



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECANICA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE DIAGNÓSTICO DE
LA UNIDAD ELECTRÓNICA DE CONTROL DEL VEHÍCULO
CHEVROLET / OPEL CORSA

TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ.

AUTORES:

JORGE RICARDO CUEVA JIMÉNEZ

ROLANDO VICENTE JIMÉNEZ LUDEÑA

DIRECTOR:

ING. PEDRO CRESPO VINTIMILLA.

Cuenca, Ecuador

2010

DEDICATORIA

Al llegar a cumplir uno de mis sueños más preciados, el lograr mi meta propuesta quiero dar las gracias a Dios por permitirme culminar con gran satisfacción mi carrera y sobre todo dar las gracias a mis padres Ricardo y Nancy que han sido ellos la razón y la motivación de seguir siempre adelante venciendo los obstáculos que en el vivir diario se han presentado, y contando siempre con el apoyo de mi familia y mis amigos. Con cariño

JORGE.

DEDICATORIA

Este logro está dedicado principalmente a Dios por haberme guiado en su camino dándome la fortaleza para finalizar el mismo, a mis padres Florencio y Yolanda ya que ellos con su constancia permitieron que mi carrera culmine en feliz término, a mis hermanos y con especial aprecio a mis tías Mélida y Dolores; a todos gracias por ser grandes amigos y compañeros

ROLANDO.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad del Azuay y a los profesores de la Escuela de Ing. Mecánica Automotriz que brindaron sus conocimientos hacia nosotros, especialmente al Ing. Pedro Crespo Vintimilla director del proyecto ya que nos orientó eficientemente para la culminación del mismo.

RESUMEN

Esta tesis trata con uno de los mayores problemas relacionados al mantenimiento de vehículos modernos: la revisión de la Unidad Electrónica de Control para su mantenimiento y reparación.

El proyecto está centrado en el diseño y la construcción de un banco de diagnóstico automatizado para usarlo con las Unidades de Control en el Automóvil.

El “ Banco de Diagnostico” es capaz de generar señales analógicas y digitales como una emulación del comportamiento real de sensores y actuadores. Además es posible adquirir señales provenientes de la Unidad Electrónica de Control (ECU) por lo tanto es posible analizarlas para evaluar varios parámetros funcionales en el vehículo.

ABSTRACT

This thesis deals with one of the major problems related to moderns vehicle maintenance: Electronic Control Unit revision in order to maintain or to repair it.

The project is centered in the design and construction of an Automated Test Bank for using with automotive Control Units.

The “Test Bank” is able to generate analog and digital signals as an emulation of actual sensor and actuators behavior. Besides it is possible to acquire signals in coming from Electronic Control Unit (E.C.U) so it is possible to analyze them to evaluate several functional parameters in the vehicle.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Págs.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iv
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Índice de Contenidos.....	vii
Índice de Ilustraciones y Cuadros.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS UTILIZADOS EN UNIDADES ELECTRÓNICAS DE CONTROL.	
1.1. Introducción.....	3
1.2. Los componentes que conforman el modulo de control se clasifican en Pasivos y Activos.....	3
1.2.1. Elementos Pasivos.....	3
1.2.1.1. Resistencias.....	3
1.2.1.2. Capacitores.....	5
1.2.1.3. Inductores.....	7
1.2.1.4. Relés.....	8
1.2.1.4.1. Relé con Polaridad.....	9
1.2.2. Elementos Activos.....	10
1.2.2.1. Diodo de Unión PN.....	10

1.2.2.1.1. Propiedades de la unión PN.....	12
1.2.2.2. Diodo Zener.....	13
1.2.2.3. Amplificadores Operacionales... ..	14
1.2.2.4. Transistores de Efecto de Campo (MOSFET).....	15
1.2.2.4.1. MOSFET Decremental.....	16
1.2.2.4.2. MOSFET Incremental.....	16
1.2.2.5. Transistor BJT.....	17
1.3. Generadores de Ondas.....	19
1.3.1. Osciladores.....	19
1.3.2. Osciladores de Desfasamiento.....	20
1.3.3. Generadores de Onda Rectangular con Multivibradores Monoestable.....	21
1.3.4. Generadores de Pulsos.....	22
1.4. Fuentes de Alimentación.....	23
1.4.1. Reguladores Serie.....	24
1.4.2. Reguladores Conmutados.....	25
1.4.3. Protección contra Cortocircuito.....	25
1.4.4.Reguladores Lineales Integrados.....	26
1.4.4.1. Reguladores Ajustables.....	27
1.4.5. Reguladores de Corriente.....	27
1.4.6. Fuente de Corriente Controlada por Voltaje (VCCS).....	28
1.5. Funciones Digitales.....	28
1.5.1. Temporizador.....	28
1.5.2. Mediciones Analógicas.....	29
1.5.3. Mediciones Digitales.....	29
1.5.3.1. PRIMER MÉTODO.....	30
1.5.3.2. SEGUNDO MÉTODO.....	30
1.5.4. Mediciones Digitales Directas.....	31
1.5.5. Conteo de Pulsos.....	32
1.5.5.1. Circuito Integrado 555.....	33
1.5.5.2. Arquitectura Interna 555.....	33
1.5.5.3. Multivibrador Monoestable (Un Disparo).....	34

1.5.5.4. Multivibrador Aestable (Oscilatorio).....	35
--	----

CAPÍTULO II: PARAMETROS CARACTERISTICOS DE OPERACIÓN DE LA COMPUTADORA DEL SISTEMA MULTEC 700.

2.1. Introducción de la tecnología MULTEC 700.....	37
2.2. Sensores y Señales.....	38
2.2.1. Señales de Entrada de la ECU Tomadas por Sensores.....	38
2.2.1.1. Sensor de Posición del Acelerador TPS (Throttle Position Sensor).....	38
2.2.1.2. Sensor de Presión Absoluta en el Colector de Admisión MAP (Manifold Absolute Pressure).....	41
2.2.1.3. Sensor de Temperatura del Líquido Refrigerante del Motor CTS (Coolant Temperature Sensor).....	44
2.2.1.4. Sensor de Temperatura de Aire IAT (Intake Air Temperature).....	47
2.2.1.5. Sensor de Oxígeno (O ₂ Sensor) o Sonda Lambda.....	49
2.2.1.6. Sensor de Velocidad VSS (Vehicle Speed Sensor).....	52
2.2.1.7. Sensor de Rotación REF – CKP.....	53
2.2.1.8. Sistema de Encendido DIS (Direct Ignition System).....	55
2.2.2. Señales de Salida de la ECU Hacia los Actuadores.....	57
2.2.2.1. Motor de Pasos IAC (Idle Air Control).....	58
2.2.2.2. Inyectores.....	61
2.2.2.3. Bomba de Combustible.....	62
2.2.2.4. Válvula Reguladora de Presión.....	63

2.2.2.5. Relé de la Bomba de Combustible.....	64
2.2.2.6. Lámpara de Verificación del Motor.....	65
2.2.2.7. Conector de Diagnostico.....	65
2.3. Arquitectura Digital del Sistema MULTEC 700.....	66
2.3.1. Componentes del Corsa Wind.....	66
2.3.2. Mapa de Pinaje de ECU.....	67
2.3.3. Mapa y Ubicación de Elementos Eléctricos y Electrónicos del Chevrolet Corsa Wind.....	69
2.3.4. Esquema Eléctrico Interno de la ECU.....	73
2.3.5. Terminales de los Conectores de la ECU.....	75

CAPÍTULO III: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE DIAGNÓSTICO

3.1. Introducción.....	78
3.2. Diseño y Construcción del hardware analógico.....	78
3.2.1. Diseño de Placa de Sensores.....	78
3.2.2. Diseño de Placa de los Actuadores.....	81
3.3. Señales a Probar.....	83
3.3.1. Señal de Temperatura del Motor ECT.....	83
3.3.1.1. Cálculos de Voltajes y Componentes Electrónicos para la Simulación del Sensor ECT.....	85

3.3.2. Señal del Sensor de Temperatura de Aire Aspirado IAT (Intake Air Temperature).....	87
3.3.2.1. Cálculos de Voltajes y Componentes Electrónicos para la Simulación del Sensor IAT.....	89
3.3.3. Sensor de Posición del Acelerador TPS (Throttle Position Sensor).....	91
3.3.3.1. Cálculos de Voltajes y Componentes Electrónicos para la Simulación del Sensor TPS.....	93
3.3.4. Sensor de Presión Absoluta en el Colector de Admisión MAP (Manifold Absolute Pressure).....	93
3.3.4.1. Cálculos de Voltajes y Componentes Electrónicos para la Simulación del Sensor MAP.....	96
3.3.5. Inyectores.....	96
3.4. Diseño y Construcción del hardware digital.....	99
3.5. Diseño de Firmware para comandar el equipo.....	100
3.5.1. Estructuración de los comentarios dentro del Firmware.....	100
3.5.2. Asignación de Variables.....	100
3.5.3. Toma de Decisiones.....	100
3.5.3.1. Lazos y Aperturas de Subrutinas en el Programa Principal	100
3.5.4. Saltos.....	101
3.5.4.1. GOTO.....	101
3.5.4.2. GOSUB – RETURN.....	101
3.5.5. Puertos del Microcontrolador.....	101
3.6. Montaje y acoplamiento de elementos eléctricos – electrónicos.....	102

3.6.1. Materiales Utilizados en el Banco de Diagnostico.....	102
3.6.2. Montaje del Circuito Electrónico.....	104
3.6.3. Montaje de los Elementos Eléctricos – Electrónicos en la Placa Electrónica de los Sensores.....	106
3.6.4. Montaje de los Elementos Eléctricos – Electrónicos en la Placa Electrónica de los Actuadores.....	108
3.7. Construcción del Banco de Pruebas.....	110

CAPÍTULO IV: FUNCIONAMIENTO Y PRUEBAS DEL EQUIPO.

4.1. Introducción.....	112
4.2. Funcionamiento del Banco.....	112
4.3. Operación del Banco.....	115
4.4. Pruebas.....	115
4.4.1. Sensores.....	116
4.4.1.1. Sensor CKP.....	116
4.4.1.2. Sensor TPS.....	117
4.4.1.3. Sensor MAP.....	118
4.4.1.4. Sensores IAT y ECT.....	119
4.4.2. Actuadores.....	120
4.4.2.1. Inyector.....	120

CONCLUSIONES.....	123
RECOMENDACIONES.....	125
BIBLIOGRAFÍA.....	126
ANEXOS.....	129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y CUADROS

	Págs.
Figura 1-1. Simbología de las Resistencias fijas y variables.....	4
Figura 1-2. Códigos de colores de las resistencias.....	5
Figura 1-3. Estructura básica y símbolo de los tipos de capacitores.....	7
Figura 1-4. Estructura de los inductores.....	8
Figura 1-5. Estructura de un relé.....	9
Figura 1-6. Estructura interna de un diodo de unión PN.....	11
Figura 1-7. Representación de las zonas críticas del diodo PN.....	12
Figura 1-8. Curva característica de un diodo PN.....	13
Figura 1-9. Simbología, Curva característica y Circuito del diodo Zener.....	14
Figura 1-10. Simbología del Amplificador Operacional.....	15
Figura 1-11. Tipos de MOSFET.....	17
Figura 1-12. Simbología, Curva característica y Circuito de un Transistor BJT.....	18
Figura 1-13. Oscilador de desplazamiento de fase con tres circuitos de retraso.....	20
Figura 1-14. Generador de onda rectangular con dos multivibradores monoestables....	21
Figura 1-15. Diagrama señal tiempo del generador de onda rectangular de la fig.10....	22
Figura 1-16. Generador de pulsos.....	23
Figura 1-17. Regulador serie.....	24
Figura 1-18. Transistor exterior con limitación de corriente.....	26

Figura 1-19. Circuito básico para fuentes de corriente constante y tensión constante....	27
Figura 1-20. Esquema simplificado de un temporizador.....	29
Figura 1-21. Diagrama de bloques funcional simplificado de un temporizador 555.....	34
Figura 1-22. Circuito temporizador monoestable.....	35
Figura 1-23. CI temporizador 555 usado como multivibrador aestable.....	36
Figura 2-1. Señales de entrada de la ECU.....	38
Figura 2-2. Estructura del Sensor TPS.....	39
Figura 2-3. Señal de Referencia del Sensor TPS.....	40
Figura 2-4. Señal de Retorno del Sensor TPS.....	41
Figura 2-5. Estructura del Sensor MAP.....	43
Figura 2-6. Señal de Referencia del Sensor MAP.....	43
Figura 2-7. Señal de Retorno del Sensor MAP.....	44
Figura 2-8. Estructura del Sensor CTS.....	45
Figura 2-9. Señal de Referencia del Sensor CTS.....	46
Figura 2-10. Señal de Retorno del Sensor CTS.....	47
Figura 2-11. Estructura del Sensor IAT.....	48
Figura 2-12. Señal de Referencia del Sensor IAT.....	48
Figura 2-13. Señal de Retorno del Sensor IAT.....	49
Figura 2-14. Estructura del Sensor de Oxigeno.....	50
Figura 2-15. Señal de Referencia del Sensor de Oxigeno.....	51
Figura 2-16. Señal de Retorno del Sensor de Oxigeno.....	52

Figura 2-17. Estructura del Sensor VSS.....	53
Figura 2-18. Estructura del Sensor de Rotación REF – CKP.....	53
Figura 2-19. Sensor de Rotación REF.....	54
Figura 2-20. Estructura del Sistema de Encendido DIS.....	55
Figura 2-21. Señal de Referencia del Sistema de Encendido DIS.....	56
Figura 2-22. Señal de Retorno del Sistema de Encendido DIS.....	57
Figura 2-23. Señales de Salida de la ECU.....	57
Figura 2-24. Estructura de la IAC.....	58
Figura 2-25. Posicionamiento de la válvula IAC.....	59
Figura 2-26. Señal de Referencia de la Válvula IAC.....	60
Figura 2-27. Señal de Retorno de la Válvula IAC.....	61
Figura 2-28. Estructura del Inyector.....	62
Figura 2-29. Bomba Eléctrica de Combustible.....	63
Figura 2-30. Estructura de la Válvula Reguladora de Presión.....	64
Figura 2-31. Estructura del Relé de la Bomba de Combustible.....	64
Figura 2-32. Estructura del Conector de Diagnostico.....	66
Figura 2-33. Estructura Interna del Corsa Wind.....	66
Figura 2-34. Pinaje de la ECU.....	67
Figura 2-35. Ubicación de Elementos del Corsa Wind (Vista Lateral).....	69
Figura 2-36. Ubicación de Elementos del Corsa Wind (Vista Superior).....	69
Figura 2-37. Diagrama Interno de la ECU.....	73

Figura 2-38. Diagrama de los Conectores de la ECU.....	75
Figura 3-1. Diseño de Placa Electrónica de los Sensores (Vista Frontal).....	79
Figura 3-2. Diseño de Placa Electrónica de los Sensores (Vista Posterior).....	80
Figura 3-3. Diseño de Placa Electrónica de los Actuadores (Vista Frontal).....	81
Figura 3-4. Diseño de Placa Electrónica de los Actuadores (Vista Posterior).....	82
Figura 3-5. Curva y Valores Específicos del ECT.....	84
Figura 3-6. Diagrama Eléctrico del Sensor ECT.....	84
Figura 3-7. Simulación en Crocodile Clips del Sensor ECT.....	85
Figura 3-8. Curva y Valores Específicos del IAT.....	88
Figura 3-9. Diagrama Eléctrico del Sensor IAT.....	88
Figura 3-10. Simulación en Crocodile Clips del Sensor IAT.....	89
Figura 3-11. Curva y Valores Específicos del TPS.....	91
Figura 3-12. Diagrama Eléctrico del Sensor TPS.....	92
Figura 3-13. Simulación en Crocodile Clips del Sensor TPS.....	92
Figura 3-14. Curva y Valores Específicos del MAP.....	94
Figura 3-15. Diagrama Eléctrico del Sensor MAP.....	95
Figura 3-16. Simulación en Crocodile Clips del Sensor MAP.....	95
Figura 3-17. Diagrama Eléctrico para los Inyectores.....	97
Figura 3-18. Simulación en Crocodile Clips del Inyector.....	98
Figura 3-19. Diseño del Circuito y Simulación del Circuito Electrónico del Pic.....	99
Figura 3-20. Pasos en el LCD para la Selección del Menú de Sensores.....	99

Figura 3-21. Montaje de los Elementos del Circuito Electrónico en el Protoboard.....	104
Figura 3-22. Pruebas del Circuito Electrónico en el Protoboard.....	105
Figura 3-23. Montaje de los Elementos de la Placa de Sensores (Vista Frontal).....	106
Figura 3-24. Montaje de Elementos de la Placa de Sensores (Vista Posterior).....	107
Figura 3-25. Montaje de Elementos de la Placa de Actuadores (Vista Frontal).....	108
Figura 3-26. Montaje de Elementos de la Placa de Actuadores (Vista Posterior).....	109
Figura 3-27. Diseño del Panel de Control del Banco de Pruebas.....	110
Figura 3-28. Banco de Diagnostico.....	111
Figura 4-1. Potenciómetros de los Sensores.....	112
Figura 4-2. ECU del Chevrolet Corsa Wind.....	113
Figura 4-3. Generador de Señal del CKP.....	114
Figura 4-4. Selector de Opciones.....	114
Figura 4-5. Diagrama de Adquisición de Señal.....	115
Figura 4-6. Panel de Control.....	116
Figura 4-7. Señal del Sensor CKP.....	117
Figura 4-8. Señal del Sensor TPS.....	117
Figura 4-9. Adquisición de Datos.....	118
Figura 4-10. Señal del Sensor MAP.....	118
Figura 4-11. Adquisición de Datos.....	119
Figura 4-12. Señal de los Sensores IAT y ECT.....	119
Figura 4-13. Adquisición de Datos.....	120

Figura 4-14. Adquisición de Datos.....	120
Figura 4-15. Señal del Inyector.....	121
Figura 4-16. Señal del Inyector.....	121
Figura 4-17. Adquisición de Datos Mediante Un Multímetro.	122

Cueva Jiménez Jorge Ricardo
Jiménez Ludeña Rolando Vicente
Trabajo de Graduación
Ing. Pedro Crespo Vintimilla
Octubre 2010

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE DIAGNÓSTICO DE LA UNIDAD ELECTRÓNICA DE CONTROL DEL VEHÍCULO CHEVROLET / OPEL CORSA

INTRODUCCIÓN

Considerando el adelanto y desarrollo de la tecnología automotriz se ha visto la necesidad de crear este proyecto, con la finalidad de brindar otras técnicas de diagnóstico en forma teórica y práctica a los profesionales automotrices enrolados en este campo.

En la actualidad las grandes marcas fabricantes de automóviles, implementan sistemas de inyección electrónica con el propósito de tener un mejor y eficaz desempeño de sus motores, facilitando de esta manera al usuario tener las mejores alternativas que los fabricantes junto con la tecnología brindan, siendo por ejemplo optimizar un bajo consumo de combustible, bajos índices de contaminación, confort de manejo, entre otras de importancia.

Hoy en día en nuestro país el automóvil es utilizado por la mayoría de los ciudadanos como medio de transporte, ya sea para trabajo, de uso familiar, o a su vez para deporte; llegando a obtener una gran demanda en cuanto a la compra y venta de los mismos.

Hace años atrás la mayoría de vehículos que circulaban por las calles de nuestro medio utilizaban sistemas mucho menos modernos que ahora, es decir la tecnología empleada para el funcionamiento de los elementos ya sea mecánicos o eléctricos del vehículo no

presentaban mayor problema en cuanto a su mantenimiento preventivo haciendo que hasta los propietarios de los automóviles puedan realizarlos.

Hoy en día los nuevos modelos presentan sistemas electrónicos manejados por unidades de control que hacen el funcionamiento más eficaz del vehículo aumentando la potencia, rendimiento y economía del mismo; utilizan en su gran mayoría sensores los cuales han reemplazado elementos mecánicos mejorando de esta manera el trabajo desempeñado por cada uno de los sistemas del vehículo. Es por ello que la mayor parte de centros de servicio están en la obligación de estar equipados con herramientas, materiales y equipos de acorde a la tecnología actual.

LOS AUTORES.

CAPITULO I

ELEMENTOS ELECTRICOS Y ELECTRÓNICOS UTILIZADOS EN UNIDADES ELECTRONICAS DE CONTROL

1.1. Introducción

En el interior del módulo encontramos circuitos electrónicos que están compuestos por una gran variedad de componentes. El diseño de los circuitos es un trabajo muy delicado realizado por ingenieros especializados que mediante muchos cálculos matemáticos y simulación llevan todos esos elementos a integrarse en un equipo funcional. Algunos circuitos son de fácil comprensión para un técnico otros por el contrario requieren un poco mas de preparación y esfuerzo. El no entender el diseño del circuito no quiere decir que el técnico no pueda llevar a cabo una reparación utilizando componentes para su remplazo.

1.2. Los componentes que conforman el módulo de control se clasifican en Pasivos y Activos.

1.2.1. Elementos Pasivos.

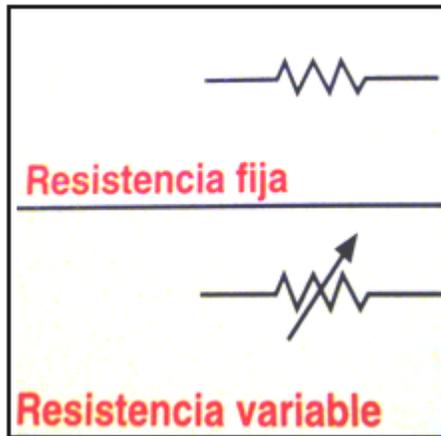
1.2.1.1. Resistencias.

La resistencia se define como un componente electrónico diseñado para ofrecer una cierta oposición o resistencia al paso de la corriente eléctrica, está hecho físicamente de carbón o de metal. Se utilizan primordialmente para limitar o controlar la cantidad de corriente que circula a través de un circuito, estas pueden ser fijas o variables.

Las resistencias fijas pueden ser de distintos tipos, dependiendo de los materiales empleados en su fabricación, la capacidad de disipación de potencia y otros criterios, y se denominan comúnmente resistores.

Las resistencias variables pueden ser de diversos tipos, dependiendo de los parámetros físicos que controlan su valor (luz, calor, movimiento, etc.), y se denominan comúnmente potenciómetros.

Fig. 1-1. Simbología de las Resistencias fijas y variables.



Fuente: CEKIT, Curso Práctico de Electrónica Moderna, Tomo 1, p 94.

La medición de la resistencia eléctrica es de extrema utilidad en el análisis de sistemas electrónicos (inyección electrónica, ABS etc.). Los materiales pueden ser clasificados por la capacidad de conducción de corriente eléctrica que poseen; como:

- **Conductores:** son sustancias que conducen corriente eléctrica, ejemplo: hierro, aluminio, oro, plata, etc.
- **Aislantes:** son sustancias a través de las cuales la corriente eléctrica no fluye, ejemplo: plástico, vidrio, porcelana, etc.

Los valores óhmicos de las resistencias se suelen representar por medio de unos franjas de color, pintados en estas. Suelen ser en número de cuatro, y su significado es el siguiente:

- Franja 1: Primer dígito.
- Franja 2: Segundo dígito.
- Franja 3: Número de ceros que siguen a los anteriores.
- Franja 4: Tolerancia.

Fig. 1-2. Códigos de colores de las resistencias



Color	1era y 2da banda	3ra banda	4ta banda	
	1era y 2da cifra significativa	Factor multiplicador	Tolerancia	%
plata		0.01		+/- 10
oro		0.1		+/- 5
negro	0	x 1	Sin color	+/- 20
marrón	1	x 10	Plateado	+/- 1
rojo	2	x 100	Dorado	+/- 2
naranja	3	x 1,000		+/- 3
amarillo	4	x 10,000		+/- 4
verde	5	x 100,000		
azul	6	x 1,000,000		
violeta	7			
gris	8	x 0.1		
blanco	9	x 0.01	www.unicrom.com	

Fuente: Unicrom, Código de colores de las resistencias / resistores,
[http:// www.unicrom.com/TuT_codigocolores.asp](http://www.unicrom.com/TuT_codigocolores.asp), España, 2006.

1.2.1.2. Capacitores

El capacitor es un componente electrónico que consta de dos terminales formado por dos placas conductoras que se encuentran distanciadas por un material no conductor

(aislantes). La carga eléctrica se acumula en las placas como se muestra en la figura 1-3, la distancia entre las placas se llena con un material dieléctrico. “El valor de la capacitancia es proporcional a la constante dieléctrica y al área superficial del material dieléctrico e inversamente proporcional a su espesor; la capacitancia C puede definirse como:

$$C = \frac{\epsilon A}{d} \quad \text{Ec. 1 - 1}$$

donde ϵ es la constante dieléctrica, A el área de las placas y d el espacio entre las placas. (La constante dieléctrica es una propiedad que determina la energía almacenada por unidad de volumen por unidad de diferencia de voltaje a través de un capacitor)¹.

Un capacitor puede definirse como un elemento eléctrico de dos terminales cuyo propósito esencial es introducir capacitancia en un circuito eléctrico. La capacitancia se define como la razón de la carga acumulada a la diferencia que existe de voltaje entre dos placas conductoras o alambres.

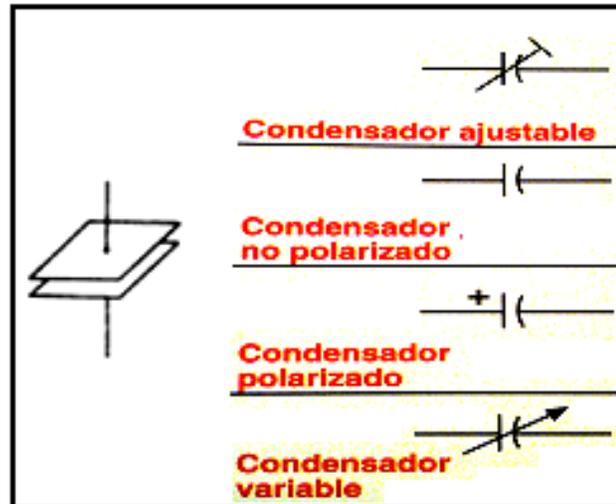
Los capacitores usan distintos dieléctricos y se construyen de varias formas. Los capacitores comunes usan papel impregnado como dieléctrico, mientras otros capacitores usan hojas de mica, películas orgánicas y cerámica y metálicas.

“Existe una amplia gama de valores de capacitores. Dos tramos de alambre aislado y trenzado de una pulgada de largo, tendrán una capacitancia de aproximadamente 1 picofarad. Por otra parte, un capacitor de potencia de una pulgada de diámetro y unas cuantas pulgadas de largo podría tener una capacitancia de 0.01 F².”

¹ DORF, Richard, Svoboda, James, (2006) Circuitos Eléctricos, Sexta Edición, p 241.

² DORF, Richard, Svoboda, James, (2006) Circuitos Eléctricos, Sexta Edición, p 242.

Fig.1-3. Estructura básica y símbolo de los tipos de capacitores



Fuente: CEKIT, Curso Práctico de Electrónica Moderna, Tomo 1, p 94.

1.2.1.3. Inductores

Para formar una bobina de múltiples espiras se necesita un alambre enrollado, como se muestra en la fig. 1-4. Si la fuente de corriente i_f se conectara, se determinaría que el voltaje que fluya a través de la bobina es proporcional a la rapidez con que cambia la corriente $i = i_f$, que es la que circula en el inductor. Esta relación proporcional puede indicarse por:

$$v = L \frac{di}{dt} \quad \text{Ec 1-2}$$

donde L es la constante de proporcionalidad llamada inductancia y la unidad en que se mide es henrys (H).

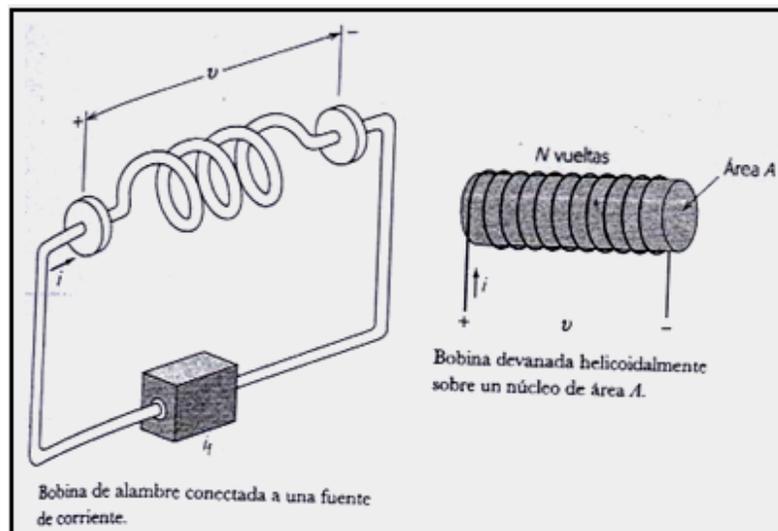
Se define como un inductor a un elemento de dos terminales que esta formado por un arrollamiento de N vueltas, que introduce inductancia en un circuito eléctrico. La inductancia se especifica como la propiedad de un elemento eléctrico que hace que el paso de una corriente variable con el tiempo produzca un voltaje a través del mismo.

Un inductor perfecto es una bobina sin resistencia. Cuando existe corriente en el alambre, se guarda energía en el campo magnético que rodea al devanado.

La inductancia es una medida de la capacidad de un elemento para acumular energía en forma de un campo magnético.

Los inductores conservan la resistencia real del alambre usado en la bobina. Debido a esto, los inductores no son dispositivos ideales y deben modelarse con una inductancia ideal en serie con una pequeña resistencia. Los inductores más prácticos tienen inductancias que oscilan entre $1\mu\text{H}$ a 10H .

Fig. 1-4. Estructura de los inductores



Fuente: DORF, Richard, Svoboda, James, Circuitos Eléctricos, Sexta Edición, (2006), p 255.

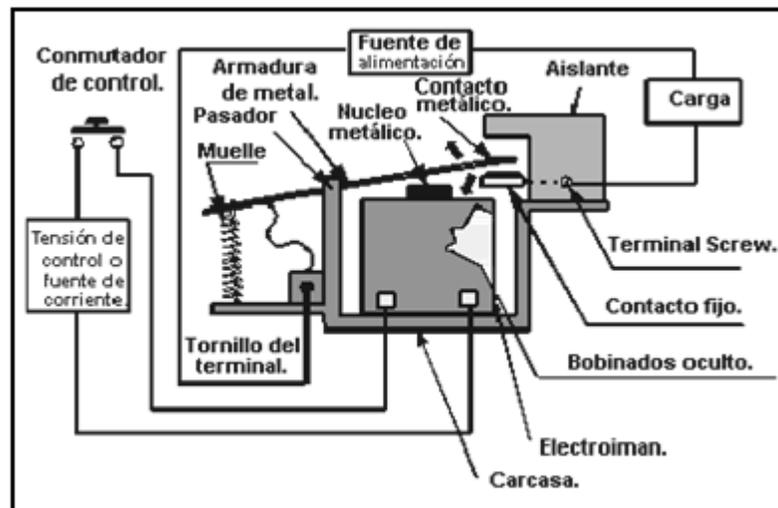
1.2.1.4. Relés

Básicamente un relé es un electroimán. Consta de una bobina formada por un conductor de alambre de cobre arrollado sobre un núcleo cilíndrico ferromagnético de baja remanencia o sea no imantable.

Frente a uno de los extremos del núcleo se dispone una armadura, que consiste en una pequeña platina de material ferromagnético no imantable. Esta platina puede pivotar sobre uno de sus lados y es mantenida en su posición de reposo por medio de un resorte de extensión calibrado.

Solidario con esta platina pueden existir uno o más platinos de contacto, logrando según la combinación de contactos que se dispongan al fabricar el relé, sistemas de una vía (dos; tres; etc.) normalmente abiertos (NA) o normalmente cerrados (NC), inversores o no.

Fig. 1-5. Estructura de un relé



Fuente: MONTEJO Ráez Miguel Angel, Dispositivos Electrónicos de Potencia: Relés, http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:zrWtB0fx5uAJ:www.ugr.es/~amroldan/enlaces/dispo_potencia/reles.htm+estructura+de+un+rele&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec, México, 2002.

1.2.1.4.1 Relé con polaridad

Normalmente estos casos se ven en los relays que son manejados por el computador de a bordo.

Generalmente los circuitos electrónicos internos de las ECU que manejan relays, operan a estos cerrando el circuito de la bobina por negativo (masa). Estos circuitos no son más que una llave electrónica que conecta y desconecta de negativo un extremo de la bobina, el otro extremo indudablemente debe estar conectado al positivo de batería.

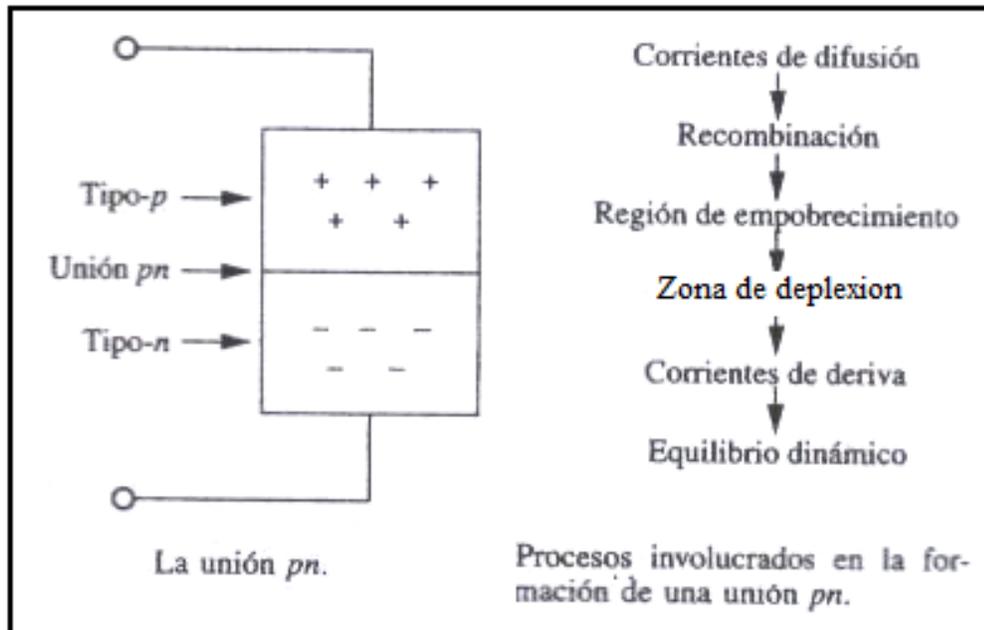
Vimos que cuando un relay está operado, circula a través de su bobina una corriente, esta corriente genera un campo magnético que es el que atrae a la armadura. Cuando la corriente es interrumpida por la apertura de la llave electrónica (desactivación del relay), el campo magnético desaparece retrayéndose rápidamente (normalmente se dice que colapsa). Las líneas de fuerza de dicho campo al retraerse, barren las espiras que conforman la bobina induciendo en ella una F.E.M. (Fuerza Electro Motriz), es decir, se produce un pico de tensión entre los extremos de la misma. Este pico en relays del tipo común, como los que hemos utilizado como ejemplo, pueden alcanzar niveles de 45 Volt o mayores, estos niveles de tensión pueden resultar perniciosos para los semiconductores (transistores) utilizados en las ECU como llaves para operar los relays o pueden propagarse hacia otros circuitos a través de la línea de positivo.

