

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL
EJÉRCITO**



SEDE LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR DE GESTIÓN
ELECTRÓNICA PARA MÓDULOS DE CONTROL ELECTRÓNICO
(ECM) PARA MOTORES DIESEL CUMMINS CON LAS
ESPECIFICACIONES N14”.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AUTOMOTRIZ**

ZAPATA VACA ALEX MAURICIO

Latacunga, Marzo del 2009

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo: ZAPATA VACA ALEX MAURICIO

DECLARO QUE:

El proyecto de grado titulado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR DE GESTIÓN ELECTRONICA PARA ECM EN MOTORES DIESEL CUMMINS CON LAS ESPECIFICACIONES N14”** ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mí autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Marzo del 2009.

ZAPATA VACA ALEX MAURICIO
CI. No. 171597502-3

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Yo: ZAPATA VACA ALEX MAURICIO

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la Biblioteca Virtual de la Institución del trabajo “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR DE GESTIÓN ELECTRONICA PARA ECM EN MOTORES DIESEL CUMMINS CON LAS ESPECIFICACIONES N14**” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Marzo del 2009.

ZAPATA VACA ALEX MAURICIO
Cl. No. 171597502-3

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

ING. ESTEBAN LÓPEZ (DIRECTOR)

ING. JULIO ACOSTA (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR DE GESTIÓN ELECTRONICA PARA ECM EN MOTORES DIESEL CUMMINS CON LAS ESPECIFICACIONES N14”** realizado por el señor: ZAPATA VACA ALEX MAURICIO ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, Si recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autorizan al señor: ZAPATA VACA ALEX MAURICIO que lo entregue al ING. JUAN CASTRO, en su calidad de Coordinador de Carrera.

Latacunga, Marzo del 2009.

Ing. Esteban López

DIRECTOR

Ing. Julio Acosta

CODIRECTOR

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por Alex Mauricio Zapata Vaca, bajo nuestra supervisión.

ING. ESTEBAN LÓPEZ
DIRECTOR DE PROYECTO

ING. JULIO ACOSTA
CODIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Doy mi mas sincero agradecimiento a Dios, que ha sido mi guía en todo momento, ya que con ayuda de él me ha llevado a consolidar mis metas y todos los anhelos de mi vida.

De la misma forma Dios me ha dado la oportunidad de tener a mi lado personas tan especiales como mis padres, mi hermano y toda mi familia quienes han sido pilares fundamentales de amor, responsabilidad, apoyo, y comprensión.

Agradezco a mis amigos con los cuales compartimos buenos momentos, logros y derrotas a lo largo de mi vida universitaria.

Alex Zapata V.

DEDICATORIA

Al culminar una etapa mas de mi vida académica, dedico este trabajo a mis padres que con su esfuerzo, apoyo, sacrificio y confianza he podido alcanzar esta meta.

Por ser un ejemplo de vida, por dejar todo por el cumplimiento de mis metas y por ser la familia ejemplar, es para Ustedes este proyecto, sacrificio suyo y mío diariamente.

También quiero dedicar este proyecto a la memoria de mi abuelito Hugo Zapata y mi tío Marcelo Vaca, ya que estoy seguro que desde el cielo contribuyen al desarrollo de mi vida.

Alex Zapata V.

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	II
AUTORIZACIÓN.....	III
CERTIFICADO.....	IV
CERTIFICACIÓN.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
DEDICATORIA.....	VII
ÍNDICE.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XXI
RESUMEN.....	1
PRESENTACIÓN.....	2

CAPÍTULO I

ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS UTILIZADOS EN MOTORES DIESEL.

1.1. GENERALIDADES.....	3
1.2. INTRODUCCIÓN A LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS – ELECTRÓNICOS.....	4
1.2.1 ELEMENTOS PASIVOS.....	4
1.2.1.1 RESISTENCIAS.....	4
1.2.1.2 TERMISTORES.....	11
1.2.1.3 CAPACITORES.....	14
1.2.1.3.1 CAPACITORES DE CERÁMICA.....	16
1.2.1.3.2 CAPACITORES DE PLÁSTICO.....	19
1.2.1.3.3 CAPACITORES DE MICA.....	21
1.2.1.3.4 CAPACITORES ELECTROLÍTICOS.....	21
1.2.1.3.5 CAPACITORES DE TANTALIO.....	22

1.2.1.3.6 SELECCIONES DE CAPACITORES.....	22
1.2.1.3.7 CAPACITORES PARA CIRCUITOS INTEGRADOS.....	23
1.2.1.4 INDUCTORES.....	24
1.2.1.4.1 BOBINAS: INDUCTORES EN SERIO Y PARALELO	25
1.2.1.4.2 INDUCTORES PARA APLICACIONES EN CIRCUITOS INTEGRADOS.....	26
1.2.1.5 TRANSFORMADORES.....	26
1.2.1.5.1 TRANSFORMADORES DE POTENCIA	27
1.2.1.6 RELÉS.....	29
1.2.2 ELEMENTOS ACTIVOS.....	31
1.2.2.1 DIODOS DE UNIÓN PN	31
1.2.2.1.1 TIPOS DE DIODOS.....	32
1.2.2.1.2 APLICACIONES	33
1.2.2.2 RECTIFICADORES	33
1.2.2.3 TRANSISTORES.....	34
1.2.2.3.1 CARACTERISTICAS DEL TRANSISTOR REAL	35
1.2.2.3.2 TIPOS DE TRANSISTORES DE POTENCIA	35
1.2.2.3.2.1 TRANSISTORES BJT	35
1.2.2.3.2.2 TRANSISTORES FET (JFET)	37
1.2.2.3.2.3 TRANSISTORES DARLINTON	39
1.2.2.3.2.4 TRANSISTORES MOSFET	41
1.2.2.4 CIRCUITOS INTEGRADOS	42
1.2.2.4.1 FAMILIAS BIPOLARES	43
1.2.2.4.2 FAMILIAS MOS	43
1.2.2.4.3 ELABORACIÓN DE LAS TABLETAS.....	44
1.2.2.4.4 FABRICACIÓN DE CIRCUITOS BIPOLARES.....	44
1.2.2.4.5 LÓGICA TRANSISTOR - TRANSISTOR	43
1.2.2.4.6 CIRCUITOS INTEGRADOS HIBRIDOS	43
1.2.2.4.7 METODOS DE INTERCONEXIÓN	43
1.2.3 GENERADORES DE ONDAS	47
1.2.3.1 OSCILADORES.....	47
1.2.3.1.1 TIPOS DE OSCILADORES	48
1.2.3.1.2 ESTABILIDAD DE LOS OSCILADORES.....	49
1.2.3.2 GENERADORES DE ONDAS CUADRADAS	49
1.2.3.3 GENERADORES DE PULSOS.....	50
1.2.4 ELECTRÓNICA DE MÓDULOS	50
1.2.4.1 GENERALIDADES	50
1.2.4.2 ANÁLISIS DE LAS FUNCIONES BÁSICAS.....	51
1.2.4.3 PARTES DE UN MÓDULO ELECTRÓNICO DE CONTROL	52

1.2.4.4	CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN O FUENTE	52
1.2.4.5	CIRCUITO DE CONTROL	53
1.2.4.6	PROCESAMIENTO DE DATOS	55
1.2.5	FUNCIONES DIGITALES	56
1.2.5.1	TEMPORIZADOR.....	56
1.2.5.2	MEDICIONES ANALÓGICAS	57
1.2.5.3	MEDICIONES DIGITALES	57
1.2.5.4	MEDICIONES DIGITALES DIRECTAS.....	59
1.2.5.5	CONTEO DE PULSOS.....	60

CAPÍTULO II

CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS DE LA ECM.

2.1	INTRODUCCIÓN AL SISTEMA DE INYECCIÓN DIESEL	64
2.1.1	MÓTOR DIESEL.....	64
2.1.2	CUMMINS	64
2.1.3	MOTOR CUMMINS N14	65
2.2.	CLASIFICACIÓN GENERAL	66
2.2.1	MEDIANTE BOMBA DE INYECCIÓN.....	66
2.2.2	SISTEMA INYECTOR BOMBA.....	69
2.2.3	SISTEMA COMMON RAIL	69
2.2.4	SISTEMA DE INYECCIÓN UTILIZADO EN EL MOTOR CUMMINS N14	70
2.2.5	SEÑALES BASE	71
2.3.	COMPUTADORES AUTOMOTRICES	72
2.4.	SISTEMAS ON-BOARD.....	74
2.4.1.	OBD I.....	74
2.4.2.	OBD II.....	75
2.4.3.	OBD III.....	84
2.5.	MEMORIAS.....	86
2.5.1.	CARACTERISTICAS DE LAS MEMORIAS DE SEMICONDUCTORES	86
2.6.	TIPOS DE MEMORIA.....	87
2.6.1.	MEMORIAS TIPO DIL	87
2.6.2.	MEMORIAS TIPO PLCC	88
2.6.3.	MEMORIAS TIPO SOP	89

2.7. MEMORIA ROM	89
2.7.1. TIPOS DE ROMS	90
2.8. MEMORIA RAM	92
2.8.1. TIPOS DE RAM.....	93
2.9. RELOJ (CLOCK)	93
2.10. CAN BUS	94
2.10.1. COMO FUNCIONA EL SISTEMA BUS CAN	94
2.10.2. CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL PROTOCOLO CAN.....	97
2.10.3. FORMATOS DE LOS MENSAJES	98
2.10.4. PATRONES EXISTENTES.....	99
2.10.5. DETECCIÓN DE FALLAS	100
2.10.6. COMPONENTES DEL BUS CAN.....	104
2.10.6.1 CABLES	104
2.10.6.2 ELEMENTOS DE CIERRE O TERMINADORES	105
2.10.6.3 CONTROLADORES	105
2.10.6.4 TRANSMISOR / RECEPTOR	106
2.10.7. DESARROLLO DE UN CICLO DE TRANSMISIÓN DE DATOS... ..	107
2.10.8. DATAGRAMA.....	108
2.10.8.1 CAMPOS DE DATAGRAMA.....	109
2.10.9. COMO ES EL MENSAJE.....	110
2.10.9.1 ESTRUCTURA DEL MENSAJE ESTANDAR	111
2.10.10. GENERACIÓN DE PROTOCOLO DE DATOS.....	113
2.10.11. ADJUDICACIÓN DE PROPIEDADES EN EL CAN BUS DE DATOS	114
2.10.12. CAN BUS DEL ÁREA DE TRACCIÓN.....	116
2.10.13. CAN BUS DEL ÁREA DE CONFORT.....	118
2.10.14. CAN BUS DEL ÁREA DE DISPLAY	119
2.10.15. DIAGNÓSTICO DEL CAN BUS	122

CAPÍTULO III

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SIMULADOR DE GESTIÓN ELECTRÓNICA.

3.1. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA	124
3.2. SEÑALES A COMPROBAR	125
3.3. PARÀMETROS CONSIDERADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SIMULADOR	126

3.3.1.	SENSOR DE PRESION DEL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN MAP.....	126
3.3.1.1	DISEÑO DEL CIRCUITO DEL SENSOR MAP	129
3.3.2.	SENSOR DE TEMPERATURA DEL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN IAT	130
3.3.2.1	DISEÑO DEL CIRCUITO DEL SENSOR IAT.....	132
3.3.3.	SENSOR DE POSICIÓN DEL MOTOR EPS	132
3.3.3.1	GENERACIÓN DE ONDA DEL SENSOR EPS.....	134
3.3.3.2	PASOS PARA EL PROCESO DE COPIADO DE LA SEÑAL DEL SENSOR EPS.....	135
3.3.4.	SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE WTS	136
3.3.4.1	DISEÑO DEL CIRCUITO DEL SENSOR WTS	138
3.3.5.	SENSOR DE TEMPERATURA DEL ACEITE DEL MOTOR OTS .	138
3.3.5.1	DISEÑO DEL CIRCUITO DEL SENSOR OTS.....	140
3.3.6.	SENSOR DE PRESION DEL ACEITE DEL MOTOR OPS.....	141
3.3.6.1	DISEÑO DEL CIRCUITO DEL SENSOR OPS.....	142
3.3.7.	INYECTORES	142
3.3.8.	SOLENOIDE DE CIERRE DE COMBUSTIBLE	144
3.3.8.1	DISEÑO DEL CIRCUITO DEL ACTUADOR SOLENOIDE DE CIERRE DE COMBUSTIBLE	145
3.3.9.	SENSOR DE POSICIÓN DEL ACELERADOR TPS	146
3.3.9.1	DISEÑO DEL CIRCUITO DEL SENSOR TPS	147
3.3.10.	INTERRUPTOR DE VALIDACIÓN DE MARCHA EN VACÍO IVS .	148
3.3.10.1	DISEÑO DEL INTERRUPTOR DE VALIDACIÓN DE MARCHA EN VACÍO IVS	149
3.4.	DISEÑO DE LA TARJETA DE CONTROL.....	150
3.5.	MONTAJE Y ACOPLAMIENTO DE ELEMENTOS ELÉCTRICOS – ELECTRÒNICOS.....	152
3.6.	CONEXIONES AL TABLERO DE INSTRUMENTACIÓN.....	153
3.7.	ANÁLISIS DE LA ECM	154

CAPÍTULO IV

PROCEDIMIENTOS Y PRUEBAS DEL EQUIPO.

4.1.	PROCEDIMIENTOS.....	157
4.2.	PRUEBAS	158

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. CONCLUSIONES.....	180
5.2. RECOMENDACIONES.....	181

CAPÍTULO VI

<i>BIBLIOGRAFÍA.....</i>	<i>183</i>
---------------------------------	-------------------

CAPÍTULO VII

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS UTILIZADOS EN MOTORES DIESEL

1.1 RESISTENCIA DE CARBONO DE 0.25 A 4W.....	4
1.2 RESISTENCIA BOBINADA CEMENTADA DE 2 A 15W	4
1.3 RESISTENCIA BOBINADA DE GRAN POTENCIA 10W EN ADELANTE.....	4
1.4 RESISTENCIA VARIABLES	6
1.5 RESISTENCIA SMD A) RESISTENCIA DE TOLERANCIA 5 B) RESISTENCIA DE TOLERANCIA 1%	9
1.6 TERMISTORES: A) NTC TIPO DISCO; B) NTC TIPO CILÍNDRICO; C) PTC TIPO DISCO; D) PTC TIPO TORNILLO.....	13
1.7 CAPACITOR	15
1.8 CAPACITOR ELECTROLÍTICO.....	21
1.9 CAPACITOR DE TANTALIO	22
1.10 DIAGRAMA EN SERIE DE BOBINAS	25
1.11 DIAGRAMA EN PARALELO DE BOBINAS	25
1.12 ESTRUCTURA DE UN RELÉ.....	30
1.13 SÍMBOLO DEL DIODO	33
1.14 CURVA CARACTERÍSTICA DE UN DIODO RECTIFICADOR	34
1.15 TRANSISTOR BJT.....	36
1.16 REGIONES DE OPERACIÓN DEL BJT.....	37
1.17 ZONA DE FUNCIONAMIENTO DE JFET.....	38
1.18 TRANSISTOR JFET.....	38
1.19 TRANSISTOR DARLINGTON CON LA IDENTIFICACIÓN DE LAS PATILLAS Y SU ESTRUCTURA INTERNA.....	40
1.20 TIPO DE ENCAPSULADO DE UN TRANSISTOR DARLINGTON	40
1.21 TRANSISTOR MOSFET.....	41

1.22 CIRCUITO INTEGRADO	43
1.23 GRÁFICO COMPARATIVO LÓGICA TRANSISTOR.....	45
1.24 CONSTRUCCIÓN HÍBRIDA DE PELÍCULA DELGADA.....	46
1.25 GENERADOR DE ONDAS CUADRADAS DIAGRAMA DEL CIRCUITO / FORMA DE ONDA DE SALIDA	49
1.26 GENERADOR DE PULSOS	50
1.27 FUENTE ECM CUMMINS	53
1.28 CIRCUITO DE CONTROL ECM CUMMINS	54
1.29 PROCESAMIENTO DE DATOS ECM CUMMINS	55
1.30 CIRCUITO INTEGRADO 555	60
1.31 ARQUITECTURA INTERNA DEL CI 555.....	61
1.32 OPERACIÓN MONOESTABLE DEL CI 555.....	62
1.33 OPERACIÓN ASTABLE DEL CI 555.....	63

CAPÍTULO II

CARACTERISTICAS OPERATIVAS DE LA ECM

2.1 MOTOR CUMMINS N14.....	65
2.2 BOMBA DE INYECCIÓN EN LÍNEA BOSCH, VDT – U 2/604 BR.....	66
2.3 BOMBA DE INYECCIÓN ROTATIVA BOSCH, VE.....	67
2.4 BOMBA DE INYECCIÓN INDIVIDUALES.....	68
2.5 INYECTOR BOMBA BOSCH IB.	69
2.6 COMMON RAIL	70
2.7 SISTEMA DE INYECCIÓN CUMMINS N14.....	71
2.8 ECM CUMMINS-CELECT	73
2.9 PRO-LINK HEAVY DUTY OBD I.....	75
2.10 CONECTOR DE DIAGNÓSTICO OBD II	78
2.11 CONECTOR DEUTSCH J1587	79
2.12 CONECTOR DEUTSCH J1939	80

2.13	INLINE 5 Y INSITE DE CUMMINS	84
2.14	MEMORIA TIPO DIL	87
2.15	MEMORIA TIPO PLCC	88
2.16	MEMORIA TIPO SOP.....	89
2.17	DIAGRAMA DE BLOQUES EN ROM	90
2.18	ESQUEMA BÁSICO DE UN BUS CAN.....	94
2.19	RECEPCIÓN DE MENSAJES CAN BUS	97
2.20	MENSAJE FORMATO CAN 2.0A	98
2.21	MENSAJE FORMATO CAN 2.0B	99
2.22	RED CAN	102
2.23	MEDIDAS OBSERVADAS EN EL DESARROLLO DEL LAZO	103
2.24	CABLES CAN BUS.....	105
2.25	ELEMENTO DE CIERRE O TERMINADOR CAN BUS.....	105
2.26	CONTROLADORES CAN BUS.....	106
2.27	TRANSISTOR \ RECEPTOR CAN BUS.....	107
2.28	CICLO DE TRANSMISIÓN DE DATOS	108
2.29	DATAGRAMA	108
2.30	COMO SE ESCRIBE UN MENSAJE.....	110
2.31	MENSAJE ESTÁNDAR.....	111
2.32	PROTOCOLO DE DATOS	113
2.33	ADJUDICACIÓN DE PRIORIDADES.....	114
2.34	FUENTES PARASITAS	115
2.35	CAN BUS ÁREA DE TRACCIÓN.....	116
2.36	ÁREA DE TRACCIÓN.....	117
2.37	ÁREA DE CONFORT	119
2.38	INTERRUPCIÓN DE UN CABLE DEL BUS.....	120
2.39	CORTOCIRCUITO ENTRE LOS CABLES DEL BUS	121
2.40	DERIVACIÓN A TIERRA	121
2.41	VERIFICACIÓN OSCILOSCOPIO.....	122

CAPÍTULO III
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SIMULADOR DE GESTIÓN
ELECTRÓNICA

3.1 SIMULADOR.....	124
3.2 CIRCUITO DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN.	127
3.3 SENSOR DE PRESIÓN DEL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN.	127
3.4 CURVA DE FUNCIONAMIENTO DEL MAP.....	128
3.5 CIRCUITO DEL SENSOR MAP	129
3.6 SENSOR DE TEMPERATURA DEL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN.	131
3.7 CIRCUITO DEL SENSOR DE TEMPERATURA DEL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN.	131
3.8 CURVA DE FUNCIONAMIENTO DEL IAT.....	131
3.9 CIRCUITO DEL SENSOR IAT.....	132
3.10 SENSOR DE VELOCIDAD DEL MOTOR EPS	133
3.11 CIRCUITO DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL MOTOR (EPS).....	133
3.12 SEÑAL DEL EPS	134
3.13 CIRCUITO DE TRANSFORMADORES.....	135
3.14 CONEXIÓN DEL SENSOR EPS PARA EL COPIADO DE SEÑAL.....	136
3.15 SENSOR DE TEMPERATURA DEL MOTOR WTS	137
3.16 CURVA DE FUNCIONAMIENTO DEL WTS.....	137
3.17 CIRCUITO DEL SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE (WTS).....	138
3.18 DISEÑO DEL CIRCUITO DEL SENSOR WTS.....	138
3.19 CIRCUITO DEL SENSOR DE TEMPERATURA DEL ACEITE DEL MOTOR (OTS)	139
3.20 DISEÑO DEL CIRCUITO DEL SENSOR OTS	140
3.21 CIRCUITO DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL ACEITE DEL MOTOR (OPS).....	141
3.22 SENSOR DE TEMPERATURA DEL MOTOR WTS	141

3.23 DISEÑO DEL CIRCUITO DEL SENSOR OPS	142
3.24 INYECTOR	143
3.25 CURVA DE FUNCIONAMIENTO DEL INYECTOR	143
3.26 SOLENOIDE DE CIERRE DE COMBUSTIBLE.	144
3.27 CIRCUITO DE SOLENOIDE DE CIERRE DE COMBUSTIBLE.....	144
3.28 DISEÑO DEL CIRCUITO DE SOLENOIDE DE CIERRE DE COMBUSTIBLE.	145
3.29 SENSOR DE POSICIÓN DEL ACELERADOR (TPS)	146
3.30 CURVA DE FUNCIONAMIENTO DEL TPS.....	146
3.31 CIRCUITO DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL ACELERADOR.	147
3.32 DISEÑO DEL CIRCUITO DEL SENSOR TPS.....	147
3.33 INTERRUPTOR DE VALIDACIÓN DE MARCHA EN VACÍO (IVS). ..	148
3.34 CIRCUITO DE INTERRUPTOR DE VALIDACIÓN DE MARCHA EN VACÍO (IVS).....	148
3.35 DISEÑO DEL CIRCUITO INTERRUPTOR DE VALIDACIÓN DE MARCHA EN VACÍO (IVS).....	149
3.36 DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS DEL CIRCUITO IMPRESO DE CADA SENSOR.	150
3.37 DIAGRAMAS IMPRESOS EN LA PARTE FRONTAL DE LA TARJETA ELECTRÓNICA	151
3.38 TARJETA ELECTRÓNICA	151
3.39 TARJETAS ELECTRÓNICAS ENSAMBLADAS	152
3.40 FUENTE DE ALIMENTACIÓN	153
3.41 CONEXIONES AL TABLERO	154
3.42 CONEXIONES ENTRE COMPONENTES	154
3.43 ECM CUMMINS.....	155
3.44 ESTRUCTURA INTERNA DE LA ECM	155
3.45 CONECTORES DE LA ECM.....	156
3.46 PINES DE LOS CONECTORES DEL ARNÉS AL ECM.....	156

CAPÍTULO IV

PROCEDIMIENTO Y PRUEBAS DEL EQUIPO

4.1	INSTALACIÓN DEL OSCILOSCOPIO A CADA ELEMENTO.....	158
4.2	PANTALLA DE CALIBRACIÓN DEL OSCILOSCOPIO OTC.....	159
4.3	INTERFAZ DE COMUNICACIÓN INLINE 5 CUMMINS	159
4.4	CIRCUITO EPS	160
4.5	PIN DE CONEXIÓN EPS.....	160
4.6	ONDA SENSOR EPS	161
4.7	PIN DE CONEXIÓN EPS.....	161
4.8	ONDA SENSOR MAP	162
4.9	PINES DE CONEXIÓN MAP	162
4.10	ONDA SENSOR OPS	163
4.11	PINES DE CONEXIÓN OPS	163
4.12	ONDA SENSOR WTS	164
4.13	PIN DE CONEXIÓN WTS.....	164
4.14	ONDA SENSOR IAT	165
4.15	PIN DE CONEXIÓN IAT	165
4.16	ONDA SENSOR OTS.....	166
4.17	PIN DE CONEXIÓN OTS	166
4.18	ONDA SENSOR TPS	167
4.19	PIN DE CONEXIÓN TPS.....	167
4.20	SEÑALES SENSOR TPS Y SWITCH IVS	168
4.21	PINES DE CONEXION SENSOR TPS Y SWITCH IVS	168
4.22	SEÑALES SENSOR TPS Y SWITCH IVS.....	169
4.23	PINES DE CONEXION SENSOR TPS Y SWITCH IVS	169
4.24	MANUAL FAN.....	170
4.25	MANUAL FAN – ON	170
4.26	ENGINE BRAKE	171
4.27	ENGINE BRAKE SELECTOR 1	171

4.28 ENGINE BRAKE SELECTOR 2	172
4.29 IDLE – DIAGNOSTIC SWITCH	173
4.30 ONDA INYECTOR.....	174
4.31 PINES DE CONEXIÓN INYECTOR.....	174
4.32 ONDA DE CORRIENTE DEL INYECTOR	175
4.33 PINZA AMPEROMÉTRICA OTC.....	176
4.34 PINZA AMPEROMÉTRICA OTC.....	176
4.35 COMPARACIÓN DE CURVAS DEL INYECTOR.	176
4.36 ONDA FUEL SOLENOIDE	177
4.37 PIN DE CONEXIÓN FUEL SOLENOIDE.....	177
4.38 COMPARACIÓN DE CAN HIGH Y CAN LOW	178
4.39 PINES DE CONEXIÓN CAN HIGH Y CAN LOW	178
4.40 CONEXIÓN DEL INTERFAZ INLINE AL SIMULADOR.	179
4.41 POWERSPEC.	179

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS UTILIZADOS EN MOTORES DIESEL

1.1 CÓDIGO DE COLORES PARA TRES O CUATRO BANDAS DE LOS RESISTORES.	7
1.2 CÓDIGO DE COLORES PARA CINCO BANDAS DE LOS RESISTORES	8
1.3 VALORES EXPONENCIALES PARA RESISTENCIAS SMD	9
1.4 SENSIBILIDADES RELATIVAS DE TERMISTORES, TERMORRESISTENCIAS Y TERMOCUPLAS	12
1.5 CAPACITORES CERÁMICOS TIPO PLACA, GRUPO 1 Y 2.	16
1.6 CAPACITORES CERÁMICOS TIPO DISCO, GRUPO 1.....	17
1.7 CAPACITORES CERÁMICOS TIPO DISCO, GRUPO 2.....	17
1.8 CÓDIGOS DE COLORES: CAPACITORES CERÁMICOS TUBULARES.	18
1.9 CÓDIGOS DE MARCAS: CAPACITORES CERÁMICOS TUBULARES.	18
1.10 CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE LOS CAPACITORES DE PLÁSTICO.	19
1.11 CÓDIGOS DE COLORES: CAPACITORES DE PLÁSTICO.....	20
1.12 CÓDIGOS DE MARCAS: CAPACITORES DE PLÁSTICO.....	20
1.13 PRINCIPALES APLICACIONES DEL TRANSISTOR JFET.	39
1.14 REFERENCIA ESPECIFICA DE UN TRANSISTOR DARLINGTON.....	41
1.15 ESPECIFICACIÓN GENERAL PARA TRANSISTORES MOSFET.....	42
1.16 NÚMERO DE MÁSCARAS (INCLUYENDO LA PROTECCIÓN CONTRA RAYADURAS) REQUERIDAS PARA DIFERENTES TECNOLOGÍAS.....	45

CAPÍTULO II
CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS DE LA ECM

2.1 OBD I VS. OBD II	76
2.2 MENSAJE REAL BUS CAN.	113
2.3 CAN BUS ÁREA DE TRACCIÓN.....	118

CAPÍTULO III
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SIMULADOR DE GESTIÓN
ELECTRÓNICA

3.1 SEÑALES DE LA ECM	125
3.2 VOLTAJE DEL SENSOR MAP RESPECTO A LA PRESIÓN.....	126
3.3 RESISTENCIA DEL SENSOR RESPECTO A LA TEMPERATURA.....	130
3.4 RESISTENCIA DEL SENSOR WTS RESPECTO A LA TEMPERATURA	137
3.5 RESISTENCIA DEL SENSOR OTS RESPECTO A LA TEMPERATURA	139
3.6 VOLTAJE DEL SENSOR OPS RESPECTO A LA PRESIÓN.	141

RESUMEN

El avance tecnológico a dado un paso agigantado en las aplicaciones eléctricas y electrónicas para la optimización de los sistemas de control de inyección en los motores diesel creando la necesidad de contar con técnicos automotrices especialistas en diagnóstico, reparación y repotenciación de los nuevos motores.

Hoy en día el servicio y mantenimiento a los diferentes sistemas y componentes electrónicos de los motores a diesel en el país, sólo lo realizan los respectivos concesionarios que cuenten con el equipo original para diagnóstico y pruebas de estos sistemas, lo que origina costos muy elevados, y la adquisición de un sin número de repuestos cuyo proceso de importación en ocasiones es muy extenso, alargando el tiempo de parado de los automotores.

El presente proyecto se encuentra dividido en 4 capítulos donde se señalan los aspectos más importantes para el desarrollo del mismo.

Así, en el Capítulo I constan los elementos eléctricos – electrónicos utilizados en las computadoras automotrices ECM, de los cuales se puntualiza su funcionamiento y aplicación.

En el Capítulo II, nos introducimos en los diferentes sistemas y componentes que intervienen en la inyección electrónica en motores diesel.

En el Capítulo III, se encuentran todos los elementos tomados en cuenta como referencia para el diseño y construcción del banco de pruebas, incluyendo sus características y señales principales a probar.

Por último en el Capítulo IV, se encuentran establecidos los procedimientos, funcionamiento y pruebas del equipo para que el operario empiece a diagnosticar y luego esto conlleve a la reparación de las ECM siendo el objetivo principal del proyecto.

