriza por integrar transistores de potencia, y por último el bloque de procesamiento, que integra las memorias y microprocesadores que reciben y envían información para el control de todo el circuito.



Conclusiones

- Se construyó el trazador de curvas utilizando elementos electrónicos digitales, el dispositivo inyecta ondas senoidales estables que pueden variar desde -2 voltios a +2 voltios y -15 voltios a +15 voltios, las ondas pueden alcanzar una frecuencia de 580 Hz, trabaja con una alimentación externa de 120 voltios en corriente alterna que el dispositivo transforma en directa regulable; el circuito que hace posible la generación de las ondas es el circuito oscilador que integra un arreglo de resistencias, capacitores y el integrado LM358P que produce el desfase de 180° y 360° a la corriente continua para formar las ondas.



Conclusiones

- Se realizaron tablas de análisis de las firmas obtenidas de los módulos de Lada Niva y de Grand Vitara, obteniendo patrones de las firmas entre las cuales destacan: de la fuentes de alimentación cuyas firmas presentaban elipses verticales e inclinaciones propio de capacitores de alto valor y resistencias; control de masa o del bloque de salida cuyas firmas fueron propias de diodos, transistores, resistencias de bajo valor y del bloque periferia de sensores representado por elipses horizontales propio de capacitores y resistencias de bajo valor.



Conclusiones

- Se generó el proceso de diagnóstico y reparación del módulo automotriz de un automóvil Nissan Sentra, mediante el diagnóstico por imágenes se encontró un cortocircuito entre la fuente del módulo y masa, además de que la resistencia principal de la fuente estaba abierta; reparadas las averías se procedió a tomar nuevamente las firmas y a compararlas con las anteriores obteniendo gran diferenciación especialmente en el fuente del módulo teniendo en un inicio una firma de circuito en corto y después de la reparación una elipse vertical. Instalado el módulo nuevamente en el automóvil se verificó la presencia de voltaje en los sensores, procediendo a arrancar el vehículo se encendió el motor sin ninguna anomalía concluyendo de esta manera la reparación del módulo.



Recomendaciones

- Al utilizar el trazador se debe configurar el osciloscopio de manera que la figura se pueda visualizar estable, se recomienda configurar el tiempo a $500\mu\text{s}$.
- La configuración de los canales 1 y 2 en el osciloscopio, para diagnóstico de módulos automotrices se recomienda mantenerla en 5 voltios por división, si no se aprecia la firma se deberá disminuir el voltaje.
- Se recomienda revisar información técnica previa de los módulos a trabajar, diagramas de pines, circuitería interna y especificaciones de elementos ayudaran a tener mayor precisión y confiabilidad en el diagnóstico.



Recomendaciones

- Para una óptima reparación del módulo y mayor precisión del trabajo se deben utilizar los instrumentos adecuados, la estación de suelda de temperatura regulable, el extractor de suelda, el flux, son imprescindibles en la reparación.
- Considerar bases de datos de firmas tomadas en investigaciones anteriores para comprarlas con las que se tomen de los módulos automotrices a testear.