1.2.2. Elementos Activos

1.2.2.1. Diodo de Unión PN

El diodo PN se forma en la frontera que existe entre las regiones de los semiconductores tipo P y tipo N, tal unión presenta la secuencia del evento que se enlista en la figura 1-6

Fig. 1-6. Estructura interna de un diodo de unión PN



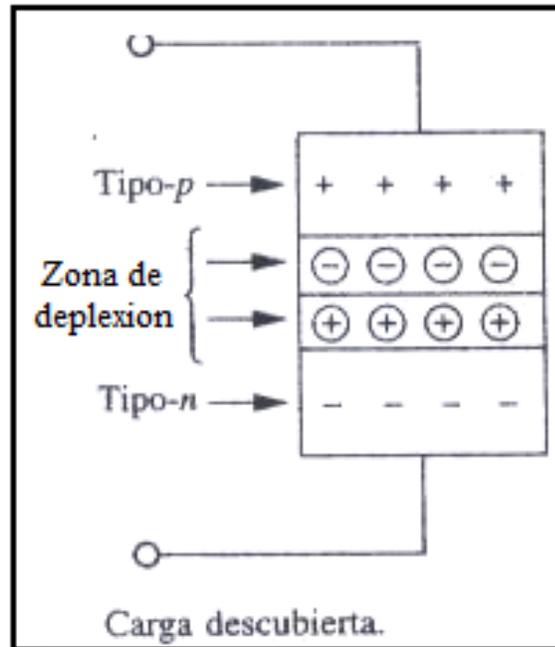
Fuente: COGDELL, J, R, Fundamentos de Electrónica, (2000), p 83.

Los electrones en el material tipo N se dirigen hacia el material tipo P, y los huecos que existen en el material tipo P se dirigen hacia el material tipo N. Estas fuertes corrientes de difusión se dan debido, a que las concentraciones no aparecen en cantidades iguales y los portadores están en un movimiento térmico con mucho dinamismo.

Las recombinaciones se presentan a medida que los electrones se dirigen hacia el material tipo P al encontrar huecos para rellenar, y los huecos que se han dirigido hacia el material tipo N se rellenan con electrones de conducción.

La región que existe sobre ambos lados de la unión PN sufre una ausencia de portadores debido a las recombinaciones. Esta región se la llama REGION DE EMPOBRECIMIENTO, se podría decir que existe un continuo empobrecimiento de portadores en esta región si no fuera por otro proceso que se presenta, este proceso tiene el nombre de cargas descubiertas de esta forma se obtiene cargas descubiertas de enlace dentro de la estructura de celosía en la región de empobrecimiento como se muestra en la figura 1-7

Fig 1-7. Representación de las zonas críticas del diodo PN



Fuente: COGDELL, J, R, Fundamentos de Electrónica, (2000), p 84.

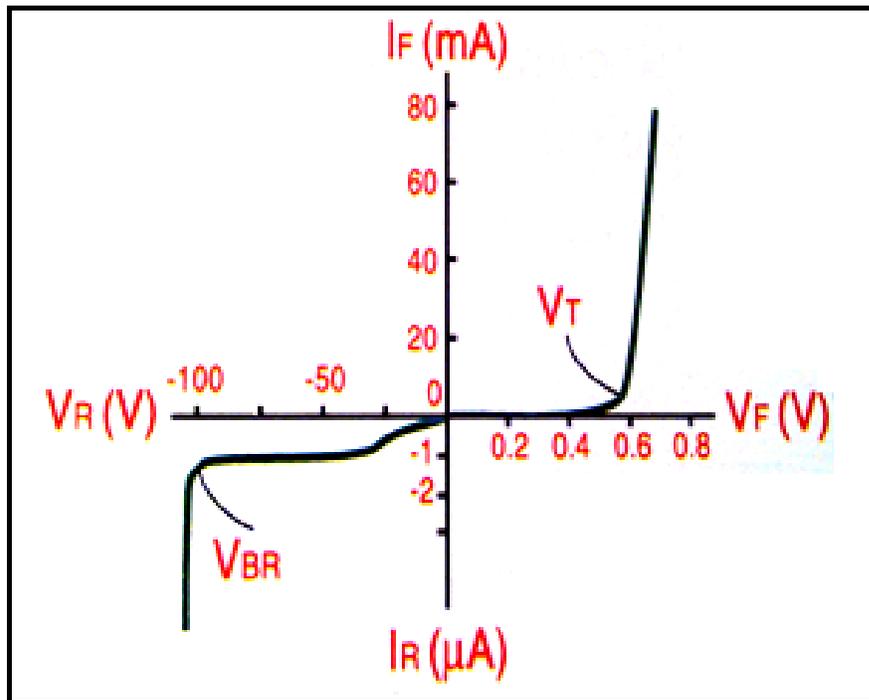
Debido a la existencia de las cargas descubiertas, el diodo de unión PN tiene un valor de voltaje interno de aproximadamente 0,7V a través de su unión (unión basada en silicio), no se produce voltaje externo en el diodo entero. El flujo de la corriente no existirá a menos que el equilibrio se distribuya mediante una aplicación de un voltaje externo.

1.2.2.1.1. Propiedades de la unión PN

“Las propiedades del diodo de unión PN se pueden resumir de esta manera: esencialmente, en la región de polarización en inversa fluye una corriente cero; en la región de polarización en directa fluye una corriente insignificante hasta que se alcance un pequeño voltaje de umbral, después del cual la magnitud de la corriente sube rápidamente. Una vez que la corriente empieza a aumentar, el voltaje se mantiene constante. El voltaje de umbral es alrededor de 0.7V para un diodo de silicio, la curva característica de un diodo de silicio de unión PN es la que se muestra en la figura 1-8”³.

³ COGDELL, J, R, (2000) Fundamentos de Electrónica, p 86.

Fig. 1-8. Curva características de un diodo PN



Fuente: CEKIT, Curso Práctico de Electrónica Moderna, Tomo 1, p 155.

1.2.2.2. Diodo Zener

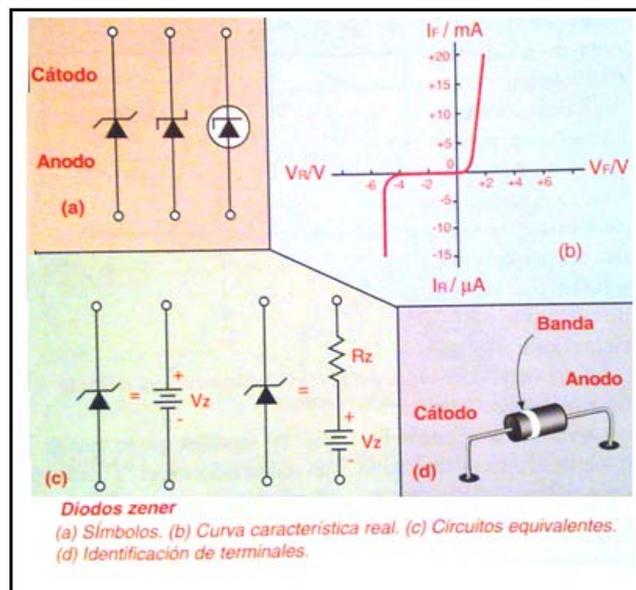
Los diodos rectificadores y los diodos de pequeña señal jamás funcionan de forma intencionada en la zona de disrupción, ya que podrían resultar dañados. Un diodo zener es diferente; es un diodo que se compone de silicio el fabricante lo a optimizado para el trabajo en la región de disrupción. El diodo zener es el principal elemento de los reguladores de tensión, circuitos que mantienen casi siempre constante la tensión en la carga a pesar de las caídas de tensión que tiene la red y en la resistencia de carga.

Al diodo zener se lo llama también diodo regulador de tensión ya que mantiene un voltaje de salida constante cuando la corriente que le recorre varia, en la zona de operación normal, el diodo zener tiene que estar polarizado inversamente. Además, para funcionar en la región de disrupción, el voltaje de la fuente V_Z . Siempre se utiliza una resistencia en serie R_S para limitar la corriente del zener a una corriente con menor que su máxima corriente de operación.

El diodo zener y la resistencia de carga están en paralelo. La suma de las corrientes que fluyen por estas debe ser igual a la corriente total, que es la misma que la corriente que circula por la resistencia que está conectada en serie.

Esto nos indica que la corriente del zener no es igual a la corriente serie, como ocurre en el regulador sin carga. Debido a la resistencia de carga, la corriente del diodo ahora es igual a la corriente serie menos la corriente que circula por la carga.

Fig. 1-9. Simbología, Curva característica y Circuito del diodo Zener.



Fuente: CEKIT, Curso Práctico de Electrónica Moderna, Tomo 1, p 156.

1.2.2.3. Amplificadores Operacionales

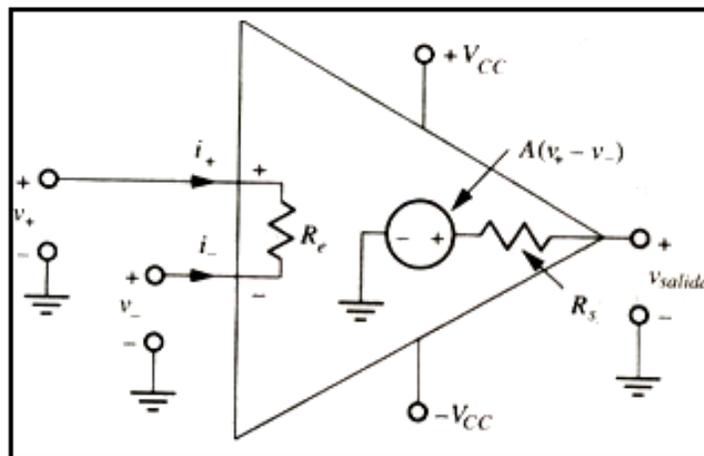
Un amplificador operacional, es un componente electrónico de alta ganancia, controlado normalmente mediante una retroalimentación negativa, que lleva a cabo muchas funciones en los circuitos analógicos. Los amplificadores operacionales fueron creados originalmente para desarrollar operaciones matemáticas, tales como integración y suma, y con ello resolver ecuaciones diferenciales en computadoras analógicas.

Un operacional típico es un sofisticado amplificador transistorizado que utiliza una docena o mas de transistores, varios diodos, algunas resistencias y quizás unos cuantos capacitores. Estas partes son confiables y resistentes, se aproximan al ideal en sus propiedades electrónicas.

En la figura 1-10 se muestra el símbolo y las propiedades del amplificador operacional que trabajan con señales externas. Las dos señales de voltaje de entrada v_+ y v_- , se restan y se amplifican con una ganancia de voltaje mayor, A , por lo general de 10^5 a 10^6 . La resistencia de entrada, R_e , es grande, casi siempre excede $10\text{M}\Omega$; la resistencia de salida, R_s , es pequeña, 10 a $100\ \Omega$.

El amplificador se encuentra alimentado con fuentes de alimentación de cd; una positiva ($+V_{cc}$) y una negativa ($-V_{cc}$). En este caso, el voltaje de salida varía entre los dos voltajes de alimentación.

Fig. 1-10 Simbología del Amplificador Operacional



Fuente: COGDELL, J, R, Fundamentos de Electrónica, (2000), p 246.

1.2.2.4. Transistores de Efecto de Campo (MOSFET)

El transistor MOSFET se ha convertido en uno de los dispositivos electrónicos más importantes utilizados en el diseño y la construcción de los circuitos integrados para computadoras digitales. La estabilidad térmica que presentan entre otras características

generales lo hace muy popular en el diseño de circuitos electrónicos. Sin embargo, como elemento discreto en un encapsulado típico de sombrero de copa, se debe manejar con la precaución adecuada.

Algunas de las características de los MOSFET los convierten en compuertas lógicas: son pequeños, fáciles de fabricar en circuitos integrados, tienen una impedancia de entrada alta y requieren poco voltaje para mantener y cambiar los estados lógicos. El MOSFET puede trabajar como un interruptor cuando se usa en serie con una resistencia de carga.

La categoría MOSFET se divide en dos tipos decremental e incremental:

1.2.2.4.1. MOSFET Decremental

“Resulta tener características similares a las de un JFET entre el corte y la saturación para la I_{DSS} , pero luego tiene el rasgo adicional de características que se extienden hacia la región de polaridad opuesta para V_{GS} .

No existe conexión eléctrica directa entre la terminal de la compuerta y el canal de un MOSFET es debido a la capa aislante del SiO_2 en la construcción del MOSFET que se explica la muy deseable alta impedancia de entrada del dispositivo”⁴.

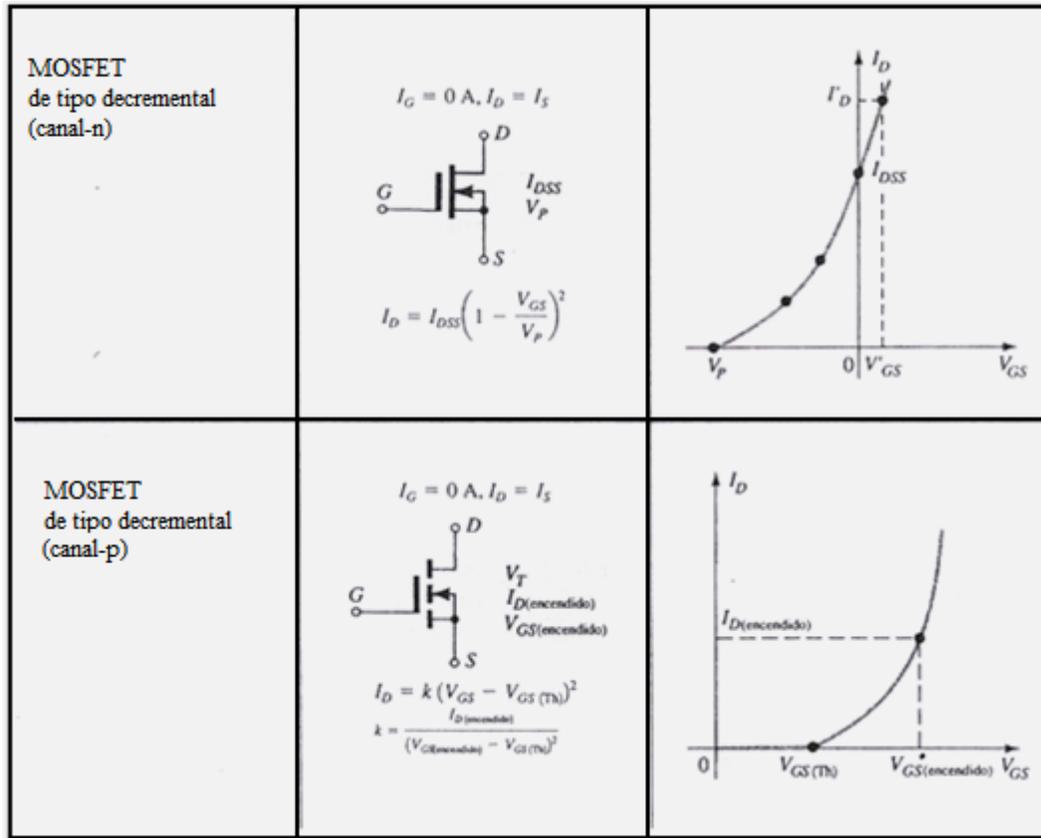
1.2.2.4.2. MOSFET Incremental

La curva de transferencia de un MOSFET tipo incremental no está definida por la ecuación de Shockley, y la corriente de drenaje ahora está en corte hasta que el voltaje compuerta – fuente alcance una magnitud específica.

El MOSFET tipo incremental es muy similar a la de un MOSFET tipo decremental, excepto por la ausencia de un canal entre los terminales del drenaje y de la fuente.

⁴ NASHELKY, Boylestad, (2003) Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos, Octava Edición, pgs 263, 264.

Fig. 1-11. Tipos de MOSFET.



Fuente: NASHESKY, Boylestad, Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos, Octava Edición, (2003), p 280.

1.2.2.5. Transistor BJT

El transistor BJT puede estar polarizado para trabajar fuera de los límites máximos de un transistor normal, a pesar de esto, el resultado de tal operación sería el recorte de la vida útil del transistor, o bien la destrucción del mismo. Limitándonos a la región activa del dispositivo, es posible tratar varias áreas o puntos de operaciones diferentes. Frecuentemente el punto Q seleccionado, dependerá del uso que se piense dar al circuito electrónico. Aun así, es posible tomar en cuenta algunas diferencias entre los distintos puntos de operación.

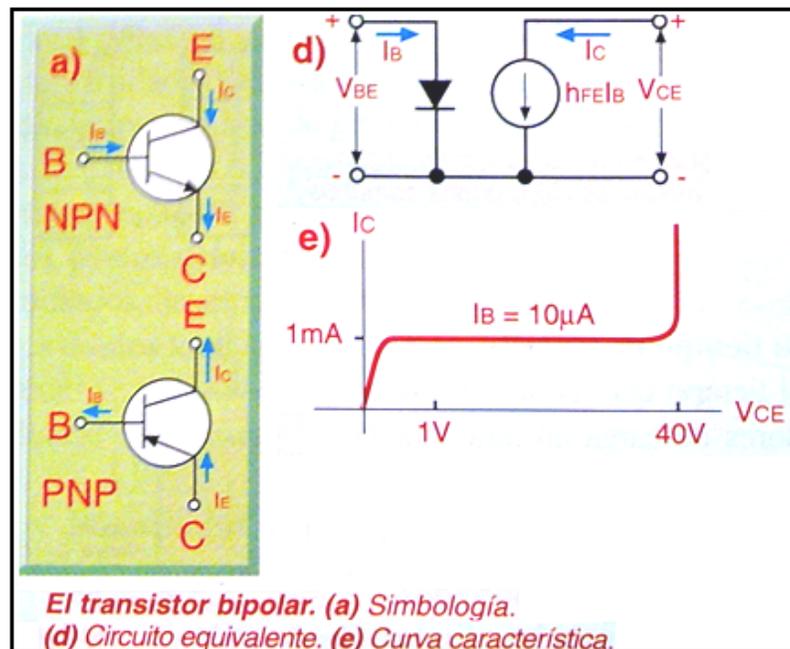
Otro factor de polarización muy importante que debe ser tomado en cuenta. Una vez que se seleccionó y se polarizó el BJT en un punto de operación, la temperatura también

debe ser considerada. La temperatura causa que los parámetros del transistor como la ganancia de corriente del dispositivo y la corriente de fuga del mismo, se modifiquen. A mayores temperaturas existe un incremento en las corrientes de fugas del dispositivo con lo que se modifica la condición de trabajo establecida.

Para que un BJT pueda polarizarse y funcionar en su región lineal o activa, debe cumplirse las siguientes condiciones:

1. La unión base – emisor tiene que estar en polarización directa (voltaje de la región p más positivo), con un voltaje resultante en polarización directa entre 0.6 y 0.7V.
2. La unión base – colector tiene que estar en polarización inversa (voltaje de la región n más positivo), con el voltaje de polarización inversa dentro de los límites máximos del dispositivo.

Fig. 1-12. Simbología, Curva característica y Circuito de un Transistor BJT



Fuente: CEKIT, Curso Práctico de Electrónica Moderna, Tomo 1, p 160.

1.3. Generadores de Ondas.

1.3.1. Osciladores.

Los osciladores son circuitos en el cual su salida es una señal periódica. La salida de un oscilador podemos obtener una señal sinusoidal o no sinusoidal, por ejemplo, una onda cuadrada o triangular.

A frecuencias por debajo de 1 Mhz, se puede recurrir a osciladores RC para generar señales seno casi perfectas.

Estos osciladores de baja frecuencia usan amplificadores operacionales y circuitos resonantes RC para establecer la frecuencia de oscilación. Por encima de 1 Mhz, se utilizan osciladores LC. Estos osciladores de alta frecuencia emplean transistores y circuitos resonantes LC. En este conjunto se analizan diversos tipos de osciladores sinusoidales y no sinusoidales.

Para construir un oscilador sinusoidal necesitamos usar un amplificador con realimentación positiva. La idea es utilizar la señal de retroalimentación en lugar de la señal usual de acceso del amplificador. Si la señal de realimentación es lo bastante grande y tiene la fase correcta, tendrá una señal de salida, incluso cuando no exista señal de entrada externa.

Cuando se conectan varias etapas de amplificación estableciendo una retroalimentación negativa, los efectos reactivos en torno al ciclo pueden generar un desfase extra de 180° , lo que convierte la retroalimentación negativa en positiva y puede inducir oscilación. Se utilizan circuitos compensadores para evitar dichas oscilaciones.

1.3.2. Osciladores de Desfasamiento.

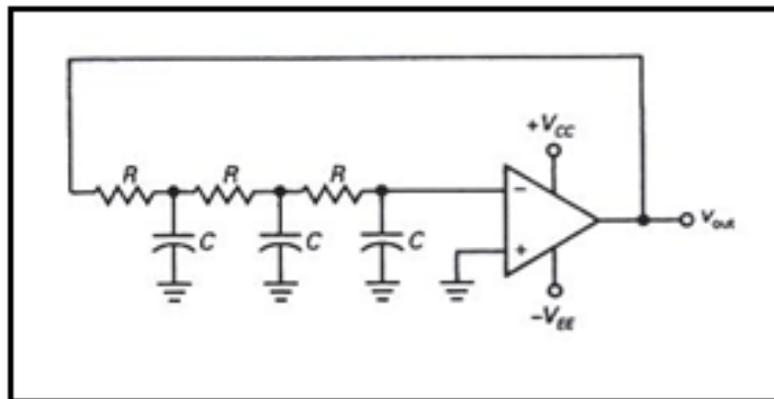
Un circuito de adelanto genera un desplazamiento de fase entre 0° y 90° , dependiendo de la frecuencia. Por consiguiente en cierta frecuencia el desplazamiento de fase total de adelanto es igual a 180° .

El amplificador posee un desplazamiento de fase adicional de 180° debido a que la señal excita la entrada inversora. Así pues, el desplazamiento de fase alrededor del lazo será de 360° , equivalente a 0° .

La figura 1-13. muestra un diseño que utiliza tres circuitos de retardo, el amplificador genera 180° de desplazamiento de fase y los circuitos de retardo ayudan con otros 180° siempre a una determinada frecuencia.

El oscilador de desfasamiento no es un circuito popular, el problema principal es que no se logra ajustar fácilmente en un rango extenso de frecuencias.

Fig. 1-13. Oscilador de desplazamiento de fase con tres circuitos de retraso.

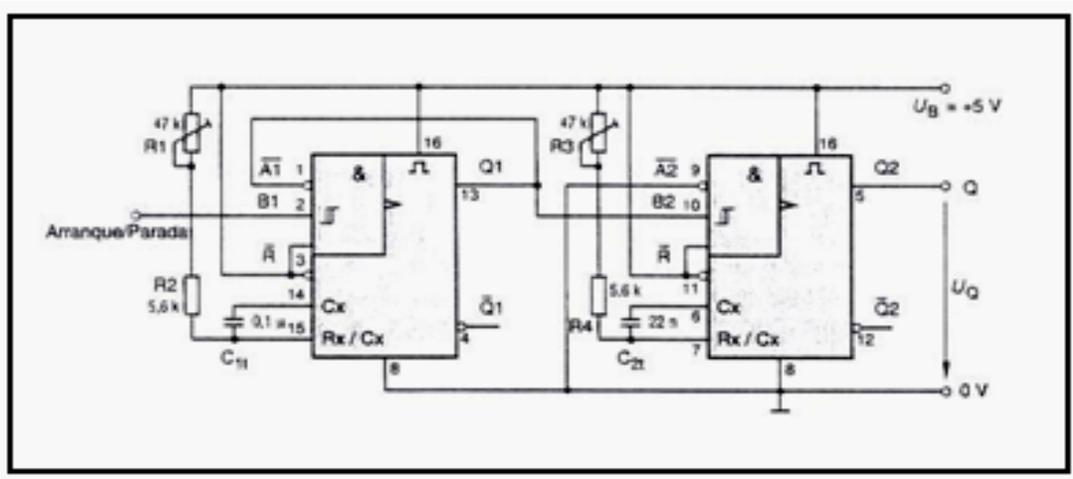


Fuente: MALVINO, Albert, Paul, Principios de Electrónica, Sexta edición, (2000), P 942.

1.3.3. Generadores de Onda Rectangular con Multivibradores Monoestable

Los generadores de onda rectangular pueden ser fabricados muy fácilmente conectando dos multivibradores monoestables en serie. La figura 1-14. enseña un circuito de onda rectangular.

Fig.1-14. Generador de onda rectangular con dos multivibradores monoestables.

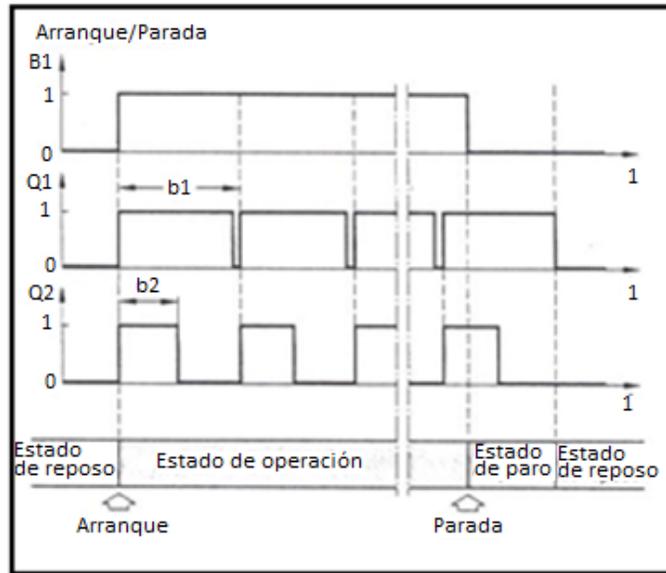


Fuente: JOSEF, Kammerer, Hans-Peter, Lamparter, Michael, Neidel, Wolfgang, Oberthur, Joannes, Piegsa, Hans-Jobst, Siedler, Peter, Zastrow, Módulos de la Microelectrónica, (GTZ), (1999), p 90.

La ventaja de este generador de onda rectangular, es la posibilidad arranque/parada. Este generador logra ser arrancado o parado por medio de una señal de control, esta es una condición que frecuentemente se requiere en la técnica digital. Los generadores de onda rectangular que no contienen este circuito arranque/parada son denominados generadores de onda rectangular de recorrido libre.

El orden de operación de este circuito puede ser descrito por medio del diagrama indicado en la figura 1-15. Cuando se considera la operación de este circuito generador se debe hacer una diferencia entre una fase de reposo, un estado de operación y una fase de paro.

Fig.1-15. Diagrama señal tiempo del generador de onda rectangular de la fig.10.



Fuente: JOSEF, Kammerer, Hans-Peter, Lamparter, Michael, Neidel, Wolfgang, Oberthur, Joannes, Piegsa, Hans-Jobst, Siedler, Peter, Zastrow, Módulos de la Microelectrónica, (GTZ), (1999), p 91.

1.3.4. Generadores de Pulsos.

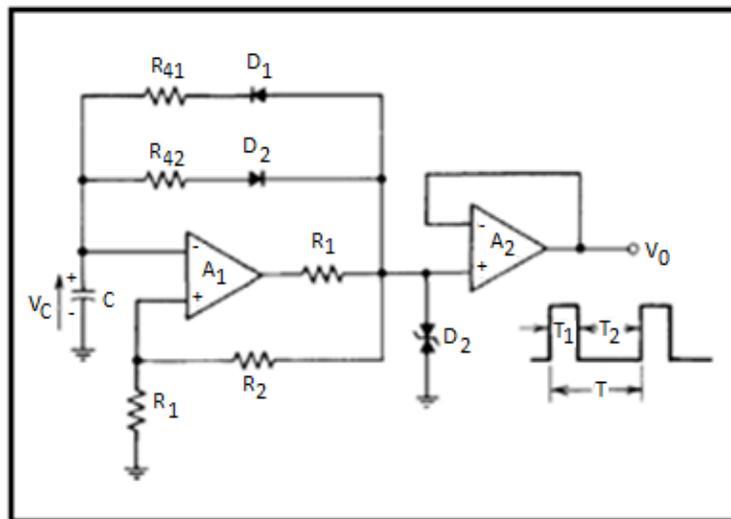
En ciertas aplicaciones nace la necesidad de un pulso de altura y ancho conocidos generadores en respuesta a una señal de disparo o activación. Como el ancho de pulso es imaginable, su borde de salida puede utilizarse para propósitos de sincronización, esto es, para iniciar una tarea particular en un instante especificado. Tal pulso normalizado puede ser generado por el tercer tipo de multivibrador, el multivibrador monoestable.

El multivibrador monoestable contiene un estado estable en el cual puede mantenerse por tiempo indefinido. También tiene uno cuasiestable (semiestable) al cual puede ser disparado y en el cual permanece durante un intervalo predeterminado igual al ancho ansiado del pulso de salida. Cuando este intervalo caduca, el multivibrador monoestable regresa a su estado estable y permanece en el, aguardando otra señal de disparo.

Las ondas de grafica de pulsos saben utilizarse en aplicaciones de cronometraje y muestreo. En la figura 1-16. a la de onda cuadrada el resistor R4 del ciclo de retroalimentación negativa de la figura (izq) se suplanta por una red de diodos de resistencia.

Cuando la salida es positiva, D1 conduce y el capacitor C se carga a través de R41., cuando la salida es negativa D2 conduce y el capacitor C se encarga de R42. Si $R_{41} < R_{42}$, entonces $T_1 < T_2$. De esta manera se adquieren pulsos en dirección positiva. Si se invierten los diodos o si $R_{42} < R_{41}$, entonces se adquieren pulsos en dirección negativa.

Fig.1-16. Generador de pulsos.



Fuente: USATEGUI, Angulo, José, M, Microcontroladores PIC, Tercera Edición, (2003), p 189.

1.4. Fuentes de Alimentación.

La calidad de una fuente de alimentación depende de la regulación en su carga, la regulación de red y la resistencia de salida en esta sección se trataran estas características, ya que son frecuentemente utilizadas en las fuentes de alimentación reguladas.

1.4.1. Reguladores Serie.

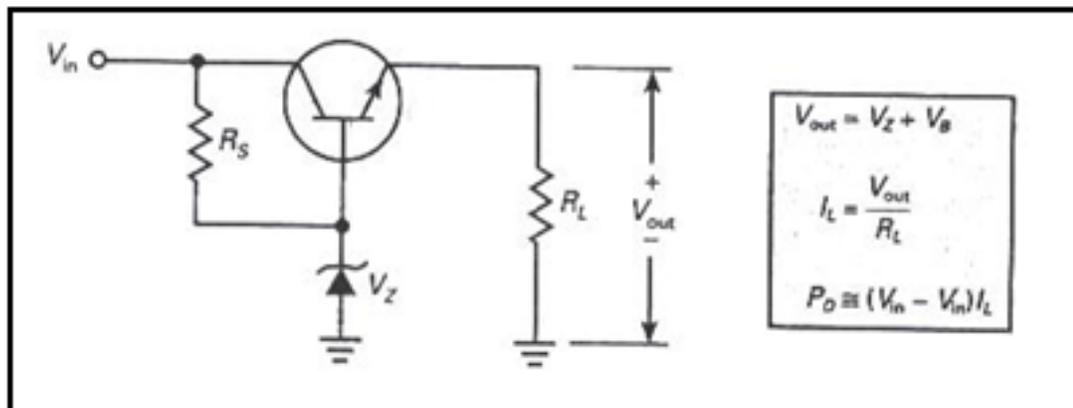
La desventaja de los reguladores en derivación es su bajo rendimiento, provocado por las pérdidas altas de potencia en las resistencias en serie y en el transistor. Cuando el rendimiento no es significativo, puede utilizarse reguladores en derivación, ya que como ventaja aportan su simplicidad.

Los reguladores serie, son silenciosos y no producen ruido, ya que su transistor trabaja siempre en su zona lineal. Por otra parte, un regulador serie es relativamente simple de diseñar y construir.

Un regulador serie tiene un beneficio con carga de entre en 50 y el 70%, suficiente para la mayoría de las aplicaciones en las que la potencia de carga es de 10W.

En la figura 1-17. muestra su relativa simplicidad, de funcionamiento silencioso y el aceptable nivel de disipación de potencia en el transistor hacen de los reguladores en serie la elección idónea para la mayoría de aplicaciones.

Fig.1-17. Regulador serie.



Fuente: MALVINO, Albert, Paul, Principios de Electrónica, Sexta edición, (2000), p 1003.

1.4.2. Reguladores Conmutados.

Los reguladores conmutados se originan de la clase general de convertidores cc-cc dado que transforman una tensión de entrada continua en otra tensión de salida continua, superior o inferior a la de entrada. Pero los reguladores conmutados incluyen también regulación de tensión, típicamente modulación en ancho de pulso controlando el corte y la conducción de un transistor.

Puede citarse cambios en el ciclo de trabajo, con lo cual los reguladores conmutados pueden mantener la tensión de salida constante bajo condiciones de variación de la red y la carga.

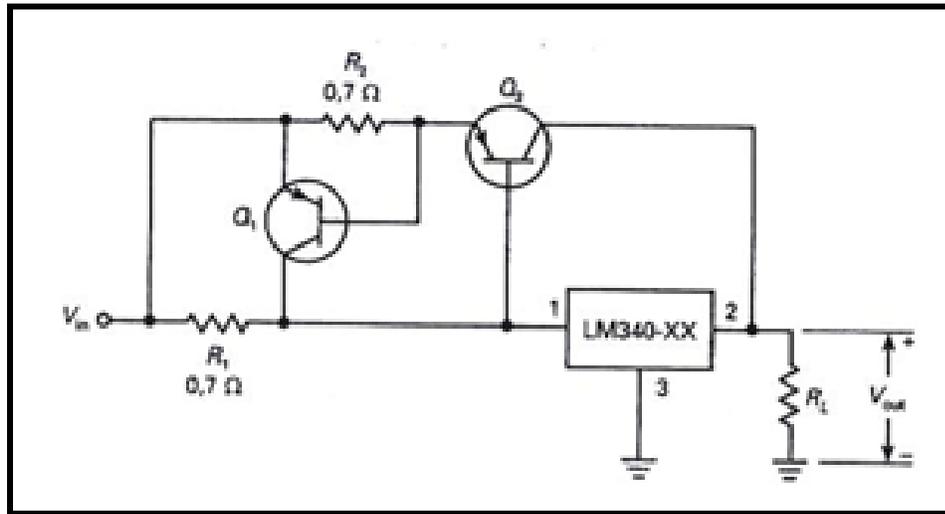
Un regulador conmutado es el de mayor rendimiento de todos los reguladores de tensión. Posee un rendimiento con carga máxima de entre 75 y el 95%, pero los reguladores conmutados son ruidosos debido a que causan interferencias de radio frecuencia, provocadas por los cambios en el transistor entre estados a frecuencias entre 10 y 100Khz.

1.4.3. Protección contra Cortocircuito.

La figura 1-18. muestra cómo aplicar protección contra cortocircuito al diagrama. Se utilizan dos resistencias de localización de corriente, una para alimentar el transistor de potencia exterior Q_2 y la segunda para colocar en conducción a Q_1 y proteger contra cortocircuito.

Con ello en transistor limitador de corriente Q_1 coloca en el límite para empezar a conducir cuando se supera el amperaje establecido Q_1 estará fuertemente saturado.

Fig.1-18. Transistor exterior con limitación de corriente.



Fuente: MALVINO, Albert, Paul, Principios de Electrónica, Sexta edición, (2000), p 1025.

1.4.4. Reguladores Lineales Integrados.

Existe una gran diversidad de circuitos integrados lineales para regulación de tensión con un número de pines que van de 3 a 14. Todos estos son reguladores serie dado que tienen un rendimiento mayor que los reguladores en derivación. Algunos reguladores integrados se utilizan en aplicaciones específicas en las que resistencias externas establecen la limitación de corriente, la tensión de salida, etc. Los reguladores integrados aplicados mayoritariamente son los que tienen únicamente tres pines: uno para la tensión de entrada sin regular, un segundo para la tensión de salida regulada y otro de toma tierra.

Se los puede encontrar en encapsulados de plástico o metal, los reguladores de tres terminales han llegado a ser extremadamente populares debido a que son económicos y fáciles de emplear. Aparte de dos condensadores de desacoplo opcionales, los reguladores de tensión integrados de tres terminales no precisan de componentes externos.