PRESENTACIÓN

El presente trabajo ha sido realizado como un aporte de consulta para el estudiante y profesional automotriz, interesado en el área de sistemas de inyección diesel Cummins tanto en la parte teórica y la práctica.

Tomando en cuenta satisfacer las necesidades de una comprobación y verificación de computadores automotrices a inyección electrónica de motores diesel en un tiempo mínimo y con resultados precisos, se ha creado este banco de pruebas.

En el diseño y construcción se ha tomado en cuenta todos los accesorios y elementos necesarios para simular los sensores y actuadores, encargados a la vez de poner en funcionamiento a la ECM, además se ha dotado de entradas que nos permiten realizar mediciones y comprobaciones en las facetas de diagnóstico.

El equipo realizado permitirá potencializar una de las cualidades más importantes que debe poseer un técnico Automotriz que es su creatividad para realizar de manera óptima y eficiente, las comprobaciones y operaciones de reparación de computadoras en vista de la falta de diagramación electrónica interna de la ECM, de las cuales generalmente sólo se cuenta con los diagramas de los sistemas de inyección electrónica.

Cabe destacar que el diagnóstico del computador es el último paso de los procedimientos de verificación de los sistemas de inyección y sólo se debe realizar después de un análisis preciso de los diferentes sistemas con los que cuenta un motor diesel, y realizar pruebas específicas para la determinación de mal funcionamiento del computador.

CAPÍTULO I

ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS UTILIZADOS EN MOTORES DIESEL

1.1. GENERALIDADES

Un vehículo a inyección electrónica diesel está constituido por varios sistemas electrónicos, uno de ellos es la ECM¹ la cual trabaja en equipo con sensores para poner en funcionamiento a los actuadores; siendo todos estos componentes fundamentales para el desempeño del vehículo. El control por computadora de un sistema automotriz hace que este actúe y reaccione con más precisión y rapidez.

En el motor hay una serie de sensores que son los encargados de monitorear todos los parámetros y condiciones de funcionamiento a través de la determinación de valores de temperatura, presión, posición, flujo entre otras, la mayoría de ellos se alimentan por señales de voltaje entregados por la ECM, a los que se los llama voltaje de referencia, así mismo son capaces de entregar señales características conocidas como voltaje de señal.

En la computadora, todos estos voltajes son interpretados por medio de conjuntos de circuitos integrados programados los que a su vez comandan el funcionamiento de los actuadores para lograr que el vehículo obtenga su correcto funcionamiento en diferentes condiciones de manejo, brindando al usuario beneficios importantes que van desde ahorro de combustible hasta los más bajos índices de contaminación.

¹ ECM: Módulo de Control Electrónico

1.2. INTRODUCCIÓN A LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS – ELECTRÓNICOS

En el presente capítulo, se realiza un estudio de los diferentes elementos pasivos y activos que intervienen en la conformación de los controladores electrónicos diseñados para los sistemas de inyección diesel, que hoy en día ayuda al diagnóstico y reparación de los controladores mencionados.

1.2.1 ELEMENTOS PASIVOS

1.2.1.1 RESISTENCIAS

“Los circuitos electrónicos necesitan incorporar resistencias. Por esto se fabrica un tipo de componentes llamados resistores, cuyo único objeto es proporcionar en un pequeño tamaño una determinada resistencia, especificada por el fabricante. Hay resistencias de varios tipos. Los tipos más usuales son:



Figura 1.1 Resistencia de carbono de 0.25 a 4W

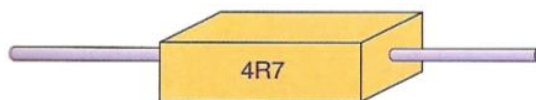


Figura 1.2 Resistencia bobinada cementada de 2 a 15W



Figura 1.3 Resistencia bobinada de gran potencia 10W en adelante

Bobinadas

Sobre una base de aislante en forma de cilindro se arrolla un hilo de alta resistividad (Wolframio, Manganita, Constanta). La longitud y sección de hilo, así como el material de que está compuesto, darán una resistencia. Esta suele venir expresada por un número impreso en su superficie. Se utilizan para grandes potencias, pero tienen el inconveniente de ser inductivas.

Aglomerados

Una pasta hecha con granulados de grafito (el grafito es una variedad del carbono puro; la otra es el diámetro). El valor viene expresado por medio de anillos de colores, con un determinado código.

De película de carbón

Sobre un cilindro de cerámica se deposita una fina película de pasta de grafito. El grosor de ésta y su composición determinan el valor de la resistencia.

Pirolíticas

Similares a las anteriores pero con la película de carbón rayada en forma de hélice para ajustar el valor de la resistencia. Son inductivas.

Resistencias Variables

En ocasiones es necesario disponer de una resistencia cuyo valor se pueda variar a voluntad. Son los reóstatos o potenciómetros. Se fabrican bobinados o de grafito, deslizantes o giratorios. Se llaman potenciómetros cuando tienen un eje giratorio, y resistencias ajustables cuando para variar se utilizan una herramienta.

Los potenciómetros se representan en los circuitos por:"²

² Jesús Rueda Santander; Manual Técnico Full Injection; DISELI Editores, Guayaquil, 2005.

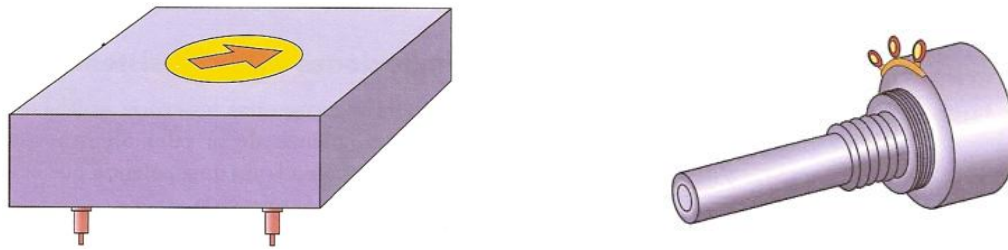


Figura 1.4 Resistencia Variables

A la hora de escoger una resistencia se debe tener en cuenta, además de su valor óhmico, otros parámetros, como la máxima potencia que es capaz de disipar y la tolerancia.

Respecto a la primera, es preciso considerar que una resistencia se calienta al pasar por ella una corriente. Debido a esto, hace falta dimensionar el resistor de acuerdo con la potencia calorífica que vaya a disipar en su funcionamiento normal. Se fabrican resistencias de varias potencias nominales, y se diferencian por su tamaño distinto. La tolerancia es un parámetro que expresa el error máximo sobre el valor óhmico nominal con que ha sido fabricado un determinado resistor.

Por ejemplo, una resistencia de valor nominal 470Ω con una tolerancia del 5%, quiere decir que el valor óhmico real de esa resistencia puede oscilar entre el valor nominal más el 5% del mismo, y el valor nominal menos el 5%. Es decir entre:

$$470 - 0,05 \times 470 = 446,5$$

$$470 + 0,05 \times 470 = 493,5$$

Si no se usan resistencias de alta precisión se define como la inversa de la resistencia y se representa con la letra G. Por analogía con la resistencia, podría decirse que la conductividad es la facilidad que un conductor ofrece al paso la corriente a través del mismo.

$$G = \frac{1}{R} \text{ o } R = \frac{1}{G}$$

La unidad de conductancia es el MHO (inverso de ohm), y se representa por la letra omega inversa \mathcal{U}

Código de Colores

Los valores óhmicos de las resistencias se suelen representar por medio de unos anillos de colores, pintados en éstas. Suelen ser en números de cuatro, y su significado es el siguiente:

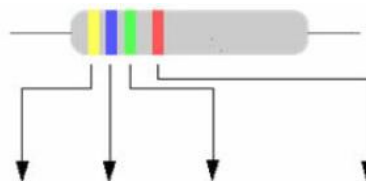
Anillo 1: Primera cifra.

Anillo 2: Segunda cifra.

Anillo 3: Número de ceros que siguen a los anteriores.

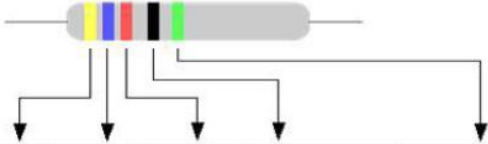
Anillo 4: Tolerancia.

Tabla 1.1 Código de colores para tres o cuatro bandas de los resistores.



COLOR	1ª CIFRA	2ª CIFRA	Nº DE CEROS	TOLERANCIA (+/-%)
PLATA	-	-	0,01	10%
ORO	-	-	0,1	5%
NEGRO	-	0	-	-
MARRÓN	1	1	0	1%
ROJO	2	2	00	2%
NARANJA	3	3	000	-
AMARILLO	4	4	0000	-
VERDE	5	5	00000	-
AZUL	6	6	000000	-
VIOLETA	7	7	-	-
GRIS	8	8	-	-
BLANCO	9	9	-	-

Tabla 1.2 Código de colores para cinco bandas de los resistores



COLOR	1ª CIFRA	2ª CIFRA	3ª CIFRA	Nº DE CEROS	TOLERANCIA (+/-%)
PLATA	-	-	-	0,01	-
ORO	-	-	-	0,1	-
NEGRO	-	0	0	-	-
MARRÓN	1	1	1	0	1%
ROJO	2	2	2	00	2%
NARANJA	3	3	3	000	-
AMARILLO	4	4	4	0000	-
VERDE	5	5	5	00000	0,5%
AZUL	6	6	6	000000	-
VIOLETA	7	7	7	-	-
GRIS	8	8	8	-	-
BLANCO	9	9	9	-	-

Algunos de los fabricantes más importantes en Estados Unidos, son TRW, Dale Electronics, RCL y Ohmite.

Resistencias de montaje superficial SMD (Surface Mounted Devices)

Identificar el valor de una resistencia SMD es más sencillo que para una resistencia convencional, ya que las bandas de colores son reemplazadas por sus equivalentes numéricos y así se imprimen en la superficie de la resistencia, la banda que indica la tolerancia desaparece y se la "reemplaza" en base al número de dígitos que se indica, es decir; un número de tres dígitos nos indica en esos tres dígitos el valor del resistencia, y la ausencia de otra indicación nos dice que se trata de una resistencia con una tolerancia del 5%. Un número de cuatro dígitos indica en los cuatro dígitos su valor y nos dice que se trata de una resistencia con una tolerancia del 1%.

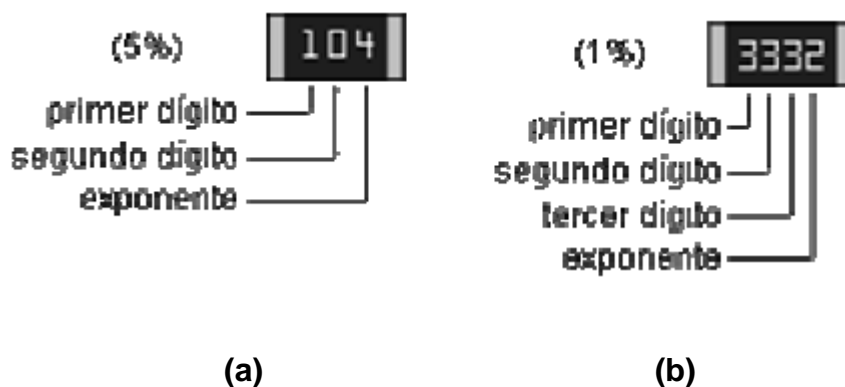


Figura 1.5 Resistencia SMD a) Resistencia de tolerancia 5 b) Resistencia de tolerancia 1%

Tabla 1.3 Valores Exponenciales para resistencias SMD

Número	Exponente
0	1
1	10
2	100
3	1000
4	10000
5	100000
6	1000000
7	10000000
8	100000000
9	1000000000

- **Primer dígito:** corresponde al primer dígito del valor
- **Segundo dígito:** corresponde al segundo dígito del valor
- **Tercer dígito: (5%):** representa al exponente, o "números de ceros" a agregar. (Figura (a))
- **Tercer dígito: (1%):** corresponde al tercer dígito del valor. (Figura (b))
- **Cuarto dígito: (1%):** representa al exponente, o "número de ceros" a agregar.

Ejemplo 1: Resistencia con 3 dígitos (5%)

650

1º dígito = 6

2º dígito = 5

3º dígito = 0 = 1

$65 \times 1 = 65\text{ohms}$



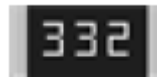
332

1º dígito = 3

2º dígito = 3

3º dígito = 2 = 100

$33 \times 100 = 3300\text{ ohms}$



Ejemplo 2: Resistencia con 4 dígitos (1%)

1023

1º dígito = 1

2º dígito = 0

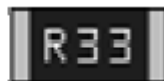
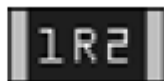
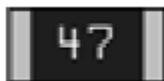
3º dígito = 2

4º dígito = 3 = 1000

$102 \times 1000 = 102\text{ Kohms}$



Ejemplo 3: resistencias (Leyendas poco usuales)



Primer caso: La resistencia con la leyenda 47, se le ha aplicado una costumbre común en muchos fabricantes que es la de la supresión del cero innecesario. Es decir estamos ante un resistor que normalmente debería tener estampado el número 470 (47ohms), pero que se le ha quitado el 0 por conveniencia. Este es un caso común prácticamente en todos los resistores con 2 cifras. Note que el valor de resistencia indicado no hubiese cambiado, aún cuando tuviera estampado el número 470 o 4700, solo su porcentaje de tolerancia o error.

Segundo caso: En la resistencia con la leyenda 1R00 la R representa al punto decimal, es decir, deberíamos leer "uno-punto-cero-cero". Aquí el cuarto dígito no sólo nos dice que se trata de un exponente cero sino que también su existencia manifiesta la importancia de la precisión (1%). Se trata simplemente de un resistor de 1 ohm con una desviación máxima de error de +/- 1%.

Tercer caso: (1R2) es similar al anterior, sin embargo a diferencia de éste se le ha aplicado la supresión del cero por lo que deberíamos entender que se trata de un resistor de 1.2 ohms con una tolerancia del 5% de error.

Cuarto caso: (R33), tenemos el valor 0.33 al cual se le suprimió el cero. La ausencia de un cuarto dígito nos dice que se trata de un resistor "común" de 0.33 ohm 5%.

Quinto caso: es uno de los más comunes y en general abundan en muchas placas con dispositivos SMD. El 000 nos dice que se trata de un resistor de cero ohm, es decir un simple conductor. Esto es debido a que la densidad del trazado es tan alta que no queda otro remedio que recurrir al viejo "puente". En otros casos estos componentes son usados como protección fusible aprovechando las dimensiones reducidas del material conductor.

1.2.1.2 TERMISTORES

Los termistores están compuesto de una mezcla sintetizada de óxidos metálicos, el termistor es esencialmente un semiconductor que se comporta como un "resistor térmico" con un coeficiente térmico de temperatura negativo de valor muy elevado. La resistencia puede cambiar en dos órdenes de magnitud entre 0 y 100 °C, o hasta siete órdenes de magnitud desde -100 hasta 400 °C. Esto hace de los termistores unos detectores de temperatura.

Tabla 1.4 Sensibilidades relativas de termistores, termorresistencias y termocuplas.

Sensor	mV/°C		
	-178°C	10°C	37,8°C
Termistor en circuito puente	4680	72000	3870
Termorresistencia de Pt en circuito puente	18	36	54
Termocuplas:			
Cobre/Constantán	36	40	44
Hierro/Constantán	48	50	52
Chromel/Alumel	38	40	42
Pt/Pt - 10% Rh	6	6	6

Los termistores más comunes con coeficiente térmico negativo NTC, (negative temperature coefficient), se elaboran de materiales cerámicos, como los óxidos de manganeso, cromo, níquel, cobalto, hierro, cobre y uranio. Con la adición de pequeñas cantidades de ciertos metales, estos compuestos se convierten en semiconductores (tipo p o tipo n) que experimentan un decremento en la resistencia a medida que se activan térmicamente portadores extra. Habiendo casos especiales de coeficiente positivo cuando su resistencia aumenta con la temperatura y se los denomina PTC (Positive Temperature Coefficient).

El termistor se fabrica a partir de óxidos metálicos comprimidos y sintetizados. Los metales utilizados son níquel, cobalto, manganeso, hierro, cobre, magnesio y titanio, como típicas se pueden considerar las preparaciones de óxido de manganeso con cobre y óxido de níquel con cobre . Modificando las proporciones de óxido se puede variar la resistencia básica un termistor; se dispone de termistores con resistencias básicas a 25 °C desde unos pocos cientos hasta varios millones de ohms.

Los termistores sirven para la medición o detección de temperatura tanto en gases, como en líquidos o sólidos. A causa de su muy pequeño tamaño, se los encuentra normalmente montados en sondas o alojamientos especiales que

pueden ser específicamente diseñados para posicionarlos y protegerlos adecuadamente cualquiera sea el medio donde tengan que trabajar. Se los puede adosar fácilmente o montar con tornillos, ir roscados en superficies o cementados. Los alojamientos pueden ser de acero inoxidable, aluminio, plástico, bronce u otros materiales.

Las configuraciones constructivas del termistor de uso más común son los glóbulos, las sondas y los discos. Los glóbulos se fabrican formando pequeños elipsoides de material de termistor sobre dos alambres finos separados unos 0,25 mm (fig. 1). Normalmente recubiertos con vidrio por razones de protección, son extremadamente pequeños (0,15 mm a 1,3 mm de diámetro) y ofrecen una respuesta extremadamente rápida a variaciones de temperatura.



Figura 1.6 Termistores: a) NTC tipo disco; b) NTC tipo cilíndrico; c) PTC tipo disco; d) PTC tipo tornillo

Características

Los valores paramétricos y la resistencia se refieren a la resistencia a una temperatura ambiente de 25 °C bajo condiciones de disipación de potencia despreciable en el termistor. Si la disipación de potencia es suficientemente alta para incrementar la temperatura inicial del termistor inclusive en una pequeña cantidad, la resistencia cambia. Entonces, la relación entre el voltaje aplicado y la corriente es altamente no lineal. Para un termistor dado, estas curvas dependen de la temperatura ambiente.

Los fabricantes especifican la resistencia sin disipación a 25°C. El intervalo acostumbrado es de 10 Ω a 1 MΩ, con una tolerancia del 10 al 20%. La tolerancia

de la resistencia puede traducirse en una tolerancia de temperatura mediante una curva de resistencia. Para indicar la variación de la resistencia con la temperatura, es posible que se proporcione el coeficiente térmico (3 a 6% / °C), o bien el valor β (2000 a 5000/K). Con frecuencia se especifica la relación de resistencias a 25°C y a 125°C (típicamente, de 5 a 50). La disipación máxima de potencia varía de 10mW a 2W, con un factor de disipación térmica (inversa de la resistencia térmica) de 0.1 a 25 mW/°C. Las constantes temporales térmicas varían de 0.5 a 150 s, dependiendo del tamaño y empaque.

Una aplicación importante de los termistores es como patrones de temperatura. La calibración, referida a las normas de la National Bureau of Standards, puede efectuarse a 0.0015°C. La estabilidad se encuentra dentro de 0.005°C por año. Además de este empleo, los termistores se utilizan para compensación en circuitos activos, regulación de voltaje y corriente, retrasos de tiempo, detección y control, protección contra sobre tensiones y eliminación de chispas.

1.2.1.3 CAPACITORES

Se llama capacitor a un dispositivo que almacena carga eléctrica. El capacitor está formado por dos conductores próximos uno a otro, separados por un aislante, de tal modo que puedan estar cargados con el mismo valor, pero con signos contrarios.

En su forma más sencilla, un capacitor está formado por dos placas metálicas o armaduras paralelas, de la misma superficie y encaradas, separadas por una lámina no conductora o dieléctrico. Al conectar una de las placas a un generador, ésta se carga e induce una carga de signo opuesto en la otra placa. Por su parte, teniendo una de las placas cargada negativamente (Q-) y la otra positivamente (Q+) sus cargas son iguales y la carga neta del sistema es 0, sin embargo, se dice que el capacitor se encuentra cargado con una carga Q.

Los capacitores pueden conducir corriente continua durante sólo un instante (por lo cual podemos decir que los capacitores, para las señales continuas, es como un cortocircuito), aunque funcionan bien como conductores en circuitos de corriente alterna. Es por esta propiedad lo convierte en dispositivos muy útiles cuando se debe impedir que la corriente continua entre a determinada parte de un circuito eléctrico, pero si queremos que pase la alterna.

Los capacitores se utilizan junto con las bobinas, formando circuitos en resonancia, en las radios y otros equipos electrónicos. Además, en los tendidos eléctricos se utilizan grandes capacitores para producir resonancia eléctrica en el cable y permitir la transmisión de más potencia.

Además son utilizados en: ventiladores, motores de aire acondicionado, en Iluminación, refrigeración, compresores, bombas de agua y motores de corriente alterna, por la propiedad antes explicada.



Figura 1.7 Capacitor

Estos capacitores tienen una capacidad fija determinada por el fabricante y su valor no se puede modificar. Sus características dependen principalmente del tipo de dieléctrico utilizado, de tal forma que los nombres de los diversos tipos se corresponden con los nombres del dieléctrico usado. De esta forma podemos distinguir los siguientes tipos:

- Cerámicos.
- Plástico.
- Mica.
- Electrolíticos.

- De doble capa eléctrica.

1.2.1.3.1 Capacitores de Cerámica

El dieléctrico utilizado por estos capacitores es la cerámica, siendo el material más utilizado el dióxido de titanio. Este material confiere al condensador grandes inestabilidades por lo que en base al material se pueden diferenciar dos grupos:

Grupo I: caracterizados por una alta estabilidad, con un coeficiente de temperatura bien definido y casi constante.

Grupo II: su coeficiente de temperatura no está prácticamente definido y además de presentar características no lineales, su capacidad varía considerablemente con la temperatura, la tensión y el tiempo de funcionamiento. Se caracterizan por su elevada permitividad.

Las altas constantes dieléctricas características de las cerámicas permiten amplias posibilidades de diseño mecánico y eléctrico.

Tabla 1.5 Capacitores Cerámicos tipo placa, grupo 1 y 2.

COEFICIENTE DE TEMPERATURA p.p.m. °C											
Color	Rojo + Violeta (Oro)	Gris oscuro	Negro	Marrón	Rojo oscuro	Rojo claro	Naranja	Verde oscuro	Azul claro	Violeta	Azul oscuro
Coefficiente ($\times 10^{-6}$)	+100	+33	0	-33	-47	-75	-220	-330	-475	-750	-1500

TOLERANCIA													
Letra	B	C	D	F	G	H	J	K	M	P	R	S	Z
C < 10 pF (+/- pF)	0,1	0,25	0,5	1	2								
C ≥ 10 pF (+/- %)			0,5	1	2	2,5	5	10	20	-0 +100	-20 +30	-20 +50	-20 +80

Tabla 1.6 Capacitores Cerámicos tipo disco, grupo 1.

VALOR CAPACITIVO EN PICOFARADIOS (pF)											
Primer color 1ª Cifra	Negro (0)	Marrón (1)	Rojo (2)	Naranja (3)	Amarillo (4)	Verde (5)	Azul (6)	Violeta (7)	Gris (8)	Blanco (9)	
Segundo color 2ª Cifra	Negro (0)	Marrón (1)	Rojo (2)	Naranja (3)	Amarillo (4)	Verde (5)	Azul (6)	Violeta (7)	Gris (8)	Blanco (9)	
Tercer color 3ª Cifra	Negro (1)	Marrón (10)	Rojo (100)	Naranja (1000)	Amarillo (10000)	Verde (100000)	Azul —	Violeta (0,001)	Gris (0,01)	Blanco (0,1)	

COEFICIENTE DE TEMPERATURA p.p.m. °C											
Color	Rojo + Violeta (Oro)	Gris oscuro	Negro	Marrón	Rojo oscuro	Rojo claro	Naranja	Verde oscuro	Azul claro	Violeta	Azul oscuro
Coefficiente (x 10 ⁻⁶)	+100	+33	0	-33	-47	-75	-220	-330	-475	-750	-1500

TOLERANCIA											
C < 10 pF (+/- pF)	Negro (2)	Marrón (0,01)	—	—	—	—	—	Verde (0,1)	—	Gris (0,25)	Blanco (1)
C ≥ 10 pF (+/- %)	Negro (20)	Marrón (1)	Rojo (2)	Naranja (3)	—	Verde (5)	—	—	—	—	Blanco (10)

Tabla 1.7 Capacitores Cerámicos tipo disco, grupo 2.

VALOR CAPACITIVO EN PICOFARADIOS (pF)											
Primer color 1ª Cifra	Negro (0)	Marrón (1)	Rojo (2)	Naranja (3)	Amarillo (4)	Verde (5)	Azul (6)	Violeta (7)	Gris (8)	Blanco (9)	
Segundo color 2ª Cifra	Negro (0)	Marrón (1)	Rojo (2)	Naranja (3)	Amarillo (4)	Verde (5)	Azul (6)	Violeta (7)	Gris (8)	Blanco (9)	
Tercer color 3ª Cifra	Negro (1)	Marrón (10)	Rojo (100)	Naranja (1000)	Amarillo (10000)	Verde (100000)	Azul —	Violeta (0,001)	Gris (0,01)	Blanco (0,1)	

Tabla 1.8 Códigos de Colores: Capacitores Cerámicos tubulares.

VALOR CAPACITIVO EN PICOFARADIOS (pF)											
Primer color 1ª Cifra	Negro (0)	Marrón (1)	Rojo (2)	Naranja (3)	Amarillo (4)	Verde (5)	Azul (6)	Violeta (7)	Gris (8)	Blanco (9)	
Segundo color 2ª Cifra	Negro (0)	Marrón (1)	Rojo (2)	Naranja (3)	Amarillo (4)	Verde (5)	Azul (6)	Violeta (7)	Gris (8)	Blanco (9)	
Tercer color 3ª Cifra	Negro (1)	Marrón (10)	Rojo (100)	Naranja (1000)	Amarillo (10000)	Verde (100000)	Azul —	Violeta (0,001)	Gris (0,01)	Blanco (0,1)	

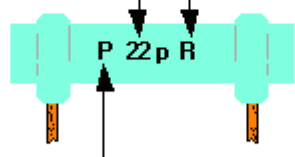
TOLERANCIA											
C < 10 pF (+/- pF)	Negro (2)	Marrón (0,01)	—	—	—	Verde (0,1)	—	—	Gris (0,25)	Blanco (1)	
C ≥ 10 pF (+/- %)	Negro (20)	Marrón (1)	Rojo (2)	Naranja (3)	—	Verde (5)	—	—	—	Blanco (10)	

COEFICIENTE DE TEMPERATURA p.p.m. °C											
Color	Rojo + Violeta (Dro)	Gris oscuro	Negro	Marrón	Rojo oscuro	Rojo claro	Naranja	Verde oscuro	Azul claro	Violeta	Azul oscuro
Coefficiente (x 10 ⁻⁶)	+100	+33	0	-33	-47	-75	-220	-330	-475	-750	-1500

Tabla 1.9 Códigos de Marcas: Capacitores Cerámicos tubulares.

TOLERANCIA													
Letra	B	C	D	F	G	H	J	K	M	P	R	S	Z
C < 10 pF (+/- pF)	0,1	0,25	0,5	1	2								
C ≥ 10 pF (+/- %)			0,5	1	2	2,5	5	10	20	-0 +100	-20 +30	-20 +50	-20 +80

COEFICIENTE DE TEMPERATURA p.p.m. °C											
Letra	A	C	H	L	P	R	S	T	U	W	
Coefficiente (x 10 ⁻⁶)	+100	0	-33	-75	-150	-220	-330	-470	-750	-1500	



1.2.1.3.2 Capacitores de Plástico

Estos capacitores se caracterizan por las altas resistencias de aislamiento y elevadas temperaturas de funcionamiento.

Según el proceso de fabricación podemos diferenciar entre los de tipo k y tipo MK, que se distinguen por el material de sus armaduras (metal en el primer caso y metal vaporizado en el segundo).

Según el dieléctrico usado se pueden distinguir estos tipos comerciales:

KS: styroflex, constituidos por láminas de metal y poliestireno como dieléctrico.

KP: formados por láminas de metal y dieléctrico de polipropileno.

MKP: dieléctrico de polipropileno y armaduras de metal vaporizado.

MKY: dieléctrico de polipropileno de gran calidad y láminas de metal vaporizado.

MKT: láminas de metal vaporizado y dieléctrico de teraftalato de polietileno (poliéster).

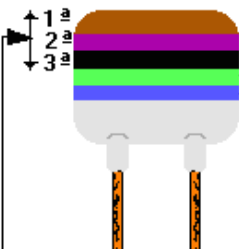
MKC: makrofol, metal vaporizado para las armaduras y policarbonato para el dieléctrico.

La tabla 1.10 muestra las características típicas de los capacitores de plástico:

Tabla 1.10 Características típicas de los capacitores de plástico.

TIPO	CAPACIDAD	TOLERANCIA	TENSIÓN	TEMPERATURA
KS	2pF-330nF	+/-0,5% +/-5%	25V-630V	-55°C-70°C
KP	2pF-100nF	+/-1% +/-5%	63V-630V	-55°C-85°C
MKP	1,5nF-4700nF	+/-5% +/-20%	0,25KV-40KV	-40°C-85°C
MKY	100nF-1000nF	+/-1% +/-5%	0,25KV-40KV	-55°C-85°C
MKT	680pF-0,01mF	+/-5% +/-20%	25V-630V	-55°C-100°C
MKC	1nF-1000nF	+/-5% +/-20%	25V-630V	-55°C-100°C

Tabla 1.11 Códigos de Colores: Capacitores de Plástico.



TOLERANCIA										
$C < 10 \mu\text{F}$ (+/- pF)	Negro (2)	Marrón (0,01)	—	—	—	Verde (0,1)	—	—	Gris (0,25)	Blanco (1)
$C \geq 10 \mu\text{F}$ (+/- %)	Negro (20)	Marrón (1)	Rojo (2)	Naranja (3)	—	Verde (5)	—	—	—	Blanco (10)

TENSIÓN MÁXIMA V_{CC}			
ANILLO DE COLOR			
COLOR	Rojo	Amarillo	Azul
V	250	400	630

VALOR CAPACITIVO EN PICO FARADIOS (μF)										
Primer color 1ª Cifra	Negro (0)	Marrón (1)	Rojo (2)	Naranja (3)	Amarillo (4)	Verde (5)	Azul (6)	Violeta (7)	Gris (8)	Blanco (9)
Segundo color 2ª Cifra	Negro (0)	Marrón (1)	Rojo (2)	Naranja (3)	Amarillo (4)	Verde (5)	Azul (6)	Violeta (7)	Gris (8)	Blanco (9)
Tercer color 3ª Cifra	Negro (1)	Marrón (10)	Rojo (100)	Naranja (1000)	Amarillo (10000)	Verde (100000)	Azul —	Violeta (0,001)	Gris (0,01)	Blanco (0,1)

Tabla 1.12 Códigos de Marcas: Capacitores de Plástico.

TOLERANCIA													
Letra	B	C	D	F	G	H	J	K	M	P	R	S	Z
$C < 10 \mu\text{F}$ (+/- pF)	0,1	0,25	0,5	1	2								
$C \geq 10 \mu\text{F}$ (+/- %)			0,5	1	2	2,5	5	10	20	-0 +100	-20 +30	-20 +50	-20 +80

VALOR CAPACITIVO EN MICROFARADIOS

0,22 M
250

TENSIÓN MÁXIMA EN VOLTIOS

1.2.1.3.3 Capacitores de Mica

El dieléctrico utilizado en este tipo de capacitores es la mica o silicato de aluminio y potasio y se caracterizan por bajas pérdidas, ancho rango de frecuencias y alta estabilidad con la temperatura y el tiempo.

1.2.1.3.4 Capacitores Electrolíticos

En estos capacitores una de las armaduras es de metal mientras que la otra está constituida por un conductor iónico o electrolito. Presentan unos altos valores capacitivos en relación al tamaño y en la mayoría de los casos aparecen polarizados. Podemos distinguir dos tipos:

- Electrolíticos de aluminio: la armadura metálica es de aluminio y el electrolito de tetraborato armónico.
- Electrolíticos de tantalos: el dieléctrico está constituido por óxido de tantalos y nos encontramos con mayores valores capacitivos que los anteriores para un mismo tamaño. Por otra parte las tensiones nominales que soportan son menores que los de aluminio y su coste es algo más elevado.

Estos capacitores siempre indican la capacidad en microfaradios y la máxima tensión de trabajo en voltios. Dependiendo del fabricante también pueden venir indicados otros parámetros como la temperatura y la máxima frecuencia a la que pueden trabajar. Tenemos que poner especial atención en la identificación de la polaridad. Las formas más usuales de indicación por parte de los fabricantes son las siguientes:

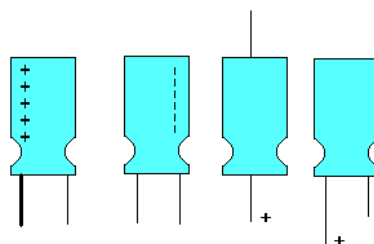


Figura 1.8 Capacitor electrolítico

1.2.1.3.5 Capacitores de Tantalio

Actualmente estos capacitores no usan el código de colores (los más antiguos, si). Con el código de marcas la capacidad se indica en microfaradios y la máxima tensión de trabajo en voltios. El terminal positivo se indica con el signo +:

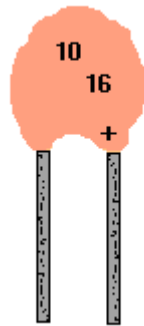


Figura 1.9 Capacitor de Tantalio

1.2.1.3.6 Selección de Capacitores

El criterio más importante en la elección de capacitores para aplicaciones particulares es el rendimiento, pero también es necesario considerar su disponibilidad y precio. “Disponibilidad bajo pedido” suele significar grandes demoras, cantidades limitadas, inexistencia de una segunda fuente y precios elevados.

Las características generales de rendimiento son difíciles de especificar debido a los continuos cambios en las líneas de productos como respuesta a las mejoras tecnológicas y a los cambios en los mercados. También existe una amplia superposición en las especificaciones entre las diversas familias de capacitores. Por estas razones, algunas veces es difícil la elección de capacitores.

En los tamaños de intervalo mediano existen varias familias entre las cuales es posible elegir. Sin embargo, factores como corriente de pico, CA ondulatoria y requerimientos de polarización o no polarización pueden limitar la elección.

No suele disponerse de grandes valores de capacitancia en los voltajes nominales más elevados, y voltajes elevados pueden implicar grandes dimensiones o empaques diferentes. El voltaje nominal no necesariamente se correlaciona con el voltaje real de disrupción. Valores pequeños de capacitancia requieren áreas de electrodos pequeñas y, por tanto, poco prácticas, a menos que se utilicen múltiples capas de dieléctrico, pero el fabricante puede especificar el mismo voltaje de trabajo que el de otros capacitores en la misma línea de productos.

Por otra parte, debe hacerse hincapié en que la confiabilidad de un capacitor aumenta a medida que se reduce el voltaje.

También existe un intervalo útil de frecuencias de familias de capacitores. La frecuencia superior está limitada por la frecuencia de autorresonancia (que depende parcialmente de la longitud de la punta), la resistencia equivalente en serie y la disminución en el valor del capacitor.

La temperatura incide en las variaciones de la capacitancia, dependen de la magnitud de la capacitancia, voltaje nominal, tipo de electrolito o impregnante, etc.

1.2.1.3.7 Capacitores para Circuitos Integrados

En los circuitos integrados monolíticos de silicio se emplean tres tipos de capacitores:

1. Los elaborados con una capa altamente difundida, una capa de dióxido de silicio y un electrodo de aluminio.
2. Aquellos en los que se emplea una unión *pn* con polarización inversa.
3. Los que se fundamentan en la capacitancia parásita y en la capacitancia de entrada a la compuerta de los transistores a base de semiconductores de metal y óxido (MOS, del inglés metal oxide semiconductor). Este tipo se utiliza en memorias de semiconductor y en lógica dinámica.

1.2.1.4 INDUCTORES

Los inductores son componentes pasivos que almacenan energía eléctrica en forma de campo magnético y responden linealmente a los cambios de corriente. Por lo tanto, en presencia de una corriente continua constante se comportan como cortocircuitos. Sin embargo, sólo tiene importancia en un circuito eléctrico cuando la corriente cambia con respecto al tiempo. Cuando la corriente aumenta o disminuye, el efecto que se opone a este cambio se denomina inductancia (L) o auto inductancia (La). Por consiguiente, la inductancia es provocada por un campo magnético cambiante, producido por una corriente cambiante. La inductancia en henrios (H) por vuelta de la bobina, puede expresarse como:

$$\boxed{\frac{L_s}{N} = \frac{d\phi}{di}} \quad \text{Ec. 1.1}$$

Donde ϕ = flujo magnético, webers

i = Corriente. Ampers

N = Número de vueltas.

En general, los componentes inductivos son únicos en comparación con los resistores y los capacitores, que existen en el mercado como productos estándares, ya que aquellos suelen diseñarse para una aplicación específica. Sin embargo, recientemente ha aparecido en el mercado una amplia variedad de inductores como productos estándares debido a la tendencia a la miniaturización.

Los inductores con bajos valores de inducción suelen estar devanados en formas no inductivas (núcleos de aire o fenólicos); los de valores medios, en núcleos de hierro pulverizado; y los de elevados valores, en núcleos de ferrita.

1.2.1.4.1 Bobinas: Inductores en serie y paralelo

Bobinas en serie

En muchas ocasiones es necesario agrupar el valor de varias bobinas o inductores que están conectadas en serie o paralelo. Se presenta seguidamente el método a seguir para su simplificación.

El cálculo del inductor o bobina equivalente de inductores en serie es similar al método de cálculo del equivalente de resistencias en serie, sólo es necesario sumarlas.

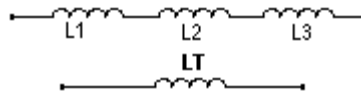


Figura 1.10 Diagrama en Serie de Bobinas

En el diagrama hay 3 inductores o bobinas en serie y la fórmula a utilizar es:

$$LT = L1 + L2 + L3 \quad \text{Ec. 1.2}$$

Para este caso particular, pero si se quisiera poner más o menos de 3 bobinas, se usaría la siguiente fórmula:

$$LT = L1 + L2 + L3 + \dots + LN \quad \text{Ec. 1.3}$$

donde N es el número de bobinas colocadas en serie

Bobinas en paralelo

El cálculo de la bobina equivalente de varias bobinas en paralelo es similar al cálculo que se hace cuando se trabaja con resistencias.

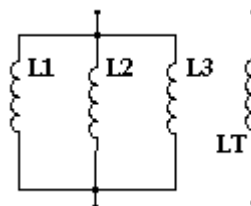


Figura 1.11 Diagrama en Paralelo de Bobinas

El caso que se presenta es para 3 bobinas y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\frac{1}{LT} = \frac{1}{L1} + \frac{1}{L2} + \frac{1}{L3} \quad \text{Ec. 1.4}$$

Pero la fórmula se puede generalizar para cualquier número de bobinas, con la siguiente fórmula

$$\frac{1}{LT} = \frac{1}{L1} + \frac{1}{L2} + \frac{1}{L3} + \dots + \frac{1}{LN} \quad \text{Ec. 1.5}$$

donde N es el número de bobinas que se conectan en paralelo.

1.2.1.4.2 Inductores para Aplicaciones en Circuitos Integrados

La exactitud de fabricación de los componentes integrados es del orden del 10%. Sin embargo, es posible mantener relaciones entre diversos componentes hasta el 3% aproximadamente. Por ejemplo, si deben elaborarse dos resistores y la relación de resistencia debe ser 4:1, esta relación puede obtenerse con un 3% de exactitud, aun cuando puede haber errores del 10% en el valor de las resistencia.

La fabricación de inductores integrados no ha sido satisfactoria. Una de las limitaciones de la tecnología de los circuitos integrados es la carencia de inductores integrados, por consiguiente, siempre que es posible se evitan. En muchos casos es posible eliminar la necesidad de elementos inductivos mediante el empleo de una técnica conocida como síntesis RC. Si se requieren inductores con Q mayor de 5 μ H, se utilizan inductores discretos y se conectan de manera externa con la pastilla de silicio. El tamaño físico de estos inductores suele ser mucho mayor que el de la pastilla.

1.2.1.5 TRANSFORMADORES

“Un transformador es un dispositivo que transfiere energía de un circuito a otro mediante inducción electromagnética. La inductancia mutua, previamente mencionada, describe el principio básico implicado; es decir, los circuitos

mantienen su acoplamiento de tal modo que cualquier cambio de corriente en la primera bobina, o bobina primaria, provoca un cambio de flujo que induce un voltaje en la segunda bobina, o bobina secundaria. Cuando se conecta una carga a la segunda bobina, este voltaje del secundario provoca una corriente de carga, o corriente secundaria, que a su vez crea un contra flujo que provoca el incremento de la corriente de la primera bobina en un intento de proporcionar más flujo. Esta acción, denominada acción de transformador, provoca el paso de energía del primario al secundario a través del medio del campo magnético cambiante. Es posible utilizar un núcleo ferro magnético para obtener un acoplamiento más estrecho.”³

1.2.1.5.1 Transformadores de Potencia

Los transformadores electrónicos de potencia suelen operar a una sola frecuencia. Por lo general, las frecuencias son 50, 60 o 400 Hz. En Europa, 50 Hz es lo común; 400 Hz es la frecuencia de alimentación de mayor empleo en aeronáutica, 60 Hz en nuestro país. Sin embargo, los futuros transformadores aeronáuticos operarán a mayores frecuencias a fin de reducir peso y tamaño. Las consideraciones para el diseño de transformadores de potencia están controladas por:

Eficiencia

Ésta es la relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada. El factor de calidad de los transformadores de potencia está en función de las pérdidas del núcleo y de las pérdidas óhmicas (por efecto Joule o en el cobre):

$$\% Ef = \frac{P_o}{P_i} (100) \quad \text{Ec. 1.6}$$

Las eficiencias típicas varían del 70 al 98%. Los grandes transformadores suelen tener eficiencias superiores.

³ Demsey A; *Electrónica Digital Básica*; Ediciones Alfa omega, México, 1992, 280 págs.

Factor de potencia

El factor de potencia reviste particular interés en grandes transformadores, en los que se consume una gran cantidad de potencia. El factor de potencia es sencillamente el coseno del ángulo de fase o la razón de la potencia verdadera o potencia real disipada (watts), entre la potencia aparente (volt-amperes):

$$\text{Factor de potencia (PF)} = \cos \theta =$$

$$= \frac{\text{potencia real disipada} \left(\frac{W}{VA} \right)}{\text{potencia aparente} \left(\frac{VA}{VA} \right)}$$

Ec. 1.7

Incremento de temperatura

Ésta es una especificación importante, ya que estipula la temperatura de operación del dispositivo. Las pérdidas de potencia provocan aumento de temperatura.

Regulación del voltaje

Esta regulación se define como el cambio en magnitud del voltaje secundario a medida que la corriente cambia desde carga cero hasta carga total, mientras se mantiene fijo el voltaje primario. Por consiguiente, cuando la carga es cambiante, se espera que el voltaje a través de la carga permanezca dentro de ciertos límites, y la regulación se convierte en un factor importante en el diseño.

Desfase

Este es un factor importante en el diseño de transformadores de referencia. El desfase permisible para condiciones específicas se establece en muchas especificaciones. Es una función de la resistencia de CD del devanado primario, la inductancia de fuga, y la impedancia del generador de activación. Por lo general, es deseable un desfase mínimo.

Corriente de irrupción

Ésta es una función de la conmutación o el valor del voltaje. Pueden producirse corrientes pico varias veces mayores que la corriente normal de excitación. Esta corriente suele tener naturaleza transitoria y dura sólo unos cuantos ciclos de la frecuencia de potencia. Después se estabiliza en la corriente normal de excitación.

Inductancia de fuga

Como ya se ha dicho, la inductancia de fuga no representa una pérdida de potencia. Consta de líneas de fuerza magnética que no cortan o acoplan ninguna vuelta del devanado, por lo que no producen un voltaje utilizable. La inductancia de fuga afecta la regulación de voltaje. Mientras mayor sea dicha inductancia, más deficiente será la regulación.

1.2.1.6 RELÉS

“Los relés electromagnéticos juegan un rol muy importante en muchos circuitos eléctricos y electrónicos del automóvil. Estudiaremos las principales características del relé electromagnético, y demostraremos algunas aplicaciones de los relés en circuitos automotrices. Al usar relés, es posible llevar a cabo un número ilimitado de funciones de conmutación.

Una de las funciones más comunes del relé consiste en conmutar ON y OFF altas corrientes, por medio de una corriente de activación mucho más pequeña.

El uso del relé es una verdadera obligación cuando deben controlarse altas corrientes desde una ubicación distante. En este caso el relé puede ser controlado por interruptores de baja potencia y por cables delgados.”⁴

⁴ Guerrero A; **Fundamentos de Electrotecnia; Ediciones McGraw-Hill, Madrid, 1996.**

Los relés de armadura pivotada tienen su armadura (elemento móvil el relé) acanelada o abisagrada. La Figura 1.12 muestra la construcción de un relé simple de armadura pivotada SPDT (unipolar de dos vías).

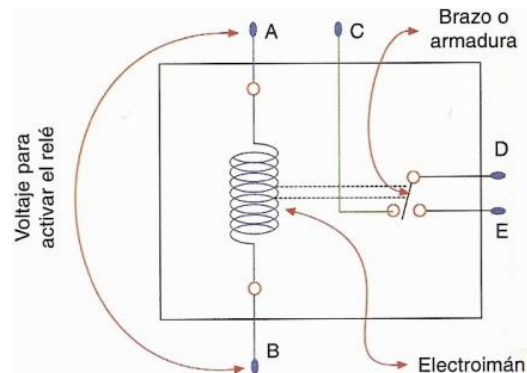


Figura 1.12 Estructura de un Relé

Los relés de lengüeta están contruïdos a partir de interruptores de laminillas magnéticas. Los relés de lengüeta usan interruptores metálicos flexibles encerrados en cápsulas de vidrio y movidos por magnetismo como elementos de contacto.

En la figura 1.12 se muestra un relé de lengüeta básico. Cuando las lengüetas están expuestas a un campo magnético generado por un electroimán o un imán permanente, adoptan polaridades magnéticas opuestas y se atraen entre sí. Esto cierra las puntas de las lengüetas, que son los contactos del relé, y que están alineadas y se sobrepone con un pequeño entrehierro entre ellas.

La corriente que circula a través de la bobina produce un campo magnético que causa que los contactos de lengüeta se cierren debido a la atracción magnética, generada por un campo magnético producido en el extremo de cada lengüeta. Dicho campo magnético es de signo opuesto en cada una de las dos lengüetas, por lo que las puntas de las lengüetas se atraen entre sí y establecen contacto.

Las especificaciones técnicas de los relés contienen información acerca de la tensión operativa nominal del relé, su capacidad máxima de portador de corriente, su tensión de disparo y su tensión de reposo.

La tensión de disparo (o de activación) es la tensión mínima para la cual la armadura se asienta contra el núcleo de la bobina.

La tensión de reposo (desaccionamiento o paso - vuelta - al reposo) es la tensión máxima para la cual el relé retorna a su posición liberada o de reposo.

La tensión de disparo típica de un relé de 12 V es de aproximadamente 7 a 9 voltios. La tensión, de reposo es de aproximadamente 2 a 4 voltios.

Cuando el relé es energizado, la distancia entre la bobina electromagnética y la armadura pivotada disminuye, y causa que el campo magnético sea mucho más intenso. Por eso se requiere una tensión menor para jalar de la armadura pivotada y evitar su liberación.

1.2.2 ELEMENTOS ACTIVOS

1.2.2.1 DIODOS DE UNIÓN PN

La columna vertebral de la mayor parte de los dispositivos semiconductores, que amplifican, conmutan o emiten radiación, es la unión pn. Esta unión, que se forma colocando un semiconductor tipo p adyacente a un semiconductor tipo n, tiene la propiedad de impedir el flujo de corriente en una dirección, al tiempo que permite su paso en la otra dirección. Aunque es posible utilizar materiales diferentes para los semiconductores tipo p y tipo n, formando de este modo una heterounión, la mayor parte de las uniones pn se forman del mismo material, por ejemplo, silicio o germanio.

El funcionamiento físico de una unión pn puede visualizarse si se recuerda que el material tipo n tiene portadores de carga que en su mayor parte son electrones (con carga negativa) y que el material tipo p tiene portadores de carga que en su mayor parte son huecos (con carga positiva). Por consiguiente, si en la unión se aplica una polarización, de modo que el lado p sea positivo y el n sea negativo,

los electrones serán atraídos por el material n hacia el lado positivo de la fuente, y los huecos serán atraídos por la terminal negativa. Así, la corriente fluirá de un lado a otro de la unión.

1.2.2.1.1 Tipos de Diodos

Diodos Varactor

Mientras que en algunas aplicaciones la capacitancia de la unión pn es una amenaza, es una característica útil para aplicaciones en las que se requiere capacitancia controlada por voltaje. Para tales aplicaciones es aconsejable que la capacitancia varíe más rápidamente que el $V^{-1/2}$ que se obtiene con uniones abruptas. Es posible lograr una variación más rápida con el voltaje mediante el empleo de una unión hiperabrupta. Con este dispositivo, construido con técnicas epitaxiales controladas, es posible producir varactores cuya capacitancia varía como la relación: $C_0 - V^{-2}$

Diodos pin

Un diodo pin se construye con una capa de alta resistividad (silicio intrínseco) colocada entre el material p y el material n. Tales diodos se caracterizan por una capacitancia relativamente constante de la capa de agotamiento.

Diodos Zener.

Es un tipo especial de diodo que se diferencia del funcionamiento de los diodos comunes, como el diodo rectificador (en donde se aprovechan sus características de polarización directa y polarización inversa).

Estos diodos constituyen una clase de dispositivos de unión pn con un voltaje de disrupción especificado; se pretende que operen a ese voltaje como fijadores del nivel de tensión. En realidad, el mecanismo de disrupción es más a menudo en avalancha que el de Zener, pero a dichos dispositivos se aplica el nombre genérico de diodos Zener aun cuando esta designación no precisa la causa física de la disrupción.

Los diodos Zener se aplican como reguladores de voltaje o como referencias de voltaje. El voltaje de disrupción es un parámetro de especificación, como lo es la resistencia dinámica del dispositivo.

1.2.2.1.2 Aplicaciones

Los diodos tienen muchas aplicaciones, pero una de las más comunes es el proceso de conversión de corriente alterna (C.A.) a corriente continua (C.C), en este caso se usa un diodo como rectificador.

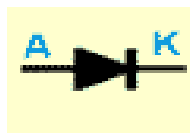


Figura 1.13 Símbolo del Diodo

1.2.2.2 RECTIFICADORES

El rectificador es el elemento o circuito que permite convertir la corriente alterna en corriente continua. Esto se realiza utilizando diodos rectificadores, ya sean semiconductores de estado sólido, válvulas al vacío o válvulas gaseosas como las de vapor de mercurio.

El funcionamiento de este diodo, a grandes rasgos es la siguiente: En la zona directa se puede considerar como un generador de tensión continua, tensión de codo (0.5-0.7 V para el silicio y 0.2-0.4 V para el germanio). Cuando se polariza en inversa se puede considerar como un circuito abierto. Cuando se alcanza la tensión inversa de disrupción (zona inversa) se produce un aumento drástico de la corriente que puede llegar a destruir al dispositivo.

Este diodo tiene un amplio margen de aplicaciones: circuitos rectificadores, limitadores, fijadores de nivel, protección contra cortocircuitos, demoduladores, mezcladores, osciladores, bloqueo y bypass en instalaciones fotovoltaicas, etc.

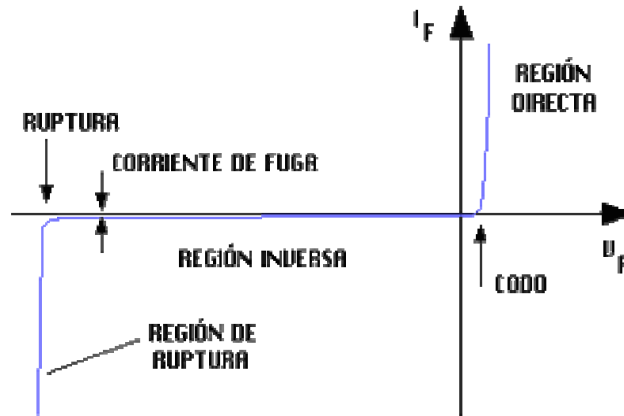


Figura 1.14 Curva característica de un Diodo Rectificador

Cuando usamos un diodo en un circuito se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones (a partir de las hojas de características suministradas por el fabricante):

1. La tensión inversa máxima aplicable al componente, repetitiva o no (VRRR máx. o VR máx., respectivamente) ha de ser mayor (del orden de tres veces) que la máxima que este va a soportar.
2. La corriente máxima en sentido directo que puede atravesar al componente, repetitiva o no (IFRM máx. e IF máx. respectivamente), ha de ser mayor (del orden del doble) que la máxima que este va a soportar.
3. La potencia máxima que puede soportar el diodo (potencia nominal) ha de ser mayor (del orden del doble) que la máxima que este va a soportar.

1.2.2.3 TRANSISTORES

Es la acción de amplificación de corriente y flujo de portadores, en los artículos dedicados a los diodos de unión pn se observó que cuando un diodo está polarizado en sentido directo conduce corriente.

Cuando la unión directamente polarizada se coloca cerca (en una vecindad de micrones) de una unión con polarización inversa, es posible obtener un dispositivo con tres terminales, denominado transistor.

1.2.2.3.1 Características del Transistor Real

Las características del transistor ideal cambian significativamente durante la operación del transistor real.

Los fenómenos físicos responsables de los cambios son:

1. La caída del voltaje resistivo a través del colector cuando fluye la corriente.
2. El estrechamiento de la región efectiva de la base a medida que la región de agotamiento del colector penetra en la región de la base.
3. La caída de voltaje resistivo lateralmente a través de la base, que provoca que la corriente inyectada del emisor se acumule hacia el borde del emisor.

1.2.2.3.2 Tipos de Transistores de Potencia

1.2.2.3.2.1 Transistor BJT

Cuando seleccionamos un transistor tendremos que conocer el tipo de encapsulado, así como el esquema de identificación de los terminales. También tendremos que conocer una serie de valores máximos de tensiones, corrientes y potencias que no debemos sobrepasar para no destruir el dispositivo. El parámetro de la potencia disipada por el transistor es especialmente crítico con la temperatura, de modo que esta potencia disminuye a medida que crece el valor de la temperatura, siendo a veces necesaria la instalación de un radiador o aleta refrigeradora. Todos estos valores críticos los proporcionan los fabricantes en las hojas de características de los distintos dispositivos.

Una forma de identificar un transistor NPN o PNP es mediante un polímetro: Este dispone de dos orificios para insertar el transistor, uno para un NPN y otro para el PNP. Para obtener la medida de la ganancia es necesario insertarlo en su orificio apropiado, con lo que queda determinado si es un NPN o un PNP.

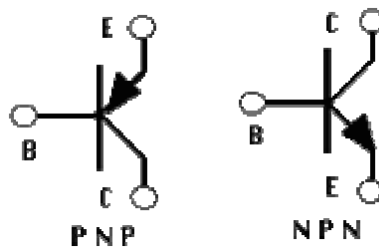


Figura 1.15 Transistor BJT

Zonas de funcionamiento del transistor bipolar:

ACTIVA DIRECTA: El transistor sólo amplifica en esta zona, y se comporta como una fuente de corriente constante controlada por la intensidad de base (ganancia de corriente). Este parámetro lo suele proporcionar el fabricante dándonos un máximo y un mínimo para una corriente de colector dada (I_c); además de esto, suele presentar una variación acusada con la temperatura y con la corriente de colector, por lo que en principio no podemos conocer su valor. Algunos polímetros son capaces de medir este parámetro pero esta medida hay que tomarla solamente como una indicación, ya que el polímetro mide este parámetro para un valor de corriente de colector distinta a la que circulará por el BJT una vez en el circuito.

SATURACIÓN: En esta zona el transistor es utilizado para aplicaciones de conmutación (potencia, circuitos digitales, etc.), y lo podemos considerar como un cortocircuito entre el colector y el emisor.

CORTE: el transistor es utilizado para aplicaciones de conmutación (potencia, circuitos digitales, etc.), y podemos considerar las corrientes que lo atraviesan prácticamente nulas (y en especial I_c).

ACTIVA INVERSA: Esta zona se puede considerar como carente de interés. El transistor PNP es complemento del NPN de forma que todos los voltajes y corrientes son opuestos a los del transistor NPN. Para encontrar el circuito PNP complementario:

1. Se sustituye el transistor NPN por un PNP.
2. Se invierten todos los voltajes y corrientes.

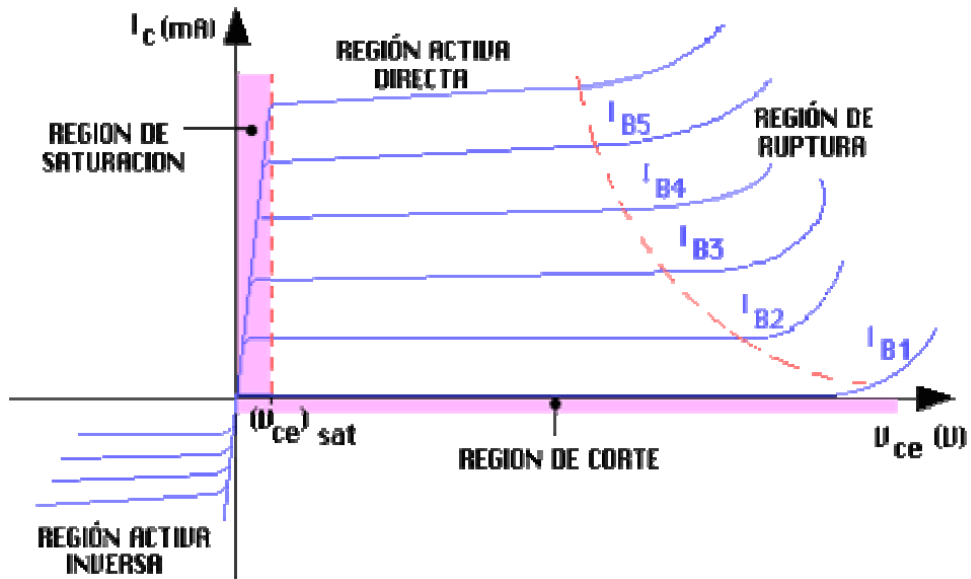


Figura 1.16 Regiones de operación del BJT.