1.4.4.1. Reguladores Ajustables.

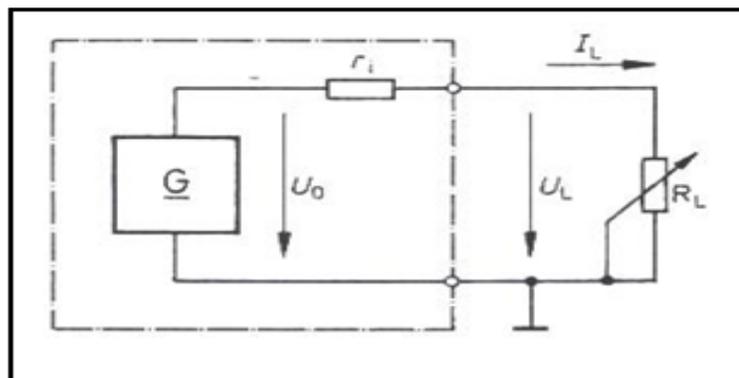
Ciertos reguladores integrados (LM31, LM337, LM338 y LM350) son ajustables. Poseen corriente de carga máxima que van desde 1.5 a 5 A. Por ejemplo, el LM317 es un regulador de tensión positiva de tres terminales que puede suministrar 1.5 A. de corriente de carga sobre un rango de tensiones de salida ajustables de 1.25 a 37 V. El rechazo al rizado es de 80 dB. Esto equivale a decir que el rizado en la entrada es 10.000 veces mayor que a la salida del regulador integrado.

1.4.5. Reguladores de Corriente.

El circuito de la figura 1-19. enseña el diagrama básico para las fuentes de corriente, si una corriente de carga fluye a través de la resistencia de carga en este circuito, independientemente de subconjunto de valores, la fuente es un regulador de corriente constante, la resistencia interna debe ser mucho mayor que la resistencia de carga.

En una fuente de tensión constante, por otra parte, la tensión a través de la resistencia de carga tendrá que ser siempre constante independientemente del conjunto de valores, la resistencia interna debe ser menor que la resistencia de carga.

Fig.1-19. Circuito básico para fuentes de corriente constante y tensión constante.



Fuente: JOSEF, Kammerer, Hans-Peter, Lamparter, Michael, Neidel, Wolfgang, Oberthur, Joannes, Piegsa, Hans-Jobst, Siedler, Peter, Zastrow, Módulos de la Microelectrónica, (GTZ), (1999), p 154.

1.4.6. Fuente de Corriente Controlada por Voltaje (VCCS).

Algunas veces es útil la capacidad de convertir una señal de voltaje en una corriente proporcional de salida. Esto puede lograrse reemplazando el voltaje de referencia por un voltaje variable.

La sensibilidad de la conversión de voltaje a corriente es inversamente proporcional a la resistencia de detección R_{se} . Por consiguiente, cuando se pide una alta exactitud de corriente de carga, esta resistencia debe ser de un modelo de precisión. En donde se enseñan circuitos convertidores de voltaje a corriente básicos con carga flotante (es decir, ninguna terminal de la carga está a tierra). En la misma se indica la corriente que circula por la carga en cada circuito.

1.5. Funciones Digitales.

Ya se estudiaron algunos dispositivos de lógica, tales como las compuertas y multivibradores biestables, que suelen llamarse como circuitos integrados a pequeña escala (SSI). En este capítulo se presentan circuitos que constan de interconexiones de varias compuertas, multivibradores biestables o ambos, que componen dispositivos de integración a mediana escala (MSI) comúnmente usados como bloques fundamentales de los sistemas digitales. Entre éstos se incluyen los contadores, cronómetros, codificadores, decodificadores y la unidad lógica y aritmética. Se muestran ejemplos para indicar la diversidad de dispositivos disponibles, dándose algunas aplicaciones que ilustran la manera en que el uso de estos dispositivos reduce el costo total del paquete del sistema.

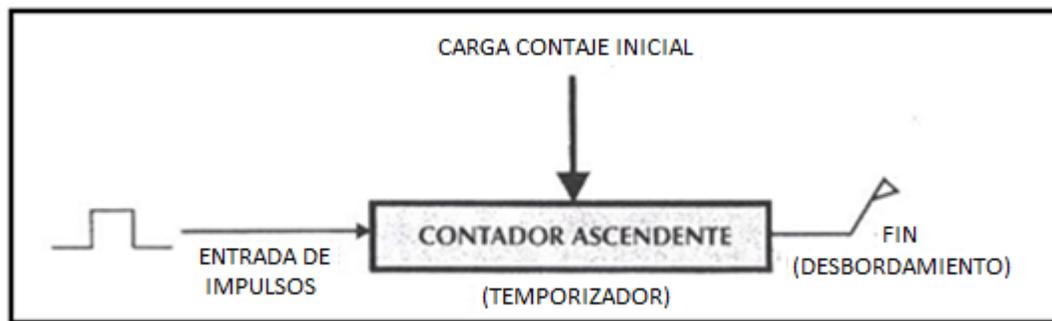
1.5.1. Temporizador.

Uno de los trabajos más usuales en los programas de control de dispositivos suele establecer intervalos precisos de tiempo, y recibe el nombre de temporizador (timer) el elemento encargado de realizar esta función. También suele ser frecuente contar los

impulsos que se generan en el exterior del sistema, y el elemento predestinado a este fin se llama contador.

Si los trabajos del temporizador o contador figura 1-20., las asignamos al programa principal tardarían mucho tiempo al procesar en detrimento de actividades más importantes. Por esta razón se diseñan recursos específicamente orientados a estas misiones.

Fig. 1-20. Esquema simplificado de un temporizador.



Fuente: USATEGUI, Angulo, José M, Microcontroladores PIC, Tercera Edición, (2003), p 96.

1.5.2. Mediciones Analógicas.

“Pese a que los sistemas de control y microprocesadores digitales han hecho avances en los sistemas de control angulares, los ángulos todavía se deben medir. Los sincronizadores, resolvedores y potenciómetros de inducción siguen siendo algunos de los transductores angulares más exactos.

1.5.3. Mediciones Digitales.

Se aplican dos métodos básicos para obtener mediciones digitales de la posición o el ángulo de un sistema:

1.5.3.1. PRIMER MÉTODO.- En este método interviene la conversión de un transductor analógico básico en un sistema de medición digital, mediante el uso de un convertidor de analógico a digital y agregando al transductor la lógica de control asociada necesaria.

1.5.3.2. SEGUNDO MÉTODO.- Es el uso de un transductor digital que proporciona salidas digitales en forma directa.

Si una medición de salida analógica de una sola señal es lineal, se puede emplear un convertidor de analógico a digital para producir la salida digital deseada. La salida digital consta de N líneas resultantes de la línea de entrada analógica única. A continuación se analizan los convertidores de analógico a digital.

Si la medición analógica no es lineal o si varias señales codifican la salida analógica (ejemplo, un sincronizador de tres polos o un resolvidor de cuatro polos), debe emplearse un convertidor digital especializado. Un ejemplo común es el convertidor de sincro a digital que se analizó. Las tres salidas del sincro de CA moduladas en amplitud son procesadas electrónicamente por el convertidor de sincro a digital para producir una salida digital de N bits. Con TTL (lógica transistor-transistor), los niveles de voltaje típicos son 0 (= 0 a 0.4 V) y 1 (= 2.4 a 5.5 V). En este caso las entradas son tres señales de CA y un voltaje de CA de referencia, y las salidas son N líneas digitales. La exactitud global de este sistema debe ser menor que la exactitud básica del transductor analógico, que determina el número requerido de bits N de la salida digital. Si se proporcionan más bits se dará mayor resolución (con mayor complejidad y costo), pero no mayor exactitud. Para un sincronizador exacto a 6 arc-min, la resolución máxima que se necesita es:

$$\begin{aligned} \text{Resolución} &= \frac{\text{medición exacta más pequeña}}{\text{intervalo máximo}} = \\ &= \frac{6 \text{ min}}{360^\circ \times 60 \text{ min/}^\circ} = \frac{1}{3600} \end{aligned}$$

Ec.1-3.

El número de bits correspondiente de resolución N que se necesita es:

$$\text{Resolución} = \frac{1}{2^N} \quad \text{o bien } 2^N = 3\,600 \quad \text{o}$$

$$N = \frac{\log 3\,600}{\log 2} = 11.8 \cong 12$$

Ec.1-4.

Por tanto, 12 bits es la resolución digital más grande que se requiere para lograr la exactitud analógica. Sin embargo, los inevitables errores de conversión reducirán la exactitud final. Diez bits podría ser una resolución fácilmente obtenible. Los convertidores más habituales de sincro a digital tienen resolución de 10, 12, 14 y 16 bits para una entrada de 360° . Cualquiera de los métodos analógicos que se analizaron para la medición de la posición o el ángulo de un sistema puede adaptarse para producir un resultado digital mediante el uso de los procedimientos que se acaban de analizar.

1.5.4. Mediciones Digitales Directas.

Los transductores de medición del ángulo y la posición, que producen N salidas digitales en forma directa, a menudo se denominan codificadores. El más común es el codificador digital del ángulo del eje. A menudo se aplican otros métodos de detección, tales como la detección magnética, los contactos eléctricos de frotamiento con escobillas o cualquier otro esquema de conmutación que se ajuste a los requisitos físicos. Los codificadores fotoeléctricos del ángulo del eje son comunes, debido a que los discos con código pueden producirse de manera rápida, exacta y económica por métodos fotográficos. El codificador fotoeléctrico del ángulo del eje opera como se indica a continuación. El disco rotatorio contiene N pistas concéntricas. Frente a cada pista, por un lado hay un dispositivo fotosensible, que suele ser un fotodiodo o un fototransistor. En el otro lado del disco, una fuente de luz única ilumina las N pistas con un haz de luz estrecho y colimado.

Siempre que una pista dada está despejada, se ilumina el fotodiodo o fototransistor correspondiente, y cuando la pista está opaca no hay iluminación. Este encubrimiento de la luz permite una acción de conmutación digital. Se deberá tener cuidado de asegurarse de que un fotoelemento específico reciba luz de una y sólo una pista. Los patrones de opacidad de cada pista siguen los patrones binarios de la tabla de verdad del código específico que se codificará. En el código Gray o código binario reflejado solamente cambia un bit a la vez entre estados sucesivos, mientras que en el código binario directo todos los bits cambian cuando la cuenta pasa del máximo a cero, y diversas combinaciones de bits cambian en cuentas intermedias. Así, el dispositivo de código Gray está sujeto a menos errores.

1.5.5. Conteo de Pulsos.

En un sistema de medición con conteo de pulsos, un patrón de una sola pista capaz de originar una acción de conmutación se fija a un disco o a un elemento lineal parecido a una regla. Esto corresponde a la pista más rápidamente alternante. Las otras pistas no se utilizan. A medida que la pista de conmutación se desplaza respecto al elemento de conmutación, este último produce un patrón digital 101010... Cada transición corresponde a medio periodo del patrón de la pista de conmutación. Si el patrón es un 1 óptico, con bandas alternativamente opacas y claras espaciadas 1 mm, ocurre una transición de pulso (de 1 a 0 o de 0 a 1) por cada desplazamiento de 1 mm de la pista óptica. Si se cuentan los pulsos y se conoce de antemano la dirección de movimiento, es posible determinar el desplazamiento total del elemento en movimiento. Obsérvese que este esquema de conteo de pulsos por sí solo, no puede determinar la dirección de movimiento. Si se utilizan dos pistas, con el código 00, 01, 11, 10, 00, 01, 11, 10, 00 es posible determinar la posición y la dirección, ya que la secuencia de conmutación de los bits es diferente en la rotación hacia adelante y hacia atrás. Por ejemplo, considérese el código 11. Si el código siguiente es 10, ha ocurrido una rotación hacia adelante, mientras que si el código siguiente es 01, ha ocurrido una rotación hacia atrás. Este es un código Gray de dos bits.

1.5.5.1. Circuito Integrado 555.

Es un circuito integrado de temporización más usualmente usado. Este circuito logra funcionar en dos modos MONOESTABLE, o AESTABLE.

En modo monoestable origina retardos de tiempo muy exactos que van desde microsegundos a horas.

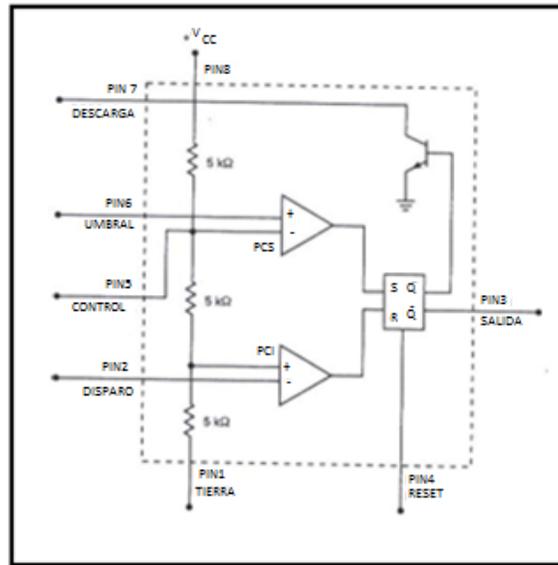
En modo aestable genera señales rectangulares con periodos de trabajo variables.

1.5.5.2. Arquitectura Interna 555.

El diseño eléctrico de un temporizador 555 es muy complejo ya que tiene dos docenas de componentes conectados como diodos, espejos de corriente y transistores. La figura 1-21. representa un diagrama funcional y el temporizador 555. El integrado 555 está formado de un divisor de tensión, dos comparadores y un flip-flop RS y un transistor NPN.

Como el divisor de tensión posee las dos resistencias iguales, en el comparador superior existe un punto de conmutación igual a $2 V_{CC}/3$.

Fig.1-21. Diagrama de bloques funcional simplificado de un temporizador 555.



Fuente: MALVINO, Albert, Paul, Principios de Electrónica, Sexta edición, (2000), p 965.

1.5.5.3. Multivibrador Monoestable (Un Disparo).

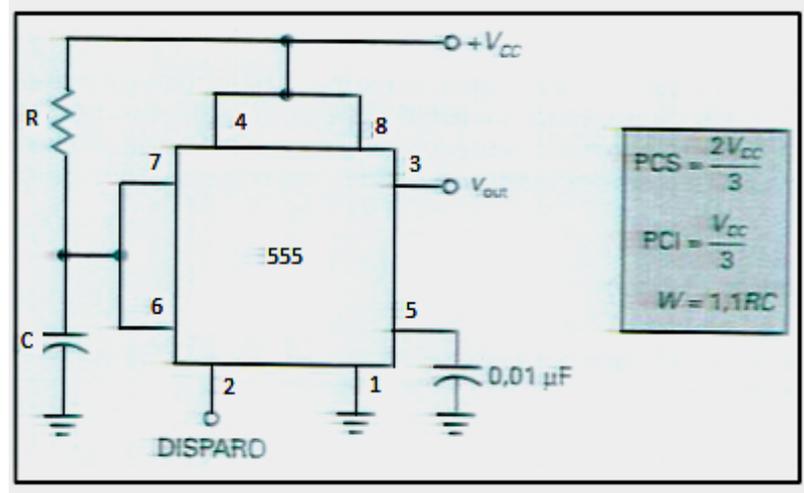
Al igual que el flip-flop, el multivibrador monoestable posee dos entradas Q y Q_1 , las cuales es lo inverso la una de la otra. El monoestable tiene un solo estado de salida estable normalmente $Q=0$ y $Q_1=1$, donde permanece hasta que es disparado por una señal de entrada. Una vez disparado las salidas del multivibrador cambian al estado opuesto.

Luego de un tiempo las salidas de un multivibrador monoestable regresan a su estado de reposo hasta que se dispara de nuevo, el tiempo puede variar desde nanosegundos hasta decenas de segundos. El valor del tiempo es variable y lo establecen los valores de los componentes externos tanto resistencias como capacitores.

Los multivibradores monoestables poseen una aplicación limitada en la mayoría de los sistemas secuenciales controlados por reloj, y los diseñadores experimentados por lo general evitan su utilización debido a que tienden a ser disparos falsos mediante el ruido

espurio. Cuando los utilizan casi siempre es en aplicaciones de sincronización en los que se emplea el intervalo predeterminado de tiempo. La figura 1-22. muestra un diagrama esquemático para un circuito 555 en modo monoestable como normalmente aparece.

Fig.1-22. Circuito temporizador monoestable.

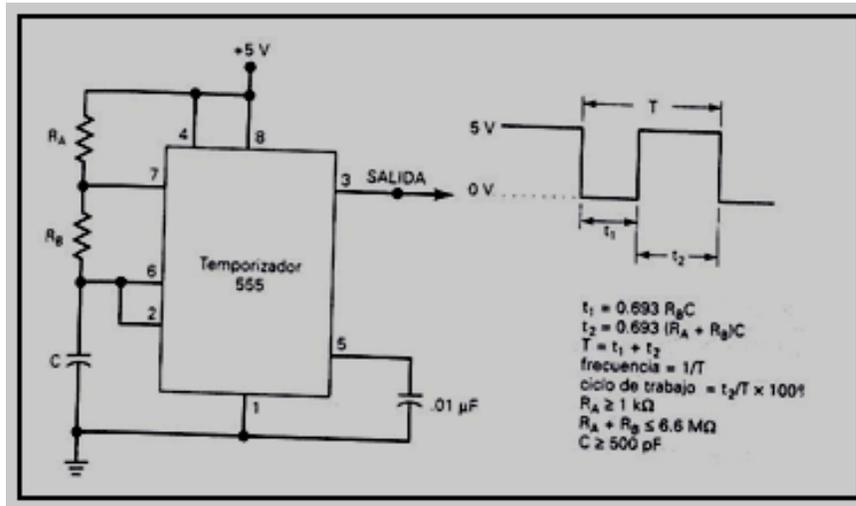


Fuente: MALVINO, Albert, Paul, Principios de Electrónica, Sexta edición, (2000), p 965.

1.5.5.4. Multivibrador Aestable (Oscilatorio).

Cuando se aplica esta configuración el temporizador 555 no tiene ningún estado estable en el que pueda durar indefinidamente, cuando funciona en modo aestable ocasiona un pulso rectangular de salida, no es preciso una señal de disparo para obtener esta salida, este modo de funcionamiento es llamado también multivibrador de oscilación libre, figura 1-23.

Fig.1-23. CI temporizador 555 usado como multivibrador a estable.



Fuente: TOCCI, Ronald, J, Widmer, Neal, S, Sistemas digitales, octava edición, (2003), p 237.

CAPITULO II

PARAMETROS CARACTERISTICOS DE OPERACIÓN DE LA COMPUTADORA DEL SISTEMA MULTEC 700.

2.1. Introducción de la tecnología MULTEC 700

El sistema Multec es un sistema de inyección electrónica digital, el cual integra el sistema de inyección de combustible e ignición, los cuales son controlados electrónicamente por la unidad electrónica (ECU).

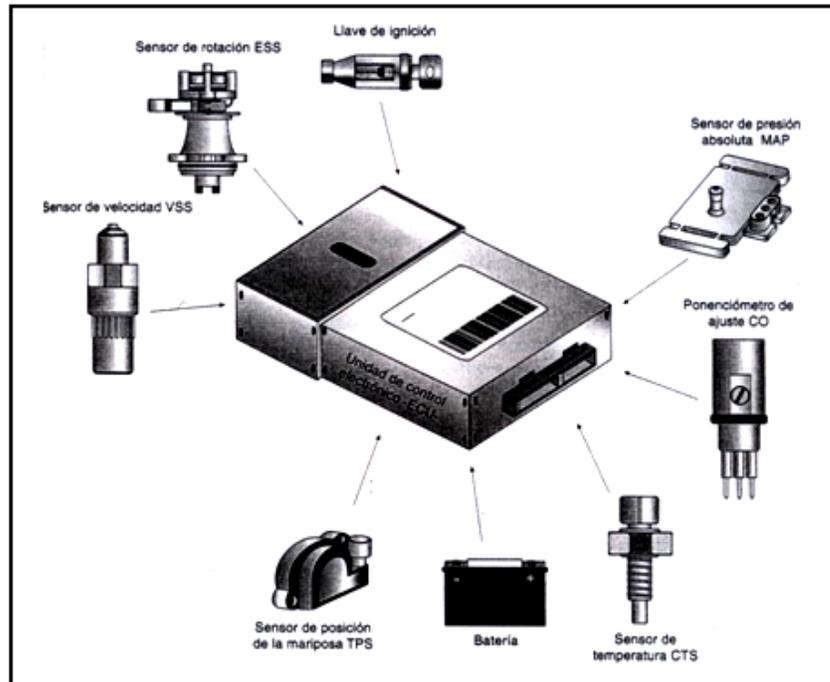
La denominación Multec es la abreviación múltiple tecnología. Si bien es cierto que la mayoría de los sistemas Multec son monopunto, también hay los Multec – M o Multec – S, que son sistemas de inyección multipunto con tantos inyectores como cilindros.

Los componentes del sistema Multec 700 que envían señales de entrada para la ECU, se llaman sensores y los elementos que reciben las señales de salida de la ECU, actuadores.

2.2. Sensores y Señales.

2.2.1. Señales de Entrada de la ECU Tomadas por Sensores.

Fig. 2-1. Señales de entrada de la ECU



Fuente: SANTANDER, Rueda, Jesus, Manual Técnico de Fuel Inyección, Tomo 3, (2005), p 219.

2.2.1.1. Sensor de Posición del Acelerador TPS (Throttle Position Sensor)

El sensor TPS es un potenciómetro el mismo que envía una señal variable de voltaje, proporcional a la apertura de la válvula de aceleración del cuerpo de inyección.

El TPS verifica la posición y el movimiento del acelerador; y por lo general, trabaja con una referencia de 5 voltios: la señal de voltaje es baja, cuando la válvula de aceleración está cerrada; y el voltaje se incrementa en la proporción que lo hace la apertura de la válvula de aceleración (esto es, gradualmente, hasta llegar a 4.5 voltios con la válvula de aceleración totalmente abierta: WOT, Wide Open Throttle).

La computadora usa esta señal, esencialmente para enviar gasolina y para controlar el avance de tiempo. Cuando la señal de voltaje aumenta, el tiempo de apertura de los inyectores se incrementa de forma proporcional; esto también afecta al ajuste de tiempo, cuando el voltaje se incrementa. La ECU puede hacer que avance el tiempo, con base en las tablas de calibración grabadas en su memoria.

En caso de falla del TPS (corto circuito o circuito abierto) detectada por la ECU, esta sustituye el valor incorrecto de la señal del TPS por una señal artificial basada en la rotación del motor. Esto puede representar una marcha mínima elevada. Adicionalmente, en esta condición la ECU graba en la memoria un código de falla o defecto y enciende la lámpara de verificación del motor.

Fig. 2-2. Estructura del Sensor TPS

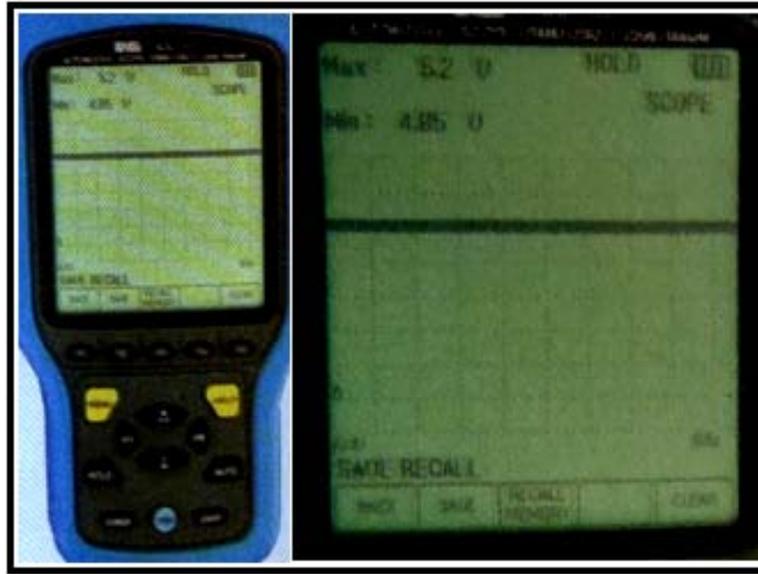


Fuente: Mecánica Automotriz Fácil, Inyección Electrónica en motores a gasolina, Volumen 1, (2006), p 3-39.

Señal de Referencia.

1. No debe existir cortes o imperfecciones la forma de onda debe ser lineal y continua.
2. El valor o rango del voltaje debe estar entre 4.6, 5 u 8 voltios.

Fig.2-3. Señal de Referencia del Sensor TPS

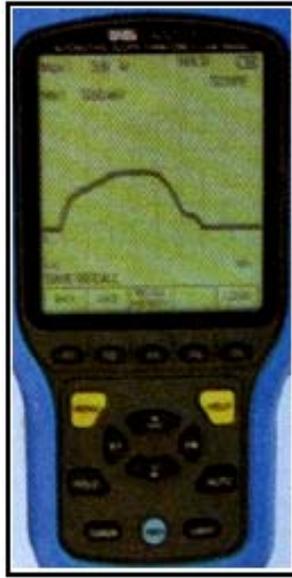


Fuente: Mecánica Automotriz Fácil, Inyección Electrónica en motores a gasolina, Volumen 1, (2006), p 5-33.

Señal de Retorno.

1. Simula el funcionamiento del sensor.
2. La forma de la onda debe ser una curva continua, sin cortes o desperfectos.
3. En los incrementos (al acelerar) y decrementos (al desacelerar), deben detallar formas de señal lineal inclinadas.
4. El valor o rango de voltaje suministrado debe disponerse entre 1.8 y 2 voltios para la posición libre del acelerador.
5. 4.8 voltios para una posición presionada del acelerador.

Fig.2-4. Señal de Retorno del Sensor TPS



Fuente: Mecánica Automotriz Fácil, Inyección Electrónica en motores a gasolina, Volumen 1, (2006), p 5-33.

2.2.1.2. Sensor de Presión Absoluta en el Colector de Admisión MAP (Manifold Absolute Pressure)

Conserva una toma de vacío que va conectada a la base del cuerpo mariposa del acelerador por intermedio de una manguera. El MAP comunica a la ECU la variación de presión en el interior del colector de admisión, en función del régimen de carga y la rotación del motor, es decir, que comunica la presión a que está sometida la mezcla de aire combustible y transforma este valor en salida de voltaje.

La condición de la válvula de aceleración cerrada resultante de la desaceleración del motor generara relativamente baja en el sensor MAP.

La condición de la válvula de aceleración abierta genera salida alta. La señal de salida es causada por la presión interna en el colector, por tanto hay medición del 100% de presión externa del aire.

La ECU abastece al sensor de presión absoluta un voltaje de referencia de 5 voltios. En marcha mínima cuando la mariposa del acelerador está totalmente cerrada, la presión en el interior del colector de admisión es baja (vacío alto), el sensor MAP envía a la ECU una señal que pueda variar entre 0.8 y 2.0 voltios.

Con la mariposa del acelerador totalmente abierta, la presión en el interior del colector de admisión es alta (vacío bajo), el sensor MAP consigna a la ECU una señal que puede variar entre 3.8 y 4.6 voltios.

La ECU utiliza estas informaciones de voltaje recibidas del sensor MAP para realizar cálculos de avance de ignición y la cantidad de combustible que va a ser inyectado al motor.

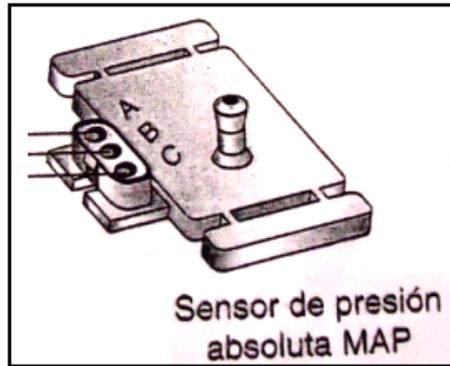
El sensor MAP tiene un uso en la medición de la presión barométrica (atmosférica) en ciertas condiciones, lo que permite a la ECU efectuar automáticamente las compensaciones en diversas altitudes.

Un valor más elevado de presión, vacío bajo (alto voltaje) demanda mayor cantidad de combustible, mientras que una presión baja, vacío alto (bajo voltaje) demanda menor cantidad de combustible.

En caso de una falla del MAP detectada por la ECU, esta suplanta el valor incorrecto de la señal del MAP, manejando la señal de posición de la mariposa del acelerador TPS y otros sensores para controlar la inyección de combustible y el punto de ignición.

Cuando la ECU crea un código de falla o defecto referente al sensor MAP, el problema puede ser originado por el circuito del sensor o mecánico (obstrucción o fugas en la manguera). Entradas falsas de aire, fallas de ignición o problemas mecánicos del motor, pueden estimular variaciones de presión en el colector de admisión o hacer que la ECU genere un código de falla referente al sensor MAP.

Fig.2-5. Estructura del Sensor MAP

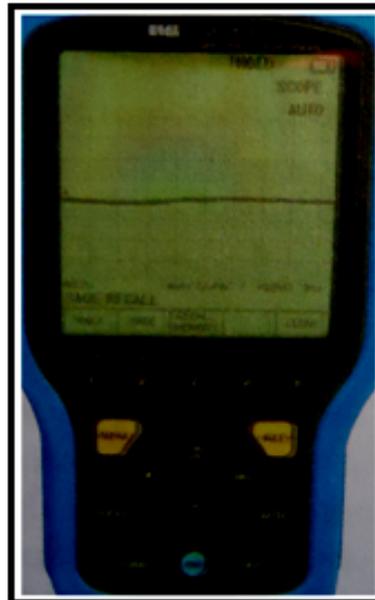


Fuente: Mecánica Automotriz Fácil, Inyección Electrónica en motores a gasolina, Volumen 1, (2006), p 3-39.

Señal de Referencia.

1. La forma de onda debe ser lineal y continua, sin cortes o desperfectos.
2. Su valor debe ser de 5 voltios.

Fig.2-6. Señal de Referencia del Sensor MAP

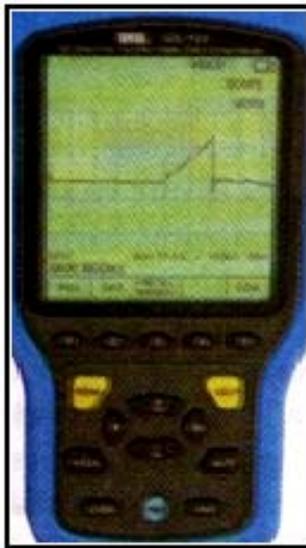


Fuente: Mecánica Automotriz Fácil, Inyección Electrónica en motores a gasolina, Volumen 1, (2006), p 5-36.

Señal de Retorno.

1. La forma de onda será una curva irregular que experimenta incrementos súbitos al acelerar, estableciendo picos cuadrados; y que tiene súbitos decrementos, al desacelerar.
2. El valor de voltaje debe ser entre 1.3 y 4.8 voltios (motor en marcha ralentí).
3. Y de entre 3.5 y 4.8, para régimen máximo de operación del motor.

Fig. 2-7. Señal de Retorno del Sensor MAP



Fuente: Mecánica Automotriz Fácil, Inyección Electrónica en motores a gasolina, Volumen 1, (2006), p 5-36.

2.2.1.3. Sensor de Temperatura del Líquido Refrigerante del Motor CTS (Coolant Temperature Sensor).

La ECU utiliza este sensor para monitorear la temperatura del refrigerante del motor en el colector de admisión.

El sensor CTS está conformado por un termistor (resistencia) de tipo coeficiente negativo (NTC, Negative Temperature Coefficient) sensible a la temperatura.

La resistencia eléctrica cambia de acuerdo con la variación de la temperatura del líquido refrigerante del motor. Cuando el motor está frío la resistencia eléctrica del sensor CTS es alta y cuando el motor está caliente la resistencia es baja.

La ECU envía al sensor un voltaje de referencia de 5 voltios y el sensor CTS devuelve a la ECU una señal que cambia 4.0 y 4.5 voltios a una temperatura normal de funcionamiento del motor.

La ECU maneja la información de temperatura del líquido refrigerante para las correcciones en cálculos de la cantidad de combustible inyectado, de avance de ignición y el control del aire de marcha mínima. Con el motor frío la ECU mejora la mezcla de aire combustible, avanza el punto de ignición y aumenta la entrada de aire de marcha mínima.

Fig. 2-8. Estructura del Sensor CTS

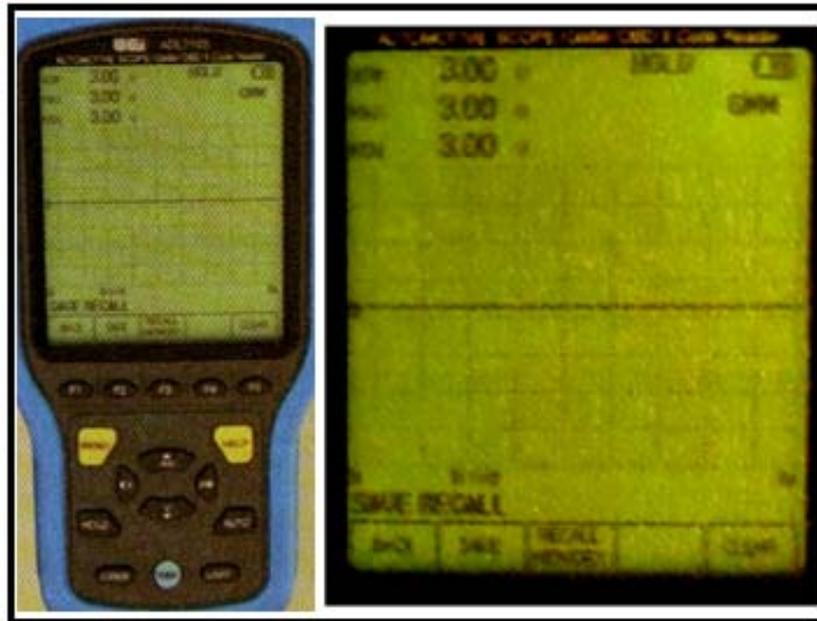


Fuente: Mecánica Automotriz Fácil, Inyección Electrónica en motores a gasolina, Volumen 1, (2006), p 1-35.

Señal de Referencia.

1. Su forma de onda debe ser lineal y continua, sin cortes o imperfecciones.
2. Su valor debe ser 5 voltios.

Fig. 2-9. Señal de Referencia del Sensor CTS

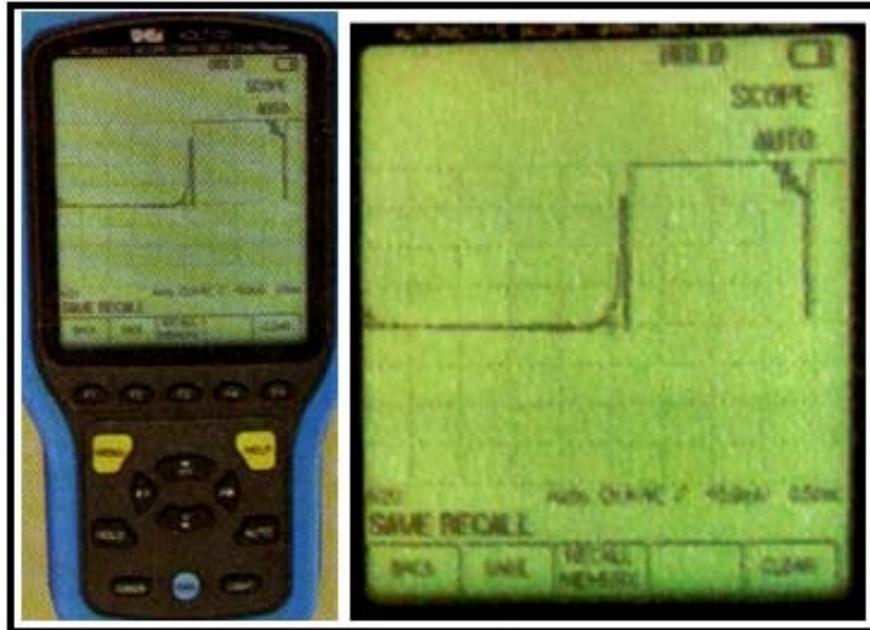


Fuente: Mecánica Automotriz Fácil, Inyección Electrónica en motores a gasolina, Volumen 1, (2006), p 5-35.

Señal de Retorno.

1. La forma de onda que aparece es totalmente irregular.
2. Los rangos de temperatura de operación son de entre 1.5 y 1.8 voltios para la temperatura más baja.
3. Y entre 3.8 y 4.8 voltios para temperaturas máximas.

Fig. 2-10. Señal de Retorno del Sensor CTS



Fuente: Mecánica Automotriz Fácil, Inyección Electrónica en motores a gasolina, Volumen 1, (2006), p 5-35.