1.2.2.3.2 Transistor FET (JFET)

Cuando seleccionamos un transistor tendremos que conocer el tipo de encapsulado, así como el esquema de identificación de los terminales. También tendremos que conocer una serie de valores máximos de tensiones, corrientes y potencias que no debemos sobrepasar para no destruir el dispositivo. El parámetro de la potencia disipada por el transistor es especialmente crítico con la temperatura, de modo que esta potencia decrece a medida que aumenta el valor de la temperatura, siendo a veces necesaria la instalación de un radiador o aleta refrigeradora. Todos estos valores críticos los proporcionan los fabricantes en las hojas de características de los distintos dispositivos. Zonas de funcionamiento del transistor de efecto de campo (FET):

ZONA ÓHMICA o LINEAL: En esta zona el transistor se comporta como una resistencia variable dependiente del valor de V_{GS} . Un parámetro que aporta el

fabricante es la resistencia que presenta el dispositivo para $V_{DS}=0$ ($r_{ds\ on}$), y distintos valores de V_{GS} .

ZONA DE SATURACIÓN: En esta zona es donde el transistor amplifica y se comporta como una fuente de corriente gobernada por V_{GS} .

ZONA DE CORTE: La intensidad de drenado es nula ($I_D=0$).

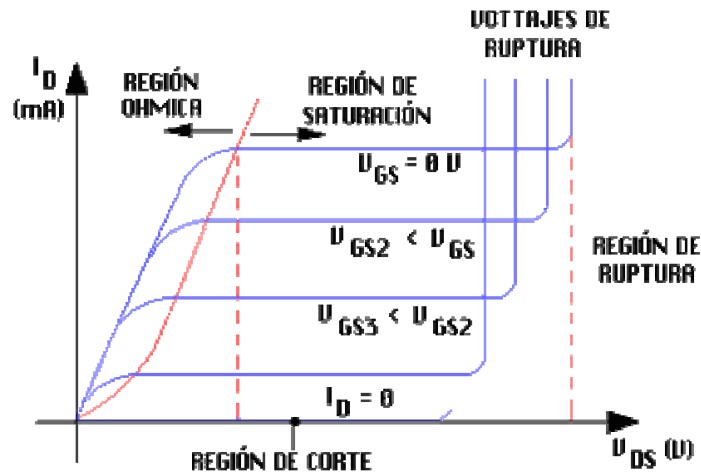


Figura 1.17 Zona de funcionamiento de JFET.

A diferencia del transistor BJT, los terminales drenador y surtidor del FET pueden intercambiar sus papeles sin que se altere apreciablemente la característica V-I (se trata de un dispositivo simétrico).

La operación de un FET de CANAL P es complementaria a la de un FET de CANAL N, lo que significa que todos los voltajes y corrientes son de sentido contrario.

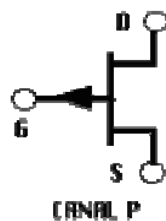


Figura 1.18 Transistor JFET

Tabla 1.13 Principales aplicaciones del transistor JFET.

APLICACIÓN	PRINCIPAL VENTAJA	USOS
Aislador o separador (buffer)	Impedancia de entrada alta y de salida baja	Uso general, equipo de medida, receptores
Amplificador de RF	Bajo ruido	Sintonizadores de FM, equipo para comunicaciones
Mezclador	Baja distorsión de intermodulación	Receptores de FM y TV, equipos para comunicaciones
Amplificador con CAG	Facilidad para controlar ganancia	Receptores, generadores de señales
Amplificador cascodo	Baja capacidad de entrada	Instrumentos de medición, equipos de prueba
Troceador	Ausencia de deriva	Amplificadores de CC, sistemas de control de dirección
Resistor variable por voltaje	Se controla por voltaje	Amplificadores operacionales, órganos electrónicos, controlas de tono
Amplificador de baja frecuencia	Capacidad pequeña de acoplamiento	Audífonos para sordera, transductores inductivos
Oscilador	Mínima variación de frecuencia	Generadores de frecuencia patrón, receptores
Circuito MOS digital	Pequeño tamaño	Integración en gran escala, computadores, memorias

1.2.2.3.2.3 Transistor DARLINTON.

En muchos módulos de control electrónico se utiliza un transistor denominado darlinton, el cual lo podemos analizar como dos transistores convencionales BJT unidos, obteniendo así más capacidad de conmutación de corriente, en el escrito inferior se da el fundamento físico que demuestra esta operación, son unas ecuaciones muy sencillas que pueden ampliar el concepto de este transistor.

El transistor Darlinton es un tipo especial de transistor que tiene una alta ganancia de corriente. Está compuesto internamente por dos transistores bipolares que se conectan es cascada.

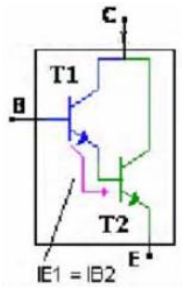


Figura 1.19 Transistor Darlington con la identificación de las patillas y su estructura interna

El transistor T1 entrega la corriente que sale por su emisor a la base del transistor T2. El encapsulado es una de las características en las que este transistor cambia respecto a los convencionales BJT. Con las hojas de información DATASHEETS es muy fácil identificar sus terminales. En el caso de requerir sus propiedades normales de operación éste mismo catálogo provee la información normal de operación, o los valores máximos de parámetros de funcionamiento como serían por ejemplo.

- Voltaje C – E
- Corriente Colector normal y máxima.
- Frecuencia de Trabajo Máxima.
- Temperatura Máxima de Trabajo.

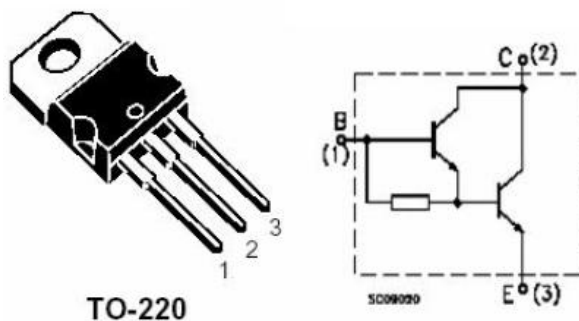


Figura 1.20 Tipo de encapsulado de un Transistor Darlington

En el cuadro inferior se muestra una tabla usual para una referencia específica de un transistor tipo DARLINTON.

Tabla 1.14 Referencia específica de un transistores Darlington.

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{CES}	Collector- Emitter Voltage ($V_{BE} = 0$)	500	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage ($I_B = 0$)	350	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage ($I_C = 0$)	5	V
I_C	Collector Current	4	A
I_{CM}	Collector Peak Current	8	A
I_B	Base Current	0.5	A
I_{BM}	Base Peak Current	2.5	A
P_{tot}	Total Dissipation at $T_c \leq 25^\circ C$	30	W
T_{stg}	Storage Temperature	-65 to 175	$^\circ C$
T_j	Max. Operating Junction Temperature	175	$^\circ C$

1.2.2.3.2.4 Transistor MOSFET.

El principal de estos transistores se denomina MOSFET M: Metal O:Oxido S:Semiconductor. En la gráfica inferior se puede apreciar la presentación comercial de unos de estos transistores en ella se puede apreciar la denominación de sus terminales y también su configuración externa donde es importante recalcar la característica de compuerta aislada, el encapsulado en el caso Automotriz es tipo To 220 – 200 – 2P – 3P.

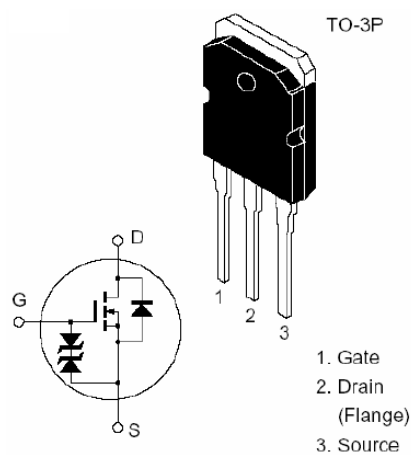


Figura 1.21 Transistor MOSFET

Pero las diferencias principales se generan en cuanto a poder de conmutación en donde este tipo de transistores puede tener mayor ganancia. Es importante observar por ejemplo el valor de corriente máximo y pulsante entre Drain – Source, y el voltaje máximo soportado en estos terminales.

Tabla 1.15 Especificación general para transistores MOSFET.

Item		Symbol	Ratings	Unit
Drain to source voltage	2SK1517	V_{DSS}	450	V
	2SK1518		500	
Gate to source voltage		V_{GSS}	± 30	V
Drain current		I_D	20	A
Drain peak current		$I_{D(pulse)}$ *1	80	A
Body to drain diode reverse drain current		I_{DR}	20	A
Channel dissipation		Pch*2	120	W
Channel temperature		Tch	150	°C
Storage temperature		Tstg	-55 to +150	°C

Notes: 1. $PW \leq 10 \mu s$, duty cycle $\leq 1\%$
 2. Value at $T_C = 25^\circ C$

En el valor de corriente se encuentra que en condiciones normales puede comandar 20 A y en conmutación pulsante llegaría hasta 80 A y en el Voltaje D – S sin problemas 450 V con lo cual un sistema de encendido podría ser activado por este componente, en la gráfica 1.21 de los terminales se puede apreciar que el montaje del componente es superficial SMD.

1.2.2.4 CIRCUITOS INTEGRADOS

Un circuito integrado o chip, es una pastilla muy delgada en la que se encuentra una enorme cantidad (del orden de miles o millones) de dispositivos microelectrónicos interconectados, principalmente diodos y transistores, además de componentes pasivos como resistencias o condensadores. Su área es de tamaño reducido, del orden de un cm^2 o inferior. Algunos de los circuitos integrados más avanzados son los microprocesadores, que son usados en

múltiples artefactos, desde computadoras hasta electrodomésticos, pasando por los teléfonos móviles y en controladores del automóvil. Los circuitos integrados pueden dividirse convenientemente en dos tipos: bipolares y MOS. Las familias bipolares incluyen los TTL, ECL e I²L. El análisis de las familias MOS se restringe a los PMOS, NMOS y CMOS. En términos generales, los circuitos bipolares tienen mayor disipación de potencia y mayor velocidad de conmutación.

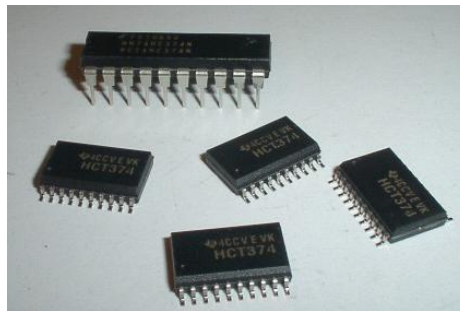


Figura 1.22 Circuito integrado

1.2.2.4.1 Familias Bipolares

Una de las primeras familias lógicas en el mercado fue la TTL, y durante mucho tiempo fue el caballo de batalla de la industria. Su fácil disponibilidad en un amplio intervalo de circuitos SSI y MSI la hizo la elección del diseñador. Evidentemente, se considera una ventaja para cualquier familia ser compatible con la TTL; es decir, operar con una sola fuente de 5 V y a los mismos niveles lógicos. Modificaciones a la compuerta lógica fundamental han dado mayor flexibilidad adicional a la TTL, y el desarrollo de un Schottky de baja potencia la ha hecho viable como tecnología LSI.

1.2.2.4.2 Familia Mos

Los circuitos MOS se producen desde mediados de la década de 1960. Los primeros circuitos LSI fueron pastillas para calculadoras en las que se empleaba un proceso de PMOS con compuertas metálicas. Aunque el rendimiento de los PMOS es intrínsecamente inferior al de los NMOS debido a que sus portadores

mayoritarios (huecos) poseen menor movilidad, los PMOS se utilizaron inicialmente porque no era posible fabricar productos NMOS estables de alta calidad. Esta se convirtió en la tecnología LSI más económica. Sin embargo, se considera obsoleta y no es un serio rival para los diseños VSLI. En los circuitos LSI y en los primeros circuitos VSLI, la tecnología dominante es la NMOS. El diseño creativo de circuitos y el avance en las técnicas de fabricación han dado por resultado mejoras continuas en cuanto a velocidad, densidad y rentabilidad. Parece que la familia NMOS con carga de agotamiento y compuertas de silicio o siliciuro continuará siendo ampliamente usada en el futuro previsible.

1.2.2.4.3 Elaboración de las Tabletas

Los lingotes se cortan en tabletas con el filo interno de una hoja dentada en forma de disco con filos de diamante. A continuación las tabletas se esmerilan, graban y pulen. Una cara es pulida hasta darle un acabado de espejo, mientras que la otra se hace áspera a fin de que actúe como sumidero para los precipitados y las imperfecciones del cristal. El borde puede redondearse a fin de minimizar la astilladura y facilitar su manejo en el equipo de procesamiento automático.

1.2.2.4.4 Fabricación de Circuitos Bipolares

La fabricación de un circuito integrado bipolar típico empieza con una tableta tipo p orientada en una dirección determinada, impurificada con boro, con resistividad de entre 5 y 20 Ω -cm. La primera etapa es la oxidación y de ahí se continúa a través de procesos complejos de construcción total. A continuación se encuentran la cantidad de máscaras mínimas para cada tecnología.

Tabla 1.16 Número de máscaras (incluyendo la protección contra rayaduras) requeridas para diferentes tecnologías

Tecnología	Máscaras
PMOS (semiconductor de metal y óxido de canal <i>p</i>), compuerta de aluminio	5
NMOS (MOS de canal <i>n</i>), compuerta de aluminio cargas de agotamiento	7
CMOS (MOS complementario)	7
SOS (silicio sobre zafiro), compuerta de silicio implantación iónica	7-9
TTL (lógica transistor-transistor), ordinario	7
TTL de Schottky	8-9
I ² L (lógica integrada de inyección)	5-10
ECL (lógica acoplada por emisor)	7-8
Lineal bipolar	7

1.2.2.4.5 Lógica Transistor-Transistor

Una compuerta ordinaria de lógica transistor-transistor (TEL) se fabrica con un proceso. Se muestra una representación esquemática de una compuerta NAND de dos entradas

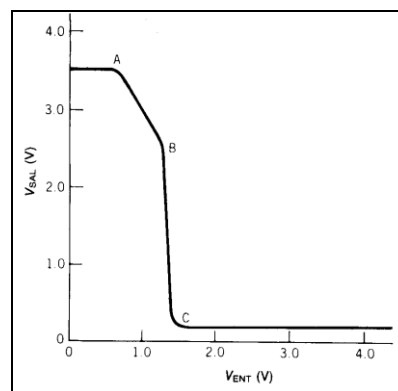


Figura 1.23 Gráfico comparativo lógica transistor

1.2.2.4.6 Circuitos Integrados Híbridos

DE PELÍCULA GRUESA Y DE PELÍCULA DELGADA

En la industria de la microelectrónica no existe una definición generalmente aceptada para los circuitos híbridos. Se tiende a clasificarlos por diseño, fabricación y materiales, por función, o basándose en su empleo. El rasgo común

en todas las definiciones es la miniaturización de la manufactura del circuito electrónico por otros medios diferentes a la ubicación de todas las funciones en un solo circuito integrado semiconductor monolítico.

Un ejemplo típico de esto es la sustitución de un tablero de circuitos impresos que tiene piezas discretas por un circuito híbrido, en el que se emplea uno de los diversos métodos de encapsulado. La reducción del tamaño empleando técnicas híbridas de construcción varía desde aproximadamente 5:1 hasta 20:1.

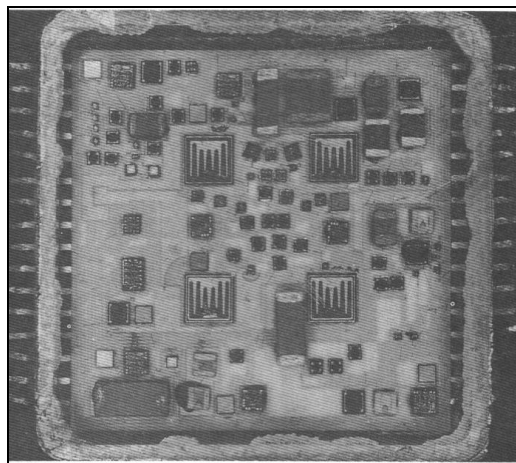


Figura 1.24 Construcción híbrida de película delgada

En la figura 1.24 observamos a cuatro grandes transistores de potencia interdigitados. El híbrido es un cuadrado que mide 1 pulgada por lado y contiene 9 circuitos integrados, 25 transistores, 6 diodos, 18 capacitores, 53 resistores y 634 empalmes con alambre.

1.2.2.4.7 Métodos de Interconexión

Una vez que sobre el sustrato se han colocado las pastillas de los elementos circuitales, las conexiones eléctricas deben efectuarse por lo general de las pastillas a la metalización del sustrato. La mayoría de los diseñadores de híbridos intentan efectuar tantas conexiones eléctricas de éstas como sea posible durante el montaje de los elementos de la pastilla. Evidentemente, con el empleo de técnicas como las de pastillas reversibles (o invertidas), pastillas de amortiguación

o dispositivos semiconductores por conexionado con vigas conductoras es posible elaborar un híbrido completo sin operaciones adicionales de interconexión.

La energía para efectuar las interconexiones con alambre proviene de una combinación de factores como la presión y el calor, la resistencia mecánica del silicio establece el límite superior para la presión; ya que ésta no basta para formar la unión, es necesario agregar calor. Este puede obtenerse calentando todo el híbrido, calentando la herramienta de empalme, o empleando energía ultrasónica. Los empalmadores de mayor uso en la actualidad para la construcción de híbridos son los termosónicos, en los que se combina la presión, una etapa de calentamiento para el híbrido y una herramienta de empalme ultrasónico. El empalmador termosónico se emplea para el alambre de oro, que es el material predominante para empalmes de alambre en híbridos, debido a que los parámetros de empalme para el alambre de oro no son tan críticos como los del aluminio. Los empalmadores ultrasónicos se emplean para empalmar alambre de aluminio.

Para hacer empalmes fiables con alambres es necesario contar con una superficie limpia. Recientemente se ha demostrado que es efectiva una limpieza a base de plasma suave con argón o una mezcla de oxígeno y argón antes de la operación de empalme.

1.2.3 GENERADORES DE ONDAS

1.2.3.1 OSCILADORES

Los osciladores son circuitos cuya salida es una señal periódica. La salida de un oscilador puede ser una señal sinusoidal o no sinusoidal, por ejemplo, una onda cuadrada o triangular. En esta sección se analizan diversos tipos de osciladores sinusoidales y no sinusoidales.

1.2.3.1.1 Tipos de Osciladores

Osciladores sinusoidales

“Varias configuraciones de circuitos producen salidas sinusoidales incluso sin la excitación por una señal de entrada.

También pueden ocurrir oscilaciones en un sistema de retroalimentación negativa. Cuando se conectan varias etapas de amplificación formando una retroalimentación negativa, los efectos reactivos en torno al ciclo pueden generar un desfase extra de 180° , lo que transforma la retroalimentación negativa en positiva y puede provocar oscilación. Se utilizan circuitos compensadores para evitar estas oscilaciones.

En este caso, la amplitud de la oscilación de salida aumentará al principio. El aumento de amplitud está limitado por la no linealidad del dispositivo activo asociado con el amplificador A. La oscilación puede ser iniciada por un voltaje transitorio que se genera al activar la fuente de energía o bien por la presencia de ruido. Aquí se describen algunos circuitos osciladores sinusoidales.

Osciladores no sinusoidales

La salida de un oscilador no sinusoidal puede ser una onda de forma cuadrada, de pulso, triangular o en diente de sierra. Esta onda de forma puede ser generada por amplificadores operacionales, comparadores, integradores, diferenciadores y los circuitos asociados. El límite superior de velocidad utilizable es determinado por el tiempo de respuesta de los dispositivos activos que se utilizan en el circuito.

Oscilador de desfase

Un oscilador, en términos generales, requiere retroalimentación positiva en la cual la señal de salida es enviada de regreso en fase para mantener la entrada. La etapa de emisor común proporciona una inversión de fase de 180° entre la señal de entrada en su base y la señal de salida en su colector. La red de desfase RC de tres etapas proporciona un desfase extra de 180° , que cumple la condición de ángulo de fase para la oscilación.

1.2.3.1.2 Estabilidad de los Osciladores

“Un oscilador se considera estable si su amplitud y su frecuencia de oscilación se mantienen constantes durante la operación.

Cuando aumenta la amplitud de la señal de salida, el dispositivo activo reduce la ganancia al valor que se requiera. Para que haya buena estabilidad, el cambio en la ganancia con la amplitud del voltaje de salida debe ser grande, y un aumento en la amplitud debe provocar que disminuya la ganancia. Esto es, $\Delta A/\Delta V_o$ debe ser un número negativo grande para que un oscilador sea estable.”⁵

1.2.3.2 GENERADORES DE ONDAS CUADRADAS

Este circuito se conoce asimismo como multivibrador estable o autónomo debido a que tiene dos estados cuasi estables.

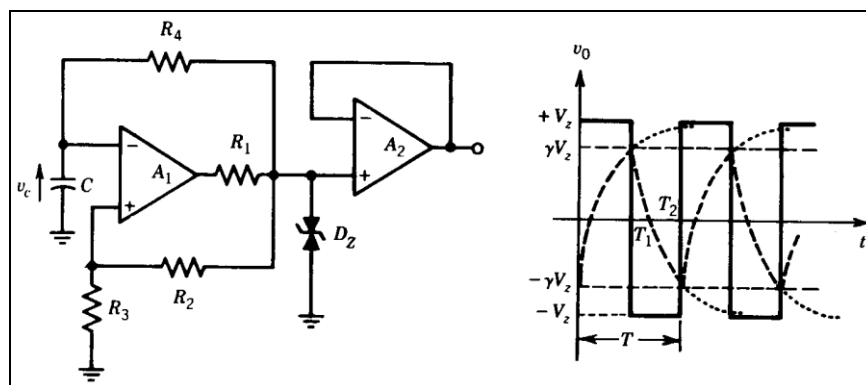


Figura 1.25 Generador de ondas cuadradas
Diagrama del circuito / forma de onda de salida

Es decir, la salida V_0 permanece en un estado un tiempo T_1 y después cambia abruptamente al segundo estado por un tiempo T_2 . En consecuencia, el período de la onda cuadrada es $T = T_1 + T_2$.

⁵ Usategui A; Microcontroladores PIC; Tercera Edición, Ediciones McGraw-Hill, Madrid, 2003, 357 págs

1.2.3.3 GENERADORES DE PULSOS

Las ondas de forma de pulsos suelen utilizarse en aplicaciones de cronometraje y muestreo. En la figura 1.26 a la de onda cuadrada el resistor R_4 del ciclo de retroalimentación negativa de la figura 1.26 (izq) se sustituye por una red de diodos de resistencia.

Cuando la salida es positiva, D_1 conduce y el capacitor C se carga a través de R_{41} ., cuando la salida es negativa D_2 conduce y el capacitor C se encarga de R_{42} . Si $R_{41} < R_{42}$, entonces $T_1 < T_2$. De esta forma se obtienen pulsos en dirección positiva. Si se invierten los diodos o si $R_{42} < R_{41}$, entonces se obtienen pulsos en dirección negativa.

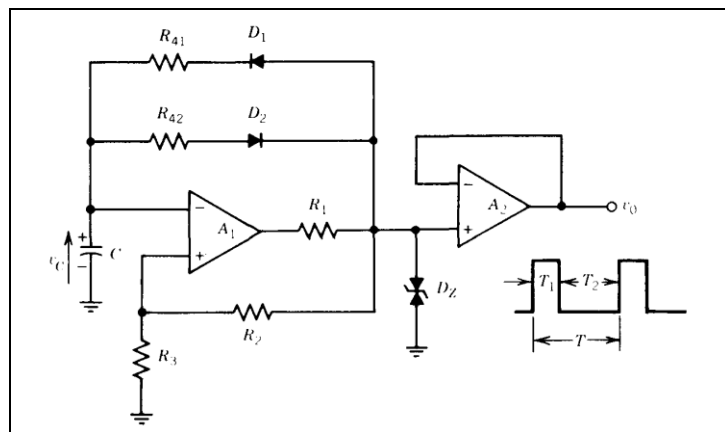


Figura 1.26 Generador de pulsos

1.2.4 ELECTRÓNICA DE MÓDULOS

1.2.4.1 GENERALIDADES

El Técnico Mecánico de hoy día, debe cumplir una serie de requisitos que hasta hace unos años eran impensables. Cualquier automóvil moderno tiene incorporado por lo menos un módulo que funcione en su interior con electrónica. Para los modelos de alta gama esto se vuelve un poco mas complicado puesto que aparecen muchos componentes que comandan cada vez más y más cosas y

dentro de estos módulos. No se encuentra sino sólo electrónica, es por eso que en mitad de una reparación en algún momento el técnico debe analizar un circuito o diagnosticar si cambiar o no un módulo. Por esta razón se explica este tema con un enfoque muy práctico, desde el punto de vista del técnico mecánico que requiere una solución a su problema con una reparación bien realizada o un reemplazo lógico para un determinado componente averiado.

1.2.4.2 ANÁLISIS DE LAS FUNCIONES BÁSICAS

Lo primero que se debe tener en cuenta antes de entrar en detalles de reparaciones del ECM, es la relación eléctrica que existe entre el voltaje la resistencia y el amperaje.

Todos los componentes existentes están compuestos por electrones, la corriente eléctrica es el movimiento de estos electrones. Para este movimiento se hace necesario una fuerza que los impulse y la cantidad de fuerza necesaria para impulsarnos depende del componente mismo, el cual puede ofrecer mucha o poca capacidad para que de acuerdo a esa fuerza aplicada circulen los electrones.

Esta capacidad de dejar pasar los electrones es conocida como conducción en electricidad, se presentan diferentes materiales los cuales pueden ser tan buenos conductores como los filamentos de cobre de los cableados de conexión entre el ECM y sensores o tan malos conductores como el recubrimiento plástico que los protege.

Otro tipo de materiales en electrónica son considerados como semiconductores es decir conducen sólo en condiciones específicas, es el caso por ejemplo de un diodo, el cual deja pasar la corriente sólo en un sentido, o los transistores los cuales permiten la conmutación sólo cuando reciben una señal eléctrica. Lo más importante en este punto es conocer que es lo que pasa cuando un circuito eléctrico esta formado.

1.2.4.3 PARTES DE UN MÓDULO ELECTRÓNICO DE CONTROL

Un módulo de control como por ejemplo el PCM⁶ de un vehículo, esta compuesto por una gran cantidad de circuitos y componentes que en muchos casos ni siquiera son de carácter comercial, lo importante al momento de tratar de reparar un módulo es identificar que sector del mismo es el que se encuentra con algún problema y sobre esa base tratar de analizar cuál puede ser una efectiva solución, Tan importante como buscar un reemplazo en una casa electrónica de acuerdo a una referencia es saber que tipo de control o señal eléctrica maneja un determinado circuito, puesto que si no se encuentra un componente en particular podríamos pensar en un reemplazo de acuerdo a la cantidad de corriente, el voltaje o la frecuencia entre otros parámetros que el módulo controle o reciba de un actuador o un sensor.

En general un módulo de control esta compuesto por elementos periféricos y elementos de procesamiento. Dentro de los elementos periféricos podemos encontrar dos circuitos:

- Circuito de alimentación o fuente.
- Circuitos de Control.
- Procesamiento de Datos.

1.2.4.4 CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN O FUENTE

Este circuito esta diseñado para proteger el módulo y mantener un nivel de tensión estable al interior del mismo en los elementos de procesamiento no se permite cambios en los niveles de tensión recordemos que en un automóvil el sistema de carga se caracteriza por los cambios de voltaje.

Un circuito fuente esta conformado por componentes encargados de proteger, estabilizar y regular los niveles de tensión y corriente dentro de los elementos más usuales tenemos los siguientes:

⁶ PCM: Power Control Module. Computadora que controla la gestión de motor y transmisión.

- Diodos Rectificadores y Zenner.
- Condensadores.
- Reguladores de Tensión.
- Varistores.
- Resistencias.

En el siguiente gráfico se puede observar una fotografía de un circuito fuente.

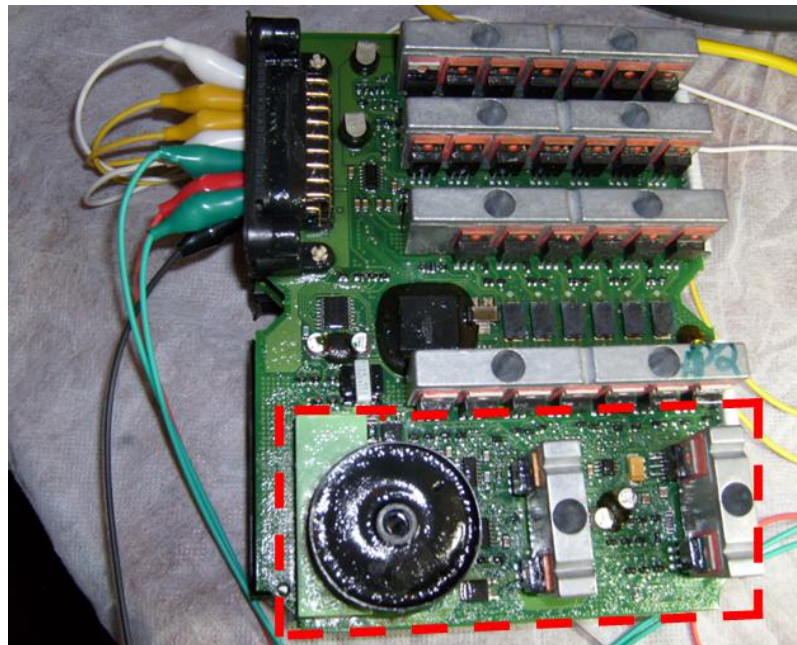


Figura 1.27 Fuente ECM Cummins

Una de las características con la que se puede identificar un circuito fuente es que siempre están muy cerca de los pines de conexión y además son los componentes de mayor tamaño puesto que manejan una cantidad de corriente considerable.

1.2.4.5 CIRCUITOS DE CONTROL

Los circuitos de control dentro de un módulo eléctrico están básicamente diseñados para controlar los actuadores como por ejemplo los inyectores las bobinas las válvulas de marcha mínima los relevadores entre otros, estos circuitos

deben cumplir con requisitos de manejo de potencia puesto que la corriente que se maneja en muchos de ellos alcanza los 5 amperios y los voltajes operados pueden llegar a picos de hasta 400V dentro de los principales componentes que hacen partes de estos circuitos tenemos:

- Transistores.
- Circuitos integrados de control (DRIVER'S).

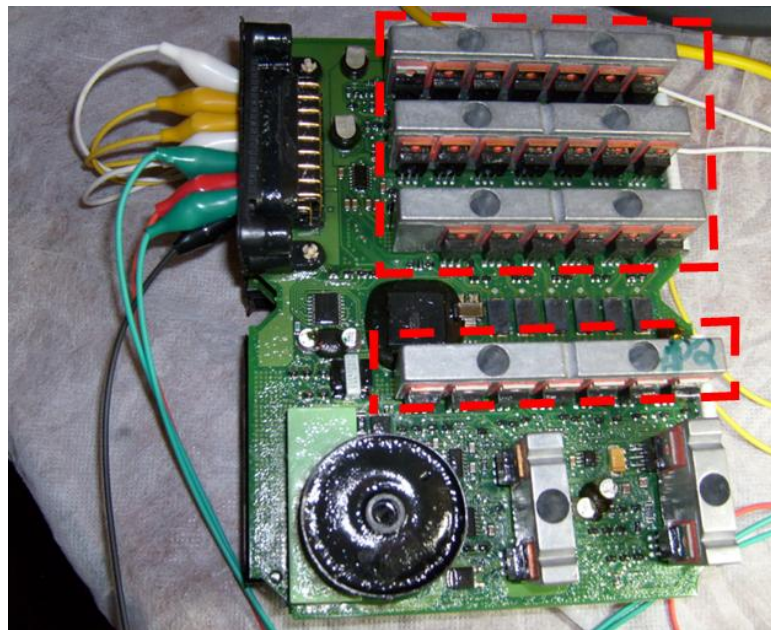


Figura 1.28 Circuito de Control ECM Cummins

Una de las características que podrían ayudar a identificar este tipo de circuitos es que siempre manejan pistas de gran tamaño y generalmente están dispuestos en lugares de fácil disipación de calor como láminas de hierro o chapas disipadoras. Ahora otra parte podría analizar los elementos que hacen parte del procesamiento de los datos.

1.2.4.6 PROCESAMIENTO DE DATOS

En esta parte de circuito encontramos la parte lógica y operacional del módulo en donde se encuentran almacenados los datos de funcionamiento (Memoria), y en donde existe un componente que es encargado de operar todos los controles y señales del módulo (Procesador), estos dos componentes ayudados de muchos circuitos integrados como conversores análogos digitales, se encargan de gestionar cada una de las funciones del módulo de control de acuerdo al requerimiento o señal enviada por parte de los sensores o sistemas que requieran una operación cualquiera del módulo en la siguiente imagen se puede apreciar una imagen de elementos de este circuito.

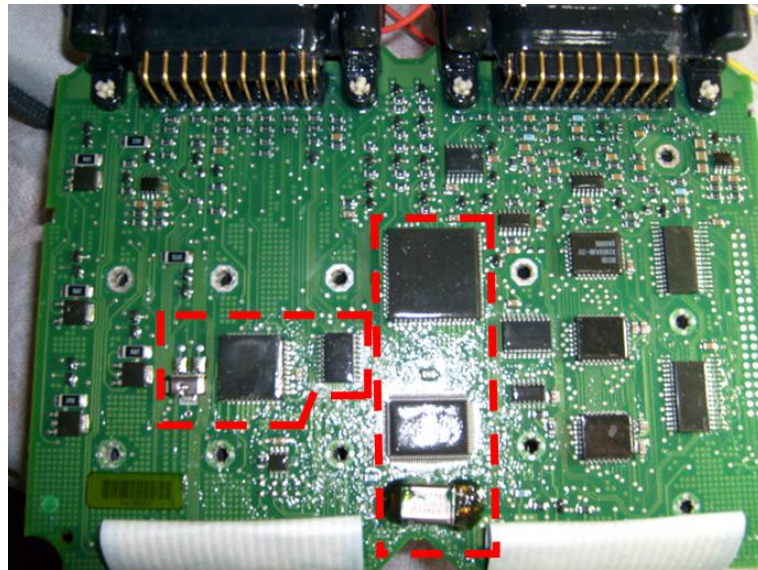


Figura 1.29 Procesamiento de Datos ECM Cummins

El procesador siempre se encuentra muy cercano a la memoria y cercano al procesador se va a encontrar el cristal del procesador.

En algunos casos se puede encontrar que la memoria y el procesador se encuentran ubicados en un mismo componentes a este arreglo se le denomina Microcontroladores.

1.2.5 FUNCIONES DIGITALES

Ya se analizaron algunos dispositivos de lógica, tales como las compuertas y multivibradores biestables, que suelen describirse como circuitos integrados a pequeña escala (SSI). Los circuitos que constan de interconexiones de varias compuertas, multivibradores biestables o ambos, que constituyen 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 presentan ejemplos para indicar la diversidad de dispositivos disponibles, dándose algunas aplicaciones que ilustran la forma en que el uso de estos dispositivos reduce el costo total del paquete del sistema.

1.2.5.1 TEMPORIZADOR

Un cronómetro o circuito de sincronización es un dispositivo diseñado principalmente para generar retardos ajustables de tiempo (temporizadores). El más común es el multivibrador monoestable. En su forma usual, el multivibrador monoestable (o univibrador, de un disparo, como a menudo se llama) produce como respuesta a un cambio en el nivel de voltaje en su entrada, un pulso de voltaje de duración ajustable. El pulso puede ser en sentido positivo o negativo según el circuito, y en un conjunto de condiciones dadas tiene amplitud constante. La duración del pulso se establece típicamente por medio de la elección apropiada de los valores de un resistor y un capacitor. Se dispone de varios tipos de cronómetros (temporizadores) en forma de circuito integrado.

Cuando el cronómetro se encuentra en el estado normal, el enganchador R-S está en el estado 0, y la salida resultante HIGH en Q retiene el transistor T, en saturación, lo cual impide, a su vez, que el capacitor externo C se cargue. En esta condición la salida del cronómetro en la punta de contacto es LOW, puesto que se conecta a Q a través del inversor, que es compatible con TTL cuando la pastilla se polariza con $V_{cc} = 5\text{ V}$. Las salidas de ambos comparadores 1 y 2 son LOW

porque sus entradas de inversión son más positivas que las de no inversión. Un pulso en sentido negativo en que tenga la amplitud suficiente para activar la punta de contacto 2 desde Vcc hasta menos de $V/3$ conmutará el comparador 2, colocando el enganchador en el estado 1 como podemos observar en la arquitectura interna de un circuito integrado figura 1.31.

1.2.5.2 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.

1.2.5.3 MEDICIONES DIGITALES

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

- 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.
- 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 (p. ej., un sincronizador de tres polos o un resolovedor 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:

$$\begin{aligned} \text{Resolución} &= \frac{\text{medición exacta más pequeña}}{\text{intervalo máximo}} = \\ &= \frac{6 \text{ min}}{360^\circ \times 60 \text{ min}^\circ} = \frac{1}{3\,600} \end{aligned}$$

Ec. 1.7

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

$$\begin{aligned} \text{Resolución} &= \frac{1}{2^N} \quad \text{o bien } 2^N = 3\,600 \quad \text{o} \\ N &= \frac{\log 3\,600}{\log 2} = 11.8 \cong 12 \end{aligned}$$

Ec. 1.8

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.

1.2.5.4 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.

1.2.5.5 CONTEO DE PULSOS

En un sistema de medición con conteo de pulsos, un patrón de una sola pista capaz de producir 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.”⁷

Circuito Integrado 555

“Es un circuito de sincronización monolítico que tiene una amplia variedad de aplicaciones, conoceremos la arquitectura de intervalos y dos modos de operación básicos (monoestable y astable) del CI de sincronización 555.



Figura 1.30 Circuito Integrado 555

⁷ Tavernier C; Microcontroladores de 4 y 8 Bits; Editorial Paraninfo, Madrid, 1995, 234 págs.

Arquitectura interna del 555

El CI encapsulado de sincronización 555 consta de dos comparadores de voltaje (los comparadores de umbral y disparador), un multivibrador de control (flip – flop), un transistor de descarga QD, una red divisora de voltaje de resistores y un compensador (buffer) inversor de salida. La red resistiva, que consta de tres resistores iguales (5k cada uno), actúa como un divisor de voltaje que produce los voltajes de referencia para ambos comparadores, según se indica. Las salidas de los comparadores se aplican al multivibrador R-S. Cuando el voltaje del disparador cae por debajo de $\frac{1}{3} V_{CC}$, el comparador disparador coloca (fija) el multivibrador R – S, que lleva la salida a un estado “alto”. En operaciones normales, la punta de contacto del umbral monitoriza el voltaje del capacitor del circuito de sincronización RC. Cuando dicho voltaje excede de $\frac{2}{3} V_{CC}$, el comparador de umbral recoloca el multivibrador, llevando la salida a un estado “bajo”.

En este momento, el transistor QD se activa y descarga el capacitor de sincronización externo. Ahora se ha completado el ciclo de sincronización. El siguiente ciclo de sincronización da comienzo cuando llega otro pulso negativo a la entrada de disparo.

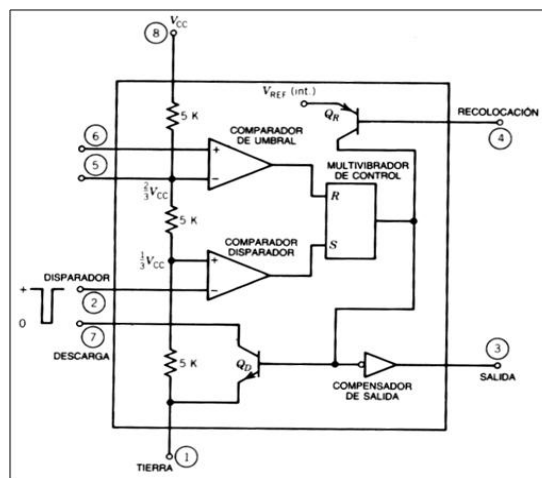


Figura 1.31 Arquitectura Interna del CI 555

Operación monoestable (un disparo)

Inicialmente, antes de que dé comienzo la serie de eventos, el multivibrador de control mantiene el transistor QD “encendido”, haciendo que el capacitor externo C1 se ponga en cortocircuito a tierra. Cuando el comparador disparador detecta un voltaje menor que $1/3 V_{cc}$ (en el borde negativo), se coloca el multivibrador de control, liberando el cortocircuito de C1 al apagar QD. En este momento, la salida pasa al estado “alto”. El voltaje entre las terminales de C1 comienza a aumentar exponencialmente hacia V_{cc} con una constante de tiempo de R_1C_1 .

Cuando este voltaje llega a $2/3 V_{cc}$, el comparador de umbral recoloca el multivibrador. Este a su vez, enciende Q1 y descarga C1, y la salida pasa al estado “bajo”. Por tanto el sincronizador regresa a su estado “de espera” inicial, hasta que llegue otro pulso de entrada disparador en dirección negativa.

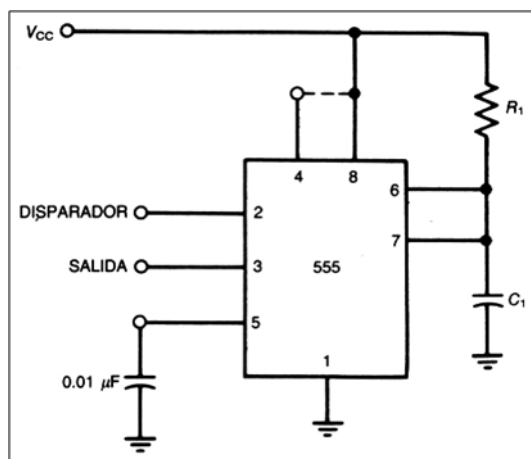


Figura 1.32 Operación monoestable del CI 555

El tiempo de monoestable es: $1.1R_1C_1$

Operación aestable (libre u oscilatoria)

Obsérvese que la entrada de disparo ahora está ligada a la punta de umbral y que se agrega una resistencia, R2.

Cuando se aplica la energía al circuito, el capacitor C1 se descarga, haciendo que el disparador quede en el estado “bajo”. Esto dispara en forma automática el sincronizador, que carga el capacitor a través de R1 y R2. Cuando el voltaje del capacitor llega al nivel umbral de $2/3 V_{cc}$, la salida pasa al estado “bajo” y se activa QD. El capacitor de sincronización se descarga ahora a través de R2. Tan pronto como el voltaje presente en el capacitor cae al nivel de $1/3 V_{cc}$, el comparador disparador coloca el multivibrador y vuelve a disparar el sincronizador en forma automática.”⁸

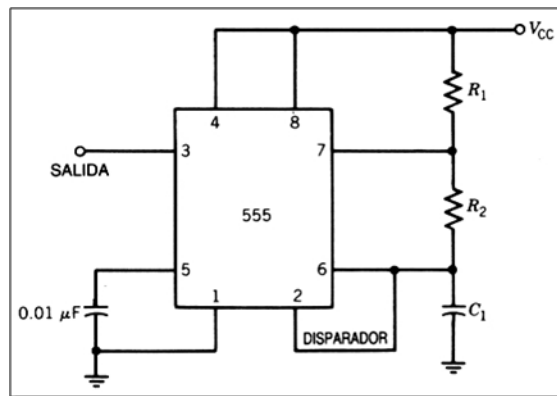


Figura 1.33 Operación a estable del CI 555

El tiempo de carga es:

$$T_H = 0.693(R_A + R_B)C$$

El tiempo de descarga es:

$$T_L = 0.693R_B C$$

La frecuencia es:

$$f = \frac{1}{T_H + T_L} = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B)C}$$

⁸ www.chipdoc.com

CAPÍTULO II

CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS DE LA ECM

2.1 INTRODUCCIÓN AL SISTEMA DE INYECCIÓN DIESEL

2.1.1 MOTOR DIESEL

El motor diesel es un motor térmico de combustión interna en el cual el encendido se logra por la temperatura elevada que produce la compresión del aire en el interior del cilindro. Fue inventado y patentado por Rudolf Diesel en 1892, del cual deriva su nombre.

Un motor diesel funciona mediante la ignición del combustible al ser inyectado en una cámara o precámara, en el caso de inyección indirecta de combustión que contiene aire a una temperatura superior a la temperatura de autocombustión, sin necesidad de chispa. La temperatura que inicia la combustión procede de la elevación de la presión que se produce en el segundo tiempo motor, la compresión. El combustible se inyecta en la parte superior de la cámara de compresión a gran presión, de forma que se atomiza y se mezcla con el aire a alta temperatura y presión. Como resultado, la mezcla se quema muy rápidamente.

Esta combustión ocasiona que el gas contenido en la cámara se expanda, impulsando el pistón hacia abajo. La biela transmite este movimiento al cigüeñal, al que hace girar, transformando el movimiento lineal del pistón en un movimiento de rotación.

2.1.2 CUMMINS

Cummins Inc. es una corporación de negocios complementarios que se encarga del diseño, fabricación, distribución y servicios de diesel y gas natural, motores y

tecnologías relacionadas, incluyendo sistemas de combustible, controles, manejo de aire, filtración, soluciones de emisión y la generación de energía eléctrica.

Cummins sirve a sus clientes a través de una red de compañías y distribuidores independientes aproximadamente en 5200 distribuidores en más de 190 países. Cummins proviene del nombre del inventor-mecánico *Clessie Cummins*, que fue uno de los actores clave en la fundación de la empresa. Fue respaldado financieramente por el inversionista William Irwin, a partir de 1918, para la mejora en los actuales diseños de motores diesel de ese entonces.

2.1.3 MOTOR CUMMINS N14

El motor Cummins N14 es un motor diesel de combustión interna de 4 tiempos de 10 a 12 litros post enfriado de carga de aire, turbo cargado de 11 litros, un diámetro de 4.921 in, una carrera de 5.787 in, un peso seco de 959 Kg, inyección directa de doble pulso controlado electrónicamente lo que hace que el consumo de combustible sea mínimo en rangos de operaciones altos. Pistones articulados de tres piezas, válvulas y asientos de válvulas rediseñados para mejorar el llenado y desalojo de gases, árbol de levas perfilado y micro terminado. Avances electrónicos en el módulo de control electrónico que mejora la eficiencia de combustible haciéndolo un motor mucho más flexible.



Figura 2.1 Motor Cummins N14

2.2 CLASIFICACIÓN GENERAL

Dentro de los motores de inyección directa hay que distinguir tres sistemas diferentes a la hora de inyectar el combustible dentro de los cilindros.

2.2.1 MEDIANTE BOMBA DE INYECCIÓN

a) Bomba de inyección en línea.

Estas bombas disponen por cada cilindro del motor de un elemento de bomba que consta de cilindro de bomba y de émbolo de bomba. El émbolo de bomba se mueve en la dirección de suministro por el árbol de levas accionado por el motor, y retrocede empujado por el muelle del émbolo.

Los elementos de bomba están dispuestos en línea. La carrera de émbolo es invariable. Para hacer posible una variación del caudal de suministro, existen en el émbolo aristas de mando inclinadas, de forma tal que al girar el émbolo mediante una varilla de regulación, resulte la carrera útil deseada. Entre la cámara de alta presión de bomba y el comienzo de la tubería de impulsión, existen válvulas de presión adicionales según las condiciones de inyección. Éstas válvulas determinan un final de inyección exacto, evitan inyecciones ulteriores en el inyector y procuran un campo característico uniforme de bomba.



Figura 2.2 Bomba de Inyección en línea Bosch, VDT – U 2/604 BR.

b) Bomba de inyección rotativa.

Estas bombas tienen un regulador de revoluciones mecánico para regular el caudal de inyección así como de un regulador hidráulico para variar el avance de inyección. En bombas rotativas controladas electrónicamente se sustituyen los elementos mecánicos por actuadores electrónicos. Las bombas rotativas sólo tienen un elemento de bombeo de alta presión para todos los cilindros.

En las bombas rotativas operadas mediante gestión electrónica utiliza la tecnología tradicional de los motores diesel de "inyección indirecta" basado en una bomba rotativa (por ejemplo la bomba "tipo VE" de BOSCH) que dosifica y distribuye el combustible a cada uno de los cilindros del motor. Esta bomba se adapta a la gestión electrónica sustituyendo las partes mecánicas que controlan la "dosificación de combustible" así como la "variación de avance a la inyección" por unos elementos electrónicos que van a permitir un control mas preciso de la bomba que se traduce en una mayor potencia del motor con un menor consumo. Este sistema es utilizado por los motores TDI del grupo Volkswagen y los DTI de Opel y de Renault, así como los TDdi de FORD.



Figura 2.3 Bomba de Inyección rotativa Bosch, VE.

c) Bomba de inyección individuales.

Estas bombas no tienen árbol de levas propio, pero corresponden sin embargo en su funcionamiento a la bomba de inyección en línea. En motores grandes, el regulador mecánico-hidráulico o electrónico está adosado directamente al cuerpo del motor. La regulación del caudal determinada, se transmite mediante un varillaje integrado en el motor.

Las levas de accionamiento para las diversas bombas de inyección, se encuentran sobre el árbol de levas correspondiente al control de válvulas del motor. Por este motivo no es posible la variación del avance mediante un giro del árbol de levas. Aquí puede conseguirse un ángulo de variación de algunos grados mediante la regulación de un elemento intermedio. Las bombas de inyección individuales son apropiadas también para el funcionamiento con aceites pesados viscosos.

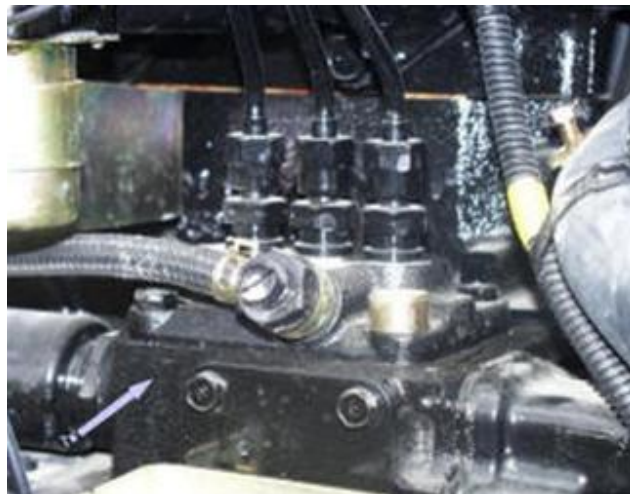


Figura 2.4 Bomba de Inyección individuales.

2.2.2 SISTEMA INYECTOR BOMBA

El sistema Bomba-inyector es el que se integra la bomba y el inyector en el mismo cuerpo. Por cada cilindro del motor se monta una unidad en la culata que es accionada bien directamente mediante un empujador, o indirectamente mediante balancín, por parte del árbol de levas del motor.

Debido a la supresión de las tuberías de alta presión, es posible una presión de inyección esencialmente mayor (hasta 2000 bar) que en las bombas de inyección en línea y rotativas. Con ésta elevada presión de inyección y mediante la regulación electrónica por campo característico del comienzo de inyección y de la duración de inyección (o caudal de inyección), es posible una reducción destacada de las emisiones contaminantes del motor diesel.

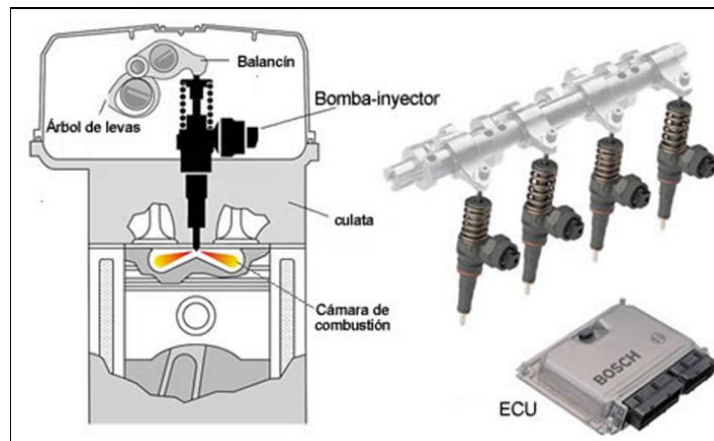


Figura 2.5 Inyector Bomba Bosch IB.

2.2.3 SISTEMA COMMON RAIL

En la inyección "Common Rail" se realizan por separado la generación de presión y la inyección.

La presión de inyección se genera independientemente del régimen del motor y del caudal de inyección y está a disposición en el "Rail". El momento y el caudal

de inyección se calculan en la unidad de control electrónica ECU y se realizan por el inyector en cada cilindro del motor, mediante el control de una electroválvula.

La disminución del consumo de combustible combinado con el aumento simultáneo de potencia o del par motor, determina el desarrollo actual en el sector de la técnica Diesel. Esto ha traído en los últimos años una creciente aplicación de motores diesel de inyección directa, en los cuales se han aumentado de forma considerable las presiones de inyección en comparación con los procedimientos de cámara auxiliar de turbulencia o de precámara. De esta forma se consigue una formación de mezcla mejorada y una combustión más completa.

Debido a la formación de mezcla mejorada y a la ausencia de pérdidas de descarga entre la precámara y la cámara de combustión principal, el consumo de combustible se reduce hasta un 15% respecto a los motores de inyección indirecta o precámara.

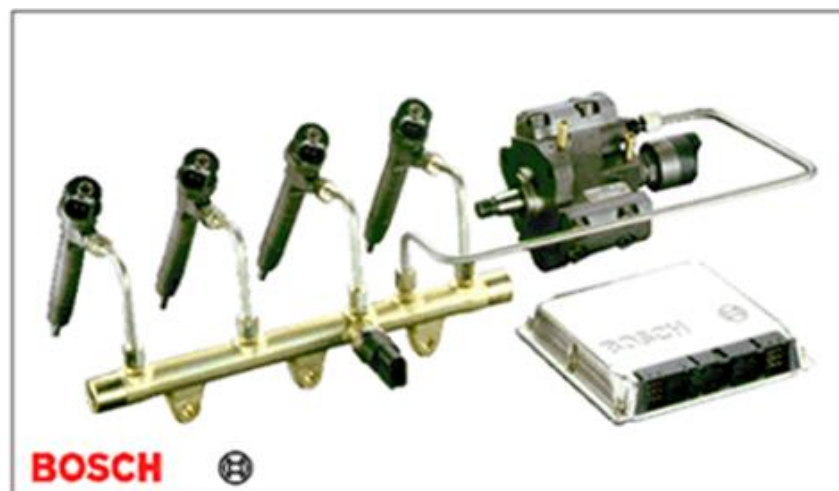


Figura 2.6 Common Rail

2.2.4 SISTEMA DE INYECCIÓN UTILIZADO EN EL MOTOR CUMMINS N14

En este motor se utiliza un sistema de inyección directa con una bomba rotativa de transferencia de desplazamiento positivo de tipo engranes en donde se presuriza el combustible a 150 PSI aproximadamente. De la bomba el

combustible pasa a la placa de enfriamiento del ECM detrás de este refrigerando los circuitos electrónicos y reduciendo la acumulación de calor excesivo en el ECM.

El combustible fluye a través de la línea de suministro hacia la cabeza de cilindro; un barreno interno suministra combustible a cada uno de los inyectores hidráulicos que son controlados mediante una electroválvula que es comandada por el ECM. Mediante este proceso el ECM es capaz de mantener valores precisos de sincronización y dosificación de la inyección, luego de este proceso el combustible sale de la válvula de alivio de presión del inyector fluyendo por el riel interno de retorno en la cabeza de cilindro hacia el tanque de combustible.

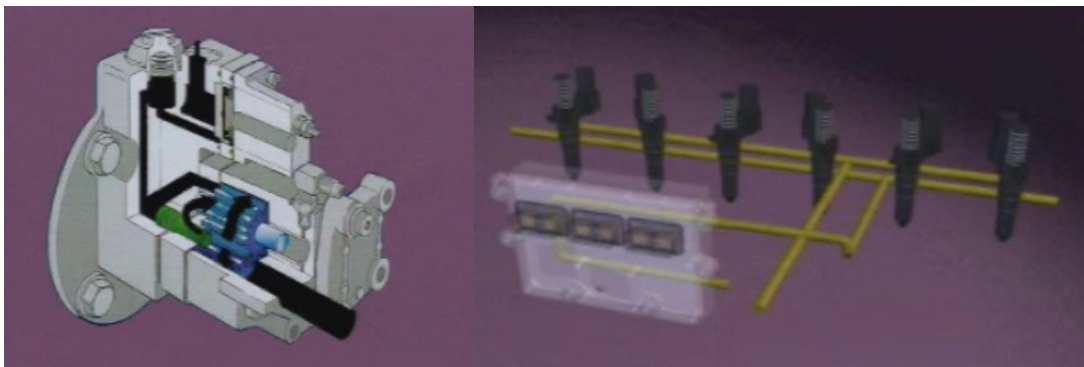


Figura 2.7 Sistema de inyección Cummins N14

2.2.5 SEÑALES BASES

“Se denomina como señal base la forma en como se mide la cantidad de aire que ingresa al motor y puede ser por: MAF – Flujo másico, MAP de acuerdo a la presión en el múltiple de admisión, VAF flujo volumétrico.

- Señal Base Cummins.- La señal base en este sistema se produce por el captador de presión o sensor MAP el cual traduce estados de presión del conducto de admisión a señales eléctricas que manda a la ECM.
- Señal Base Bosch CR.- La señal base de este sistema es mandada por el caudalímetro, que como ya se explicó anteriormente puede ser de hilo

caliente AFM y por la válvula de presión IPR. Sin embargo el componente característico del sistema es la UNIDAD CENTRAL DE INYECCIÓN.

- Señal Base Siemens CR.- El elemento que manda la señal base a la ECU es la SCV la válvula reguladora de caudal de combustible conjuntamente con la IPR.
- Señal Base Delphi CR.- La señal base en este sistema la da el caudalímetro de hilo caliente conjuntamente con la válvula SCV. Este hilo trabaja como una resistencia la cual se enfría con la cantidad de aire que es aspirado, enviando valores de voltaje a la ECU.
- Señal Base Denso CR.- La señal base en este sistema la manda la válvula SCV que envía su señal a la IDM (Módulo driver de inyección) para la activación de los inyectores.”⁹

2.3 COMPUTADORES AUTOMOTRICES

El ECM (Módulo de Control Electrónico) es el centro de cada sistema microprocesador. El trabajo del ECM es ejecutar obedientemente las instrucciones de un programa que le fue proporcionado por un programador. Un programa con microprocesador le dice a la ECM que lea (read) la información de las entradas y que la escriba (write) a la memoria de trabajo o que lea la información de la memoria de trabajo y la escriba a las salidas.

Algunas instrucciones del programa involucran decisiones simples que causan al programa continuar con la siguiente instrucción o saltar a un nuevo lugar del programa.

⁹ Robert Bosch; Manual de la técnica del automóvil; Cuarta Edición, Automotive Aftermarket Bosch, Alemania, 2005, 676 págs.