2.2.1.4. Sensor de Temperatura de Aire IAT (Intake Air Temperature).

El sensor IAT o sensor de temperatura del múltiple de admisión es una resistencia térmica que mide la temperatura del aire que ingresa al motor.

Para controlar la marcha mínima y enriquecer la mezcla de combustible, la ECU emplea la señal que le envía el sensor IAT; la utiliza durante la operación de encendido en frío.

Cuando el motor alcanza su temperatura de operación, la ECU descarta esta señal y continua utilizando solamente las señales que recibe de los sensores ETC, TPS y MAP. Siempre que ocurre una falla en el circuito del sensor IAT, el sensor ETC lo sustituye momentáneamente y realiza entonces sus funciones.

Fig. 2-11 Estructura del Sensor IAT

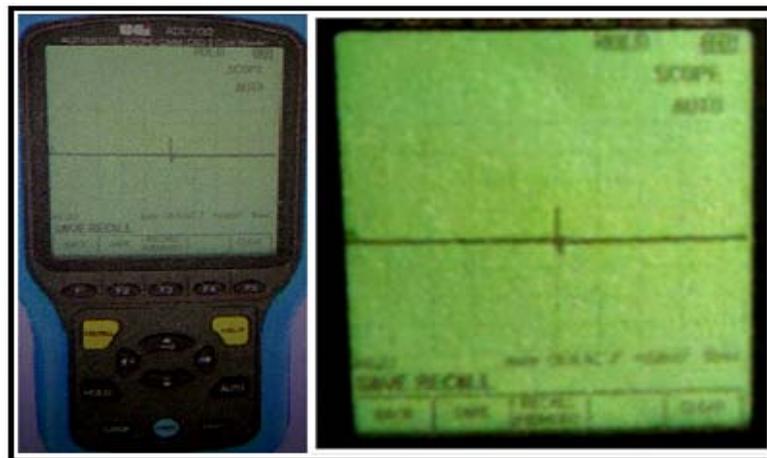


Fuente: Mecánica Automotriz Fácil, Inyección Electrónica en motores a gasolina, Volumen 1, (2006), p 3-40.

Señal de Referencia.

1. Su forma de onda debe ser lineal y continua, sin cortes o desperfectos.
2. Su valor debe ser de 5 voltios.

Fig. 2-12. Señal de Referencia del Sensor IAT

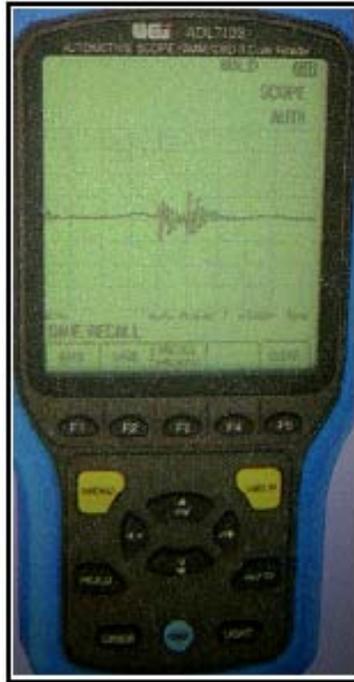


Fuente: Mecánica Automotriz Fácil, Inyección Electrónica en motores a gasolina, Volumen 1, (2006), p 5-34.

Señal de Retorno.

1. La forma de onda saldrá en forma irregular; deberá observar un rápido aumento en el valor de voltaje; esto significa que el sensor posee un buen nivel de respuesta.
2. El valor del voltaje facilitado por el sensor debe ubicarse entre 1.8 y 2 voltios para temperaturas bajas (arranque en frio), y entre 3.5 y 4.5 voltios en régimen normal de operación del motor.

Fig. 2-13. Señal de Retorno del Sensor IAT



Fuente: Mecánica Automotriz Fácil, Inyección Electrónica en motores a gasolina, Volumen 1, (2006), p 5-34.

2.2.1.5. Sensor de Oxígeno (O2 Sensor) o Sonda Lambda.

Se trata de un dispositivo de muy alta tecnología, capaz de generar voltajes según la cantidad de oxígeno presente en el área de medición. Cuando la temperatura es alta (873°C en adelante), empieza a generar un voltaje.

Cuando es alto el contenido de oxígeno en el tubo de escape (que es justamente donde se encuentra este sensor), la generación de voltaje es baja. Y cuando el contenido de oxígeno es bajo, la generación de voltaje es alto.

En condiciones normales de funcionamiento, este sensor genera un voltaje de 0.1 a 0.9 voltios; con esto, le muestra a la ECU la condición de emisiones generadas; y esta, a su vez, regula el suministro de combustible, con la finalidad de que la mezcla aire-gasolina tenga una proporción de 14.1 a 1 en cualquier condición de trabajo del vehículo.

Para que este sensor alcance más rápido su temperatura de operación, algunos vehículos emplean un calentador especial. Este calentador, construido en el propio cuerpo del sensor, tiene una resistencia que en solo 8 segundos puede alcanzar una temperatura de hasta 1273°C.

Fig. 2-14. Estructura del Sensor de Oxígeno

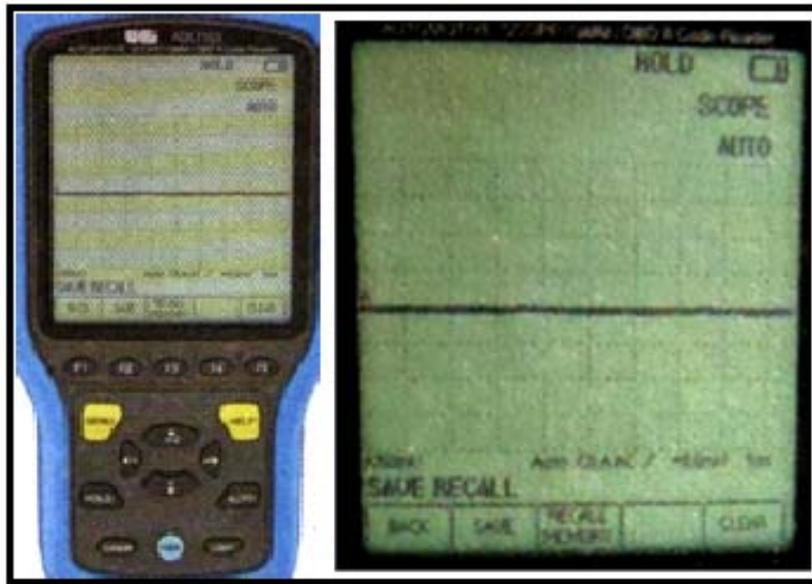


Fuente: Mecánica Automotriz Fácil, Inyección Electrónica en motores a gasolina, Volumen 1, (2006), p 3-40.

Señal de referencia.

1. La forma de onda debe ser lineal y continua, sin cortes o desperfectos.
2. Su valor, usualmente es 2.7 voltios (pero puede cambiar, según el fabricante del vehículo).

Fig. 2-15. Señal de Referencia del Sensor de Oxígeno

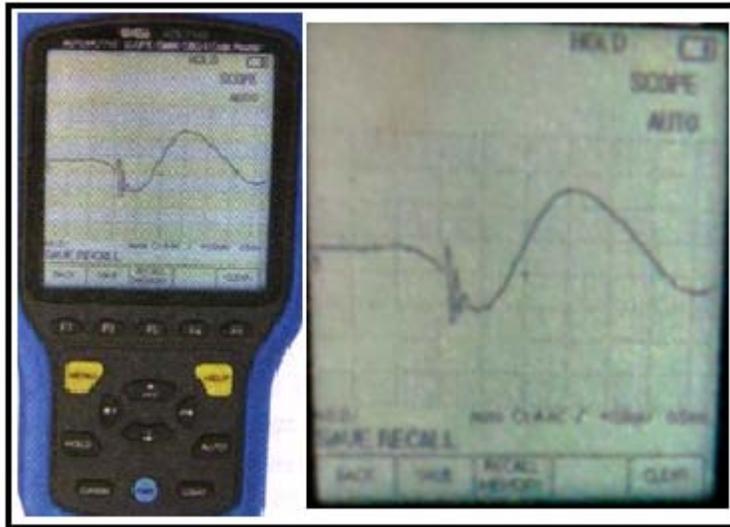


Fuente: Mecánica Automotriz Fácil, Inyección Electrónica en motores a gasolina, Volumen 1, (2006), p 5-41.

Señal de Retorno.

1. La forma de onda resultante deberá ser una curva de forma irregular. Si el oscilograma muestra una forma de onda recta, normalmente significa que la mezcla es pobre.
2. El rango de variación de la señal del sensor, generalmente va de 1.7 voltios (para una mezcla aire-combustible rica) a 3.5 voltios (para una mezcla pobre).

Fig.2-16. Señal de Retorno del Sensor de Oxígeno



Fuente: Mecánica Automotriz Fácil, Inyección Electrónica en motores a gasolina, Volumen 1, (2006), p 5-41.

2.2.1.6. Sensor de Velocidad VSS (Vehicle Speed Sensor).

El sensor de velocidad es alimentado con 12 voltios y es un sensor de efecto Hall. El sensor suministra a la ECU una señal de pulso, cuya frecuencia es proporcional a la velocidad del vehículo.

Esta señal utiliza la ECU para inspeccionar la válvula de control de aire de marcha mínima IAC, restringir la inyección de combustible cuando se frena el vehículo y desconectar el ventilador cuando el vehículo está en velocidad alta.

El módulo electrónico de control cuenta las señales (pulsos rectangulares) y calcula la velocidad del vehículo en Km/h.

Fig. 2-17. Estructura del Sensor VSS



Fuente: Autores

2.2.1.7. Sensor de Rotación REF – CKP.

El sensor de rotación REF tiene referencia alta y referencia baja directa con la ECU. El cable es blindado con la masa en la ECU para limitar las interferencias.

En el cigüeñal consta una rueda dentada con 58 dientes, con un espacio donde faltan 2 dientes.

Fig. 2-18. Estructura del Sensor de Rotación REF - CKP

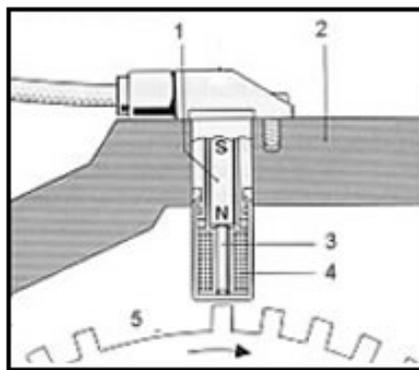


Fuente: Autores

El sensor muestra una posición de referencia muy precisa para el control del encendido de la ECU, y para el punto de liberación de combustible. El espacio indica el Punto Muerto Superior (PMS).

El sensor consta de un colector de resistencia variable que genera voltaje AC (corriente alterna). Este voltaje es relacionado con la rotación del motor en 200 milivoltios AC, cuando la rotación del motor esta debajo de 60 rpm, y 120 voltios AC, cuando la rotación del motor está por encima de 6000 rpm.

Fig. 2-19 Sensor de Rotación REF



1. Imán permanente.
2. Caja del motor.
3. Núcleo de hierro dulce.
4. Devanado.
5. Rueda fónica.

Fuente: MEGANEBOY Dani, Sensores en el Automóvil, Argentina, <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:zhIYIpbcdgJ:www.mecanicavirtual.org/sensores2.htm+sensor+de+rotacion&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=ec> Brasil, 2007.

Dependiendo de la distancia de la rueda reductora de 58 dientes aproximadamente a 1 mm a 22°C, similar al formato de una onda senoidal. En el vacío de los dientes faltantes hay dos puntos de pasaje alto y bajo.

La ECU transforma en ondas rectangulares, la señal de posición del cigüeñal. La onda rectangular es usada para el punto de encendido y el punto de apertura de los inyectores.

2.2.1.8. Sistema de Encendido DIS (Direct Ignition System).

El sistema de encendido directo (DIS), conocido también como Modulo Integrado Electrónico de Bobina (ICE), consiste en la combinación de la bobina y actuadores electrónicos, en un único modulo sellado.

Fig. 2-20. Estructura del Sistema de Encendido DIS



Fuente: Autores

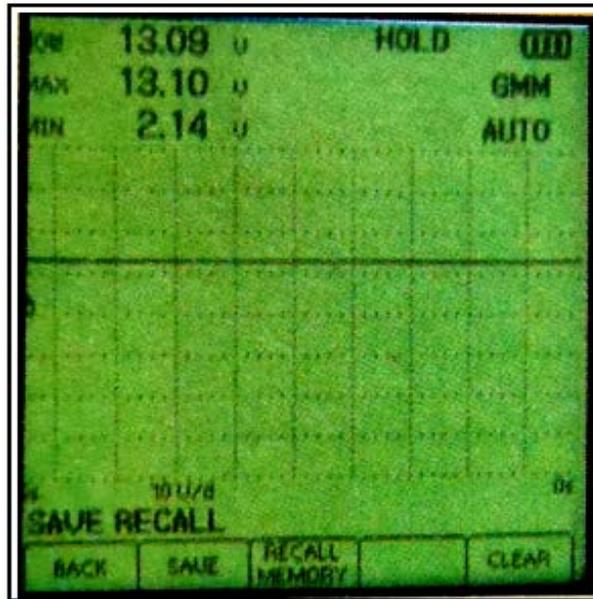
Las informaciones sobre el avance y el punto de encendido son directamente controladas por la ECU al actuador del sistema electrónico de la bobina. El actuador de la bobina y el sistema electrónico cargan la bobina y limitan su corriente, para controlar la disipación del campo magnético en la bobina de potencia primaria.

Las bobinas tienen conexión de alto voltaje en cada extremidad de sus devanados secundarios, de esta manera, cada bobina acciona dos bujías de encendido. El modulo DIS es capaz de recibir dos señales en secuencia de punto electrónico del encendido (EST). La señal EST A contiene las informaciones del encendido (punto y punto de avance) referentes a una bobina, y la señal EST B contiene las informaciones del encendido para la otra bobina.

Señal de Referencia.

1. La señal debe mostrar un impulso de tensión de corriente continua con un valor de voltaje entre 12.3 a 12.7 voltios de corriente directa.

Fig. 2-21 Señal de Referencia del Sistema de Encendido DIS

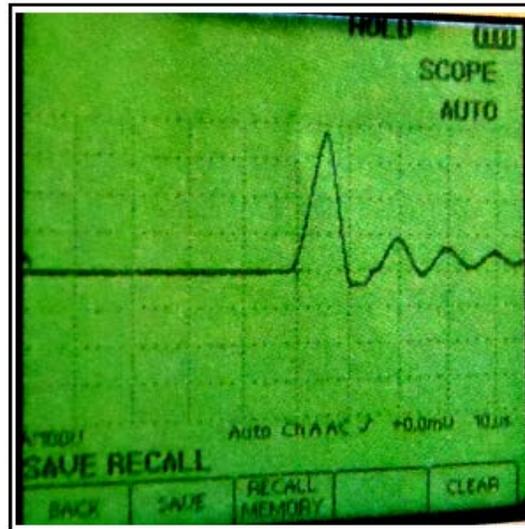


Fuente: Mecánica Automotriz Fácil, Inyección Electrónica en motores a gasolina, Volumen 1, (2006), p 5-43.

Señal de Retorno.

1. La señal de la frecuencia se eleva proporcionalmente con las rpm del motor.

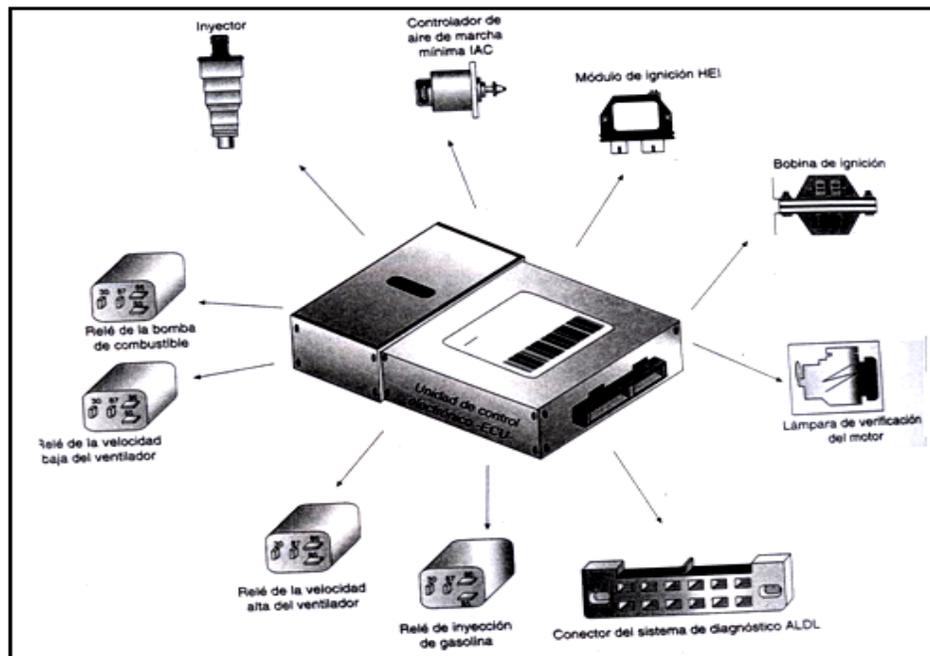
Fig. 2-22 Señal de Retorno del Sistema de Encendido DIS



Fuente: Mecánica Automotriz Fácil, Inyección Electrónica en motores a gasolina, Volumen 1, (2006), p 5-43.

2.2.2. Señales de Salida de la ECU Hacia los Actuadores.

Fig. 2-23 Señales de Salida de la ECU

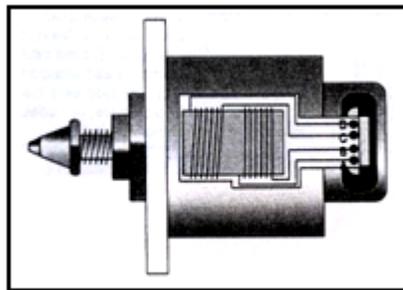


Fuente: SANTANDER, Rueda, Jesus, Manual Técnico de Fuel Inyección, Tomo 3, (2005), p 220.

2.2.2.1. Motor de Pasos IAC (Idle Air Control).

La válvula controladora de aire de marcha mínima controla la rotación del motor en marcha mínima. El motor de pasos IAC altera la rotación de la marcha mínima y no permite que el motor se apague, ajustando la derivación de aire, de manera que compense las variaciones de carga del motor. La válvula IAC consiste en un motor con dos bobinas de 12 voltios (bipolar).

Fig.2-24 Estructura de la IAC



Fuente: SANTANDER, Rueda, Jesus, Manual Técnico de Fuel Injection, Tomo 3, (2005), p 232.

La ECU controla, por intermedio de la válvula IAC, la rotación de marcha mínima. Los parámetros utilizados por la ECU para el cálculo de la rotación de marcha mínima son:

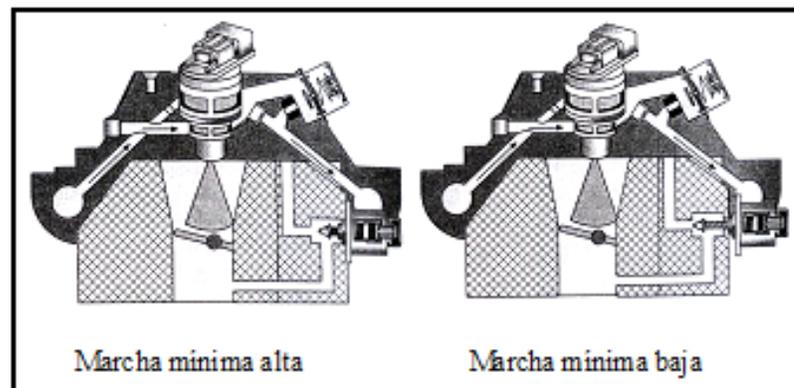
- Presión absoluta en el colector de admisión.
- Temperatura de líquido refrigerante.
- Voltaje de la batería.
- Activación del aire acondicionado (A/C).

Es así que, cuando el motor está frío el voltaje de la batería está por debajo de lo normal, la ECU eleva la rotación de marcha mínima para que la temperatura y el voltaje alcancen sus valores correspondientes.

Cuando el motor se apaga, la ECU ajusta la válvula IAC en una posición de referencia preestablecida. Y en el próximo encendido del motor de la ECU analiza las condiciones de presión del colector de admisión, la temperatura del líquido refrigerante y posiciona la válvula IAC para que el encendido sea ideal.

La escala de movimientos de la válvula IAC va de 0 a 255 pasos; cuando el embolo cónico está totalmente extendido, la graduación es cero (0) pasos, y cuando está totalmente retraído, la graduación es 255 pasos. La ECU monitorea el control de la posición (numero de pasos) del embolo cónico de la válvula IAC, almacenando la información en la memoria.

Fig.2-25 Posicionamiento de la válvula IAC



Fuente: SANTANDER, Rueda, Jesus, Manual Técnico de Fuel Inyection, Tomo 3, (2005), p 232.

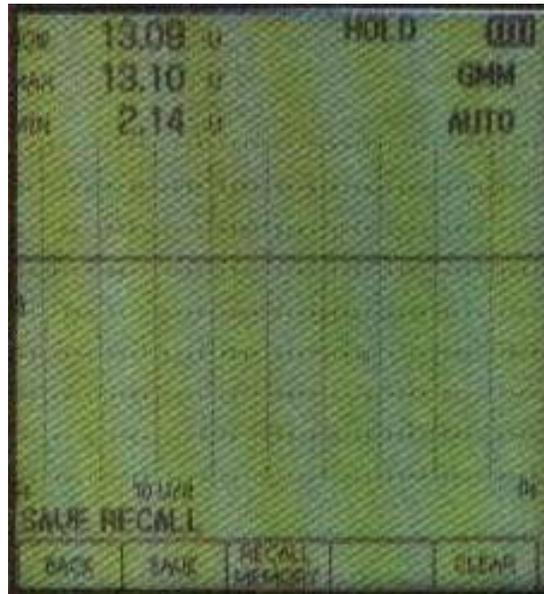
Si la válvula IAC es desconectada durante el funcionamiento del motor o retirada de la carcasa para limpieza, la ECU pierde la referencia de la posición y puede ocasionar alteraciones de la rotación de marcha mínima.

Señal de Referencia.

1. El voltaje de referencia deberá ser de 5 ó 12 voltios de corriente directa, dependiendo del fabricante.

2. Verifique que el motor esté a temperatura normal de funcionamiento y en régimen de ralentí.

Fig.2-26. Señal de Referencia de la Válvula IAC

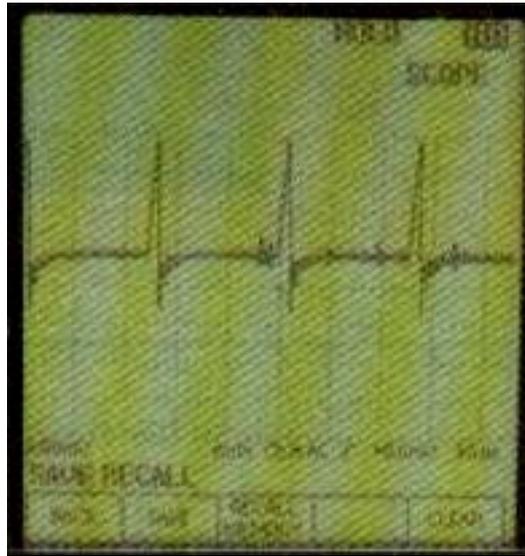


Fuente: Mecánica Automotriz Fácil, Inyección Electrónica en motores a gasolina, Volumen 1, (2006), p 5-43.

Señal de Retorno.

1. El número de revoluciones al ralentí deberá descender momentáneamente para estabilizarse, debido a la actividad de la válvula de control del aire de ralentí.
2. La señal será variable, dependiendo del estado de carga del motor.

Fig.2-27 Señal de Retorno de la Válvula IAC



Fuente: Mecánica Automotriz Fácil, Inyección Electrónica en motores a gasolina, Volumen 1, (2006), p 5-46.

2.2.2.2. Inyectores.

Los inyectores son válvulas electromagnéticas encargadas de abastecer de combustible al motor. El o los orificios por donde se inyecta la gasolina están fabricados con tolerancias muy pequeñas y con un espesor aproximado al abrir de una micra, y solo se mantienen abiertos por muy pocos milisegundos (de 2 a 15 milisegundos dependiendo de la condición de trabajo) para que pase la gasolina. La entrada de gasolina al inyector se protege con una malla filtrante fina de 20 micras. Cuando un impulso electrónico abre la válvula, permite pasar con gran presión a través de los pequeños orificios dosificadores una cantidad exacta de combustible, el cual sale totalmente atomizado.

El sistema de inyección en conjunto depende del buen funcionamiento y precisión de los inyectores de combustible y las pruebas que se realizan son para revisar el embobinado del solenoide del propio inyector.

Cuando un inyector recibe corriente eléctrica, hace que una armadura integral y una pequeña, ubicadas a cierta distancia entre sí, se muevan un poco y empujen a un resorte para abrir un pequeño orificio.

Un voltaje se aplica constantemente al inyector, la ECU envía una señal de tierra para energizarlo. El tiempo durante el cual la ECU envía dicha señal se mide en milisegundos (ms) y se llama pulse width (ancho de pulso). La cantidad de milisegundos incide en el envío de más o menos combustible.

Fig.2-28 Estructura del Inyector



Fuente: Mecánica Automotriz Fácil, Inyección Electrónica en motores a gasolina, Volumen 1, (2006), p 3-29.

2.2.2.3. Bomba de Combustible.

Está se ubica dentro del depósito de combustible, es de tipo eléctrica y envía un flujo de combustible, a través del filtro, para el distribuidor de combustible. Funcionando por 3 segundos al colocar en contacto se desactiva si no recibe señal del REF.

La bomba abastece de combustible en una presión mayor que la necesaria por los inyectores.

El regulador de presión, colocado en el distribuidor de combustible controla la presión de alimentación de los inyectores. El combustible no utilizado retorna al depósito.

Fig. 2-29 Bomba Eléctrica de Gasolina.



Fuente: Revista Automotriz. net, Las Bombas Eléctricas de Gasolina, http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:JJd_pebl3pwJ:www.automotriz.net/tecnica/bombas-gasolina-electricas.html+bomba+electronica+de+gasolina&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec, Venezuela, 2000.

2.2.2.4. Válvula Reguladora de Presión.

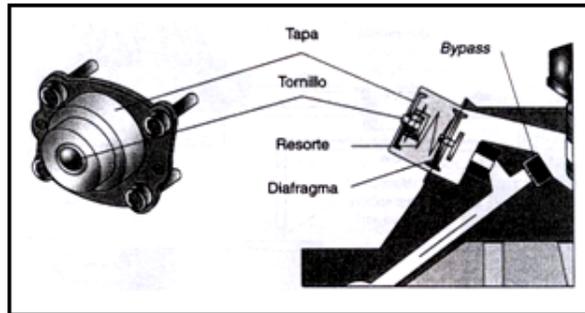
La válvula reguladora de presión tiene como función controlar la presión del combustible que alimenta al inyector, manteniéndola casi constante en las diferentes condiciones de operación.

Con el funcionamiento de la bomba de combustible, la presión de la línea de combustible aumenta, está vence la fuerza del resorte y provoca la apertura del regulador de presión. Cuando el regulador de presión está abierto, el exceso de presión fluye la línea de retorno y la presión disminuye. Durante el funcionamiento normal del motor, el regulador de presión abre y cierra, repitiéndose este ciclo indefinidamente.

Cuando el motor se apaga, la presión de la línea de combustible disminuye rápidamente, debido al orificio de desvío (Bypass), este es el que une las tuberías de entrada y salida del regulador de presión.

En los vehículos multipunto el regulador de presión presenta una toma de vacío unida al colector de admisión. Este sistema de compensación de vacío permite un aumento de presión en la línea de combustible cuando el motor está en condiciones de plena carga y disminuye cuando está en condiciones parciales y marcha mínima.

Fig. 2-30. Estructura de la Válvula Reguladora de Presión



Fuente: SANTANDER, Rueda, Jesus, Manual Técnico de Fuel Inyection, Tomo 3, (2005), p 244.

2.2.2.5. Relé de la bomba de combustible.

La bomba eléctrica de combustible es controlada por la computadora. Sin embargo, la bomba no es controlada directamente, puesto que consume una corriente muy alta; en lugar de esto la ECU controla al relé asociado a la bomba de combustible, el cual regula el voltaje del sistema. Una vez energizado por la computadora, el relevador alimenta y hace funcionar a la bomba de combustible.

Fig. 2-31. Estructura del Relé de la Bomba de Combustible



Fuente: Mecánica Automotriz Fácil, Inyección Electrónica en motores a gasolina, Volumen 1, (2006), p 3-28.

2.2.2.6. Lámpara de Verificación del Motor.

La Lámpara de Verificación del Motor se encuentra en el panel de instrumentos del vehículo. Su función es la de informar al conductor la existencia de una falla en el sistema de inyección electrónica de combustible. La lámpara es controlada por la ECU.

Cuando se abre con la llave el encendido sin prender el motor, la ECU enciende la lámpara de verificación y al arrancar el motor ésta se debe apagar. Si con el motor en funcionamiento la lámpara de verificación permanece prendida, esta señal o sistema de autodiagnóstico de la ECU informa que detectó una falla de alguno de los sistemas monitoreados.

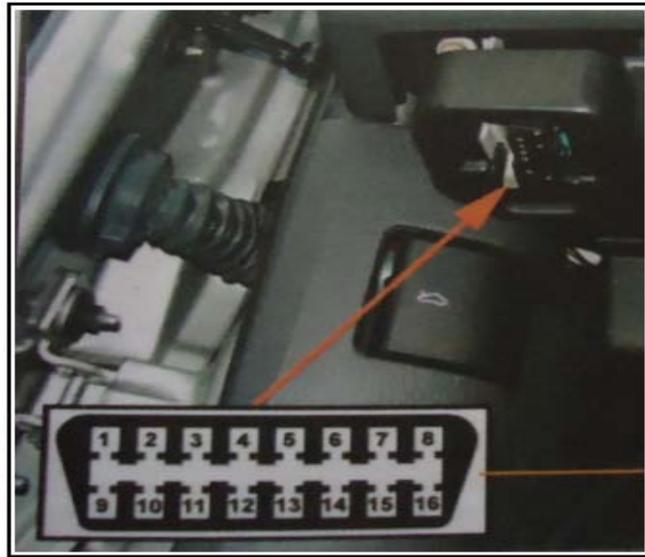
Cuando la falla es solucionada, la lámpara de verificación debe ser apagada automáticamente por la ECU en cerca de 10 segundos.

2.2.2.7. Conector de Diagnóstico.

El conector de diagnóstico es una interface entre el explorador (scanner) y la ECU. Por intermedio del conector pueden ser accesados los códigos de falla almacenados en la memoria RAM de la ECU, pudiéndose ajustar el punto de ignición y el índice de emisiones de monóxido de carbono (CO%).

El conector de diagnóstico en los vehículos Corsa EFI son 10 terminales, cada terminal posee una letra de identificación que cambia en función de la posición.

Fig. 2-32. Conector de Enlace de Datos.

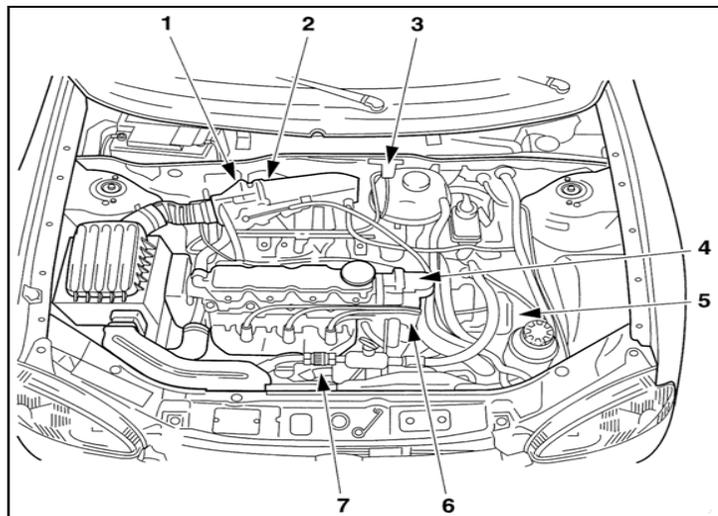


Fuente: Mecánica Automotriz Fácil, Inyección Electrónica en motores a gasolina, Volumen 1, (2006), p 3-5.

2.3. Arquitectura Digital del Sistema MULTEC 700

2.3.1. Componentes del Corsa Wind

Fig.2-33. Estructura Interna del Corsa Wind

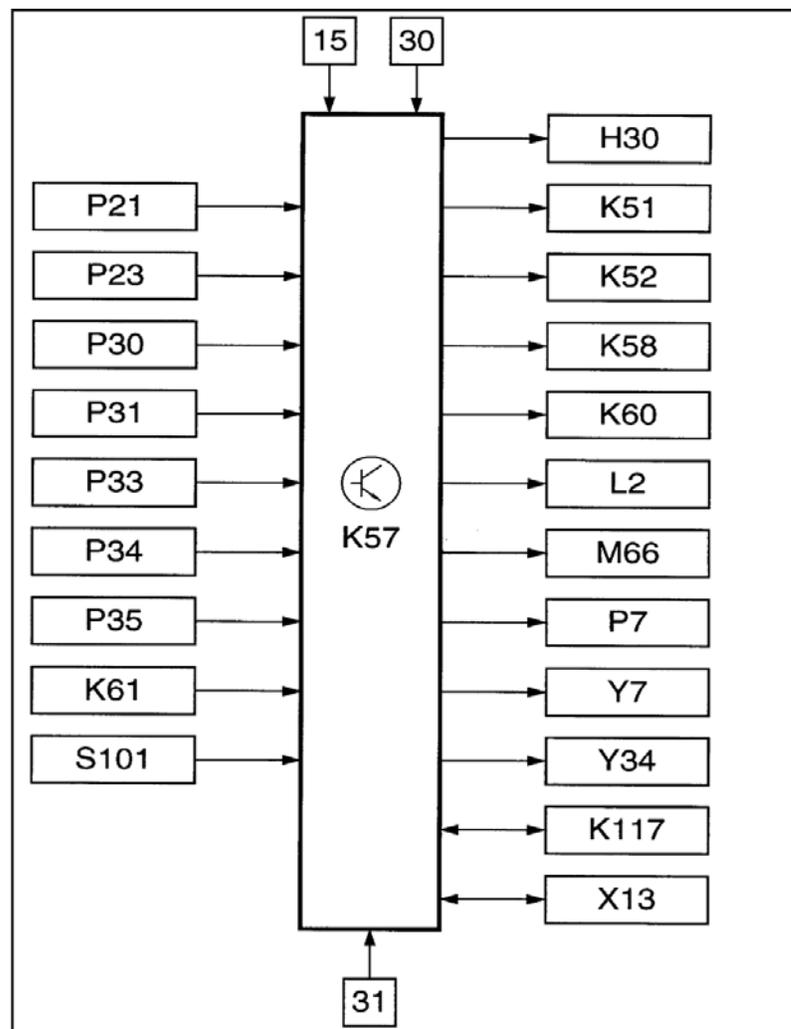


Fuente: Tecnical Service Information, TIS 2000, Software Original de General Motors, (2004).