En un ordenador personal, hay varios niveles de programas, empezando con el programa interno, que es el control más básico del funcionamiento del microprocesador. Otro nivel incluye programas de usuario que se cargan en la memoria del sistema cuando están a punto de ser usados. Esta estructura es muy compleja y no sería un buen ejemplo para mostrar a un principiante cómo trabaja el microprocesador. En un microcontrolador normalmente, solamente un programa en particular está trabajando para el control de una aplicación.



Figura 2.8 ECM Cummins-Celect

A continuación se va a describir los diferentes sensores que utiliza el sistema de inyección a diesel, de un modo técnico y práctico, para ello utilizaremos una nomenclatura que es la que se usa en el mercado automotriz para su descripción:

- Sensor de flujo volumétrico de aire VAF
- Sensor de presión absoluta del múltiple MAP
- Sensor de posición del ángulo del cigüeñal CAS – CKP
- Sensor de presión barométrica BARO
- Sensor de temperatura del agua WTS – ECT – CTS
- Sensor de temperatura del aire IAT – MAT – ATS – IAT
- Sensor de velocidad del vehículo VSS
- Posición del árbol de levas CMP – CKP
- Velocidad del motor ESS

- Temperatura aire transmisión ATF
- Sensor de posición del aceleración TPS
- Sensores de nivel de aceite y refrigerante

2.4 SISTEMAS ON-BOARD

2.4.1 OBD I

“El sistema OBDI comenzó a funcionar en California con el modelo del año 1988. Los estándares federales del OBDI fueron requeridos en 1994 y monitoreaban los siguientes sistemas:

- Medición de combustibles
- Recirculación de gases de escape (EGR)
- Emisiones adicionales, relacionadas a componentes eléctricos

A los vehículos se les exigió que una lámpara indicadora de malfuncionamiento (MIL) se encendiera para alertar al conductor sobre cualquier falla detectada; y a los códigos de diagnóstico de fallas también se les requirió almacenar información identificando las áreas específicas con fallas.

Los sistemas OBD I no detectan muchos problemas relacionados con la emisión de gases, como fallas en el convertidor catalítico o en el fuego perdido. Para cuando se detecta que un componente realmente falla y el MIL se ilumina, ya el vehículo pudo haber estado produciendo emisiones excesivas por algún tiempo. El MIL pudo también no haberse encendido, ya que este sistema no está diseñado para detectar ciertas fallas.”¹⁰

Características para su funcionamiento

1. A los vehículos se les exigió la presencia de una lámpara indicadora de fallas para dar aviso al conductor de la misma. Esta lámpara se conoce

¹⁰ www.redtécnicaautomotriz.com

con las siglas MIL (check engine, sonservice).

2. El almacenamiento de los códigos de diagnóstico de fallas para identificar la parte defectuosa de manera precisa, lo que se conoce con las siglas DTC.

Ejemplo del Sistema OBDI para Motores Diesel

La lámpara MIL (check engine) en el tablero se ilumina al poner el vehículo en contacto, pero al arrancar esta debe apagarse. Si permanece encendida o se ilumina durante la marcha del vehículo esto indica que la ECM ha detectado una falla.

Los sistemas OBD I no detectan muchos problemas relacionados con la emisión de gases, como fallas con el convertidor catalítico.



Figura 2.9 Pro-link Heavy Duty OBD I

2.4.2 OBD II

Después de la enmienda de 1990 sobre Aire Puro, la CARB desarrollo pautas para el OBD II, que tuvieron efecto a partir de 1996 (Tabla 2.1). A continuación se detalla la lista de requerimientos trazada para el OBDII:

Se encenderá la lámpara indicadora de mal funcionamiento (MIL) si las emisiones HC, CO o NOx exceden ciertos límites; normalmente 1.5 veces el nivel permitido por el Procedimiento de Testeo Federal.

El uso de una computadora a bordo para monitorear las condiciones de los componentes electrónicos y para encender la luz del MIL si los componentes fallan o si los niveles de emisión exceden los límites permitidos.

Especificaciones standards para un Conector de Diagnóstico (DLC), incluyendo la localización del mismo y permitiendo el acceso con scanners genéricos.

Implementaron de normas para la industria sobre emisiones relacionadas con Códigos de Diagnóstico (DTC), con definiciones standards. Estandarización de sistemas eléctricos, términos de componentes y acrónimos.

Información sobre servicio, diagnóstico, mantenimiento y reparación, disponible para toda persona comprometida con la reparación y el servicio al automotor.

Tabla 2.1 OBD I Vs. OBD II

OBD I	OBD II
<p>MONITOREOS REQUERIDOS(California 1988, Federal 1994)</p> <ul style="list-style-type: none"> * Sensor de oxígeno. * Sistema EGR. * Sistema de reparto de combustible. * PCM. * Luz MIL se apagara si el problema de emisiones se corrige por si solo. 	<p>MONITOREOS REQUERIDOS(Federal 1996)</p> <ul style="list-style-type: none"> * Eficiencia del catalizador. * Fuego perdido (Misfire). * Control de combustible. * Respuesta del sensor del oxígeno. * Calefactor del sensor de oxígeno. * Detallado de componentes. * Emisiones evaporativas. Sistema de aire secundario (si esta equipado). * EGR. * La luz MIL se mantiene encendida hasta que haya pasado tres ciclos de conducción sin que el problema reincida.

Normas del OBD II

Terminología

El aumento de estrictas reglas sobre la emisión de gases ha requerido de un creciente número de sofisticados sistemas electrónicos para controlarla. Por algún tiempo, cada fabricante usó su propia terminología para describir estos sistemas, lo cual confundía a cualquiera involucrado en el servicio de automotores. Este problema pudo ser eliminado estableciendo un listado de términos, abreviaciones y acrónimos standards.

En 1991, la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) publicó dicho listado para términos, definiciones, abreviaciones y acrónimos de sistemas de diagnóstico eléctricos / electrónicos. La publicación resultante, J1930, se refiere a lo siguiente:

- Manuales de reparación, servicio y diagnóstico.
- Boletines y actualizaciones.
- Manuales de entrenamiento.
- Base de datos de reparaciones.
- Clasificación de emisiones del motor.
- Aplicaciones de certificados de emisión.

También publicado en el J1930 se encuentran las normas para el nombramiento de sistemas corrientes y en desarrollo. Terminología históricamente aceptable para cientos de componentes y sistemas, también se halla enlistada junto a las normas de la SAE.

Scanner para OBD II

El documento J1978 de la SAE describe los mínimos requerimientos para un scanner de OBD II. Este documento abarca desde las capacidades necesarias hasta el criterio al que debe someterse todo scanner para OBD II. Los fabricantes de herramientas pueden agregar habilidades adicionales pero a discreción. Los requerimientos básicos para un OBD II Scan Tool son:

- Determinación automática de la interfaz de comunicación usada.
- Determinación automática y exhibición de la disponibilidad de información sobre inspección y mantenimiento.
- Exhibición de códigos de diagnóstico relacionados con la emisión, datos en curso, congelado de datos e información del sensor de oxígeno.
- Borrado de los DTC, del congelado de datos y del estado de las pruebas de diagnóstico.

Conector de diagnóstico

Debe estar localizado en la zona del conductor debajo del panel de instrumentos.

Descripción de los pines:

- 2.- Comunicación SAE VPW/PWM
- 4.- MASA Vehículo
- 5.- MASA Señal
- 7.- Comunicación ISO 9141-2 (Línea K)
- 10.- Comunicación PWM
- 15.- Comunicación ISO 9141-2 (Línea L)
- 16.- POSITIVO BATERIA



Figura 2.10 Conector de Diagnóstico OBD II

Conector de diagnóstico Pin – Outs Deutsch

Este conector es el más utilizado en equipo camionero en especial los equipados con motores Cummins. Estos tipos de conectores trabajan bajo los siguientes protocolos.

J1587 DEUTSCH HD16 -6 12S

Conector de 6 posiciones, descripción de pines:

- **A:** J1587 +
- **B:** J1587 –
- **C:** Power +
- **D:** NC
- **E:** Ground
- **F:** NC



Figura 2.11 Conector Deutsch J1587

J1939 DEUTSCH HD16 -9 1939S

Conector de 9 posiciones, descripción de pines:

- **A:** Ground
- **B:** Power +
- **C:** J1939+
- **D:** J1939-

- E: NC
- F: J1587+
- G: J1587-
- H: NC
- J: NC



Figura 2.12 Conector Deutsch J1939

Comunicación con el Scanner

Existen básicamente tres tipos de comunicación que pueden ser utilizadas y son escogidas por la ensambladora:

SAE VPW.- modulación por ancho de pulso variable

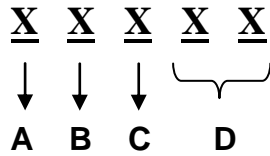
SAE PWW.- modulación por ancho de pulso

ISO 9141-2.- comunicación serial

Estos sistemas de comunicación obedecen a patrones de pedido-respuesta llamado protocolo de comunicación. Fueron detectados los siguientes patrones utilizados por las ensambladoras:

Anatomía de los DTC o Códigos de falla DTC'S

Un DTC está compuesto por 5 dígitos. La serie siguiente demuestra la composición de los DTC. Con esta información es simple interpretar en que parte del sistema se ha producido la falla, que detectada por el computador, hizo que esta generara el DTC.



- D** Falla (00-99)
 - 1- Medición de Combustible y Aire
 - 2- Medición de Combustible y Aire (Circuito Inyector)
 - 3- Sistema de Ignición o Fuego Perdido
 - 4- Controles Auxiliares de Emisiones
- C** {
 - 5- Sistemas vinculados con el Control de Velocidad de Vehículo o Sistemas vinculados con el Control de Marcha Lenta
 - 6- Circuitos de Salida del Computador
 - 7- Transmisión
 - 8- Transmisión
- B** {
 - 0- SAE (Códigos Genéricos)
 - 1- MFG (Códigos Específicos de la marca)
- A** {
 - B- BODY (Sistemas de control y componentes de carrocería)
 - C- CHASSIS (Sistemas de control y componentes de chasis)
 - P- POWERTRAIN (Sistemas de control y componentes de motor)
 - U- NETWORK (Datos invalidados o faltantes)

Los DTC's son códigos alfanuméricos de tres dígitos precedido por los siguientes asignadores:

- Bo. Código de carrocería, controlado por SAE
- B1. Código de carrocería, controlado por e fabricante
- Co. Código de chasis, controlado por SAE
- C1. Código de chasis, controlado por el fabricante
- Po. Códigos de la PCM, controlados por SAE
- P1. Códigos de la PCM, controlados por el fabricante
- Uo. Códigos de comunicaciones de red, controlado por SAE
- U1. Códigos de comunicaciones de red, controlado por el fabricante.

El tercer dígito indica el sistema en el que ocurre la falla, tal como el sistema de encendido el control de velocidad de marcha lenta, etc.

El cuarto y quinto dígito representan el DTC específico del sistema, por ejemplo:

El P 0 1 3 1

- P. indica PC11
- 0. controlado por SAE
- 1. control de Aire/Combustible
- 31. componente involucrado, en este caso el sensor oxígeno anterior al catalítico

Para cuando se detecta que un componente falta y el MIL o (check engine) se ilumina, y/o el vehículo pudo haber estado produciendo emisiones excesivas por algún tiempo.

Códigos de defectos

El formato de los códigos de defecto debe tener la siguiente presentación:

B 1 1 3 6

Código de falla

- 1.- Medición de aire y combustible
- 2.- Medición de aire y combustible (Circuito inyector)
- 3.- Sistema encendido
- 4.- Controles Auxiliares de emisiones
- 5.- Velocidad y marcha lenta
- 6.- Circuito de salida de la computadora
- 7.- Transmisión
- 0.- SAE
- 1.- MRG (Fabricante del vehículo)
- B.- Carrocería

C.- Chasis

P.- Motor

U.- Comunicación”¹¹

Lecturas en Cummins

Para las lecturas en Cummins tenemos un software propio para diagnóstico y servicio. El cual es INSITE que junto con el hardware INLINE es una aplicación basada en PC que proporciona acceso rápido y fácil a la información electrónica del desempeño del motor, lo cual permite tiempos de respuesta de servicio más rápido; lo que ayuda a asegurar procedimientos y diagnósticos preciso.

INSITE proporciona información como:

- Análisis del funcionamiento del motor y sus parámetros en tiempo real.
- Información de viaje y de vehículo.
- Ajuste de parámetros y características.
- Diagnóstico preciso de problemas.
- Diagramas de cableado completo.
- Información de diagnóstico paso a paso.
- Configuración de parámetros.
- Sistema de información de fallas.
- Códigos de falla.
- Pruebas especiales al ECM.
- Calibraciones de motor.
- Instalar nuevas características.
- Actualizar potencia.

¹¹ www.elmundomotor.elmundo.es



Figura 2.13 INLINE 5 y INSITE de Cummins

2.4.3 OBD III

“Actualmente se está desarrollando la planeación de OBDIII, el cual podrá tomar a OBDII un paso hacia la comunicación de fallas a distancia vía satélite. Utilizando un pequeño radio comunicador que es usado para herramientas electrónicas, un vehículo equipado con OBD III podrá ser posible reportar problemas de emisiones directamente a una agencia reguladora de emisiones (EPA). El radio comunicador podrá comunicar el número VIN del vehículo y podrá diagnosticar códigos que estén presentes. El sistema podrá reportar automáticamente problemas de emisiones vía celular o un vínculo vía satélite cuando el foco de mal función (MIL) este encendido, o responda a un requerimiento de un celular, o satélite cuando suceda los análisis de emisiones ya que estos podrán ser monitoreados no importa donde estén ellos, aunque estén en el garaje o manejando. Con ello se podrá observar cuidadosamente la política de emisiones contaminantes. Siendo posible localizar los vehículos que estén en una violación de aire limpio, así como estudios demográficos o arrestar a los que quebranten la ley de aire limpio.

Tecnologías de OBD III

Tiene tres caminos para enviar y recibir datos, lector de camino (roadside); red de estación local (local station network); satélite.

Las ventajas serán: el conductor podrá saber cuando hubo un mal funcionamiento de los sistemas y podrá solicitar ayuda vía satélite, celular y le dirán cual es el mal funcionamiento que presenta y su solución, este sistema podrá auto diagnosticarse desde el arranque del motor hasta el apagado del mismo.

Esta tecnología permitirá que la PCM pase a modo seguro o auto calibración de componentes al suscitar un mal funcionamiento y guardar la falla en memoria viva para después revisarla con el scanner. Se habla de un scanner tipo beeper con una explicación básica del mal funcionamiento y sugerencias para la reparación que vendrá en las unidades con OBD III como un servicio agregado del fabricante al dueño del vehículo.

Básicamente OBD III viene a revolucionar el diagnóstico del motor, más sencillo, con mayor claridad para el diagnóstico, mayores códigos de fallas, evitará las horas perdidas en detección y corrección de fallas, ahora cualquier técnico en fuel inyección o mecánico podrá arreglar un vehículo sin dudar del componente dañado.

Otra ventaja es la reducción de precios de scanners ya que la EPA ha exigido un scanner reader es decir un lector de fallas y borrado de un costo bajo y accesible tal es el caso de OTC, sacaron un scanner para OBD I, en el caso de actron mediante su división sun-pro han bajado los costos del scanner para solo unidades OBD II genéricas.”¹²

¹² www.redtécnicaautomotriz.com

2.5 MEMORIAS

Una ventaja importante de los sistemas digitales sobre los analógicos es la capacidad de almacenar grandes cantidades de información digital por períodos cortos o largos. Esta capacidad de memoria es la que hace que los sistemas digitales sean tan versátiles y adaptables a muchas circunstancias.

“Definición.- Las memorias son circuitos digitales que almacenan datos binarios en un sistema de computadoras, por ejemplo: memorias de semiconductores, cintas magnéticas, discos magnéticos, discos ópticos, etc.

Los datos digitales también pueden almacenarse como cargas de capacitores y un tipo muy importante de memorias semiconductoras hace uso de este principio para obtener almacenamiento de alta densidad a niveles bajos de energía.

Otra forma de almacenamiento en una computadora se efectúa con la memoria auxiliar, la cual está separada de la memoria interna. La memoria auxiliar, tiene la capacidad de almacenar enormes cantidades de datos sin necesidad que haya corriente eléctrica.

2.5.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS MEMORIAS DE SEMICONDUCTORES.

- Son circuitos integrados
- Elementos biestables
- Todas las localidades de memoria que almacena un dígito binario debe tener una sola dirección.
- Debe ser posible leer los datos almacenados.

2.6 TIPOS DE MEMORIA

Dentro de la gama de Memorias se pueden establecer tres grupos bien definidos.

2.6.1 MEMORIAS TIPO DIL

Este encapsulado fue uno de los primeros usados para los autos equipados con inyección electrónica desde el año 1990. Como se aprecia en la figura 2.14 este posee 2 líneas con patas o pines de acceso, estas pueden ser de 28 o 32 pines. Una marca o muesca se puede observar en su encapsulado, el mismo muestra la orientación de su propia numeración, y la ubicación del pin 1.

También encontraremos una ventana en el medio del componente el cual nos indica que podemos borrar los datos de la misma con rayos ultravioletas. Este proceso requiere de un borrador de eprom y el tiempo de ejecución es de aproximadamente 25 minutos.

Su montaje sobre la placa puede realizarse de 2 maneras distintas, directamente soldado sobre la placa o puede aparecer también montada sobre un zócalo, esto facilita su extracción y posterior trabajo.

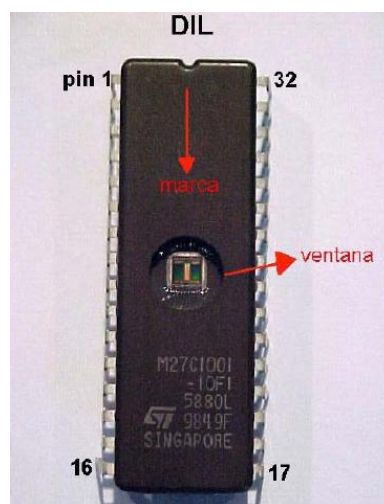


Figura 2.14 Memoria tipo DIL

2.6.2 MEMORIAS TIPO PLCC

Este encapsulado fue el segundo utilizado por las terminales automotrices el mismo cuenta con un tamaño reducido y la configuración de sus patas envuelve los 4 lados a diferencia de su antecesor (dip) la cantidad de patas puede ser de 32, 44, 48 patas. Lo particular de esta configuración es que las patas o pines se encuentran hacia adentro y su montaje es superficial a la placa madre. Esto simplifica el tamaño que ocupa en la placa madre y también aporta mayor capacidad en su interior.

Este tipo de memorias se borran eléctricamente para luego poder reutilizarla, este proceso se realiza con un programador de memorias. Sobre un lateral posee una marca que nos indica la posición pin 1. Puede ser encontrado montado directamente sobre la placa como también sobre un zócalo, esto facilita su extracción y manejo.

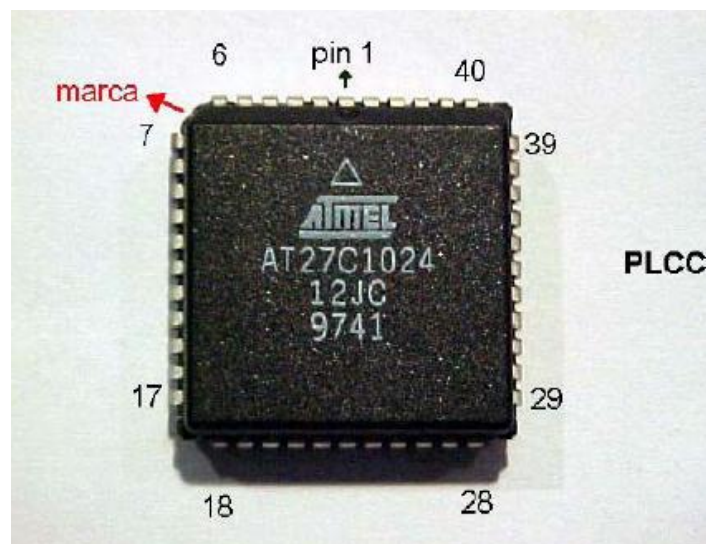


Figura 2.15 Memoria tipo PLCC

2.6.3 MEMORIAS TIPO SOP

Este encapsulado es uno de los más utilizados en la actualidad, posee una capacidad de 2 hasta 32 megas en el uso automotriz, este encapsulado logro en su costo, capacidad y espacio un compromiso adoptado por los fabricantes de electrónica automotriz.

La cantidad de pines utilizados es de 44 o 48 terminales, también posee una marca el cual nos indica la posición del pin 1.

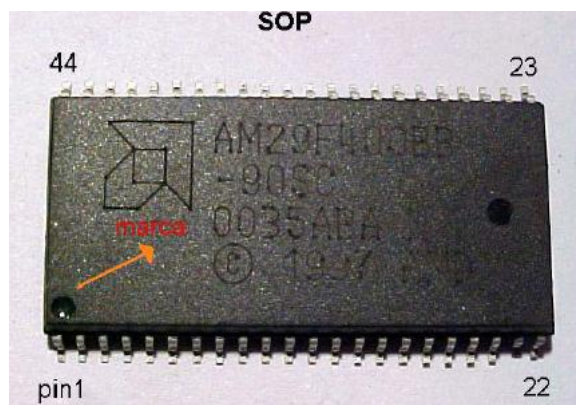


Figura 2.16 Memoria tipo SOP

2.7 MEMORIA ROM

ROM (Read Only Memory) memoria sólo de lectura, este tipo de memoria se programa en fábrica y se llama Máscara. Son un tipo de memorias de semiconductor que están diseñadas para retener datos que son permanentes o no se cambian con mucha frecuencia. Durante la operación normal, no pueden escribirse nuevos datos en una ROM pero si pueden leerse la información de ella.

Para algunas ROMs los datos que están almacenados tiene que integrarse durante el proceso de fabricación, para otras ROMs los datos pueden grabarse eléctricamente. El proceso de grabar datos se lo conoce como programación de la ROM. Las ROMs se la utilizan para almacenar datos e información que no

cambiará durante la operación normal de un sistema. Un uso importante de la ROMs se encuentra en el almacenamiento de programas de las microcomputadoras. Ya que todas las ROMs son no volátiles, estos programas no se pierden cuando la microcomputadora es desconectada.

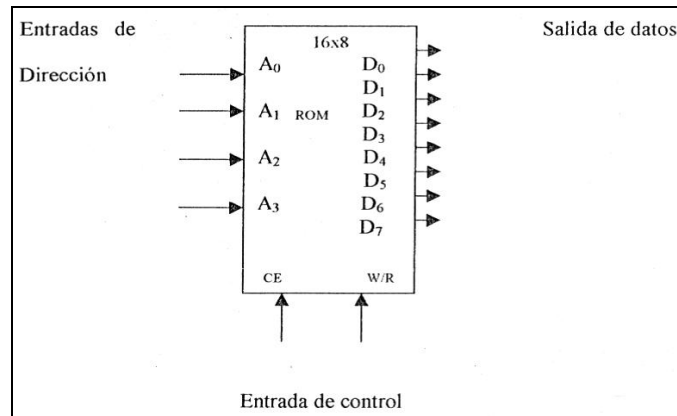


Figura 2.17 Diagrama de bloques en ROM

Las salidas de datos de muchos circuitos integrados de ROM son salidas de tres estados para permitir la conexión de muchos circuitos al mismo canal de datos para lograr la expansión de la memoria. Los números más comunes de salidas de datos para ROMs son de 4, 8 y 16 bits, siendo las palabras de 8 bits las más comunes.

2.7.1 TIPOS DE ROMS

Veremos brevemente los diversos tipos de ROMs para observar como difieren en la forma en que son programados, borrados y reprogramados.

- ROM programada por mascarilla (MROM).- Este tipo de ROM tiene sus localidades de almacenamiento escritas por el fabricante según las especificaciones del cliente. Se utiliza un negativo fotográfico llamado mascarilla para controlar las conexiones eléctricas en el circuito. Se requiere una mascarilla especial para cada conjunto diferente de

información a ser almacenada en la ROM. Ya que las mascarillas son costosas, este tipo de ROM es económico sólo si se necesita una cantidad considerable de la misma ROM.

Una gran desventaja que presentan estas memorias es que no se puede reprogramarse en caso de un cambio de diseño que requiera una modificación del programa almacenado, usaremos las siglas MROM cada vez que hagamos referencia a las ROMs programadas por mascarilla.

- ROM programables (PROM).- Una rom programable por mascarilla es muy costosa y no se utilizará excepto en aplicaciones de grandes volúmenes. Para las aplicaciones de bajo volumen, los fabricantes han creado PROMs con conexión fusible, que no se programan durante el proceso de fabricación sino que son programadas por el usuario. Sin embargo, una vez programada la PROM se parece a una MROM en que no puede borrarse y reprogramarse. Por tanto, si el programa en la PROM es erróneo o tiene que ser cambiado, la PROM tiene que ser desechada.
- ROM programable y borrable (EPROM).- Una EPROM puede ser programada por el usuario y también puede borrarse y reprogramarse cuantas veces como se desee. Una vez programada la EPROM es una memoria no volátil que contendrá sus datos almacenados indefinidamente.

Una vez programado una celda de la EPROM, se puede borrar su contenido exponiendo la EPROM a la luz ultravioleta (UV), la cual se aplica a través de la ventana que se encuentra sobre el encapsulado del circuito. Desafortunadamente, no existe ninguna forma de borrar sólo algunas celdas, las UV borran todas las celdas al mismo tiempo, por lo que una EPROM borrada almacena solamente unos dígitos. Una vez borrada, la EPROM puede programarse.

- PROM eléctricamente borrable (EEPROM).- Las ventajas de la EPROM se eliminaron con la producción de la PROM eléctricamente borrable

(EEPROM) que fue una mejora con respecto de la EPROM. La EEPROM conserva la estructura de compuerta flotante de la EPROM, pero con la inclusión de una región muy delgada por encima del electrodo de drenaje de la celda de memoria MOSFET. Esta modificación es la principal característica de la EEPROM, su facilidad para el borrado eléctrico. Al aplicar un alto voltaje (21v) entre la compuerta y el drenaje del MOSFET, se puede inducir una carga en la compuerta flotante donde permanecerá aunque se interrumpa la corriente, la inversión de algunos voltajes ocasiona que se retiren las cargas atrapadas en la compuerta flotante y borra la celda.

Dado que este mecanismo de carga y transporte requiere corrientes muy bajas, el borrado y la programación de la EEPROM puede hacerse en el circuito (es decir sin una fuente de luz ultravioleta, ni una unidad programadora especial).

2.8 MEMORIA RAM

RAM (Random Access read/write Memory) memoria de acceso a lectura o escritura aleatorio, se usa para el almacenamiento temporal de datos y el cálculo intermedio de los resultados durante las operaciones. Este tipo de memoria pierde los datos cuando se queda sin alimentación.

Las RAMs se emplean en las computadoras como medios de almacenamiento temporal para programas y datos, el contenido de muchas de las localidades de dirección será leído y escrito a medida que la computadora ejecuta un programa. Esto requiere que la RAM tenga ciclos de lectura y escritura rápidos para que no reduzca la velocidad de operación de la computadora.

2.8.1 TIPOS DE RAM

- RAM estática (SRAM).- Son celdas flip – flops que permanecerán en un estado determinado indefinidamente, siempre y cuando no se interrumpa el suministro de energía al circuito. Las RAMs estáticas se encuentran disponibles en tecnología bipolar y MOS, aunque la mayoría de las aplicaciones hacen uso de RAMs NMOS o CMOS. Las bipolares tienen la ventaja en velocidad y los dispositivos MOS tienen capacidades mucho mayores con menor consumo de potencia
- RAM dinámica (DRAM).- Las RAMs dinámicas se fabrican con tecnología MOS y se caracterizan por su gran capacidad, bajos requerimientos de consumo de potencia y velocidad de operación media. La necesidad de refrescar las celdas es una desventaja de las RAM dinámicas cuando se comparan con las RAM estáticas, dado que se requerirá de circuitería de control para la señal de refresco que no requiere de hardware externo extra pero requieren de temporización especial para las entradas de control.

Sin embargo sus mayores capacidades y menores consumos de potencia hacen de la memoria DRAM la opción en sistemas donde las consideraciones de diseño más importantes son el mantener pequeño tanto el tamaño como el costo y el consumo de potencia.”¹³

2.9 Reloj (Clock)

Salvo excepciones, los microprocesadores usan un pequeño oscilador del reloj (clock) para activar la ECM, para mover de un paso a la secuencia siguiente. En el capítulo de arquitectura de un microprocesador, se puede ver que incluso las instrucciones simples de un microcontrolador están compuestas de una serie de pasos aún más básicos. Cada uno de estos pasos diminutos en el funcionamiento del microprocesador toma un ciclo del reloj del ECM.

¹³ Belove C; Enciclopedia de la Electrónica; Grupo Editorial OCEANO, Barcelona, 1990.

2.10 CAN BUS

Can-Bus es un protocolo de comunicación en serie desarrollado por Bosch para el intercambio de información entre unidades de control electrónicas del automóvil.

Can significa Controller Area Network (Red de área de control) y Bus, en informática, se entiende como un elemento que permite transportar una gran cantidad de información.

Este sistema permite compartir una gran cantidad de información entre las unidades de control abonadas al sistema, lo que provoca una reducción importante tanto del número de sensores utilizados como de la cantidad de cables que componen la instalación eléctrica. De esta forma aumentan considerablemente las funciones presentes en los sistemas del automóvil donde se emplea el Can-Bus sin aumentar los costes, además de que estas funciones pueden estar repartidas entre dichas unidades de control.