Nº	LEYENDA	Nº	LEYENDA
1	M66 Servomotor del ralentí	5	K61 Módulo de detonación independiente
2	P34 Potenciómetro de la mariposa	6	P30 Sensor de temperatura del refrigerante
3	P23 Sensor de presión absoluta del colector de admisión	7	P33 Sonda Lambda
4	L2 Bobina de encendido		

2.3.2. Mapa de Pinaje de ECU

Fig.2- 34. Pinaje de la ECU

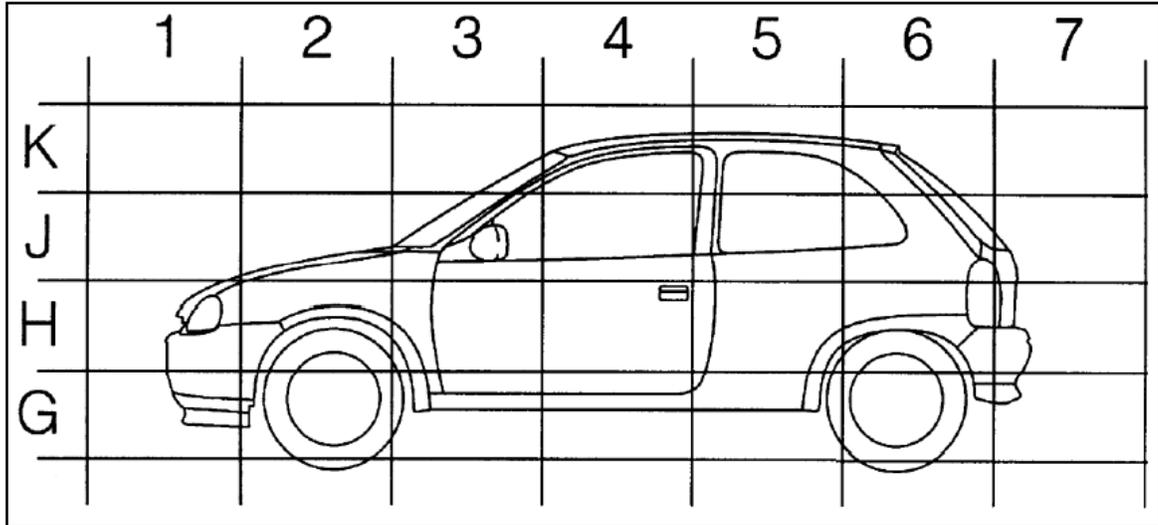


Fuente: Tecnical Service Information, TIS 2000, Software Original de General Motors, (2004).

LEYENDA	LEYENDA
15 Encendido DADO (terminal 15)	P7 Cuentalrevoluciones
30 Tensión de sistema (terminal 30)	P21 Sensor de recorrido
31 Masa (terminal 31)	P23 Sensor de presión absoluta del colector de admisión
H30 Testigo luminoso del motor	P30 Sensor de temperatura del refrigerante
K51 Relé del ventilador del radiador	P31 Sensor de temperatura de aire de admisión
K52 Relé del ventilador del radiador	P33 Sonda Lambda
K57 Modulo Multec	P34 Potenciómetro de la mariposa
K58 Relé de la bomba de combustible	P35 Generador de impulsos del cigüeñal
K60 Relé del compresor del aire acondicionado	S101 Interruptor del aire acondicionado
K61 Modulo de detonación independiente	X13 Enlace de diagnosis
K117 Modulo del inmovilizador	Y7 Inyectores de combustible
L2 Bobina de encendido	Y34 Válvula de purgar del depósito de combustible
M66 Servomotor del ralentí	

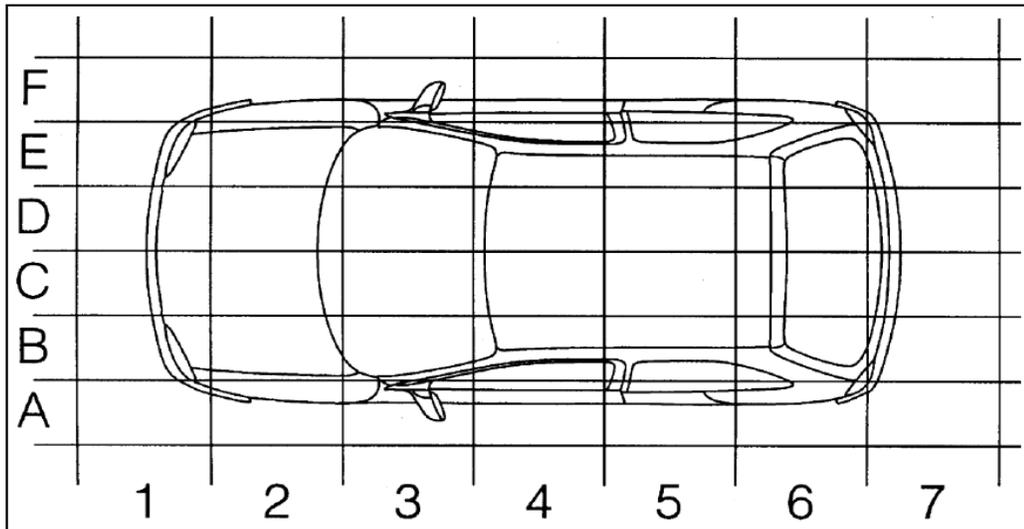
2.3.3. Mapa y Ubicación de Elementos Eléctricos y Electrónicos del Chevrolet Corsa Wind.

Fig. 2-35 Ubicación de Elementos del Corsa Wind (Vista Lateral)



Fuente: Tecnichal Service Information, TIS 2000, Software Original de General Motors, (2004).

Fig. 2-36. Ubicación de Elementos del Corsa Wind (Vista Superior)



Fuente: Tecnichal Service Information, TIS 2000, Software Original de General Motors, (2004).

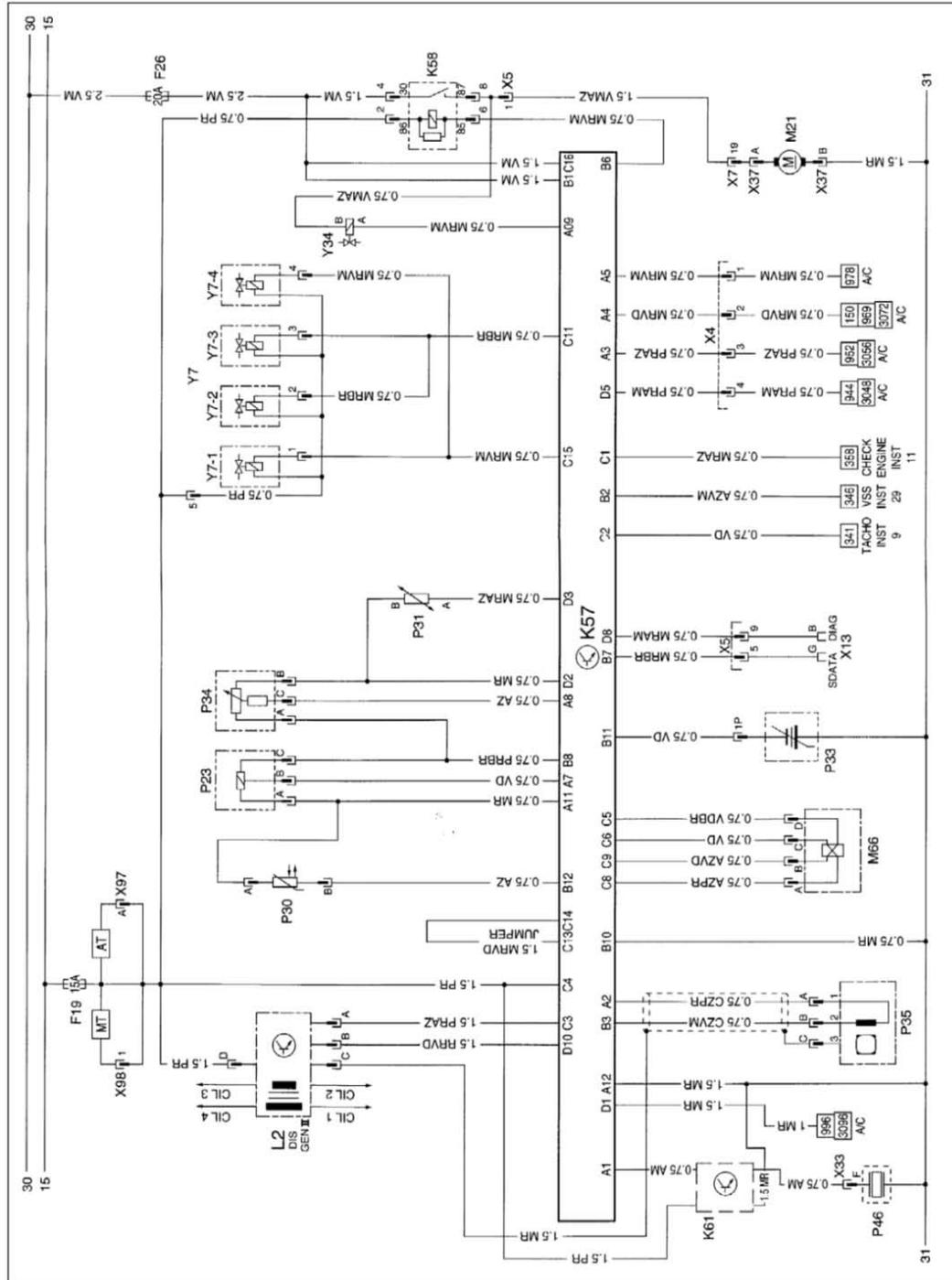
COMPONENTE	LHD	UBICACIÓN
F1 – F28 Fusible	B3H	Caja de fusibles, habitáculo
G1 Batería	E2J	Compartidor motor
G2 Alternador	D2H	En motor
H1 Radio	CD3H	En soporte central, cuadro de instrumentos
H2 Bocina	B1H	En travesaño
H4 Testigo luminoso de presión de aceite	B3J	En el instrumento
H7 Testigo luminoso de carga de la batería	B3J	En el instrumento
H30 Testigo luminoso del motor	B3J	En el instrumento
Instrumento	B3J	Cuadro de instrumentos
K4 Relé de soplador del radiador	B3H	Caja de fusibles, habitáculo
K26 Relé del ventilador del radiador	E3JH	Detrás de moldura; espacio para las piernas, lateral
K31 Módulo del sistema airbag	D3H	Consola central
K50 Módulo del sistema ABS	E3H	Sobre hueco para los pies, lado de acompañante
K51 Relé del ventilador del radiador	E3JH	Entre el panel del salpicadero y la guantera
K52 Relé del ventilador del radiador	E3JH	Entre el panel del salpicadero y la guantera
K57 Módulo Multec	F3H	Detrás de moldura; espacio para las piernas, lateral
K58 Relé de la bomba de combustible	F3H	Detrás de moldura; espacio para las piernas, lateral
K60 Relé del compresor del aire acondicionado	B3H	Caja de fusibles, habitáculo
K61 Modelo de detonación	B2H	Compartimiento motor, paso de

independiente		rueda izquierdo
K70 Relé del ventilador del radiador	E3JH	Entre el panel del salpicadero y la guantera
K94 Módulo del sistema de alarma antirrobo	B3H	Detrás de la caja de fusibles
K117 Módulo del inmovilizador	B3H	Bajo cubierta de columna de dirección
L2 Bobina de encendido	C2H	En motor
M1 Motor de arranque	CD2H	En motor
M4 Motor del ventilador del radiador	C1H	Radiador, izquierda
M11 Motor del ventilador del radiador	D1H	Radiador, derecha
M21 Bomba de combustible	D5G	En depósito de combustible
M66 Servomotor del ralentí	DE2JH	En sistema de toma de aire
P7 Cuentarrevoluciones	B3H	En el instrumento
P21 Sensor de recorrido	B3J	En el instrumento
P23 Sensor de presión absoluta del colector de admisión	C2J	En sistema de toma de aire
P30 Sensor de temperatura del refrigerante	C2H	En motor
P31 Sensor de temperatura de aire de admisión	D2H	En sistema de toma de aire
P33 Sonda Lambda	D1H	En sistema de escape
P34 Potenciómetro de la mariposa	D2H	En sistema de toma de aire
P35 Generador de impulsos del cigüeñal	E2G	En motor
P46 Sensor de control de picado	D2H	En motor
S1 Interruptor del motor de arranque	C3J	Cubierta de columna de dirección
S20 Conjunto de interruptores de presión	C1G	Detrás del panel delantero
S52 Interruptor de los intermitentes	CD3J	Consola central

simultáneos		
S101 Interruptor del aire acondicionado	C3J	Consola central
U15 Pantalla – TID	CD3J	En soporte central, cuadro de instrumentos
X13 Enlace de diagnosis	B3H	Caja de fusibles, habitáculo
Y7-1/Y7-2/Y7-3/Y7-4 Inyector – combustible	D2H	En sistema de toma de aire

2.3.4. Esquema Eléctrico Interno de la ECU

Fig. 2-37. Diagrama Interno de la ECU

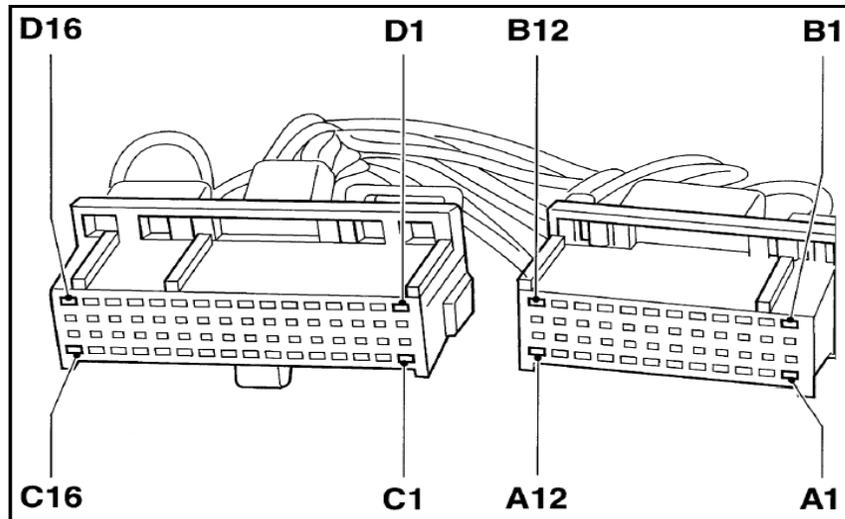


Fuente: Tecnical Service Information, TIS 2000, Software Original de General Motors, (2004).

LEYENDA	LEYENDA
15 Encendido DADO (terminal 15)	P23 Sensor de presión absoluta del colector de admisión
30 Tensión de sistema (terminal 30)	P30 Sensor de temperatura del refrigerante
31 Masa (terminal 31)	P31 Sensor de temperatura de aire de admisión
F19 Fusible	P33 Sonda Lambda
K57 Módulo Multec	P34 Potenciómetro de la mariposa
K61 Módulo de detonación independiente	P35 Generador de impulsos del cigüeñal
L2 Bobina de encendido	P46 Sensor de control de picado
M66 Servomotor del ralentí	X13 Enlace de diagnosis
M21 Bomba de combustible	Y7-1 Inyector 1
F26 Fusible	Y7-2 Inyector 2
K58 Relé de la bomba de combustible	Y7-3 Inyector 3
	Y7-4 Inyector 4
ABREVIATURAS:	
SDATA = Línea datos serie	DIAG = Conector de diagnosis
INST = Instrumento	VSS = Señal de distancia
TACHO = Tacómetro	A/C = Sistema de aire acondicionado

2.3.5. Terminales de los Conectores de la ECU

Fig. 2-38 Diagrama de los Conectores de la ECU



Fuente: Tecnichal Service Information, TIS 2000, Software Original de General Motors, (2004).

	Leyenda		Leyenda
A1	K61 Módulo de detonación independiente (cable de señal)	A7	P23 Sensor de presión absoluta del colector de admisión (cable de señal)
A2	P35 Generador de impulsos del cigüeñal (cable de señal)	A8	P34 Potenciómetro de la mariposa (cable de señal)
A3	K60 Relé del compresor del aire acondicionado (hilo a tierra con interruptor)	A11	P23 Sensor de presión absoluta del colector de admisión P30 Sensor de temperatura del refrigerante
A4	K51 Rele del ventilador del radiador o K4 Relé de soplador del radiador	A12	Masa (Terminal 31)

	(hilo a tierra con interruptor)		
A5	K52 Relé del ventilador del radiador (hilo a tierra con interruptor)		
B1	Tensión del sistema (Terminal 30)	B8	P23 Sensor de presión absoluta del colector de admisión P34 Potenciómetro de la mariposa
B2	K117 Módulo del inmovilizador o Instrumento P21 Sensor de recorrido (cable de señal)	B10	Masa (Terminal 31)
B3	P35 Generador de impulsos del cigüeñal (cable de señal)	B11	P33 Sonda Lambda (cable de señal)
B6	K58 Relé de la bomba de combustible (hilo a tierra con interruptor)	B12	P30 Sensor de temperatura del refrigerante (cable de señal)
B7	X13 Enlace de diagnosis Conductor de diagnosis		
C1	H30 Testigo luminoso del motor (hilo a tierra con interruptor) K117 Módulo del inmovilizador (cable de señal)	C9	M66 Servomotor del ralentí (cable de señal)
C2	Instrumento P7 Cuentarrevoluciones (cable de señal)	C11	Y7-2/Y7-3 Inyector – combustible (hilo a tierra con interruptor)

C3	L2 Bobina de encendido (cable de señal)	C13	Cable de acoplamiento de conector de mazo de cables K57, terminal C14
C4	Encendido CONECTADO (Terminal 15)	C14	Cable de acoplamiento de conector de mazo de cables K57, terminal C13
C5	M66 Servomotor del ralentí (cable de señal)	C15	Y7-1/Y7-4 Inyector – combustible (hilo a tierra con interruptor)
C6	M66 Servomotor del ralentí (cable de señal)	C16	Tensión de sistema (Terminal 30)
C8	M66 Servomotor del ralentí (cable de señal)		
D1	Masa (Terminal 31)	D5	S101 Interruptor del aire acondicionado
D2	P31 Sensor de temperatura de aire de admisión P34 Potenciómetro de la mariposa	D8	X13 Enlace de diagnosis Cable de código de parpadeo
D3	P31 Sensor de temperatura de aire de admisión	D10	L2 Bobina de encendido (cable de señal)

Nota: Los terminales asignados, solamente terminales utilizados.

CAPITULO III

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE DIAGNÓSTICO.

3.1. Introducción.

Este capítulo trata concretamente sobre el diseño y construcción de las tarjetas electrónicas tanto de los sensores y actuadores, así como la utilización de un software para la simulación de los sensores y actuadores.

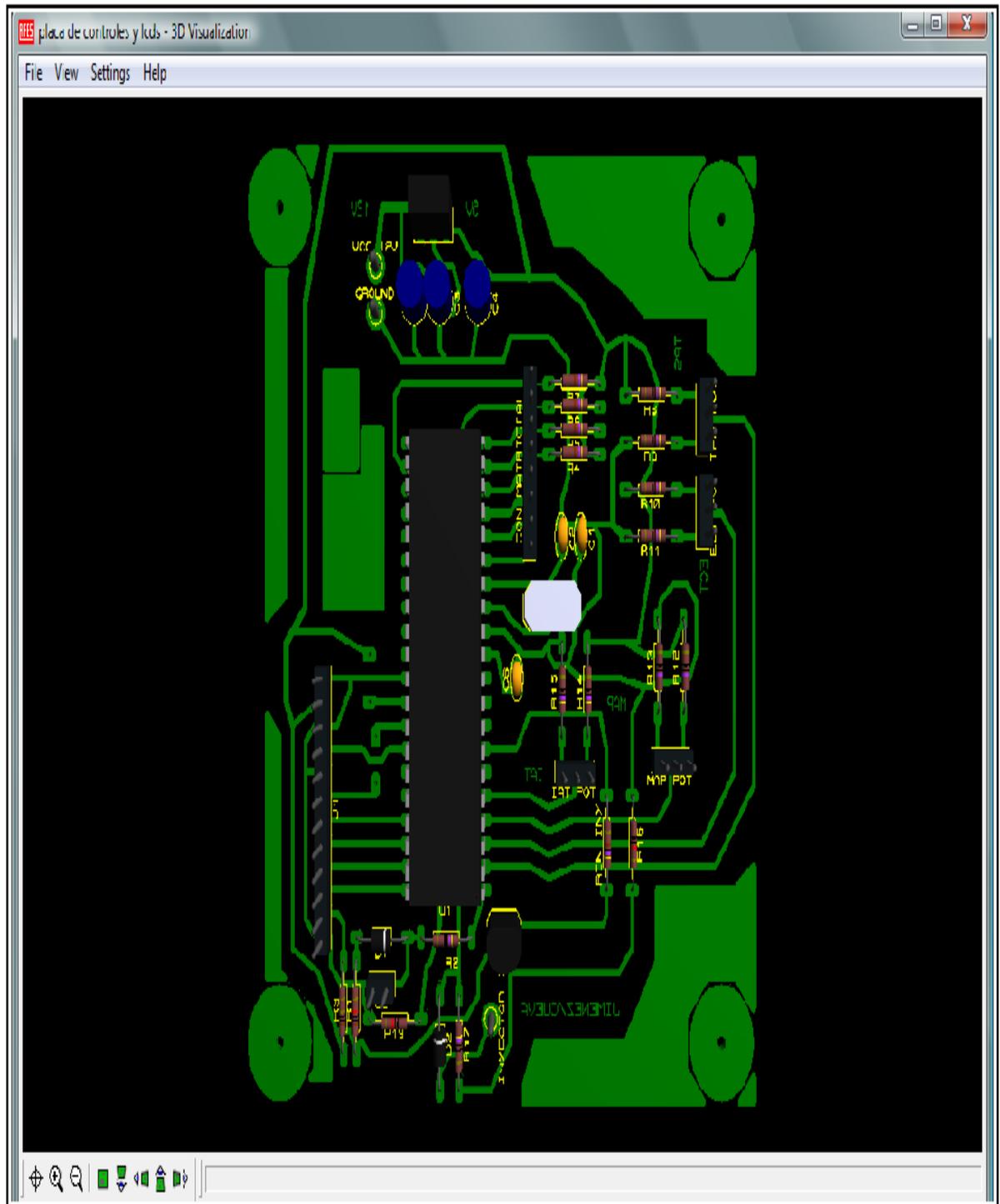
Además consta del diseño y la construcción del banco de diagnóstico de la unidad electrónica de control del vehículo Chevrolet Opel Corsa Wind.

3.2. Diseño y Construcción del hardware analógico.

3.2.1. Diseño de Placa de Sensores.

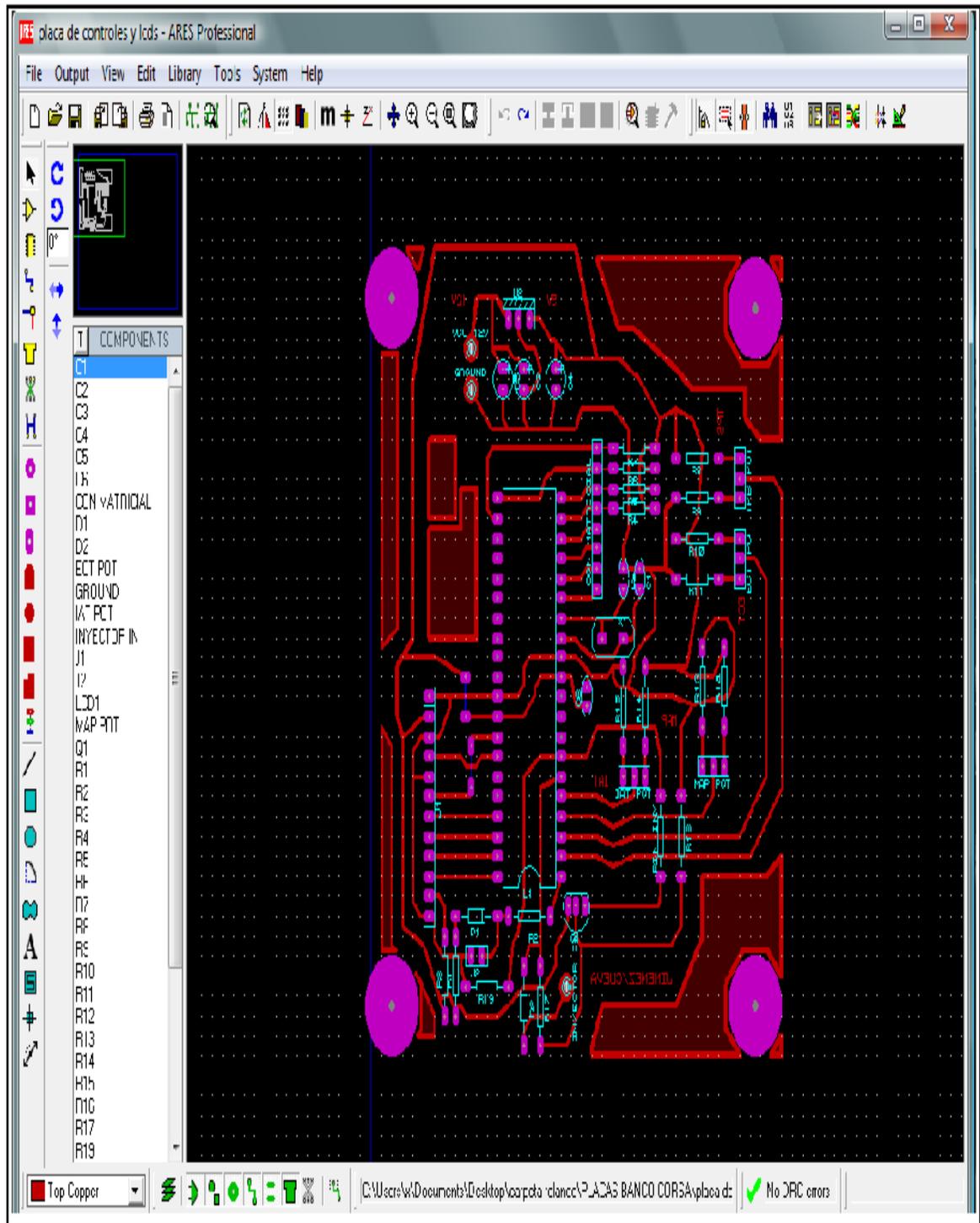
Utilizando el programa Proteus se procedió al ruteo de los esquemas de la placa de los sensores tomando en cuenta el posicionamiento correcto de todos los componentes electrónicos siendo el Pic 16F877A el controlador principal de esta placa, esto conlleva a prestar mucha atención en el posicionamiento el circuito de funcionamiento de dicho Microcontrolador tomando en cuenta las salidas de este brindaran un correcto funcionamiento a los sensores del banco didáctico.

Fig. 3-1. Diseño de Placa Electrónica de los Sensores (Vista Frontal)



Fuente: Autores.

Fig. 3-2. Diseño de Placa Electrónica de los Sensores (Vista Posterior)

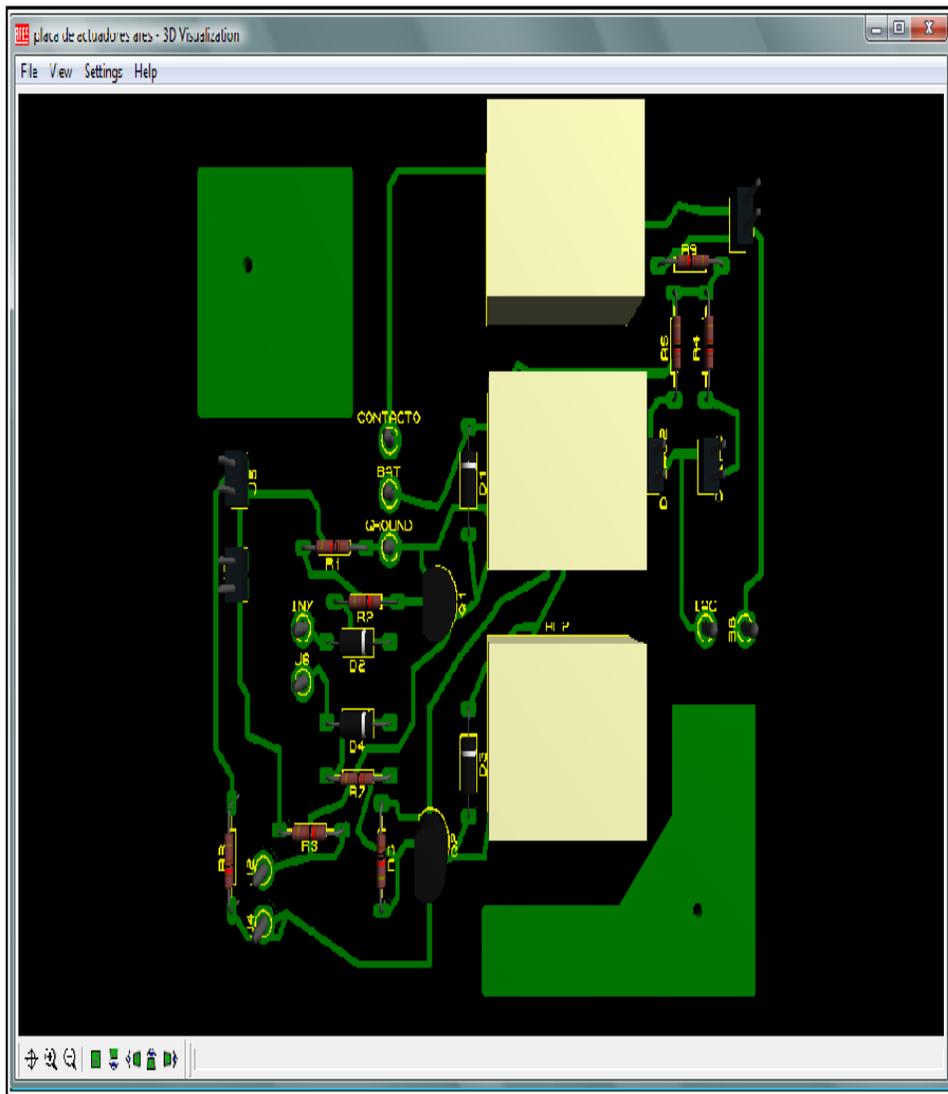


Fuente: Autores.

3.2.2. Diseño de Placa de los Actuadores.

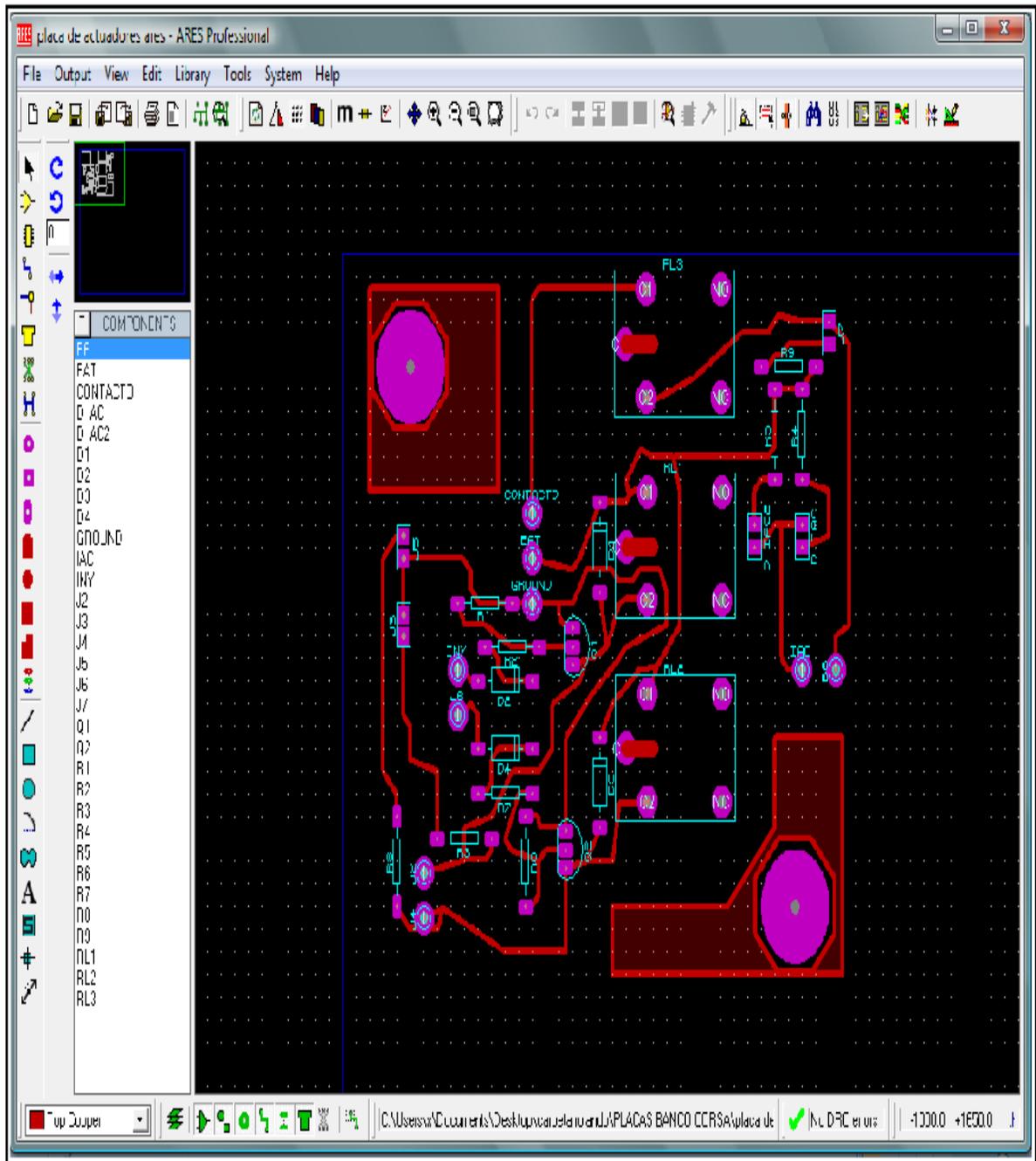
Utilizando el programa Proteus se procedió al ruteo de el esquema de la placa de los actuadores tomando en cuenta el posicionamiento correcto de todos los componentes electrónicos siendo los reles los elementos principales de esta placa, esto con lleva a prestar mucha atención en el posicionamiento de el circuito de funcionamiento de dichos reles tomando en cuenta que las salidas de estos brindaran un control de swich a los diferentes actuadores del banco didáctico.

Fig. 3-3. Diseño de Placa Electrónica de los Actuadores (Vista Frontal)



Fuente: Autores.

Fig. 3-4. Diseño de Placa Electrónica de los Actuadores (Vista Posterior)



Fuente: Autores.

3.3. Señales a Probar.

3.3.1. Señal de Temperatura del Motor ECT

Es un termistor NTC. Es una resistencia variable cuya resistividad disminuye al incrementarse la temperatura del motor.

El sensor CTS (Sensor de Temperatura del Líquido de Enfriamiento) recibe una referencia de 5 Voltios desde la ECU. Este valor pasa a través de una resistencia interna antes de salir de la ECU hacia el sensor.

Cuando el motor está frío el voltaje en el cable entre el sensor y la ECU es alto alrededor de 3 V a 20 ° C. La resistencia del sensor CTS disminuye y con esto el voltaje en el cable de referencia hacia el sensor CTS también disminuye. Cuando el motor está totalmente caliente, el voltaje en el cable de referencia es de aprox. 0,5 V. La ECU mide este voltaje para determinar la temperatura del motor.