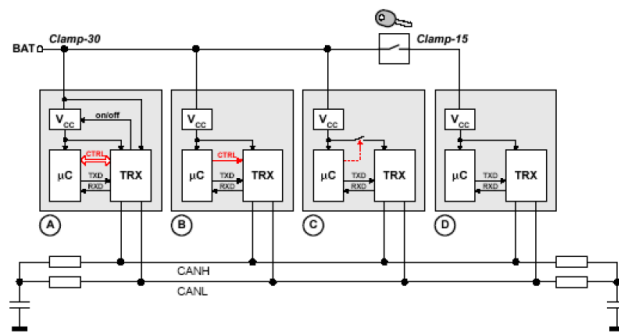


Figura 2.18 Esquema básico de un Bus CAN

2.10.1 Como funciona el sistema Bus CAN

Las unidades de mando que se conectan al sistema Can-Bus son las que necesitan compartir información, pertenezcan o no a un mismo sistema. En automoción generalmente están conectadas a una línea las unidades de control del motor, del ABS y del cambio automático, y a otra línea (de menor velocidad) las unidades de control relacionadas con el sistema de confort.

El sistema Can-Bus está orientado hacia el mensaje y no al destinatario. La información en la línea es transmitida en forma de mensajes estructurados en la que una parte del mismo es un identificador que indica la clase de dato que contiene. Todas las unidades de control reciben el mensaje, lo filtran y sólo lo emplean las que necesitan dicho dato. Naturalmente, la totalidad de unidades de control abonadas al sistema son capaces tanto de introducir como de recoger mensajes de la línea. Cuando el bus está libre cualquier unidad conectada puede empezar a transmitir un nuevo mensaje.

En el caso de que una o varias unidades pretendan introducir un mensaje al mismo tiempo, lo hará la que tenga una mayor prioridad. Esta prioridad viene indicada por el identificador. El proceso de transmisión de datos se desarrolla siguiendo un ciclo de varias fases:

Suministro de datos: Una unidad de mando recibe información de los sensores que tiene asociados (r.p.m. del motor, velocidad, temperatura del motor, puerta abierta, etc.)

Su microprocesador pasa la información al controlador donde es gestionada y acondicionada para a su vez ser pasada al transmisor-receptor donde se transforma en señales eléctricas.

Trasmisión de datos: El controlador de dicha unidad transfiere los datos y su identificador junto con la petición de inicio de trasmisión, asumiendo la responsabilidad de que el mensaje sea correctamente transmitido a todas las unidades de mando asociadas. Para transmitir el mensaje ha tenido que encontrar el bus libre, y en caso de colisión con otra unidad de mando intentando transmitir simultáneamente, tener una prioridad mayor. A partir del momento en que esto ocurre, el resto de unidades de mando se convierten en receptoras.

Recepción del mensaje: Cuando la totalidad de las unidades de mando reciben el mensaje, verifican el identificador para determinar si el mensaje va a ser utilizado

por ellas. Las unidades de mando que necesiten los datos del mensaje lo procesan, si no lo necesitan, el mensaje es ignorado.

El sistema Can-Bus dispone de mecanismos para detectar errores en la transmisión de mensajes, de forma que todos los receptores realizan un chequeo del mensaje analizando una parte del mismo, llamado campo CRC¹⁴. Otros mecanismos de control se aplican en las unidades emisoras que monitorizan el nivel del bus, la presencia de campos de formato fijo en el mensaje (verificación de la trama), análisis estadísticos por parte de las unidades de mando de sus propios fallos etc.

Estas medidas hacen que las probabilidades de error en la emisión y recepción de mensajes sean muy bajas, por lo que es un sistema extraordinariamente seguro.

El planteamiento del Can-Bus, como puede deducirse, permite disminuir notablemente el cableado en el automóvil, puesto que si una unidad de mando dispone de una información, como por ejemplo la temperatura del motor, esta puede ser utilizada por el resto de unidades de mando sin que sea necesario que cada una de ellas reciba la información de dicho sensor.

Otra ventaja obvia es que las funciones pueden ser repartidas entre distintas unidades de mando, y que incrementar las funciones de las mismas no presupone un coste adicional excesivo.

¹⁴ CRC: Cyclic Redundancy Check (comprobación de redundancia cíclica en el sistema de bus CAN)

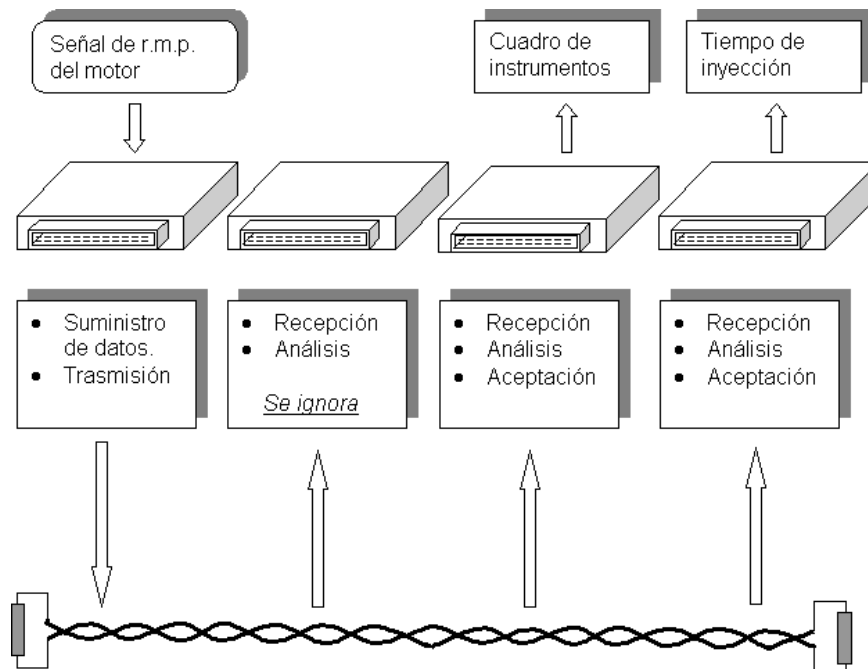


Figura 2.19 Recepción de mensajes CAN Bus

2.10.2 Características principales del protocolo CAN

La información que circula entre las unidades de mando a través de los dos cables (bus) son paquetes de 0 y 1 (bit) con una longitud limitada y con una estructura definida de campos que conforman el mensaje.

Uno de esos campos actúa de identificador del tipo de dato que se transporta, de la unidad de mando que lo trasmite y de la prioridad para transmitirlo respecto a otros. El mensaje no va direccionado a ninguna unidad de mando en concreto, cada una de ellas reconocerá mediante este identificador si el mensaje le interesa o no. Todas las unidades de mando pueden ser transmisoras y receptoras, y la cantidad de las mismas abonadas al sistema puede ser variable (dentro de unos límites).

Si la situación lo exige, una unidad de mando puede solicitar a otra una determinada información mediante uno de los campos del mensaje RDR¹⁵.

¹⁵ RDR: Trama Remota

Cualquier unidad de mando introduce un mensaje en el bus con la condición de que esté libre, si otra lo intenta al mismo tiempo el conflicto se resuelve por la prioridad del mensaje indicado por el identificador del mismo.

El sistema está dotado de una serie de mecanismos que aseguran que el mensaje es transmitido y recibido correctamente. Cuando un mensaje presenta un error, es anulado y vuelto a transmitir de forma correcta, de la misma forma una unidad de mando con problemas avisa a las demás mediante el propio mensaje, si la situación es irreversible, dicha unidad de mando queda fuera de servicio pero el sistema sigue funcionando.

2.10.3 FORMATOS DE LOS MENSAJES

Existen dos formatos de mensajes en el protocolo CAN:

- CAN 2.0A: mensajes como identificador de 11 bits. Es posible tener hasta 2.048 mensajes en una red constituida sobre formato, aunque puede ser una limitación de determinadas aplicaciones. La figura 2.20 presenta el cuadro de mensajes del CAN 2.0A.

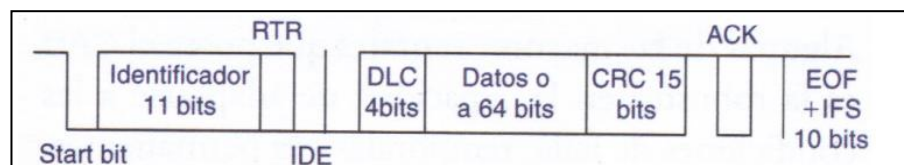


Figura 2.20 Mensaje Formato Can 2.0A

- CAN 2.0B: mensajes con identificador de 29 bits. Es posible tener hasta 537 millones de mensajes en una red constituida sobre este formato. Por lo tanto, no hay limitación de mensajes. La figura 2.21 presenta un cuadro de mensaje del formato CAN 2.0B.

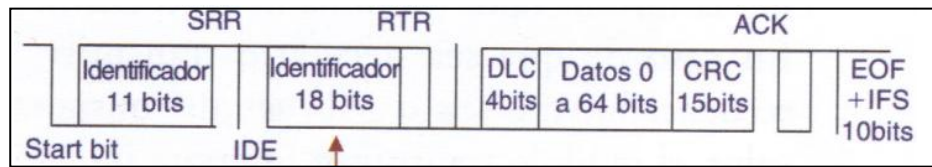


Figura 2.21 Mensaje Formato Can 2.0B

2.10.4 PATRONES EXISTENTES.

Los fundamentos del CAN son especificados por dos normas: la ISO 11898 y la ISO 11519 – 2 la ISO 11898 determina las características de una red trabajando con alta velocidad de transmisión de datos (de 125 Kbps a 1 Mbps). La ISO 1151 – 2 determina las características de una red trabajando con baja velocidad (de 10 Kbps a 125 Kbps).

Ambos patrones determinan las capas físicas y de datos, respectivamente 1 y 2 se consideran como patrón de comunicación OSI¹⁶ de 7 capas (ISO 7498).

Las demás capas de 3 y 7, son especificadas por otros patrones, cada uno relacionado a una aplicación específica.

Existen diversos patrones fundamentados en el CAN, dentro de los cuales se pueden destacar:

- NMEA 2000: basado en CAN 2.0B, es utilizado en aplicaciones navales y aéreas.
- SAE J1939: basado en CAN 2.0B es utilizado en aplicaciones automotrices, especialmente en autobuses y camiones.
- DIN 9684 LBS: basada en CAN 2.0A, es utilizado en aplicaciones agrícolas.

¹⁶ OSI: Open Systems Interconnections

- ISO 1173: basada en CAN 2.0B, es también utilizado en aplicaciones agrícolas.

2.10.5 DETECCIÓN DE FALLAS

Algunas de las mayores ventajas que posee el CAN es la robustez en la capacidad de adaptarse a las condiciones de falla, temporales y/o permanente.

Se pueden clasificar las fallas de una red CAN en tres categorías de niveles: nivel de bit, nivel de mensaje y nivel físico.

Nivel de bit: Posee dos tipos de errores posibles:

Bit monitoring: después de escrito un bit dominante, el módulo transmisor verifica el estado del bus. Si el bit leído es recesivo, significará que existe un error en el bus.

Bit stuffing: Solamente cinco bits pueden tener el mismo valor (dominante o recesivo).

En caso de que sea necesario transmitir secuencialmente seis o más bits del mismo valor, el módulo transmisor insertará inmediatamente después de cada grupo de cinco bits consecutivos iguales, un bit de valor contrario. El módulo receptor queda encargado para que durante la lectura pueda retirar este bit, denominado Staff bit. En caso de que un mensaje sea recibido con seis bits consecutivos iguales, hay un error que está ocurriendo en el bus. Nivel de mensaje: son tres tipos de errores posibles:

CRC o Cyclic Redundancy Check: funciona como un *checksum*. Es un módulo transmisor que calcula un valor en función de los bits del mensaje y lo transmite junto a él, los módulos receptores recalculan este CRC y verifican si éste es igual al transmitido con el mensaje.

Frame Check: los módulos receptores analizan el contenido de algunos bits del mensaje recibido. Estos bits (sus valores) no mudan de mensaje a mensaje y son determinados por el patrón CAN.

Acknowledgment Error Check: los módulos receptores responden a cada mensaje completo recibido, escribiendo un bit dominante en el campo ACK de un mensaje respuesta que es enviado al módulo transmisor. En el caso que un mensaje respuesta no sea recibido por el transmisor, significa que el mensaje de datos transmitido está corrupto o ningún módulo ha recibido.

Cuando se detecta una de las fallas mencionadas por uno o más módulos receptores, hace que estos coloquen un mensaje de error en el bus avisando a toda la red que el mensaje contiene un error y que el transmisor debe reenviar el mensaje.

Adicionalmente a cada mensaje erróneamente transmitido y recibido, un contador de errores es incrementado a una de las unidades de los módulos receptores, y en ocho unidades de transmisor. Módulos con estos contadores iguales a cero son considerados normales. Para los casos en que contadores contengan valores entre 1 y 127, los módulos son considerados de *Error Active*. Los contadores que contengan valores entre 128 y 256, los módulos son considerados de *Error Passive*. Para los contadores que contengan valores superiores a 256, los módulos son considerados en *Bus Off* y no pasan más al bus.

Estos contadores también son disminuidos a medida que los mensajes correctos son recibidos, que reduce el grado de incertidumbre en relación con la actividad de los módulos; sin embargo, con los contadores con valores diferentes a cero, se posibilita nuevamente la plena participación de ellos en el bus.

Nivel físico: para los bus con 2 y 4 cables, en el caso que ocurra un error en los cables de datos CAN_H y CAN_L, la red continuará operando sobre una especie

de modo de seguridad. Algunas de las condiciones de falla en las líneas de comunicación que permiten la continuidad de las actividades en la red son:

1. Corto de CAN_H (o CAN_L) para GND (o VCC).
2. Corto entre los cables de datos CAN_H y CAN_L.
3. Ruptura en CAN_H (o CAN_L).

Una red CAN, dependiendo de su aplicación, puede tener una centena de módulos conectados.

El valor máximo para una conexión de módulos en un bus depende de la norma que se utiliza en determinada aplicación.

Toda red CAN posee dos terminadores. Estos terminadores son resistencias con valores entre 120 y 124 ohmios, conectados a la red para garantizar una perfecta propagación de las señales eléctricas por los cables de la misma. Los terminadores se encuentran en cada uno de los extremos garantizando la reflexión de las señales en el bus y un correcto funcionamiento de la red CAN.

Otra característica en determinadas aplicaciones fundamentales en CAN, es que puede tener dos o más subredes trabajando, cada una en una velocidad diferente. Los datos son transferidos de una subred para otra por medio de módulos llamados *Gateways*.

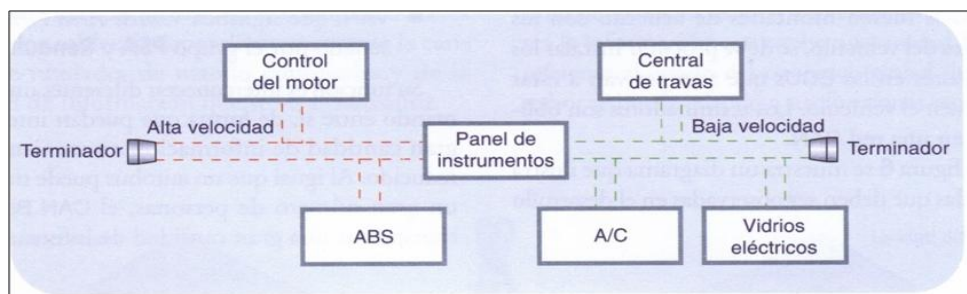


Figura 2.22 Red Can

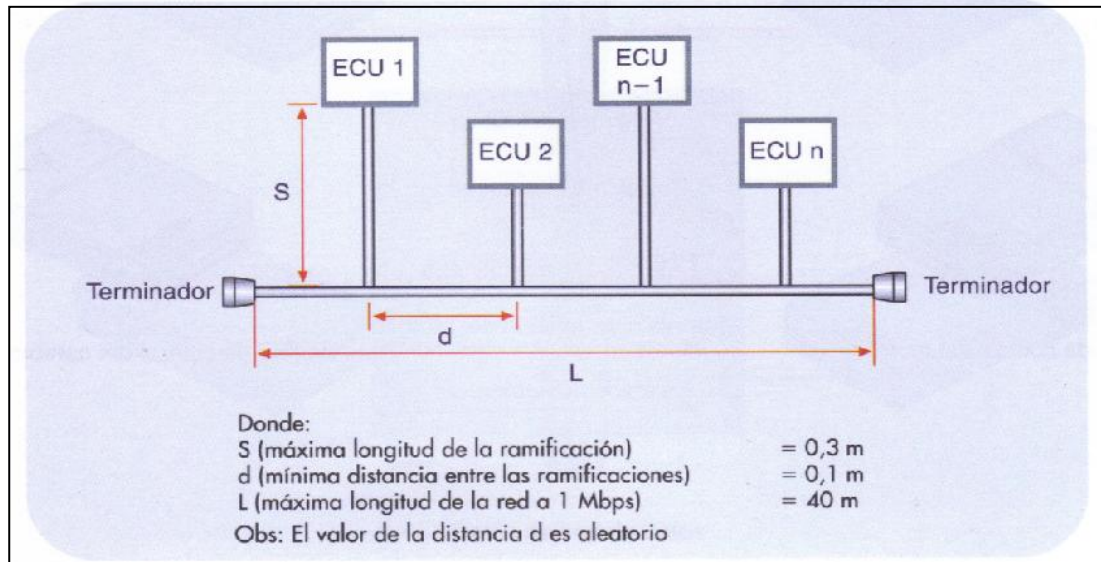


Figura 2.23 Medidas Observadas en el desarrollo del Lazo

La figura 2.22 ilustra una red CAN de un sistema automotriz, con dos subredes y dos terminadores. El *Gateway* de esta aplicación es el panel de instrumentos.

Bus es un término técnico que presenta los conductores eléctricos de las líneas de comunicación y la forma como estos son montados. A pesar de parecer simple, el acto de interconectar los módulos requiere bastante atención.

Sobre el cableamiento es necesario considerar que una aplicación CAN de dos cables, debe utilizar un par trenzado donde la sección transversal de cada uno de los cables debe ser un mínimo de 0.35 mm^2 .

Los dos terminadores (resistencias de aproximadamente 120 ohmios), desde el punto de vista teórico, pueden ser instaladas en los extremos del lazo, directamente en los cables de datos CAN_H y CAN_L.

Desde el punto de vista práctico es extremadamente complejo. Lo que se debe hacer es adicionar los terminadores en dos ECUs (Unidades de Control Electrónico) conectadas en los extremos de la red.

Si las ECUs fuesen montadas de acuerdo con los opcionales del vehículo, se debe procurar instalar los terminadores en las ECUs que siempre van a estar presentes en el vehículo. Los terminadores son obligatorios en una red CAN.

En la figura 2.23 se muestra un diagrama que ilustra las medidas que deben ser observadas en el desarrollo de lazos.

2.10.6 COMPONENTES DEL BUS CAN.

2.10.6.1 Cables

La información circula por dos cables trenzados que unen todas las unidades de control que forman el sistema. Esta información se transmite por diferencia de tensión entre los dos cables, de forma que un valor alto de tensión representa un 1 y un valor bajo de tensión representa un 0. La combinación adecuada de unos y ceros conforman el mensaje a transmitir.

En un cable los valores de tensión oscilan entre 0V y 2.25V, por lo que se denomina cable L (Low) y en el otro, el cable H (High) lo hacen entre 2.75V. y 5V. En caso de que se interrumpa la línea H o que se derive a masa, el sistema trabajará con la señal de Low con respecto a masa, en el caso de que se interrumpa la línea L, ocurrirá lo contrario. Esta situación permite que el sistema siga trabajando con uno de los cables cortados o comunicados a masa, incluso con ambos comunicados también sería posible el funcionamiento, quedando fuera de servicio solamente cuando ambos cables se cortan.

Es importante tener en cuenta que el trenzado entre ambas líneas sirve para anular los campos magnéticos, por lo que no se debe modificar en ningún caso ni el paso ni la longitud de dichos cables.

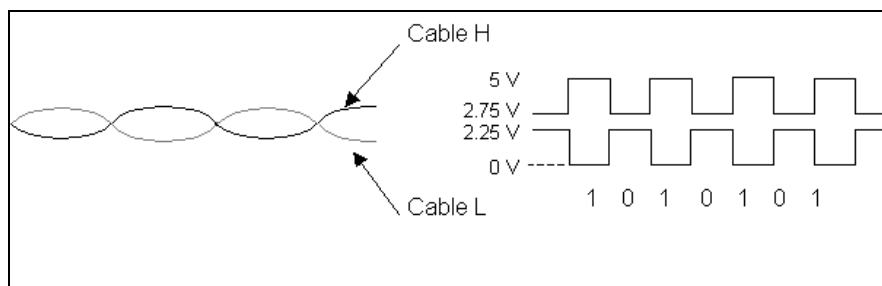


Figura 2.24 Cables Can Bus

2.10.6.2 Elemento de cierre o terminador

Son resistencias conectadas a los extremos de los cables H y L. Sus valores se obtienen de forma empírica y permiten adecuar el funcionamiento del sistema a diferentes longitudes de cables y número de unidades de control abonadas, ya que impiden fenómenos de reflexión que pueden perturbar el mensaje.

Estas resistencias están alojadas en el interior de algunas de las unidades de control del sistema por cuestiones de economía y seguridad de funcionamiento.

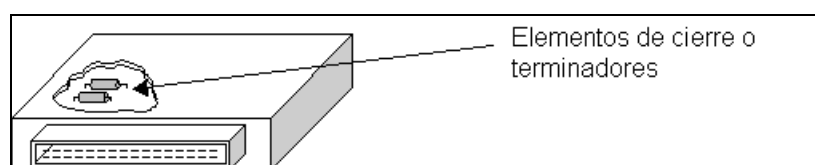


Figura 2.25 Elemento de cierre o terminador Can Bus

2.10.6.3 Controladores

Es el elemento encargado de la comunicación entre el microprocesador de la unidad de control y el transmisor-receptor. Trabaja acondicionando la información que entra y sale entre ambos componentes.

El controlador está situado en la unidad de control, por lo que existen tantos como unidades estén conectadas al sistema. Este elemento trabaja con niveles de tensión muy bajos y es el que determina la velocidad de transmisión de los mensajes, que será más o menos elevada según el compromiso del sistema. Así,

en la línea de Can-Bus del motor-frenos-cambio automático es de 500 K baudios, y en los sistema de confort de 62.5 K baudios. Este elemento también interviene en la necesaria sincronización entre las diferentes unidades de mando para la correcta emisión y recepción de los mensajes.

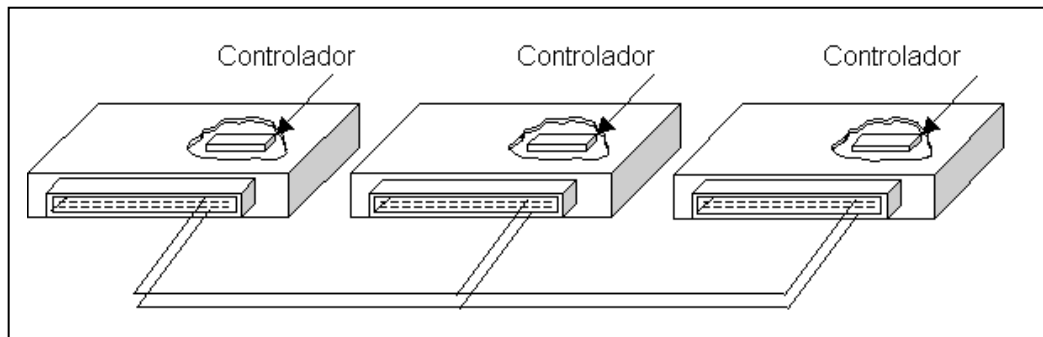


Figura 2.26 Controladores Can Bus

2.10.6.4 Transmisor / Receptor

El transmisor-receptor es el elemento que tiene la misión de recibir y de transmitir los datos, además de acondicionar y preparar la información para que pueda ser utilizada por los controladores. Esta preparación consiste en situar los niveles de tensión de forma adecuada, amplificando la señal cuando la información se vuelca en la línea y reduciéndola cuando es recogida de la misma y suministrada al controlador.

El transmisor-receptor es básicamente un circuito integrado que está situado en cada una de las unidades de control abonadas al sistema, trabaja con intensidades próximas a 0.5 A y en ningún caso interviene modificando el contenido del mensaje. Funcionalmente está situado entre los cables que forman la línea Can-Bus y el controlador

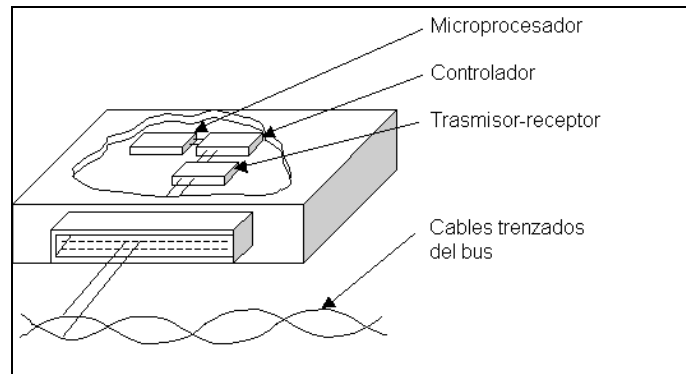


Figura 2.27 Transistor \ Receptor Can Bus

2.10.7 DESARROLLO DE UN CICLO DE TRANSMISIÓN DE DATOS

Proveer datos

Llamada unidad de mando provee los datos al controlador CAN, para que los transmita.

Transmitir datos

El transceptor CAN recibe los datos del controlador, los transforma en señales eléctricas y los transmite.

Recibir datos

Todas las unidades de control son receptores.

Revisar datos

Las unidades de control revisan los datos para determinar si le son útiles o no para el desarrollo de sus funciones.

Adoptar datos

Si los datos son importantes, la unidad de control lo adopta y procesa; si no son importantes los ignora.

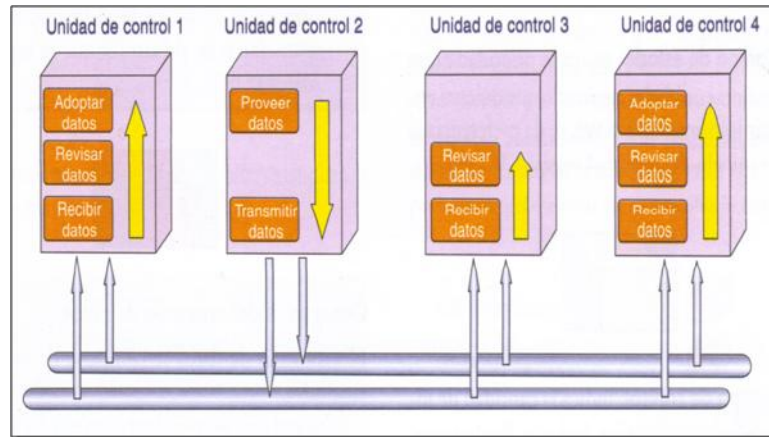


Figura 2.28 Ciclo de Transmisión de Datos

2.10.8 DATAGRAMA

En intervalos breves de tiempo se transmite un protocolo de enlace entre las unidades de control, que está compuesto por siete secciones.

Consiste en un gran número de bits enlazados. La cantidad de bits de un protocolo depende del tamaño del campo de datos. En la figura 2.29 puede apreciarse la estructura de un protocolo de enlace de datos. Por seguridad, los dos cables del bus transmiten exactamente los mismos datos.

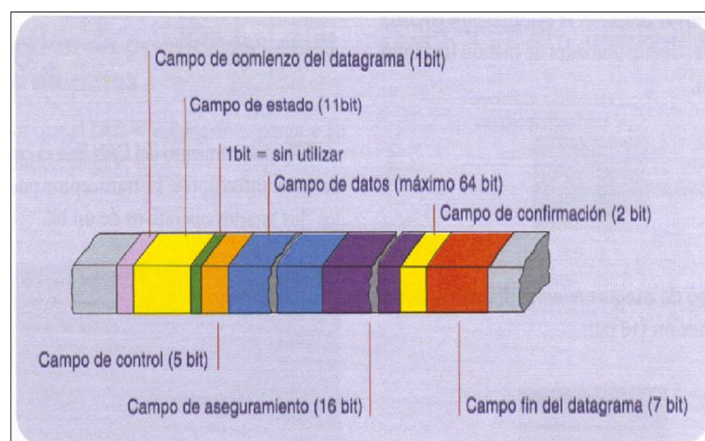


Figura 2.29 Datagrama

2.10.8.1 Campos de Datagrama

- Campo de comienzo del datagrama
Marca el inicio del protocolo de enlace de datos. En el cable CA_H se transmite un bit de 5V (2,5 en tracción), y en el cable CAN_L se transmite un bit de 0V.
- Campo de estado
Marca la propiedad entre distintas unidades de mando que quieren enviar información a la vez, se da preferencia al protocolo de prioridad superior (11 bit).
- Campo de control
Indica la cantidad de información del campo de datos. Por lo tanto, cada receptor puede revisar si ha recibido la información completa (6 bit).
- Campo de datos
Es la información enviada para las demás unidades de mando (máximo 64 bits).
- Campo de aseguramiento
Detecta fallos en la conexión (16 bits).
- Campo de confirmación
El receptor informa al transmisor que ha recibido correctamente los datos. En caso de fallo, informan al transmisor para que éste repita la transmisión (2 bits).
- Campo de fin datagrama
Finaliza el protocolo de datos. Es la última oportunidad para dar aviso de error y que se repitan los datos (7 bit).