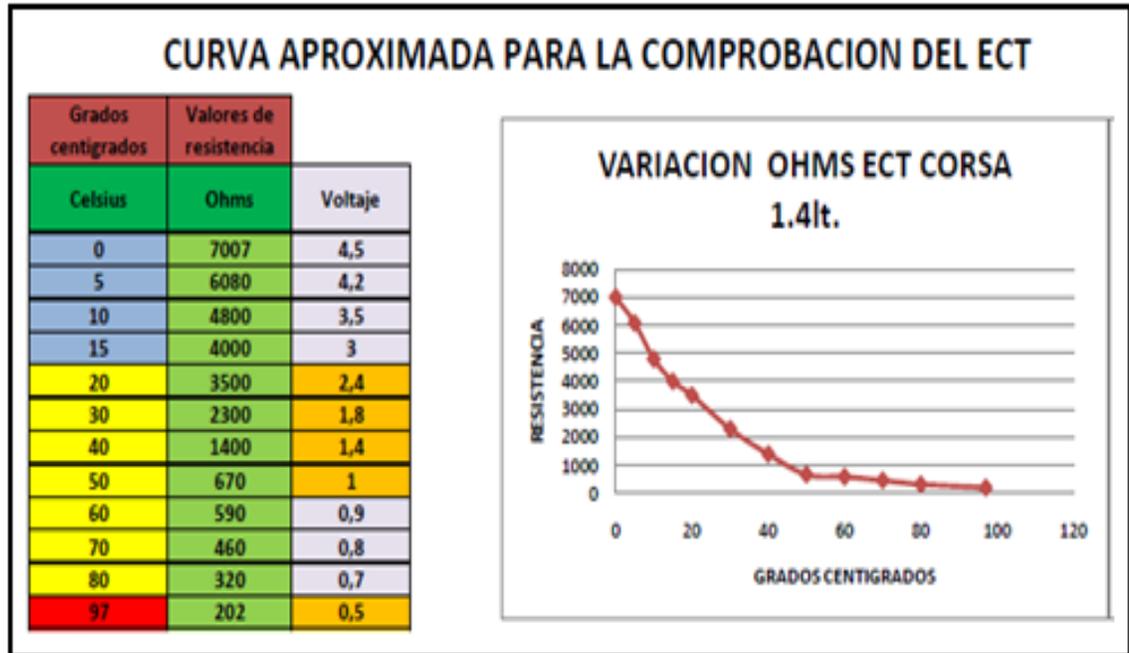
B12 Línea de Señal del Sensor de Temperatura de Líquido de Enfriamiento CTS

A 11 Línea de Masa del Sensor de Temperatura de Líquido de Enfriamiento CTS

P30 Sensor de Temperatura del Líquido de Enfriamiento CTS

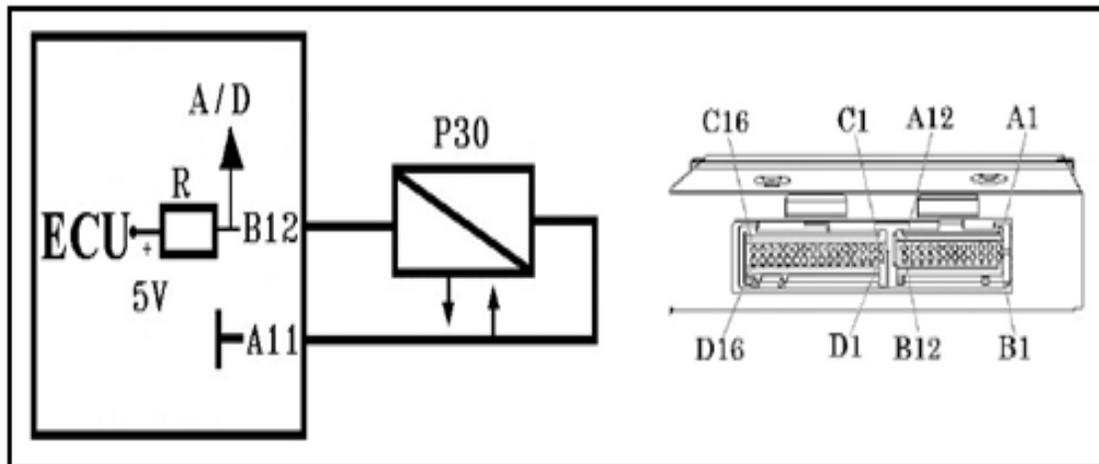
Nota: Vease en la figura 3-6.

Fig. 3-5. Curva y Valores Específicos del ECT



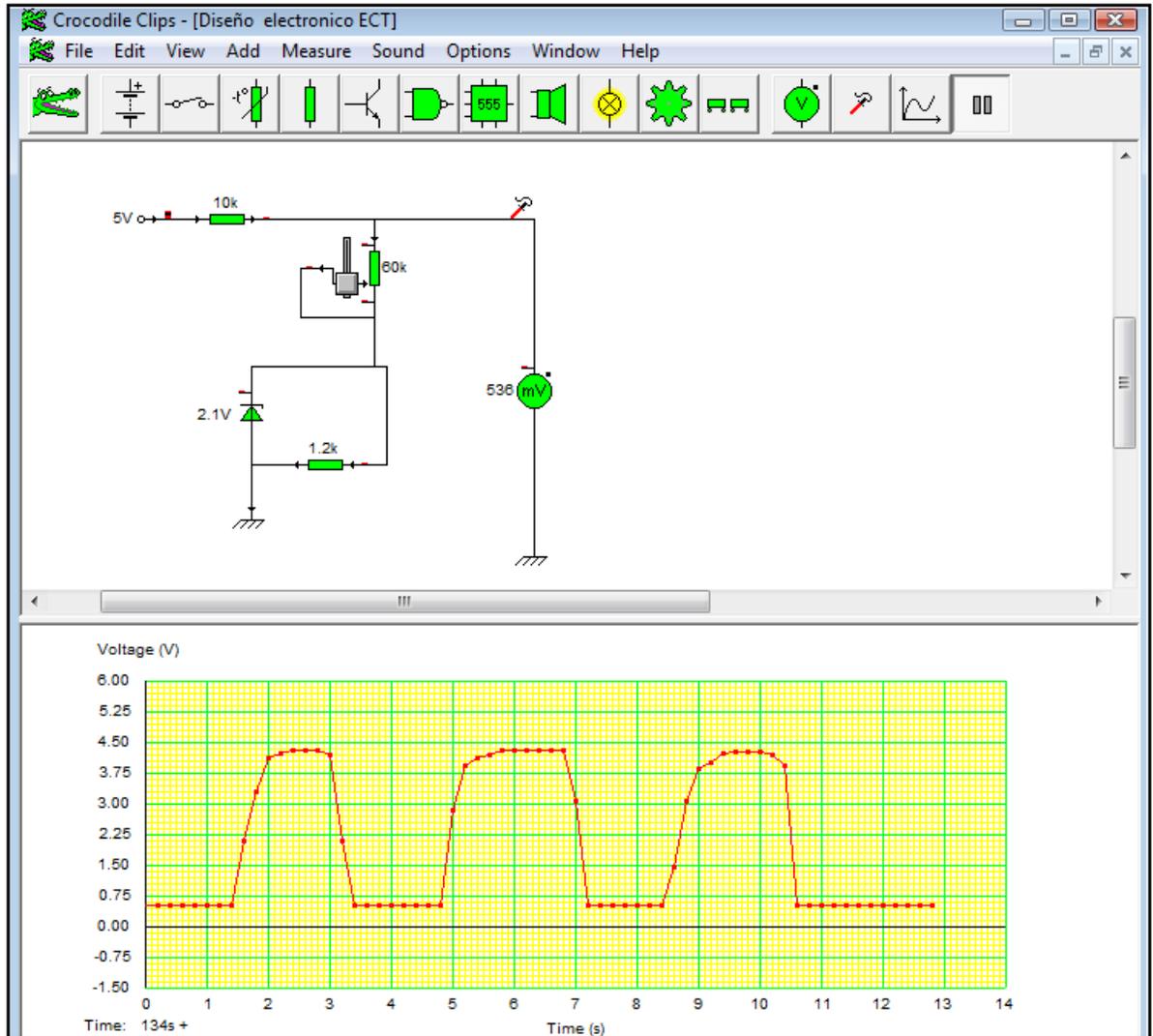
Fuente: Autores.

Fig. 3-6. Diagrama Eléctrico del Sensor ECT



Fuente: Autores.

Fig. 3- 7.Simulación en Crocodile Clips del Sensor ECT



Fuente: Autores.

3.3.1.1. Cálculos de Voltajes y Componentes Electrónicos para la Simulación del Sensor ECT

A) Cálculo de Rx.

Para voltaje mínimo $R_{Pot.}=0$, el voltaje de Zener igual a Voltaje en Rx

$$V_z=V_R$$

Donde:

$V_R = V_{\min} = 0.5V$ condición 90C

La resistencia total se calcula:

Rt: $R_x + R_{Pot.} + R_{ecu.}$

Donde:

$R_{ecu.} = 10K$ Resistencia interna del ECM.

$R_{Pot.}$ Resistencia potenciómetro igual a cero

Se aplica el método de divisiones de tensión y se formula la ecuación.

$$(1) V_{R1} = (R_x * V_t) / R_t$$

La resistencia total queda estimada así:

$$(2) R_t = R_1 + 10000\Omega$$

Remplazando la ecuación (1) en (2) se obtiene.

$$R_x = 1.200\Omega$$

La selección de Resistencia se realiza según la disposición de mercado, escogiendo la de 2.2 Kohms a $\frac{1}{4}$ de vatio.

B) Cálculo de $R_{Pot.}$

Para voltaje máximo $R_{Pot.} = R_{m\acute{a}x}$

Aplicamos el método de divisor de tensión

$R_{Pot.} = \max$

$$(3) V_R = ((R_x + R_{Pot.}) * V_t) / R_t$$

Donde:

$$V_R = 4.5V \quad \text{condición } 0C$$

Ahora la resistencia total se calcula.

(4) Rt: $R_x + R_{Pot.} + R_{ecu.}$

Donde:

$R_{ecu.} = 10Kohms.$ Resistencia interna del ECM.

$R_x = 1.2 Kohms.$

Remplazando la ecuación (4) en (3) se obtiene.

$R_{m\acute{a}x} = R_{pot} = 88.8 K$

Se escoge un potenciómetro configurado como reóstato de 70K – 80K – 100K

Nota: La resistencia SMD Código 103 equivalente a 10K es la resistencia interna de la computadora

3.3.2. Señal del Sensor de Temperatura de Aire Aspirado IAT (Intake Air Temperature)

En la operación del circuito IAT la resistencia del sensor disminuye y hay disminución de voltaje.

Es un termistor NTC que se encuentra debidamente protegido, sobre la que incide todo el aire que penetra en el colector de admisión.

El fallo del mismo puede provocar "tironeos" sobre todo en climas fríos.

El circuito de entrada a la ECU, reparte la tensión de referencia 5 Voltios, entre la resistencia del sensor y un valor fijo de referencia, obteniendo una tensión proporcional a la resistencia y, por lo tanto, a la temperatura.

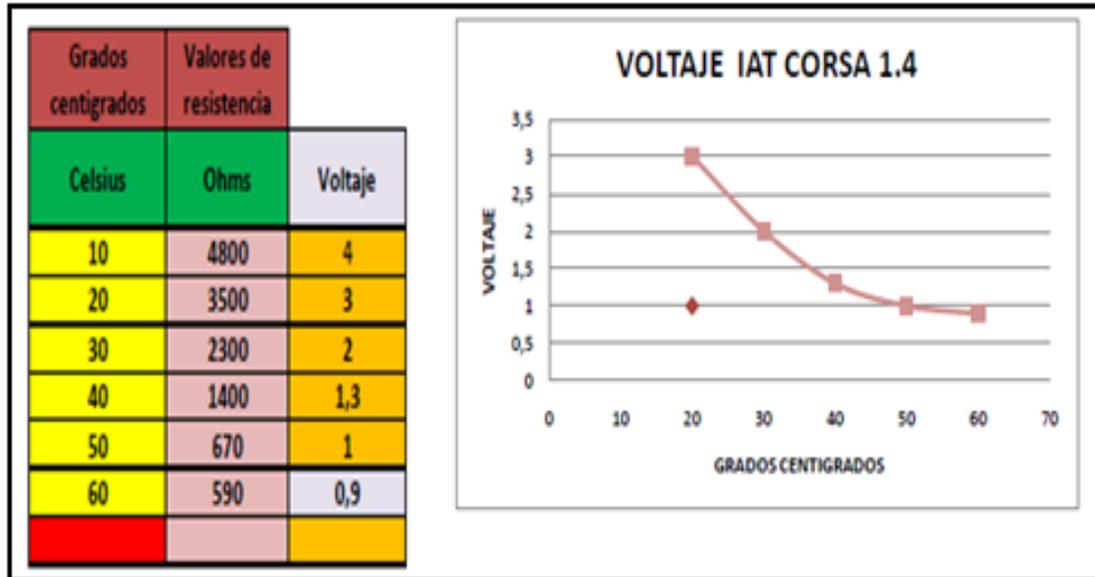
D2 Línea de Masa del Sensor de Temperatura del Aire de Admisión

D3 Señal del Sensor de Temperatura del Aire de Admisión

P31 Sensor de Temperatura de Aire de Admisión

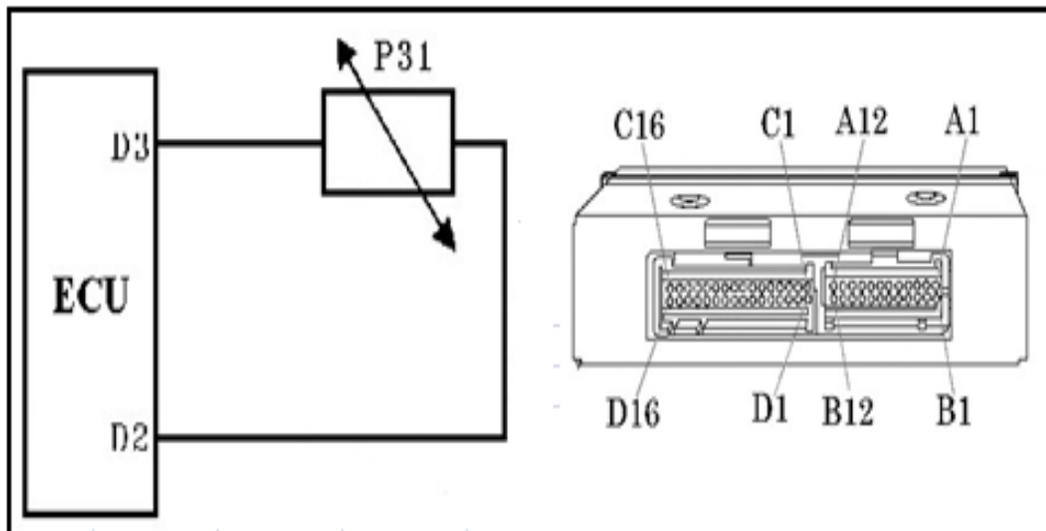
Nota: Véase en la figura 3-9.

Fig.3-8. Curva y Valores Específicos del IAT



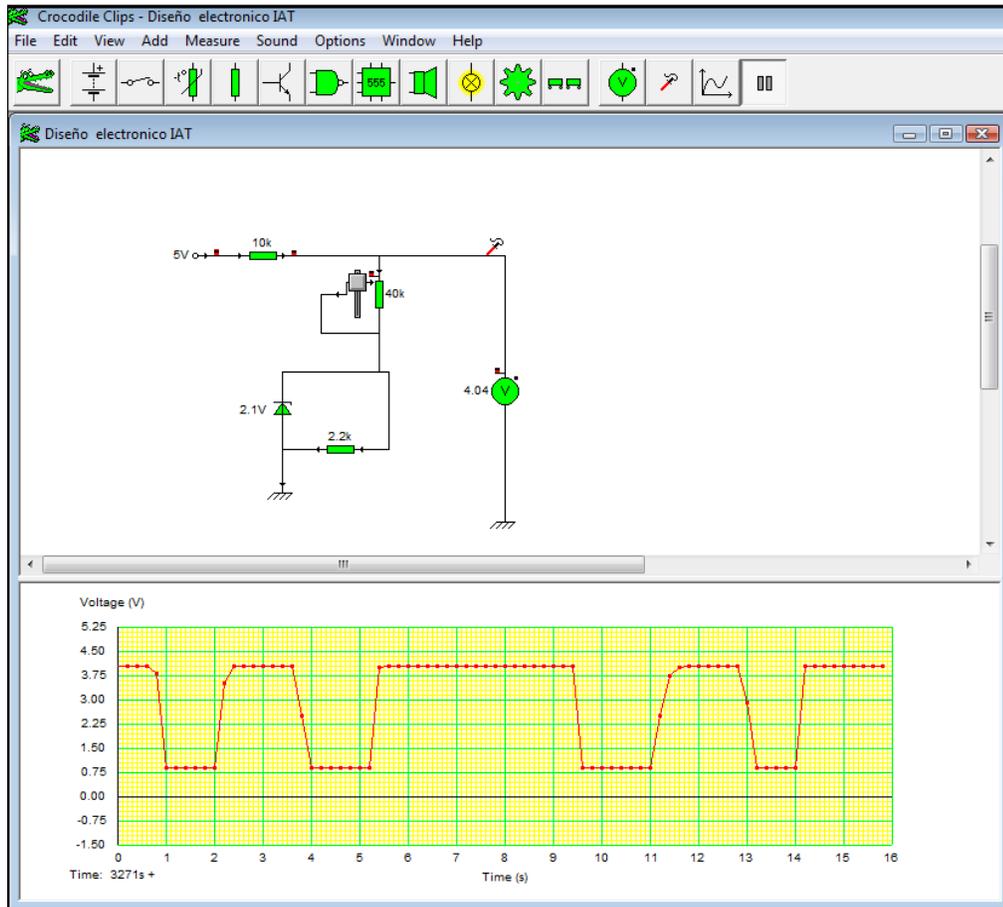
Fuente: Autores.

Fig. 3-9. Diagrama Eléctrico del Sensor IAT



Fuente: Autores.

Fig. 3-10. Simulación en Crocodile Clips del Sensor IAT



Fuente: Autores.

3.3.2.1. Cálculos de Voltajes y Componentes Electrónicos para la Simulación del Sensor IAT

C) Cálculo de R_x .

Para voltaje mínimo $R_{Pot.}=0$, el voltaje de Zener igual a Voltaje en R_x

$$V_z = V_R$$

Donde:

$$V_R = V_{min} = 0.9V \text{ condición } 60C$$

La resistencia total se calcula:

$$R_t: R_x + R_{Pot.} + R_{ecu.}$$

Donde:

Recu=10K Resistencia interna del ECM.

RPot. Resistencia potenciómetro igual a cero

Se aplica el método de divisiones de tensión y se formula la ecuación.

$$(5) VR1=(R_x*V_t)/R_t$$

La resistencia total queda estimada así:

$$(6) R_t=R_1+10000\Omega$$

Remplazando la ecuación (1) en (2) se obtiene.

Nota: Véase en la pag 86.

$R_x=2195\Omega$ nominal

$R_x = 2200\Omega$

La selección de Resistencia se realiza según la disposición de mercado, escogiendo la de 2.2 Kohms a ¼ de vatio.

D) Cálculo de RPot.

Para voltaje máximo $RPot.=R_{m\acute{a}x}$

Aplicamos el método de divisor de tensión

$$(7) VR=((R_x+RPot.)*V_t)/R_t$$

Donde:

$$VR= 4.1V \quad \text{condición 0C}$$

Ahora la resistencia total se calcula.

(8) Rt: Rx+RPot.+Recu.

Donde:

Recu=10Kohms. Resistencia interna del ECM.

$R_x= 2.2Kohms.$

Remplazando la ecuación (4) en (3) se obtiene.

$R_{m\acute{a}x}=R_{pot}=43,35K\Omega$
--

Nota: La resistencia SMD Código 103 equivalente a 10K es la resistencia interna de la computadora

3.3.3. Sensor de Posición del Acelerador TPS (Throttle Position Sensor)

La ECU aplica un voltaje de “referencia” de 5 voltios al borne B8, y aplica masa al borne D2. El TPS retorna una señal de voltaje al Borne A8. La señal en el borne A8 es alterada en relación a la posición de la mariposa de aceleración.

La señal de voltaje varía en el ámbito de 0,45 a 0,85 voltios en ralentí hasta 4,4 voltios, cuando la mariposa de aceleración estuviera totalmente abierta. Con la señal que recibe del TPS, la ECU compara los valores de rotación y carga del motor. Si la señal estuviera fuera de este ámbito, la ECU identifica una falla.

A8 Línea de Señal del Sensor de Posición de la Mariposa de Aceleración TPS

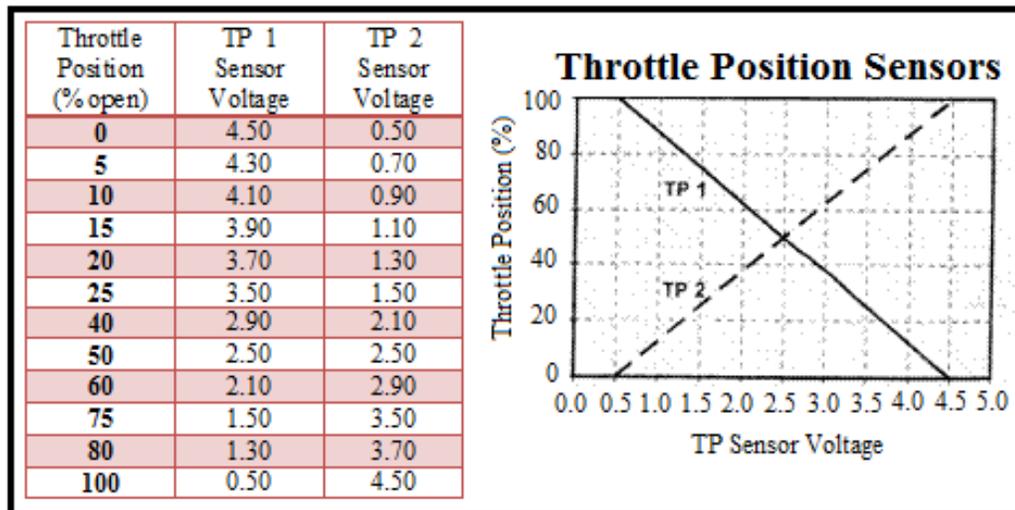
B8 Alimentación de Energía 5 Voltios del Sensor de Posición de la Válvula de Aceleración TPS

D2 Línea de Masa del Sensor de Posición de la Válvula de Aceleración TPS

P34 Potenciómetro de la Válvula de Aceleración

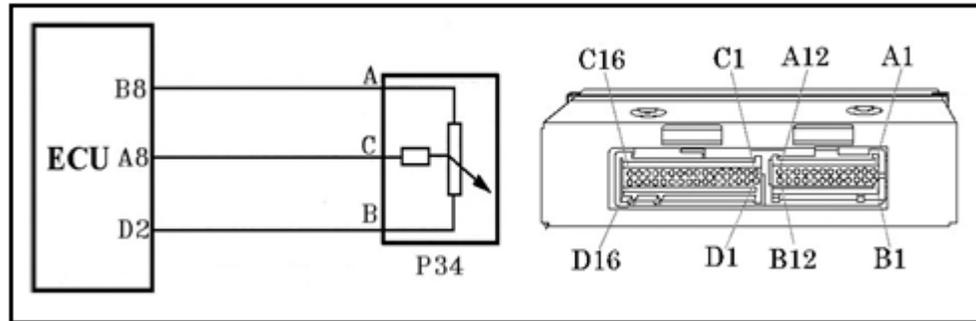
Nota: Véase en la figura 3-12.

Fig. 3-11. Curva y Valores Específicos del TPS



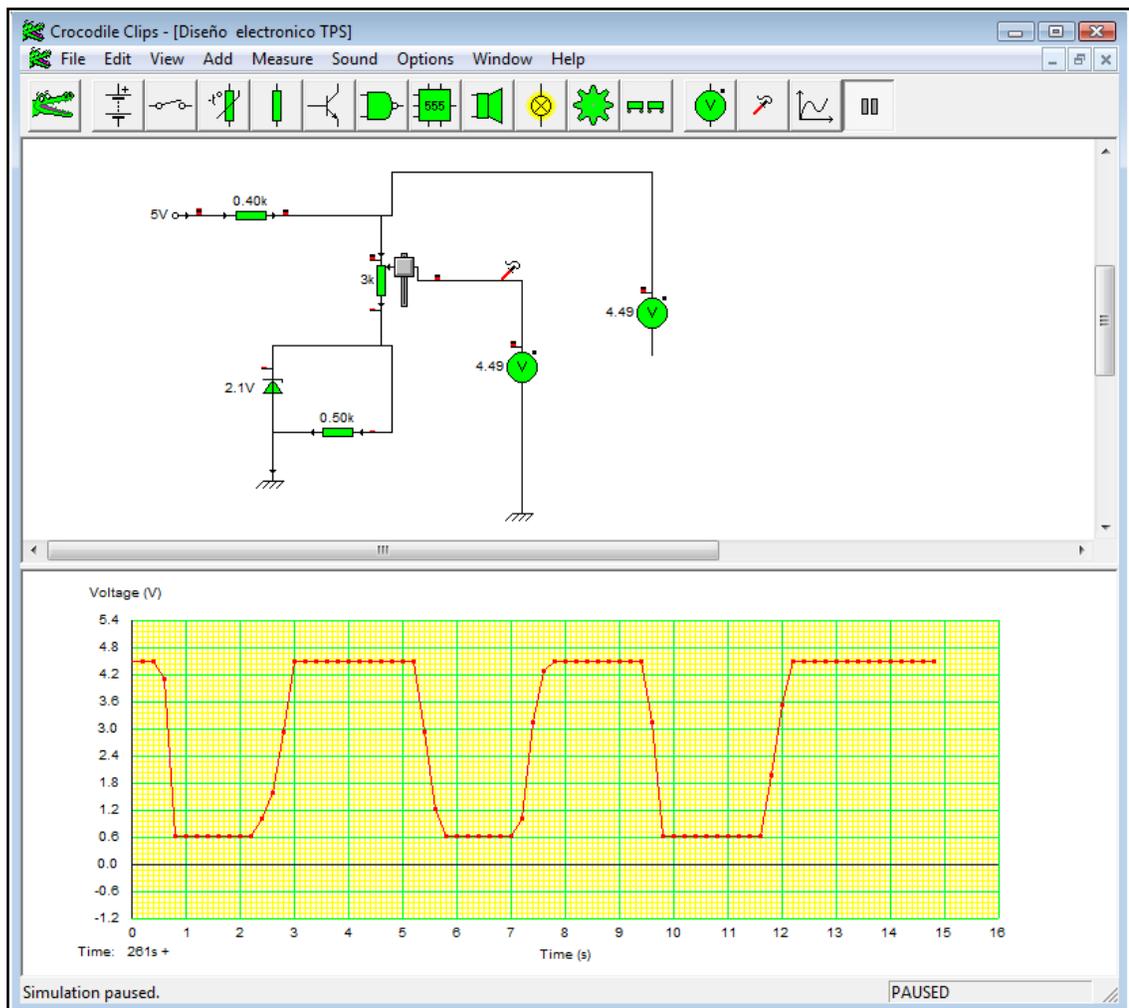
Fuente: Autores.

Fig. 3-12. Diagrama Eléctrico del Sensor TPS



Fuente: Autores.

Fig. 3-13. Simulación en Crocodile Clips del Sensor TPS



Fuente: Autores.

Se escoge este circuito por tratarse de un sensor con señal de alimentación de 5V, las resistencias del potenciómetro y del zener se asigna de acuerdo a valores constructivos del mismo sensor. Y se diseña la resistencia de referencia para limitar la caída a 4.5 V.

3.3.3.1. Cálculos de Voltajes y Componentes Electrónicos para la Simulación del Sensor TPS

E) Cálculo de Rf.

Para voltaje máximo $R_{Pot.} = r_{max} = 3K$

El valor de RX se aproxima a 500 OHMS

La resistencia total se calcula:

Rt: $R_x + R_{Pot.} + R_{EF}$.

Donde:

REF= Resistencia interna del ECM.

Se aplica el método de divisiones de tensión y se formula la ecuación.

$$(9) \quad V_{ref} = (3.5K * V_t) / R_t$$

La resistencia total queda estimada así:

$$(10) \quad R_t = R_{EF} + 3.5$$

Remplazando la ecuación (1) en (2) se obtiene la selección de resistencia se realiza según la disposición de mercado

Ref=380 ohms a ¼ de vatio

3.3.4. Sensor de Presión Absoluta en el Colector de Admisión MAP (Manifold Absolute Pressure).

La señal, de naturaleza piezo – resistiva, antes de ser enviada a la ECU. Mantiene rigurosamente constante 5 Voltios la alimentación, cambiando el valor de las

resistencias, cambia también el valor de la tensión de salida. Genera una señal que puede ser analógica.

A7 Línea del Sensor de Presión Absoluta en el Colector MAP

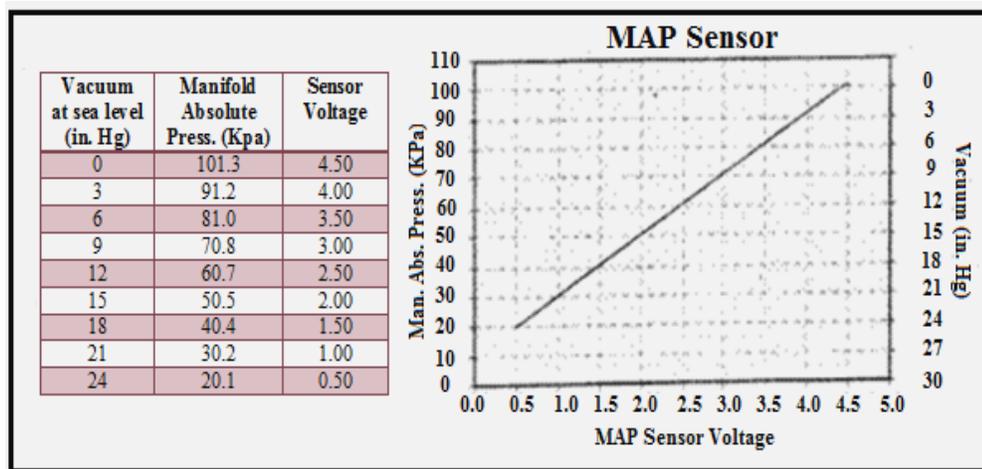
A11 Línea de Masa del Sensor de Presión Absoluta en el Colector MAP

B8 Alimentación de Energía 5 Voltios del Sensor de Presión Absoluta en el Colector MAP

P23 Sensor de Presión Absoluta del Colector de Admisión

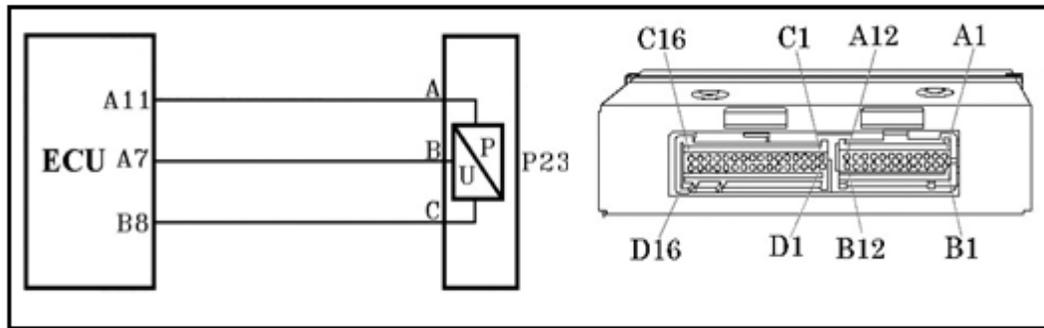
Nota: Véase en la figura 3-15.

Fig.3-14. Curva y Valores Específicos del MAP



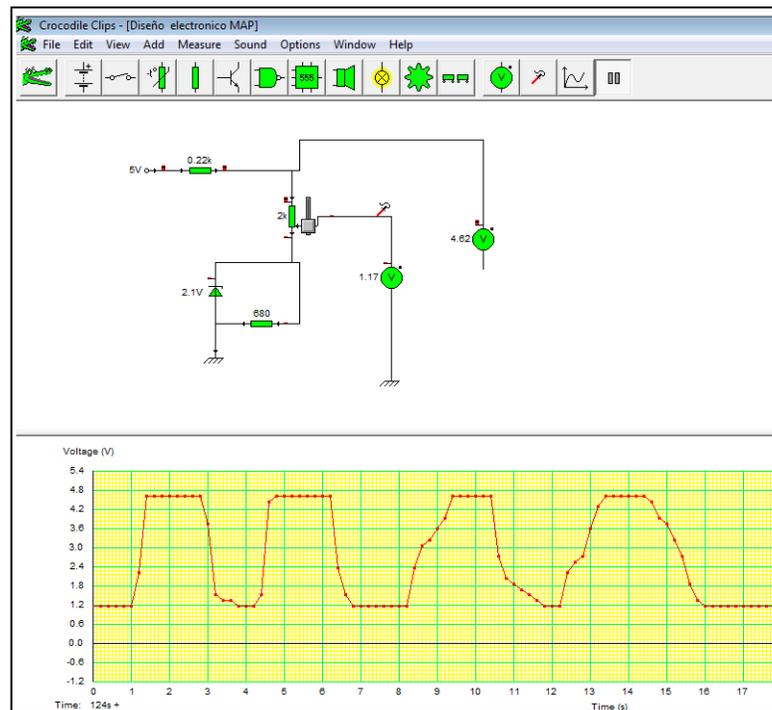
Fuente: Autores.

Fig.3-15. Diagrama Eléctrico del Sensor MAP



Fuente: Autores.

Fig. 3-16. Simulación en Crocodile Clips del Sensor MAP



Fuente: Autores.

Se escoge este circuito por tratarse de un sensor con señal de alimentación de 5V, de acuerdo a la variación típica entre 1.5K y 3.5K se colocan valores de $R_x = 1.5$ y un potenciómetro de 2K, luego se diseña la resistencia de referencia para limitar la caída a 4.7 V.

3.3.4.1. Cálculos de Voltajes y Componentes Electrónicos para la Simulación del Sensor MAP.

A) Cálculo de Rf.

Para voltaje máximo $R_{Pot.} = r_{max} = 2K$

El valor de R_X se aproxima a 1.5 OHMS

La resistencia total se calcula:

$R_t: R_x + R_{Pot.} + R_{EF}$.

Donde:

R_{EF} = Resistencia interna del ECM.

Se aplica el método de divisiones de tensión y se formula la ecuación.

$$(11) \quad V_{ref} = (3.5K * V_t) / R_t$$

Donde $V_{ref} = 4.7 \text{ V}$

La resistencia total queda estimada así:

$$(12) \quad R_t = R_{EF} + 3.5$$

Remplazando la ecuación (1) en (2) se obtiene la selección de resistencia se realiza según la disposición de mercado

Ref=220 ohms a ¼ de vatio

3.3.5. Inyectores.

Los inyectores deben ser inspeccionados de acuerdo a su circuito eléctrico, cuando estos no tengan alimentación de corriente para su activación.

El solenoide del inyector es controlado y accionado por la unidad electrónica de control (ECU).

1. ECU
2. Inyector # 1
3. Inyector # 2
4. Inyector # 3
5. Inyector # 4
6. Relé Principal
7. Interruptor de Encendido

B10 Masa de la ECU

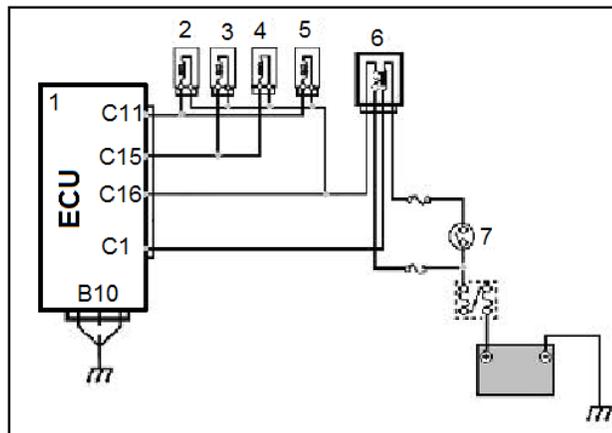
C1 Control de la Masa de Verificación

C11 Control de Masa de los Inyectores 1 - 4

C15 Control de Masa de los Inyectores 2 – 3

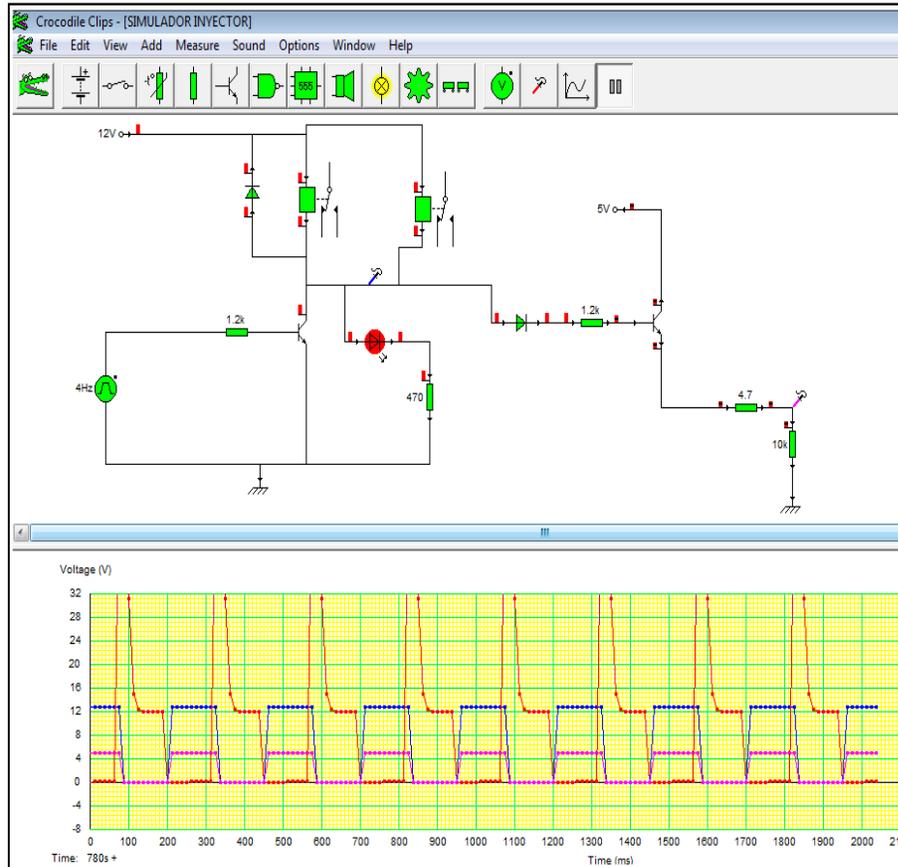
C16 Voltaje de la Batería

Fig. 3- 17. Diagrama Eléctrico para los Inyectores.



Fuente: Autores.

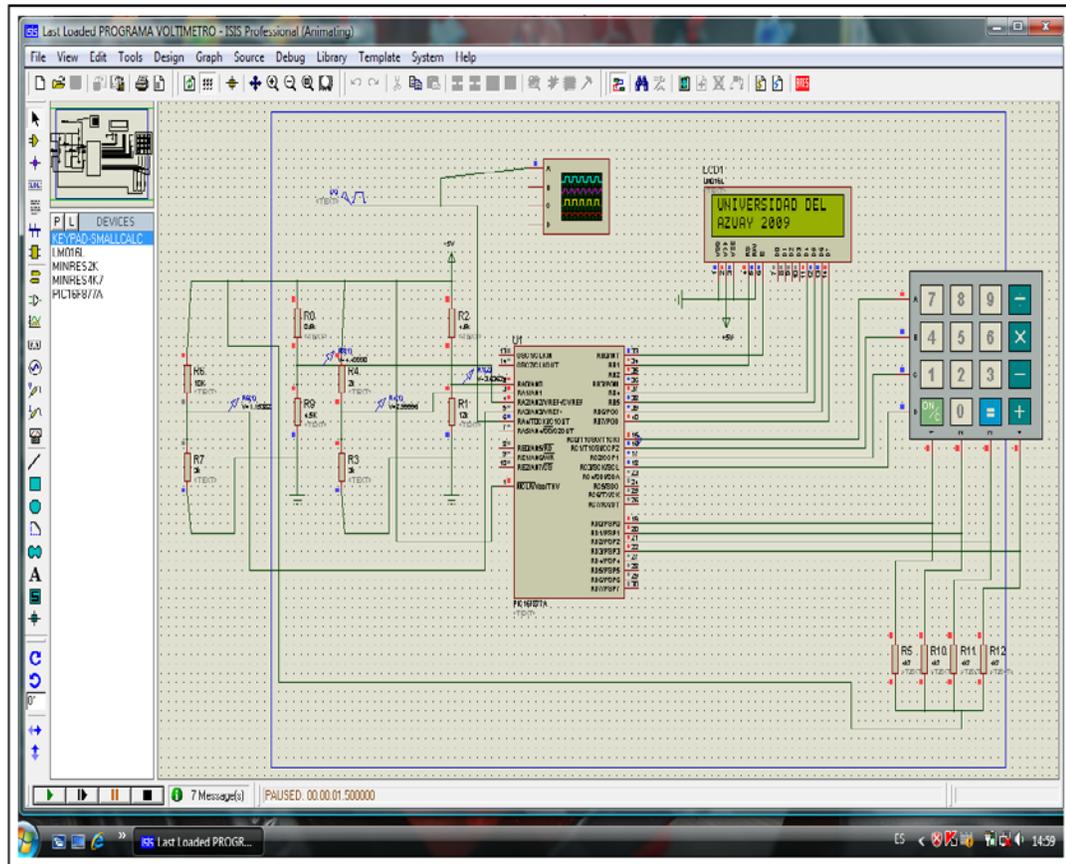
Fig. 3-18. Simulación en Crocodile Clips del Inyector.



Fuente: Autores.

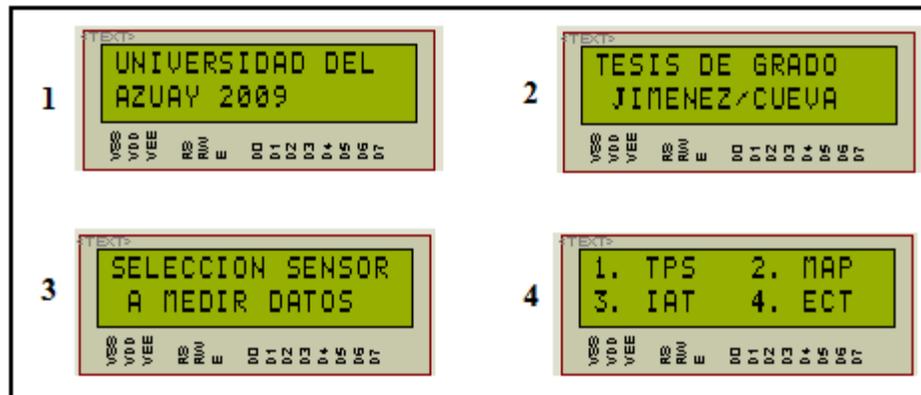
3.4. Diseño y Construcción del hardware digital.

Fig. 3-19. Diseño del Circuito y Simulación del Circuito Electrónico del Pic.



Fuente: Autores.

Fig. 3-20. Pasos en el LCD para la Selección del Menú de Sensores.



Fuente: Autores.

3.5. Diseño de Firmware para comandar el equipo.

Con respecto a la organización interna del programa, debemos saber que es necesario que las partes que componen el programa (funciones, rutinas, etc.) sigan ciertas reglas en su escritura.

3.5.1. Estructuración de los comentarios dentro del Firmware.

Se debe comentar el código usado en el programa con el apóstrofe ('). Los comentarios pueden ir en una línea, ó a continuación de una instrucción cualquiera.

Estos comentarios son los que nos guiarnos y realizar modificaciones en nuestro código sin la necesidad de perder horas intentando comprender lo que escribimos tiempo atrás.

3.5.2. Asignación de Variables.

Las llamadas “variables”, son en realidad los nombres de nuestros identificadores, procedimientos, funciones, constantes, etc. Los nombres de las variables pueden contener letras desde la “a” hasta “z” y desde la “A” hasta “Z”. El primer carácter no puede ser un dígito, cada variable tiene un nombre único, que se ajuste a las reglas definidas.

3.5.3. Toma de Decisiones

Existen instrucciones para la toma de decisiones dentro de un programa:

3.5.3.1. Lazos y Aperturas de Subrutinas en el Programa Principal

IF.- Abre un lazo para verificación de los comandos esperando las respuestas siendo estas verdaderas o falsas.

THEN.- Indica que la expresión expuesta en el IF es verdadera, dando apertura a un nuevo lazo para la verificación del siguiente dato.

ELSE.- Indica que la expresión expuesta en el IF es falso, dando apertura a un nuevo lazo para la verificación del siguiente dato.

END.- Esta expresión indica la terminación de un lazo o la finalización de una subrutina teniendo en cuenta que se debe poner al final de las mismas.

3.5.4. Saltos.

Tenemos dos instrucciones que permiten saltos incondicionales:

3.5.4.1. GOTO: Esta instrucción nos permite transferir el control a cualquier punto dentro del programa. A pesar de estar demostrado que es posible construir cualquier programa sin utilizar nunca esta instrucción, se utiliza con cierta frecuencia. El control del programa se transfiere a la línea que tenga la etiqueta utilizada en el goto.

3.5.4.2. GOSUB – RETURN: Funciona de manera similar a GOTO, pero con la ventaja de que el control del programa regresa a la instrucción posterior a GOSUB luego de ser ejecutado el return. Esto la hace ideal para crear subrutinas que pueden ser llamadas varias veces y/o desde distintos puntos del programa.

3.5.5. Puertos del Microcontrolador.

Como se sabe, los pines de entrada/salida de los microcontroladores se dividen en grupos de hasta 8 E/S, llamados “puertos”. Cada uno de estos puertos recibe un nombre, generalmente “puertoA”, “puertoB”, etc. Es posible leer cada uno de los 8 bits que componen cada puerto, o escribir en ellos un “1” o un “0”, además de elegir individualmente el comportamiento de cada pin, es decir, si va a ser un pin de entrada o de salida. En los PICs más complejos también se puede seleccionar si un pin determinado de un puerto va a ser una entrada analógica (que el PIC va a convertir internamente en un valor digital). Ejemplos:

TRISA = %11111111: Configura las entradas del puerto A como análogas. El “%” indica que el número a continuación está en binario.

TRISC = %11110000: Configura el puerto C como salida, seteamos desde el bit 0 al 4

TRISD= %11111111: Configura el puerto D como entrada, seteamos desde el bit 0 al 4

3.6. Montaje y acoplamiento de elementos eléctricos – electrónicos.

Luego de la terminación del ruteo y puesta a punto de las placas del banco se procede a la verificación de las huellas impresas en las mismas, para continuar con la unión de los elementos eléctricos, para terminar con una exhaustiva limpieza de la placa, así se eliminara desechos de suelda que pueden provocar el mal funcionamiento del equipo.

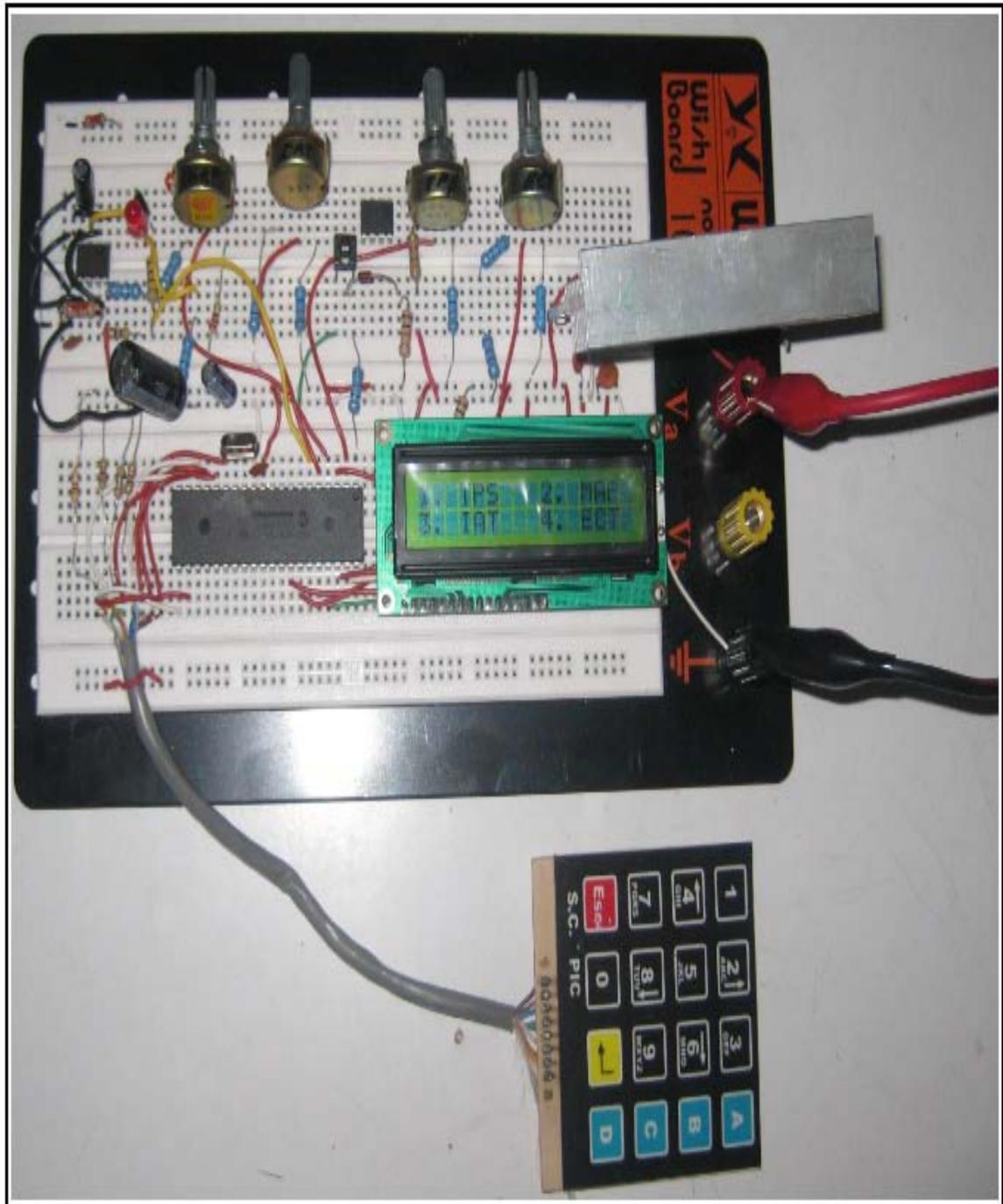
3.6.1. Materiales Utilizados en el Banco de Diagnóstico.

ELEMENTOS ELÉCTRICOS	CANTIDAD
Potenciómetro 2K	3
Potenciómetro 5K	2
Relés 1 Amperio	3
Borneras de 2	4
Borneras de 3	1
Conectores de 2	2
Conectores de 4	5
Borneras	19
Transformador 12-110 50 Mz	1
Lagartos	2
Cable Multipar 8 hilos	3m
Cable Flexible	20m

ELEMENTOS ELECTRÓNICOS.	CANTIDAD
Diodo 10041	4
Transistores	3
Cristal 40000 M	1
Diodo Zener	1
Capacitor 104 (lenteja)	3
Capacitor 10 uf 16 Voltios	2
Transistor 7805	1
Pulsante	1
LCD	1
Teclado	1
PIC 16F877A	1
Led	4
Resistencias	12 (470, 300, 220,100, 10 Ω ; 270, 7.2, 1 K Ω)
Disipador de Calor	1
Tarjetas	2

3.6.2. Montaje del Circuito Electrónico

Fig. 3-21. Montaje de los Elementos del Circuito Electrónico en el Protoboard



Fuente: Autores.

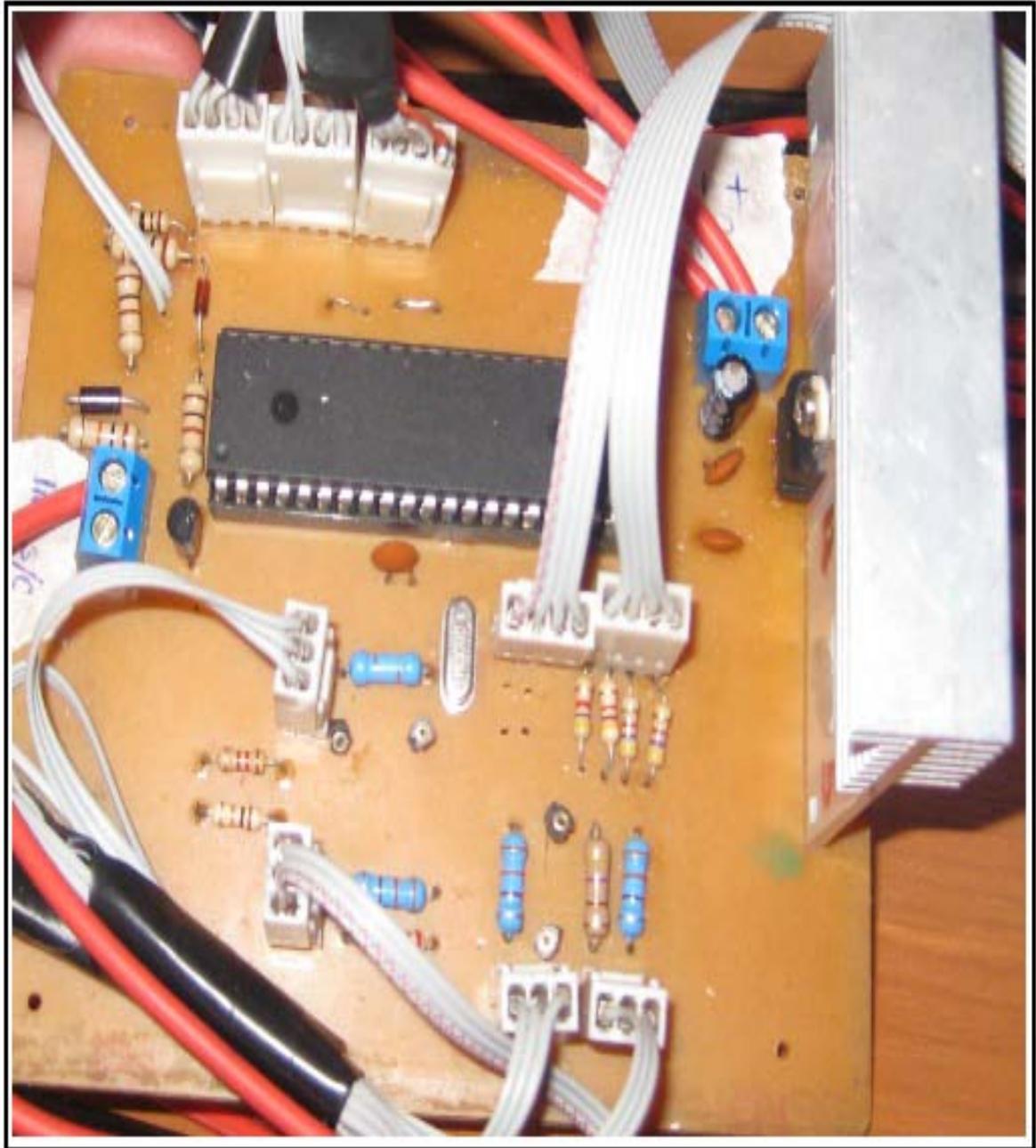
Fig 3-22. Pruebas del Circuito Electrónico en el Protoboard.



Fuente: Autores.

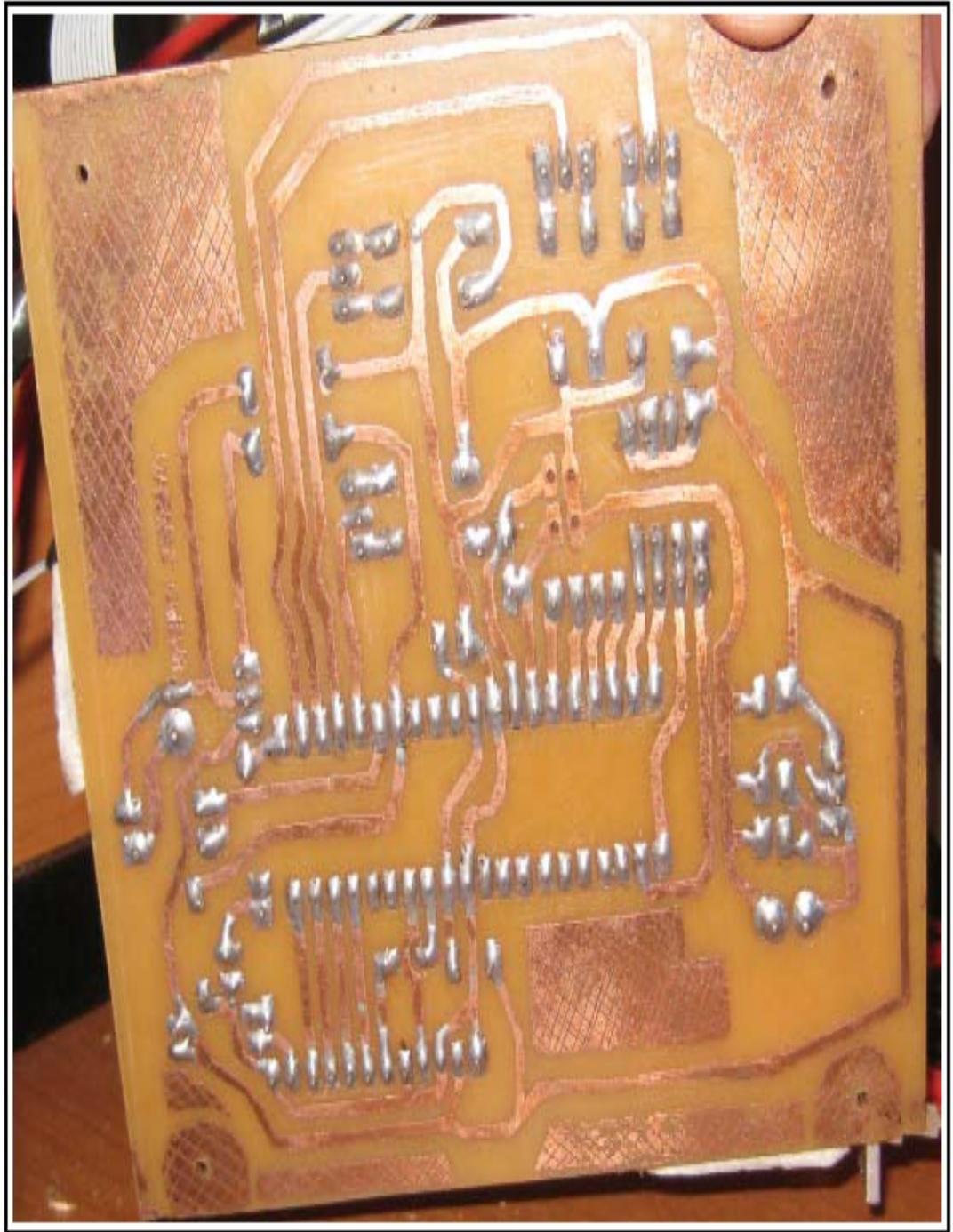
3.6.3. Montaje de los Elementos Eléctricos – Electrónicos en la Placa Electrónica de los Sensores.

Fig. 3-23. Montaje de los Elementos de la Placa de Sensores (Vista Frontal)



Fuente: Autores.

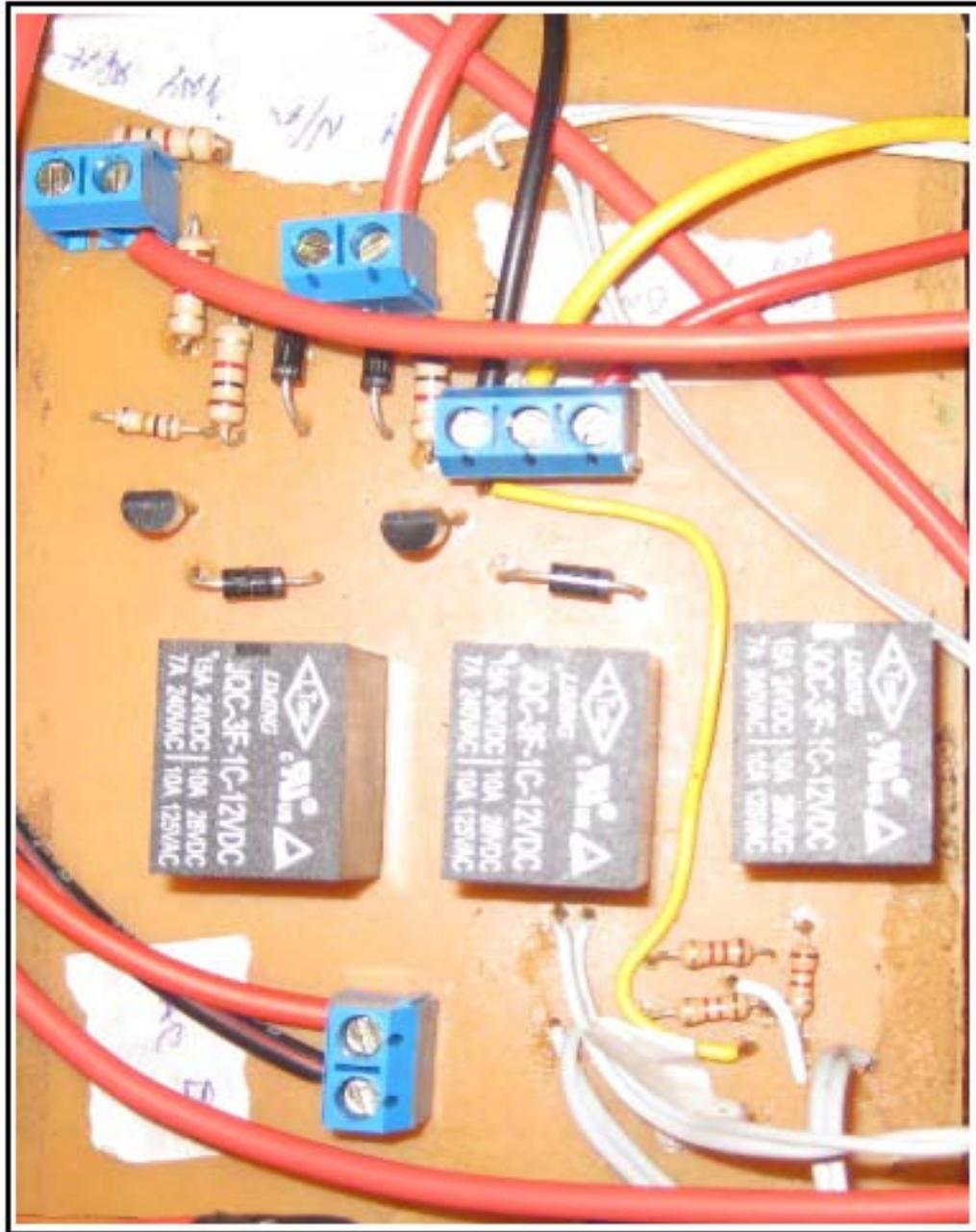
Fig. 3-24. Montaje de Elementos de la Placa de Sensores (Vista Posterior)



Fuente: Autores.

3.6.4. Montaje de los Elementos Eléctricos – Electrónicos en la Placa Electrónica de los Actuadores.

Fig. 3-25. Montaje de Elementos de la Placa de Actuadores (Vista Frontal)



Fuente: Autores.

Fig. 3-26. Montaje de Elementos de la Placa de Actuadores (Vista Posterior)

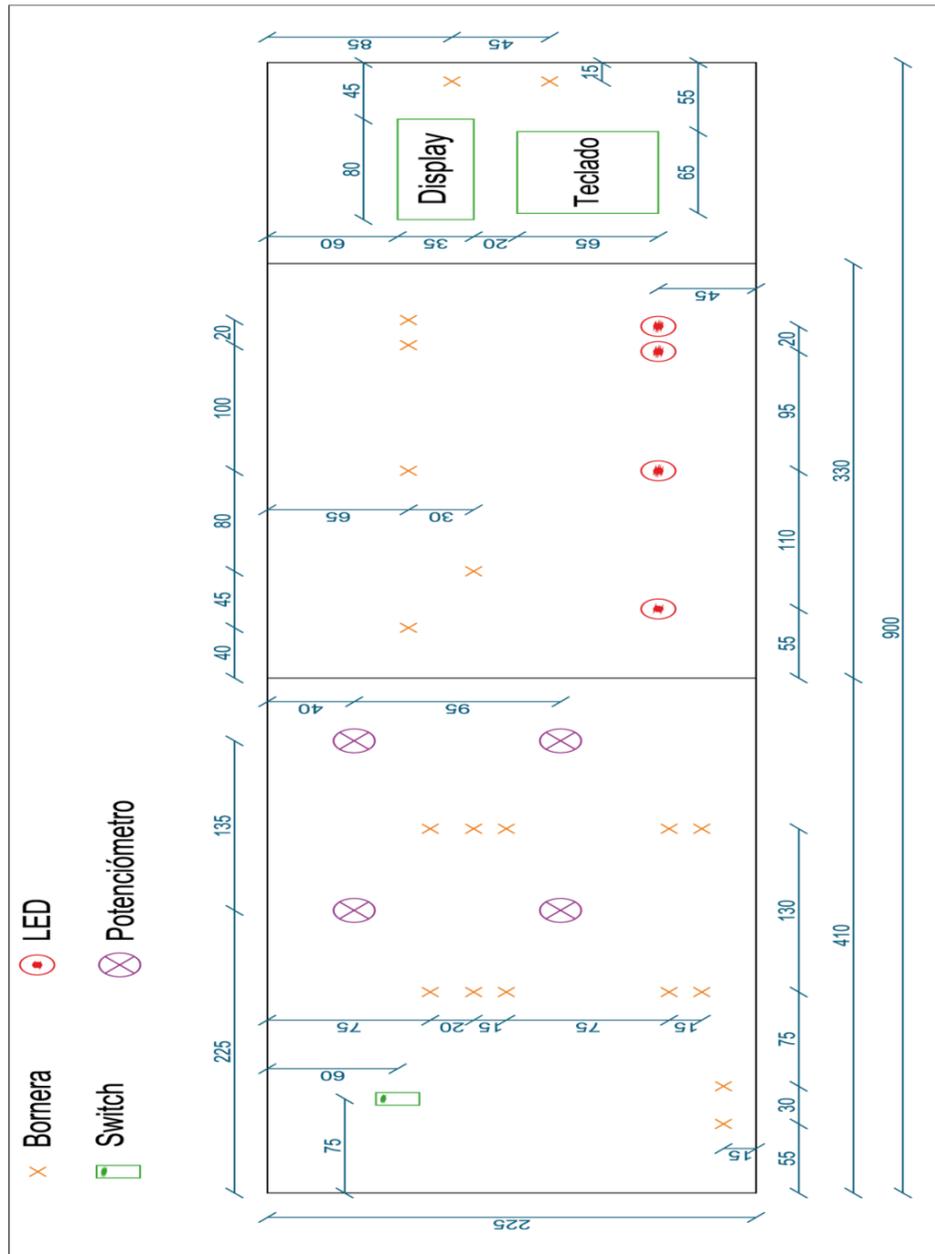


Fuente: Autores.

3.7. Construcción del Banco de Pruebas.

El diseño del banco de diagnóstico se realizó tomando en cuenta factores ergonómicos y estéticos para obtener una manipulación adecuada.

Fig. 3--27 Diseño del Panel de Control del Banco de Pruebas



Fuente: Autores.

Fig. 3-28. Banco de Diagnóstico.



Fuente: Autores.

CAPITULO IV

FUNCIONAMIENTO Y PRUEBAS DEL EQUIPO.

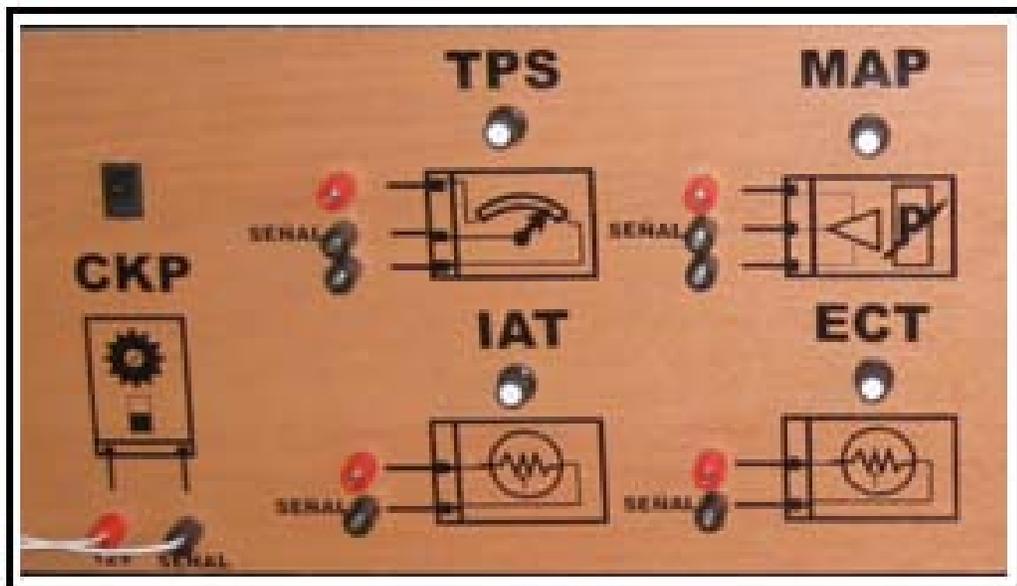
4.1. Introducción.

Básicamente este capítulo abarca el manejo para el funcionamiento del banco de comprobación de la ECU, especificando los pasos para la manipulación del equipo, siguiendo esta guía se obtendrá un correcto diagnostico de la ECU.

4.2. Funcionamiento del Banco.

1.- Conectamos el Banco a una toma de corriente (12V), verificando que el interruptor principal este en posición OFF y las perillas de los potenciómetros de los sensores en 0.

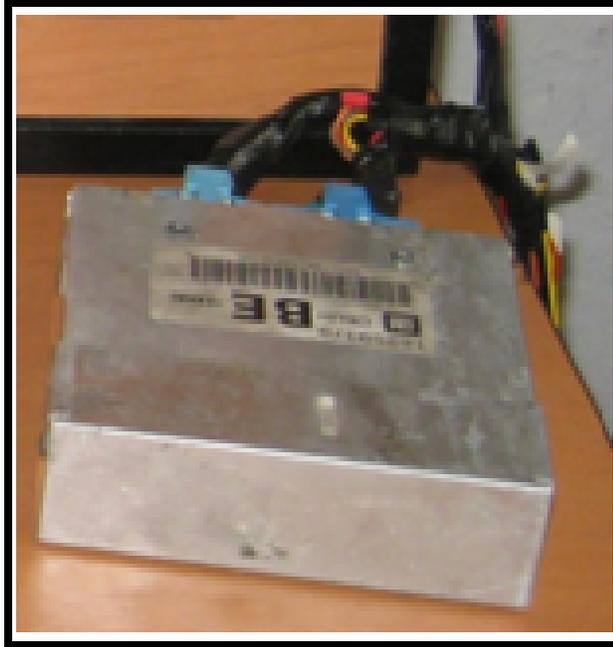
Fig. 4-1. Potenciómetros de los Sensores.



Fuente: Autores.

2.- Conectamos la ECU en el simulador a través de sus conectores.

Fig. 4-2. ECU del Chevrolet Corsa Wind.



Fuente: Autores.

3.- Activamos la posición ON en el interruptor principal para que las funciones del banco sean energizadas para la rutina de autodiagnóstico.

4.- Calibramos los potenciómetros de los sensores a un nivel lógico para arrancar la ECU.

MAP = 80 KPa

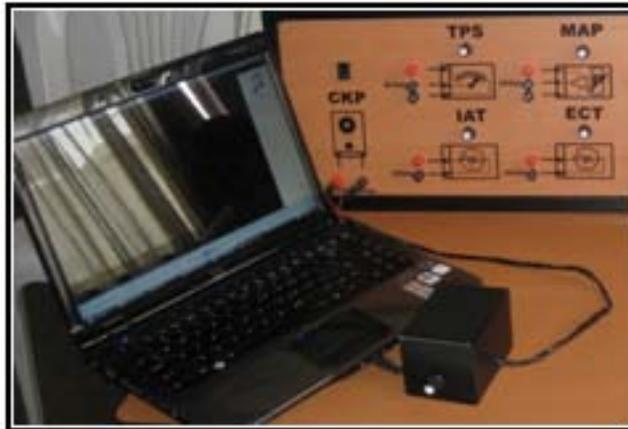
TPS = 51 %

IAT = 44 °C

ECT = 40 °C

5.- Arrancamos el generador de señal del CKP y reproducimos las señales grabadas del vehículo a distintas revoluciones, con lo cual encenderemos la ECU generando el pulso de inyección.

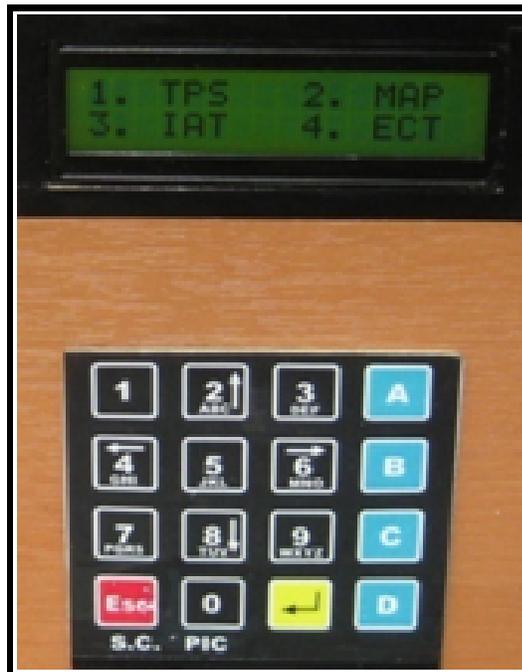
Fig. 4-3. Generador de Señal del CKP.



Fuente: Autores.

6.- Se elige por medio del teclado, el sensor que se va a diagnosticar, variando la posición del potenciómetro para tomar el valor del pulso de inyección, y la unidad del valor indicado es en (msg) milisegundos. Este procedimiento se lo realiza para todos los sensores que indica el banco de diagnóstico.

Fig. 4-4. Selector de Opciones.



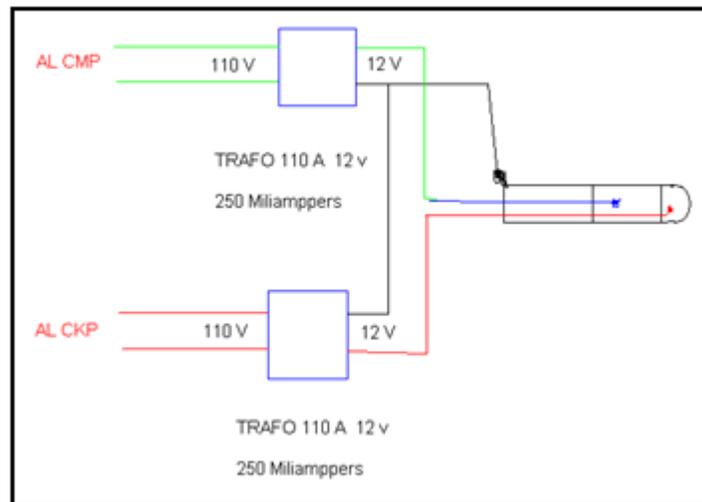
Fuente: Autores.

7.- Realizamos las distintas mediciones con equipos de diagnósticos como el osciloscopio y multímetro siguiendo un orden de funcionamiento de la ECU, para observar los distintos parámetros de funcionamiento tanto de sensores como de actuadores a distintos regímenes de funcionamiento.

4.3. Operación del Banco.

a.- Adquisición de la señal del CKP mediante el circuito detallado.

Fig. 4-5. Diagrama de Adquisición de Señal



Fuente: Autores.

b.- Reproducción de la señal hacia el banco para el arranque de la ECU.

c.- Generación de las señales por los sensores y actuadores del banco de diagnóstico.

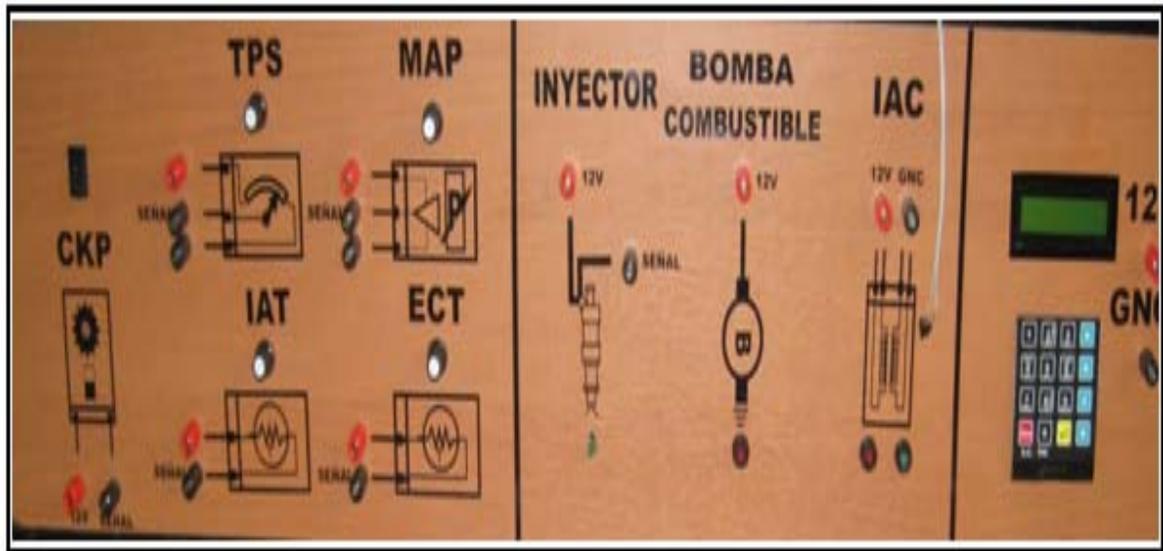
d.- Visualización de los datos obtenidos

4.4. Pruebas.

Para la realización de las pruebas contamos con un osciloscopio de uso automotriz con la finalidad de obtener curvas exactas y precisas. De esta manera insertamos la punta del osciloscopio a cada una de las borneras de las señales que van hacer medidas en

amplitud, frecuencia, ciclo útil y ancho del pulso generado por sensores (CKP, TPS, MAP, IAT, ECT.), y actuadores (inyector, bomba de alimentación, IAC.).

Fig. 4-6. Panel de Control



Fuente: Autores.

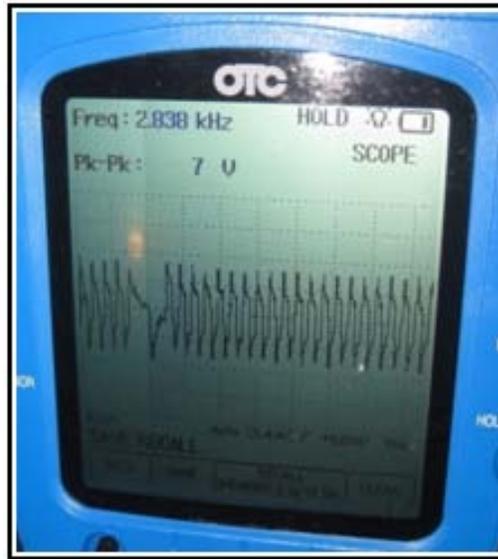
Continuando con las pruebas de funcionamiento se captó las gráficas características de cada elemento, para lo cual el osciloscopio utilizado presenta una pantalla bien señalizada para varias alternativas de variaciones de parámetros antes mencionados.

4.4.1. Sensores.

4.4.1.1. Sensor CKP.

Para realizar esta prueba reproducimos las señales del CKP grabadas con anterioridad, posterior a esto mediante el osciloscopio capturamos la forma de la onda del simulador esto se puede realizar a diferentes revoluciones del motor.

Fig. 4-7. Señal del Sensor CKP.



Fuente: Autores.

4.4.1.2. Sensor TPS.

Del sensor TPS se obtuvo la siguiente curva simulando la variación de la posición de la válvula de aceleración.

Fig. 4-8. Señal del Sensor TPS.



Fuente: Autores.

A un porcentaje de 35% que se encontraba abierta la válvula de aceleración nos dio un valor de tiempo de inyección aproximado de 15.5 milisegundos.

Fig. 4-9. Adquisición de Datos.



Fuente: Autores.

4.4.1.3. Sensor MAP.

Siguiendo el mismo procedimiento se obtuvo la curva del sensor MAP la cual se enseña en la foto del osciloscopio

Fig. 4-10. Señal del Sensor MAP.



Fuente: Autores.

A un valor de 70 kilopascales obtuvimos un tiempo de inyección de 27.7 milisegundos.

Fig. 4-11. Adquisición de Datos.

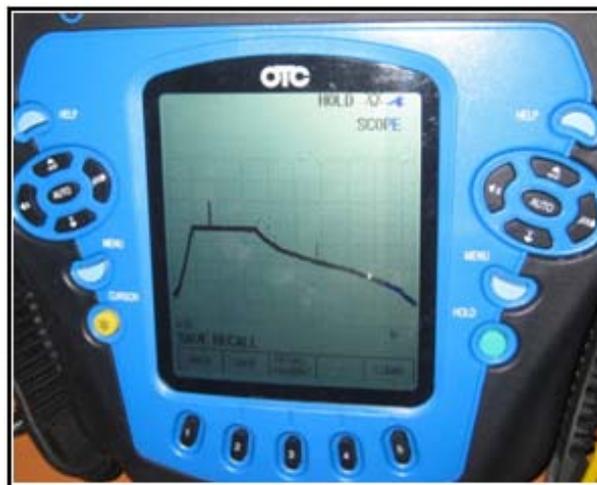


Fuente: Autores.

4.4.1.4. Sensores IAT y ECT.

Comprobamos los sensores IAT (Sensor de Temperatura del Aire) y ECT (Sensor de Temperatura del Líquido Refrigerante); que son termistores de tipo NTC obteniendo la siguiente curva.

Fig. 4-12. Señal de los Sensores IAT y ECT.



Fuente: Autores.

A 160 °C de temperatura del aire capturamos un valor de tiempo de inyección de 4 milisegundos.

Fig. 4-13. Adquisición de Datos.



Fuente: Autores.

Finalmente a una temperatura de 52 °C del líquido refrigerante obtenemos un tiempo de inyección de 16.5 milisegundos.

Fig. 4-14. Adquisición de Datos.



Fuente: Autores.

4.4.2. Actuadores.

4.4.2.1. Inyector.

Por medio del osciloscopio logramos capturar la curva del inyector a diferentes tiempos de inyección variando las revoluciones por minuto del banco simulador.

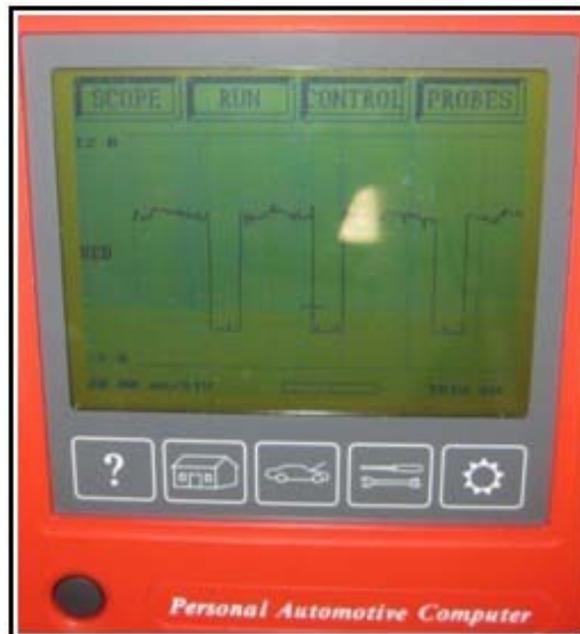
Fig. 4-15. Señal del Inyector.



Fuente: Autores.

Con ayuda de un segundo osciloscopio demostramos la similitud de la forma de onda del pulso de inyección.

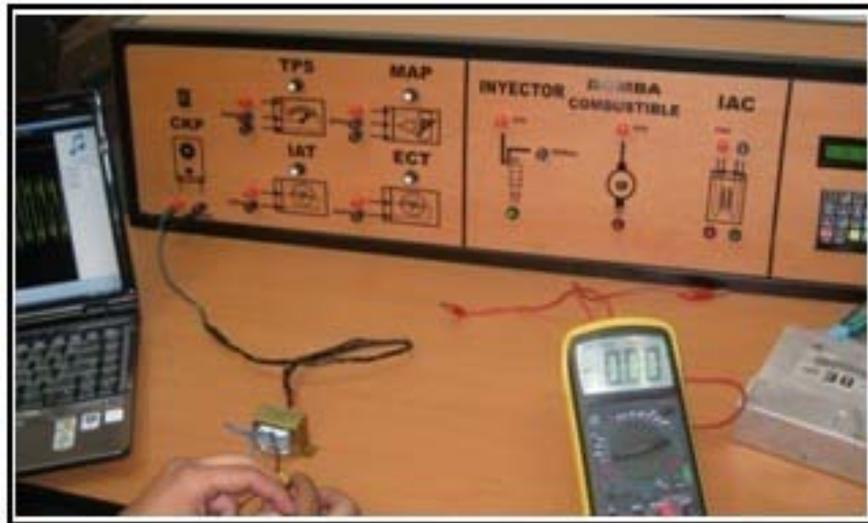
Fig. 4-16. Señal del Inyector.



Fuente: Autores.

Como última prueba de los sensores y actuadores utilizamos un multímetro automotriz para medir los diferentes voltajes existentes en el banco de simulación.

Fig. 4-17. Adquisición de Datos Mediante Un Multímetro.



Fuente: Autores.

CONCLUSIONES

Luego de la realización de este proyecto de tesis podemos concluir lo siguiente:

- Se diseño y construyó un banco de simulación de gestión electrónica para un vehículo de marca Chevrolet modelo Corsa Wind, a través, de la generación de fuentes de señales típicas de los sensores interpretadas por la computadora y activar a los distintos actuadores que intervienen en un sistema de inyección electrónica a gasolina.
- Básicamente los sensores y actuadores presentes en el vehículo funcionan mediante cambios o variaciones de voltajes, los cuales son recibidos como datos por medio de la ECU, enviando a su vez señales para controlar en este caso el pulso de inyección o a su vez variaciones de tiempo de encendido, etc. Para este caso el banco de pruebas realizado está en la capacidad de simular estas señales, tanto analógicas como digitales, por lo que reemplazaría a cualquier sensor o actuador del vehículo estableciendo fallas de funcionamiento del mismo, con lo que se podría analizar prácticamente y detenidamente el control que genera una ECU ha dicho vehículo.
- Se elaboró diagramas eléctricos y electrónicos de las señales de los sensores específicos para el banco de simulación, permitiendo obtener las curvas características de cada uno, para realizar un eficiente entrenamiento en este tipo de sistema, tomando en cuenta los valores específicos de cada componente que interviene en el proyecto diseñado.
- Se comprobó que para señales generadas por el simulador concuerdan con funcionamiento normal de las que son generadas por los sensores del vehículo para el cual fue diseñado el banco de simulación.

- Se realizó la aplicación tomando en cuenta el factor ergonómico, brindando comodidad al operario que va a trabajar en el simulador realizando mediciones más rápidas en las tomas implementadas e interpretando de manera visual los eventos típicos de un sistema de gestión electrónica, además, permite la interacción en el diagnóstico con instrumentos de medición adicionales para comprobar el correcto funcionamiento del mismo.

RECOMENDACIONES

- Para comprobar el sistema de inyección electrónica, debe utilizarse una lógica de manipulación del banco, partiendo de la puesta en contacto (ON) del interruptor para generar los voltajes de alimentación requeridos a cada uno de los sensores. La reproducción de ondas del captor de giro CKP permite la simulación de las diversas señales de entrada de los sensores, y el posterior análisis del comportamiento de los actuadores, estos eventos empezarán con un orden lógico de funcionamiento, simulando el normal desempeño del sistema en el vehículo, observando las diferentes variaciones de entrada y salida de los sensores y actuadores de las señales enviados por la ECU.

BIBLIOGRAFIA

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANGULO Usategui, José M, Diseño Practico de Aplicaciones Microcontroladores PIC; Madrid, Ediciones McGRAW-HILL, (2003).
- CEKIT, Curso Practico de Electronica Moderna, Tomo 1.
- COGDELL, J, R, Fundamentos de Electrónica, México, PEARSON EDUCACION, (2000).
- DORF, Richard, Svoboda, James, Circuitos Eléctricos, Sexta Edición, México, ALFAOMEGA EDITOR, S.A. de C.V, (2006).
- FROHN, Manfred, Oberthür, Wolfgang, Siedler, Hans – Jobs, Wiemer, Manfred, Zastrow, Peter; Componentes y Circuitos Básicos de la Microelectrónica, Alemania, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GTZ, (1997).
- KAMMERER, Josef, Lamparter, Hans – Peter, Neidel, Michael, Oberthür, Wolfgang, Piegsa, Johannes, Siedler, Hans – Jobs, Zastrow, Peter; Módulos de la Microelectronica, Alemania, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GTZ, (1998).
- MALVINO, Albert Paul, Principios de Electrónica, Sexta Edición, España, McGRAW-HILL/INTERAMERICANA, (2000).
- MALVINO, Albert, Bates, David, Principios de Electronica, Septima Edición, España, McGraw-Interamerica, (2007).

- Mecánica Automotriz Fácil, Inyección Electrónica en motores a gasolina, Volumen 1, México, México Digital Comunicación, (2006).
- NASHELSKY, Boylestad, Teoria de Circuitos y Dispositivos Electronicos, Octava Edicion, México, PEARSON Educacion, (2003).
- SANTANDER, Rueda, Jesus, Manual Técnico de Fuel Inyection, Tomo 3, Colombia, Editores Diseli, (2005).
- SEDRA, Adel, Circuitos Microelectrónicos, Quinta Edición, México, McGRAW-HILL, (2006).
- Tecnichal Service Information, TIS 2000, Software Original de General Motors, (2004).
- TOCCI, Ronald J y Widmer, Neal S, Sistemas Digitales, octava edición, México, PEARSON EDUCACION, (2003).

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- Electrónica Unicrom, Código de colores de las resistencias / resistores, [http:// www.unicrom.com/TuT_codigocolores.asp](http://www.unicrom.com/TuT_codigocolores.asp), España, 2006.
- MONTEJO Ráez Miguel Angel, Dispositivos Electrónicos de Potencia: Relés, http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:zrWtB0fx5uAJ:www.ugr.es/~amroldan/enlaces/dispo_potencia/reles.htm+estructura+de+un+rele&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec, México, 2002.

- MEGANEBOY Dani, Sensores en el Automóvil, Argentina, <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:zhIYIpbcdgJ:www.mecanicavirtual.org/sensores2.htm+sensor+de+rotacion&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=ec> Brazil, 2007.
- Revista Automotriz. net, Las Bombas Eléctricas de Gasolina, http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:JJd_pebl3pwJ:www.automotriz.net/tecnica/bombas-gasolina-electricas.html+bomba+electronica+de+gasolina&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec, Venezuela, 2000.

ANEXOS:

ANEXO 1.

Data Sheet Pic 16F877A



PIC16F87XA

28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers

Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F876A
- PIC16F877A

High-Performance RISC CPU:

- Only 35 single-word instructions to learn
- All single-cycle instructions except for program branches, which are two-cycle
- Operating speed: DC – 20 MHz clock input
DC – 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of Flash Program Memory, Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM), Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to other 28-pin or 40/44-pin PIC16CXXX and PIC16FXXX microcontrollers

Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler, can be incremented during Sleep via external crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address detection
- Parallel Slave Port (PSP) – 8 bits wide with external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for Brown-out Reset (BOR)

Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital Converter (A/D)
- Brown-out Reset (BOR)
- Analog Comparator module with:
 - Two analog comparators
 - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
 - Programmable input multiplexing from device inputs and internal voltage reference
 - Comparator outputs are externally accessible

Special Microcontroller Features:

- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory typical
- Data EEPROM Retention > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving Sleep mode
- Selectable oscillator options
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

CMOS Technology:

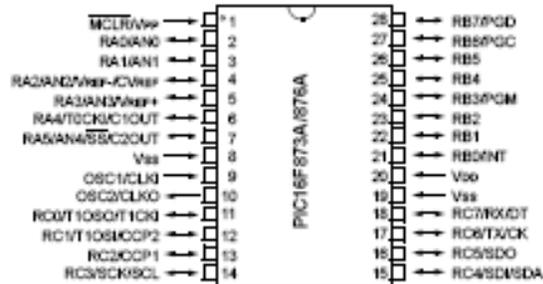
- Low-power, high-speed Flash/EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Commercial and industrial temperature ranges
- Low-power consumption

Device	Program Memory		Data SRAM (Bytes)	EEPROM (Bytes)	I/O	10-bit A/D (ch)	CCP (PWM)	MSSP		USART	Timers 8/16-bit	Comparators
	Bytes	# Single Word Instructions						SPI	Master I ² C			
PIC16F873A	7.2K	4096	192	128	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F874A	7.2K	4096	192	128	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F876A	14.3K	8192	368	256	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F877A	14.3K	8192	368	256	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2

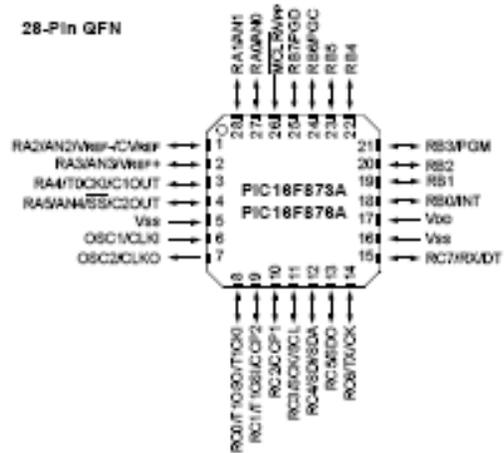
PIC16F87XA

Pin Diagrams

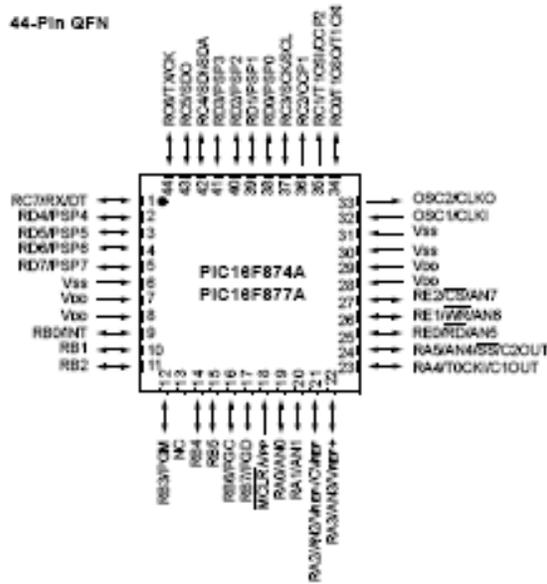
28-Pin PDIP, SOIC, SSOP



28-Pin QFN



44-Pin QFN



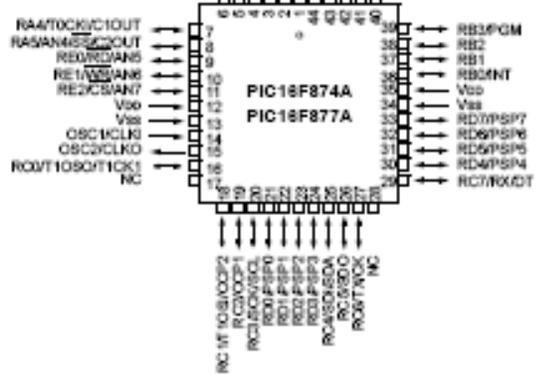
PIC16F87XA

Pin Diagrams (Continued)

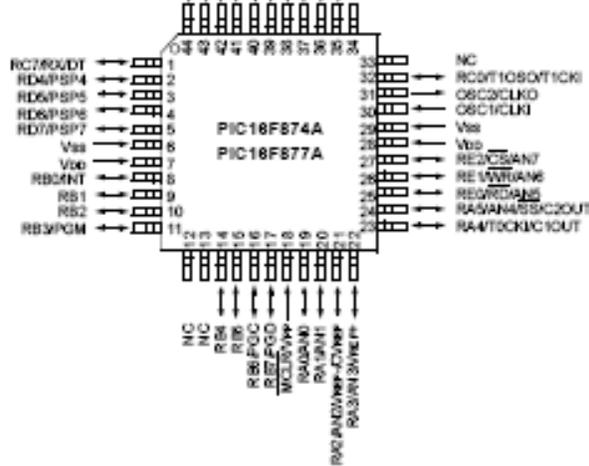
40-Pin PDIP



44-Pin PLCC



44-Pin TQFP



ANEXO 2.

Data Sheet Diodo Zener.



ELECTRONICS, INC.
44 FARRAND STREET
BLOOMFIELD, NJ 07003
(973) 748-5089

NTE5000A thru NTE5060A
Zener Diode, 1/2 Watt
±5% Tolerance

Features:

- Zener Voltage 2.4 to 200V
- DO35 Package

Maximum Ratings:

Operating Junction Temperature Range, T_{opr} -85° to +200°C
 Storage Temperature Range, T_{stg} -85° to +200°C
 DC Power Dissipation, P_D 500mW
 Derate Above 75°C 4.0mW/°C
 Forward Voltage ($I_F = 200mA$), V_F 1.1V

Electrical Characteristics: ($T_C = +25^\circ C$, unless otherwise specified)

NTE Type Number	Nominal Zener Voltage $V_z @ I_{zt}$ (Note 1)	Zener Test Current (I_{zt})	Maximum Dynamic Impedance		Typical Temperature Coefficient (Note 2) α_{vz}	Maximum Leakage Current $I_R @ V_R$	
			$Z_{zt} @ I_{zt}$	$Z_{zk} @ 0.25mA (I_{zk})$		μA	Volts
			Ohms	Ohms		%/°C	
NTE5000A	2.4	20	30	1200	-0.085	100	1.0
NTE5001A	2.5	20	30	1250	-0.085	100	1.0
NTE5002A	2.7	20	30	1300	-0.080	75	1.0
NTE5003A	2.8	20	30	1400	-0.080	75	1.0
NTE5004A	3.0	20	29	1600	-0.075	50	1.0
NTE5005A	3.3	20	28	1600	-0.070	25	1.0
NTE5006A	3.6	20	24	1700	-0.065	15	1.0
NTE5007A	3.9	20	23	1900	-0.060	10	1.0
NTE5008A	4.3	20	22	2000	±0.055	5	1.0
NTE5009A	4.7	20	19	1900	±0.030	5	2.0
NTE5010A	5.1	20	17	1600	±0.030	5	2.0
NTE5011A	5.6	20	11	1600	+0.038	5	3.0

Electrical Characteristics (Cont'd): ($T_C = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise specified)							
NTE Type Number	Nominal Zener Voltage $V_Z @ I_{ZT}$ (Note 1)	Zener Test Current (I_{ZT})	Maximum Dynamic Impedance		Typical Temperature Coefficient (Note 2) α_{VZ}	Maximum Leakage Current $I_R @ V_R$	
			$Z_{ZT} @ I_{ZT}$	$Z_{ZK} @ 0.25\text{mA} (I_{ZK})$		μA	Volts
	Volts	mA	Ohms	Ohms	%/°C		
NTE5012A	6.0	20	7	1600	+0.038	5	3.5
NTE5013A	6.2	20	7	1000	0.045	5	4.0
NTE5014A	6.8	20	5	750	0.050	3	5.0
NTE5015A	7.5	20	6	500	0.058	3	6.0
NTE5016A	8.2	20	8	500	0.062	3	6.5
NTE5017A	8.7	20	8	600	0.065	3	6.5
NTE5018A	9.1	20	10	600	0.068	3	7.0
NTE5019A	10	20	17	600	0.075	3	8.0
NTE5020A	11	20	22	600	0.076	2	8.4
NTE5021A	12	20	30	600	0.077	1	9.1
NTE5022A	13	9.5	13	600	0.079	0.5	9.9
NTE5023A	14	9.0	15	600	0.082	0.1	10
NTE5024A	15	8.5	16	600	0.082	0.1	11
NTE5025A	16	7.8	17	600	0.083	0.1	12
NTE5026A	17	7.4	19	600	0.084	0.1	13
NTE5027A	18	7.0	21	600	0.085	0.1	14
NTE5028A	19	6.6	23	600	0.086	0.1	14
NTE5029A	20	6.2	25	600	0.086	0.1	15
NTE5030A	22	5.6	29	600	0.087	0.1	17
NTE5031A	24	5.2	33	600	0.088	0.1	18
NTE5032A	25	5.0	35	600	0.089	0.1	19
NTE5033A	27	4.6	41	600	0.090	0.1	21
NTE5034A	28	4.5	44	600	0.091	0.1	21
NTE5035A	30	4.2	49	600	0.091	0.1	23
NTE5036A	33	3.8	58	700	0.092	0.1	25
NTE5037A	36	3.4	70	700	0.093	0.1	27
NTE5038A	39	3.2	80	800	0.094	0.1	30
NTE5039A	43	3.0	93	900	0.095	0.1	33
NTE5040A	47	2.7	105	1000	0.095	0.1	36

Electrical Characteristics (Cont'd): ($T_C = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise specified)

NTE Type Number	Nominal Zener Voltage $V_Z @ I_{ZT}$ (Note 1)	Zener Test Current (I_{ZT})	Maximum Dynamic Impedance		Typical Temperature Coefficient (Note 2) α_{VZ}	Maximum Leakage Current $I_R @ V_R$	
			$Z_{zt} @ I_{zt}$	$Z_{zk} @ 0.25\text{mA} (I_{zk})$		μA	Volts
			Ohms	Ohms		%/°C	
NTE5041A	51	2.5	125	1100	0.096	0.1	39
NTE5042A	56	2.2	150	1300	0.096	0.1	43
NTE5043A	60	2.1	170	1400	0.097	0.1	46
NTE5044A	62	2.0	185	1400	0.097	0.1	47
NTE5045A	68	1.8	230	1600	0.097	0.1	52
NTE5046A	75	1.7	270	1700	0.098	0.1	56
NTE5047A	82	1.5	330	2000	0.098	0.1	62
NTE5048A	87	1.4	370	2200	0.099	0.1	68
NTE5049A	91	1.4	400	2300	0.099	0.1	69
NTE5050A	100	1.3	500	2600	0.110	0.1	76
NTE5051A	110	1.1	750	3000	0.110	0.1	84
NTE5052A	120	1.0	900	4000	0.110	0.1	91
NTE5053A	130	0.95	1100	4500	0.110	0.1	100
NTE5054A	140	0.90	1300	4500	0.110	0.1	106
NTE5055A	150	0.85	1500	5000	0.110	0.1	114
NTE5056A	160	0.80	1700	5500	0.110	0.1	122
NTE5057A	170	0.74	1900	5500	0.110	0.1	129
NTE5058A	180	0.68	2200	6000	0.110	0.1	137
NTE5059A	190	0.66	2400	6500	0.110	0.1	144
NTE5060A	200	0.65	2500	7000	0.110	0.1	152

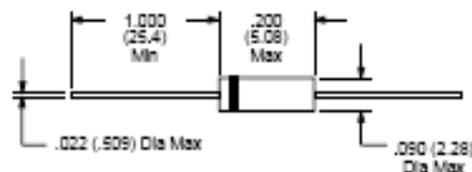
Note 1. The electrical characteristics are measured after allowing the device to stabilize for 90 seconds with $+30^\circ\text{C}$ lead temperature.

Note 2. Test conditions for temperature coefficient are as follows:

a. $I_{ZT} = 7.5\text{mA}$, $T_1 = +25^\circ\text{C}$, $T_2 = +125^\circ\text{C}$ (NTE5000A thru NTE5021A)

b. $I_{ZT} = \text{Rated } I_{ZT}$, $T_1 = +25^\circ\text{C}$, $T_2 = +125^\circ\text{C}$ (NTE5022A thru NTE5060A)

Device to be temperature stabilized with current applied prior to reading breakdown voltage at the specified ambient temperature.



Color Band Denotes Cathode

ANEXO 3.

Data Sheet Transistor NPN



ELECTRONICS, INC.
 44 FARRAND STREET
 BLOOMFIELD, NJ 07003
 (973) 748-5089
<http://www.nteinc.com>

NTE123AP
Silicon NPN Transistor
Audio Amplifier, Switch
(Compl to NTE159)

Absolute Maximum Ratings:

Collector-Emitter Voltage, V_{CE0}	40V
Collector-Base Voltage, V_{CB}	60V
Emitter-Base Voltage, V_{EB}	6V
Continuous Collector Current, I_C	600mA
Total Device Dissipation ($T_A = +25^\circ\text{C}$), P_D	625mW
Derate Above 25°C	5.0mW/ $^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation ($T_C = +25^\circ\text{C}$), P_D	1.5W
Derate Above 25°C	12mW/ $^\circ\text{C}$
Operating Junction Temperature Range, T_J	-55° to $+150^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range, T_{stg}	-55° to $+150^\circ\text{C}$
Thermal Resistance, Junction to Case, R_{thJC}	83.3 $^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction to Ambient, R_{thJA}	200 $^\circ\text{C/W}$

Electrical Characteristics: ($T_A = +25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
OFF Characteristics						
Collector-Emitter Breakdown Voltage	$V_{(BR)CEO}$	$I_C = 1\text{mA}, I_B = 0$, Note 1	40	-	-	V
Collector-Base Breakdown Voltage	$V_{(BR)CBO}$	$I_C = 0.1\text{mA}, I_E = 0$	60	-	-	V
Emitter-Base Breakdown Voltage	$V_{(BR)EBO}$	$I_E = 0.1\text{mA}, I_C = 0$	6	-	-	V
Collector Cutoff Current	I_{CEV}	$V_{CE} = 35\text{V}, V_{EB(EB)} = 0.4\text{V}$	-	-	0.1	μA
Base Cutoff Current	I_{BEV}	$V_{CE} = 35\text{V}, V_{EB(EB)} = 0.4\text{V}$	-	-	0.1	μA
ON Characteristics (Note 1)						
DC Current Gain	h_{FE}	$V_{CE} = 1\text{V}, I_C = 0.1\text{mA}$	20	-	-	
		$V_{CE} = 1\text{V}, I_C = 1\text{mA}$	40	-	-	
		$V_{CE} = 1\text{V}, I_C = 10\text{mA}$	80	-	-	
		$V_{CE} = 1\text{V}, I_C = 150\text{mA}$	100	-	300	
		$V_{CE} = 1\text{V}, I_C = 500\text{mA}$	40	-	-	

Note 1. Pulse Test: Pulse Width $\leq 300\mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2\%$.

Electrical Characteristics (Cont'd): ($T_A = +25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
ON Characteristics (Note 1) (Cont'd)						
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_C = 150\text{mA}, I_B = 15\text{mA}$	-	-	0.4	V
		$I_C = 500\text{mA}, I_B = 50\text{mA}$	-	-	0.75	V
Base-Emitter Saturation Voltage	$V_{BE(sat)}$	$I_C = 150\text{mA}, I_B = 15\text{mA}$	0.75	-	0.95	V
		$I_C = 500\text{mA}, I_B = 50\text{mA}$	-	-	1.2	V
Small-Signal Characteristics						
Current Gain-Bandwidth Product	f_T	$I_C = 20\text{mA}, V_{CE} = 10\text{V}, f = 100\text{MHz}$	250	-	-	MHz
Collector-Base Capacitance	C_{cb}	$V_{CE} = 5\text{V}, I_E = 0, f = 100\text{kHz}$	-	-	6.5	pF
Emitter-Base Capacitance	C_{eb}	$V_{CE} = 0.5\text{V}, I_C = 0, f = 100\text{kHz}$	-	-	30	pF
Input Impedance	h_{ie}	$I_C = 1\text{mA}, V_{CE} = 10\text{V}, f = 1\text{kHz}$	1.0	-	15	$k\Omega$
Voltage Feedback Ratio	h_{ve}	$I_C = 1\text{mA}, V_{CE} = 10\text{V}, f = 1\text{kHz}$	0.1	-	8.0	$\times 10^{-5}$
Small-Signal Current Gain	$h_{\beta e}$	$I_C = 1\text{mA}, V_{CE} = 10\text{V}, f = 1\text{kHz}$	40	-	500	
Output Admittance	h_{oe}	$I_C = 1\text{mA}, V_{CE} = 10\text{V}, f = 1\text{kHz}$	1.0	-	30	μhos
Switching Characteristics						
Delay Time	t_d	$V_{CC} = 30\text{V}, V_{BE(on)} = 2\text{V},$ $I_C = 150\text{mA}, I_{B1} = 15\text{mA}$	-	-	15	ns
Rise Time	t_r		-	-	20	ns
Storage Time	t_s	$V_{CC} = 30\text{V}, I_C = 150\text{mA},$ $I_{B1} = I_{B2} = 15\text{mA}$	-	-	225	ns
Fall Time	t_f		-	-	30	ns

Note 1. Pulse Test: Pulse Width $\leq 300\mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2\%$.