2.10.9 COMO ES EL MENSAJE

El mensaje es una sucesión de “0” y “1”, que como se explicaba al principio, están representados por diferentes niveles de tensión en los cables del Can-Bus y que se denominan “bit”.

El mensaje tiene una serie de campos de diferente tamaño (número de bits) que permiten llevar a cabo el proceso de comunicación entre las unidades de mando según el protocolo definido por Bosch para el Can-Bus, que facilitan desde identificar a la unidad de mando, como indicar el principio y el final del mensaje, mostrar los datos, permitir distintos controles etc.

Los mensajes son introducidos en la línea con una cadencia que oscila entre los 7 y los 20 milisegundos dependiendo de la velocidad del área y de la unidad de mando que los introduce.

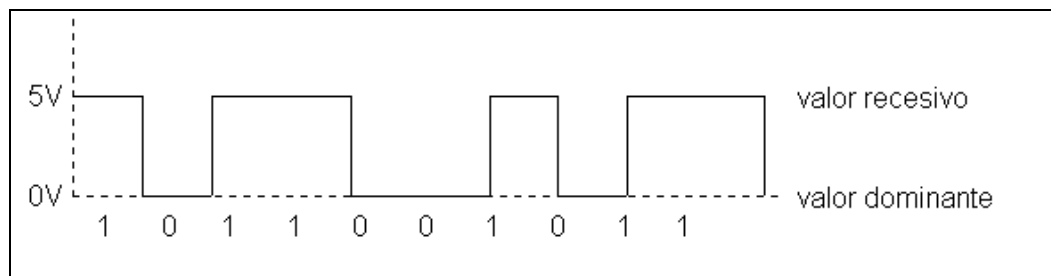


Figura 2.30 Como se escribe un mensaje

2.10.9.1 Estructura del mensaje estándar

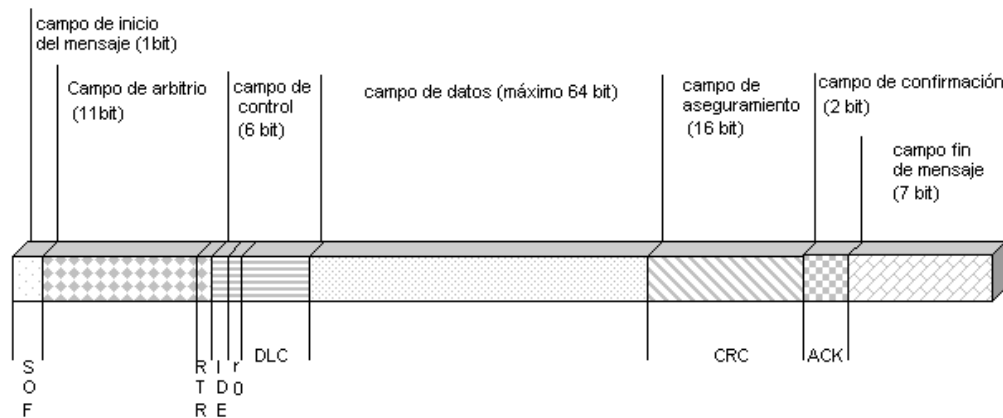


Figura 2.31 Mensaje estándar.

Campo de inicio del mensaje: El mensaje se inicia con un bit dominante, cuyo flanco descendente es utilizado por las unidades de mando para sincronizarse entre sí.

Campo de arbitrario: Los 11 bit de este campo se emplean como identificador que permite reconocer a las unidades de mando la prioridad del mensaje. Cuanto más bajo sea el valor del identificador más alta es la prioridad, y por lo tanto determina el orden en que van a ser introducidos los mensajes en la línea.

El bit RTR indica si el mensaje contiene datos (RTR=0) o si se trata de una trama remota sin datos (RTR=1). Una trama de datos siempre tiene una prioridad más alta que una trama remota.

La trama remota se emplea para solicitar datos a otras unidades de mando o bien porque se necesitan o para realizar un chequeo.

Campo de control: Este campo informa sobre las características del campo de datos. El bit IDE indica cuando es un "0" que se trata de una trama estándar y

cuando es un “1” que es una trama extendida. Los cuatro bit que componen el campo DLC indican el número de bytes contenido en el campo de datos.

La diferencia entre una trama estándar y una trama extendida es que la primera tiene 11 bits y la segunda 29 bits. Ambas tramas pueden coexistir eventualmente, y la razón de su presencia es la existencia de dos versiones de CAN.

Campo de datos: En este campo aparece la información del mensaje con los datos que la unidad de mando correspondiente introduce en la línea Can-Bus. Puede contener entre 0 y 8 bytes (de 0 a 64 bit).

Campo de aseguramiento (CRC): Este campo tiene una longitud de 16 bit y es utilizado para la detección de errores por los 15 primeros, mientras el último siempre es un bit recesivo (1) que delimita el campo CRC.

Campo de confirmación (ACK): El campo ACK esta compuesto por dos bit que son siempre trasmitidos como recesivos (1). Todas las unidades de mando que reciben el mismo CRC modifican el primer bit del campo ACK por uno dominante (0), de forma que la unidad de mando que está todavía trasmitiendo reconoce que al menos alguna unidad de mando ha recibido un mensaje escrito correctamente. De no ser así, la unidad de mando transmisora interpreta que su mensaje presenta un error.

Campo de final de mensaje (EOF): Este campo indica el final del mensaje con una cadena de 7 bits recesivos.

Puede ocurrir que en determinados mensajes se produzcan largas cadenas de ceros o unos, y que esto provoque una pérdida de sincronización entre unidades de mando. El protocolo CAN resuelve esta situación insertando un bit de diferente polaridad cada cinco bits iguales: cada cinco “0” se inserta un “1” y viceversa. La unidad de mando que utiliza el mensaje, descarta un bit posterior a cinco bits iguales. Estos bits reciben el nombre de bit stuffing.

Tabla 2.2 Mensaje real Bus CAN.

SOF	IDENTIFICADOR	RTR	DE	DLC	DATO - byte 1	DATO - byte 2	CRC	ACK	FN
0	1100010000	0	000	0010	00010110	00000000	0	01	11111

2.10.10 GENERACIÓN DE PROTOCOLO DE DATOS

El protocolo de datos se compone de varios bits enlazados. Cada bits sólo puede adoptar un estado “0” ó “1”. La forma más sencilla de este operativo “1” sería un interruptor cerrado (lámpara encendida) y de estado “0”, interruptor abierto (lámpara apagada).

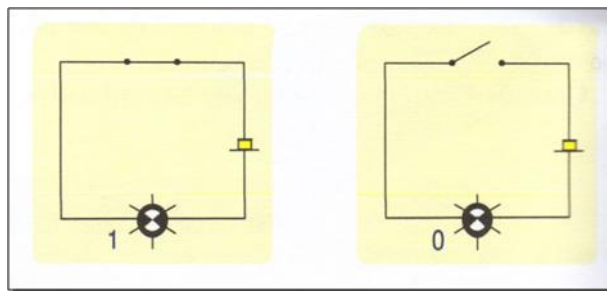


Figura 2.32 Protocolo de Datos

El funcionamiento del CAN Bus es esencialmente como el interruptor. El transceptor puede generar los dos estados operativos de un bit. Ejemplo de información que puede enviarse con bits enlazados (lenguaje binario). Con dos bits podemos efectuar cuatro combinaciones. Si aumentamos el número del bits, se duplica la información que puede enviarse.

La cantidad de información que puede enviarse está relacionada con el número de bits enlazados que utilizemos según el siguiente relación:

- Variantes = 2^n siendo el número de bits.
- Lo cual quiere decir que si utilizamos 8 bits:
- $2^8 = 256$ posibilidades 8^n

2.10.11 ADJUDICACIÓN DE PRIORIDADES EN EL CAN BUS DE DATOS

Supongamos que el bit = 0 validación superior y el bit 1 = validación inferior. Es posible que varias unidades de mando empiecen a emitir su protocolo de datos al mismo tiempo. Cuando transmiten, también analizan uno a uno los bits del bus, si una emite un bit de validación inferior y detecta otro de validación superior, deja de emitir y se convierte en receptor.

Dependiendo de la importancia de la información, cada unidad de mando empezará el protocolo con 1, 2 ó 3 ceros, para determinar qué información entra antes en el bus de datos.

En el caso de que la unidad ABS/EDS envíe una información relativa a la seguridad, naturalmente entrará antes en el bus que otra información enviada por la unidad de control de motor o de cambio automático. Éstas esperarán a que termine la emisión de la unidad de ABS/EDS y después intentarán emitir su protocolo de datos.

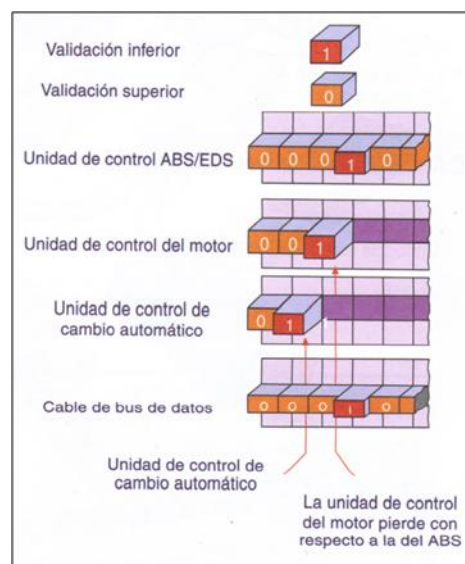


Figura 2.33 Adjudicación de Prioridades

Fuentes parásitas

En el vehículo se generan ondas parásitas por los componentes que en su funcionamiento generan chispas, o abren y cierran circuitos de corriente. Otras fuentes parásitas son generadas por: teléfonos móviles, emisoras de radio, líneas de alta tensión, es decir, todo aquello que genere ondas electromagnéticas.

Estas ondas electromagnéticas pueden afectar a la transmisión de datos o incluso falsearlas. Para evitar influencias parásitas en la transmisión de datos los cables del bus de datos están trenzados entre ellos.

De esta forma, se evitan también emisiones perturbadoras procedentes del propio cable del bus de datos.

Las tensiones de los cables se encuentran opuestas, si en un cable hay voltios, en el otro tenemos 0. De esta manera, la suma de tensiones es siempre constante y se anulan mutuamente los efectos electromagnéticos de campo de los cables del bus.

Los cables del bus están protegidos contra la penetración de emisiones parásitas y tienen un comportamiento casi neutro hacia los otros cables de instalaciones anexas.

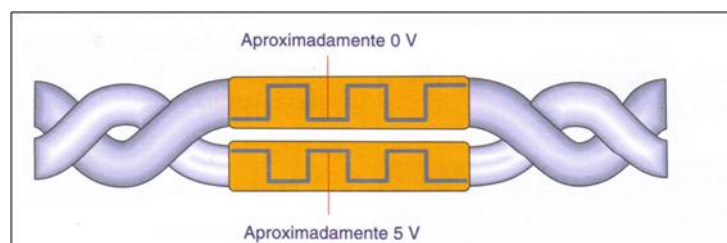


Figura 2.34 Fuentes Parasitas

2.10.12 CAN BUS DEL ÁREA DE TRACCIÓN

Prácticamente todos los vehículos actuales disponen de CAN Bus del área de tracción. Según el equipamiento del vehículo, este CAN Bus intercomunica las unidades de control de:

- Unidad de control de motor.
- Unidad de control del ABS/EDS.
- Unidad de control de cambio automático.
- Unidad de control de la servodirección electrohidráulica.
- Transmisor del ángulo de giro del volante ESP.

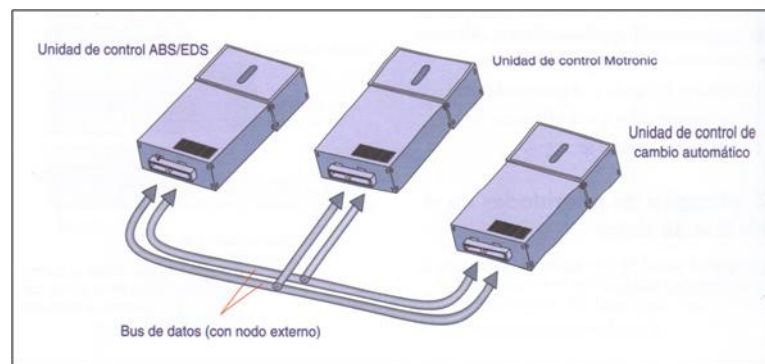


Figura 2.35 CAN Bus Área de Tracción

El CAN Bus tracción trabaja a alta velocidad de transmisión (500 kbitd/seg, 500.000 bits por segundo). La transmisión del protocolo de datos tarda aproximadamente 0,25 milisegundos. Esta alta velocidad permite que las unidades de control estén informadas con gran exactitud respecto al estado operativo momentáneo del funcionamiento global y pueden ejecutar sus funciones que mejoran los servicios de las distintas unidades de control.

El transceptor del área de tracción permite la transmisión de los datos entre los ciclos de encendido, lo cual permite actuar con los datos recibidos sobre el siguiente momento de encendido.

Según la unidad de control, se intenta transmitir datos cada 7-20 milisegundos. El orden de prioridad es:

1. ABS/EDS.
2. Unidad de control de motor.
3. Unidad de control del cambio automático.

El nodo de conexión suele estar fuera de las unidades de control, dentro del mazo de cables.

Hay algunos casos excepcionales en los que el modo de conexión se encuentra en el interior de la unidad de control del motor, como se puede apreciar en la figura 2.36.

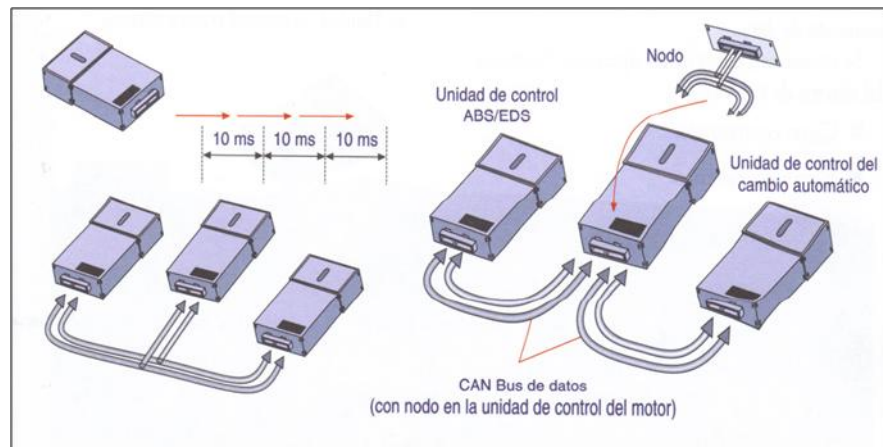


Figura 2.36 Área de Tracción

En la siguiente tabla se establece la emisión de datos según el protocolo y el orden de prioridad.

Tabla 2.3 CAN Bus Área de Tracción

Orden de prioridades	Protocolo de datos procedente de:	Ejemplo de información emitida
1	Unidad de control ABS / EDS	Solicitud de regulación del par de inercia del motor durante la regulación ABS Solicitud de regulación durante el control antideslizamiento de la tracción
2	Unidad de control del motor, Protocolo de datos 1	Régimen de giro del motor. Posición de la mariposa en el momento. Accionamiento del Kick-down.
3	Unidad de control del motor, protocolo de datos 2	Temperatura del líquido refrigerante. Velocidad del vehículo.
4	Unidad de control del cambio automático	Cambio de marchas(cambios). Cambio automático trabajando en función de emergencia. Posición de la palanca selectora.

2.10.13 CAN BUS DEL ÁREA DE CONFORT

Intercomunica las unidades de control del sistema de confort:

- Unidad de control central del sistema de confort.
- Dos o cuatro unidades de control de puertas.
- Unidad de control de climatización.
- Unidad de control de estacionamiento acústico asistido.

Los cables de las unidades de control se conectan en estrella en un punto de circuito. De esta manera, si una unidad de control se avería, las demás pueden seguir transmitiendo su protocolo de datos. Se transmiten datos de las siguientes funciones del sistema de confort:

- Cierre centralizado.
- Elevalunas eléctrico.
- Iluminación de mandos.
- Retrovisores regulables y calefactables.

- Autodiagnóstico.

La velocidad de transmisión es de 62.5 kbist/ seg., pero actualmente ya hay sistemas que trabajan a 100 kbist/seg., transmitiendo el protocolo de datos en aproximadamente 1 ms. Cada unidad interna transmitirá datos cada 20 ms. Las prioridades son:

1. Unidad de control central.
2. Unidad de control del lado del conductor.
3. Unidad de control del acompañante.
4. Unidad de control trasera izquierda.
5. Unidad de control trasera derecha.



Figura 2.37 Área de Confort

2.10.14 CAN BUS DEL ÁREA DE DISPLAY

Intercomunica las unidades de control de:

- Radio.
- Navegación.
- Volante multifunción.
- Teléfono.
- Sistema de mando por voz.

La velocidad de transmisión del protocolo de datos es de 100 kbits/segundo, está área sólo la encontramos en vehículos de alta gama. A través del equipo de navegación, además de indicarnos la dirección a seguir, informa al satélite de localización exacta del vehículo, cuestión muy útil en caso de robo o accidente.

Las necesidades de información de las diferentes unidades de mando que transmiten sus protocolos a los diferentes buses de datos; y considerando que emiten a velocidades diferentes, han hecho necesario el empleo de un microprocesador colocando normalmente en el panel de instrumentos que realiza las funciones de puerta informática (Gateway). Esta puerta hace posible el intercambio de datos entre las diferentes áreas (tracción, confort y display) y, además centraliza el sistema de auto diagnóstico para aquellos elementos que no disponen de cable de auto diagnóstico propio. La puerta filtra los conjuntos de datos recibidos de los subsistemas del bus y sólo retransmite los datos necesarios para el otro bus.

Interrupción de un cable del bus.

Consultando el esquema tendremos que medir la continuidad entre los nodos de conexión del bus y las terminales correspondientes de las unidades de control. La resistencia del cable debe ser de pocos ohmios.

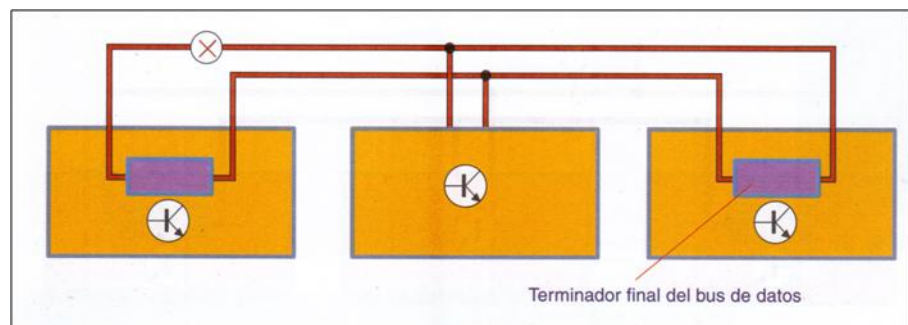


Figura 2.38 Interrupción de un Cable del Bus

Cortocircuito entre los cables del bus.

Para efectuar esta comprobación tenemos que desconectar todas las unidades de control, incluido el panel de instrumentos, y nos tiene que dar resistencia infinita.

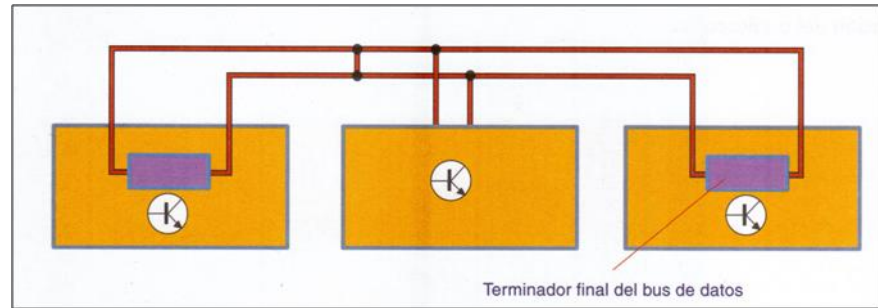


Figura 2.39 Cortocircuito entre los cables del Bus

Derivación o cortocircuito con + o -.

Al igual que en el caso anterior, hay que desconectar todas las unidades de control y comprobará al aislamiento con respecto a + y - de la batería.

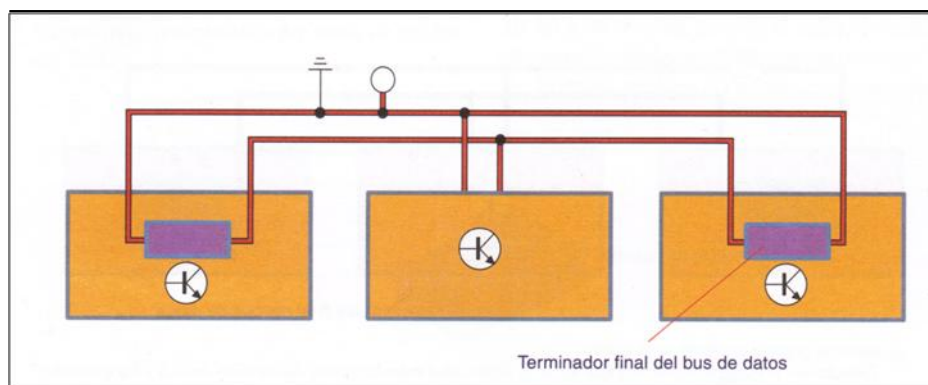


Figura 2.40 Derivación a Tierra

Verificación del osciloscopio.

Conectados los dos canales del osciloscopio a los terminales correspondientes de cualquier unidad de control, al dar al contacto comienza la emisión de datos. Se debe apreciar en el osciloscopio la información exacta que se está enviando, pero a nivel práctico lo que nos interesa ver es que las dos señales existen.

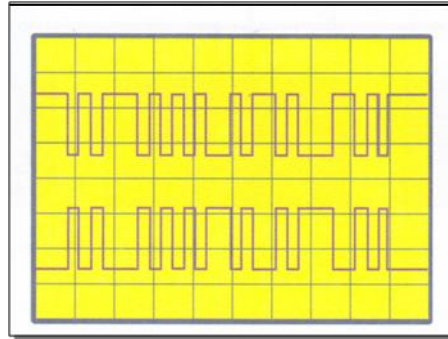


Figura 2.41 Verificación Osciloscopio

2.10.15 DIAGNÓSTICO DEL CAN BUS

Los sistemas de seguridad que incorpora el Can-Bus permiten que las probabilidades de fallo en el proceso de comunicación sean muy bajas, pero sigue siendo posible que cables, contactos y las propias unidades de mando presenten alguna disfunción.

Para el análisis de una avería, se debe tener presente que una unidad de mando averiada abonada al Can-Bus en ningún caso impide que el sistema trabaje con normalidad. Lógicamente no será posible llevar a cabo las funciones que implican el uso de información que proporciona la unidad averiada, pero sí todas las demás.

Por ejemplo, si quedase fuera de servicio la unidad de mando de una puerta, no funcionaría el cierre eléctrico ni se podrían accionar el del resto de las puertas.

En el supuesto que la avería se presentara en los cables del bus, sería posible accionar eléctricamente la cerradura de dicha puerta, pero no las demás.

Recuérdese que esto ocurriría si los dos cables se cortan o se cortocircuitan a masa.

También es posible localizar fallos en el Can-Bus consultando el sistema de auto diagnóstico del vehículo, donde se podrá averiguar desde el estado de funcionamiento del sistema hasta las unidades de mando asociadas al mismo, pero necesariamente se ha de disponer del equipo de chequeo apropiado.

Otra alternativa es emplear el programa informático CAN Alyzer (Vector Informatik GmbH) con el ordenador con la conexión adecuada. Este programa permite visualizar el tráfico de datos en el Can-Bus, indica el contenido de los mensajes y realiza la estadística de mensajes, rendimiento y fallos.

Probablemente, la herramienta más adecuada y asequible sea el osciloscopio digital con dos canales, memoria y un ancho de banda de 20 MHz. (FLUKE, MIAC ETC.) con el que se pueden visualizar perfectamente los mensajes utilizando una base de tiempos de 100 microsegundos y una base de tensión de 5V. En este caso, se debe tener en cuenta que los bits stuff (el que se añade después de cinco bits iguales) deben ser eliminados.

CAPÍTULO III

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SIMULADOR DE GESTIÓN ELECTRÓNICA

3.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

Este banco brinda la oportunidad de simular y generar las señales mediante puntos de prueba con el fin de poner en funcionamiento el ECM para ser diagnosticada. Las señales que se obtienen en el simulador están sometidas a un análisis previo tomando los parámetros especificados por el fabricante; logrando un funcionamiento eficaz de todos los parámetros que utiliza la ECM.



Figura 3.1 Simulador

La principal función del simulador, es tomar el papel y realizar todas las acciones que cumplen los sensores dentro de la inyección electrónica en el motor, generando señales de funcionamiento hacia el Módulo de Control Electrónico ECM, en el cual estos datos son analizados y procesados para generar señales y operar los actuadores del sistemas y de esta forma diagnosticar a la ECM de una forma eficiente y real.

3.2 SEÑALES A COMPROBAR

En el simulador se han considerado puntos de pruebas específicos para el óptimo funcionamiento del sistema “Celect” de Cummins que son de suma importancia para el diagnóstico de las ECM.

Tabla 3.1 Señales de la ECM

Aplicación	Abreviatura
Voltaje para el vehículo	BAT
Tierra de Encendido	GND
Voltaje de Referencia	VREF
Módulo de Control Electrónico	ECM
Inyectores 1 al 6	INJ 1 al 6
Salida autodiagnóstico	DLC
Captador del régimen del motor	EPS
Captador de presión del múltiple de admisión	MAP
Captador de temperatura del múltiple de admisión	IAT
Captador temperatura del agua motor	WTS
Captador temperatura del aceite motor	OTS
Captador de presión del aceite del motor	OPS
Solenoides de cierre de combustible	LOKOUT SOLENOIDE
Captador de posición del acelerador	TPS
Interruptor de Validación de Marcha en Vacío	IVS

3.3 PARÁMETROS CONSIDERADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SIMULADOR

Para la construcción del simulador se han considerado todas las señales de entrada y salida de la ECM, para realizar los dispositivos de simulación, de todos los componentes que se detallan a continuación.

3.3.1 SENSOR DE PRESIÓN DEL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN MAP.

El sensor de presión del múltiple de admisión como el la figura 3.3 monitorea la presión del múltiple de admisión y pasa la información al módulo de control electrónico (ECM) a través del arnés de sensores ver figura 3.2. Si la presión del múltiple de admisión se eleva demasiado, causará una condición de disminución de potencia.

El sensor de presión de aire del múltiple de admisión está colocado en la parte posterior del múltiple de admisión. El ECM usa esta información para el sistema de protección del motor.

Se alimenta con +5V desde la ECM cuando el encendido se encuentra en contacto.

Tabla 3.2 Voltaje del sensor MAP respecto a la presión.

Presión (mmHg)	Presión (inHg)	Voltaje(V)
0	0	0.42 a 0.58
413.66	16.29	1.42 a 1.58
827.47	32.58	2.42 a 2.58
1241.20	48.86	3.42 a 3.58
1654.86	65.15	4.42 a 4.58

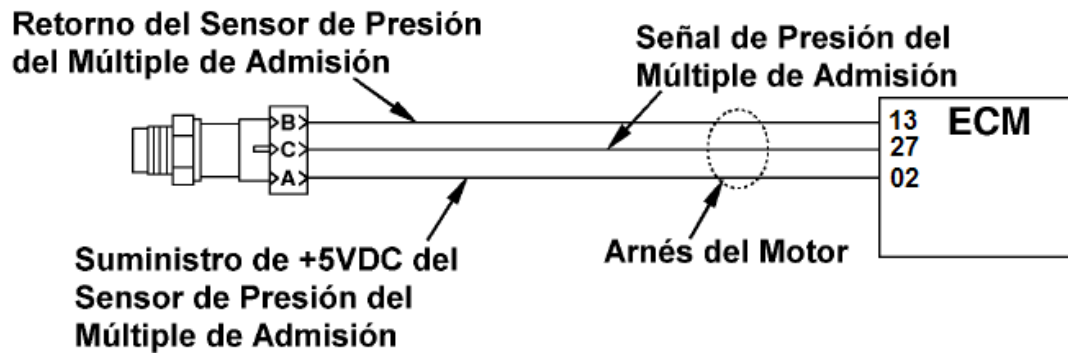


Figura 3.2 Circuito del sensor de presión del múltiple de admisión.



Figura 3.3 Sensor de presión del múltiple de admisión.

Información sobre la presión de aire en la admisión

El sensor emite un voltaje proporcional a la presión calculada ya que la resistencia varía de acuerdo a la presión.

La ECM utiliza esta información para determinar:

- La masa de aire absorbida por el motor.
- Mediante los datos del sensor la ECM calcula la presión del turbo en libras por pulgada cuadrada actuando como un pirómetro de cubicaje másico.
- El caudal de inyección para diferentes estados de funcionamiento del motor y diferentes presiones atmosféricas.

- El avance del encendido.

También realiza una corrección de la altura a nivel del mar para el cálculo del tiempo de inyección.

La masa útil de aire absorbida por el motor varía en función de:

- La presión atmosférica, por ende la altitud a nivel del mar.
- La temperatura del aire.
- La velocidad del motor.

Se toman medidas de presión:

- Cada vez que el encendido está en contacto.
- Cuando existen cargas altas a bajas revoluciones (al subir una pendiente, cambiando tanto la altura como la presión).

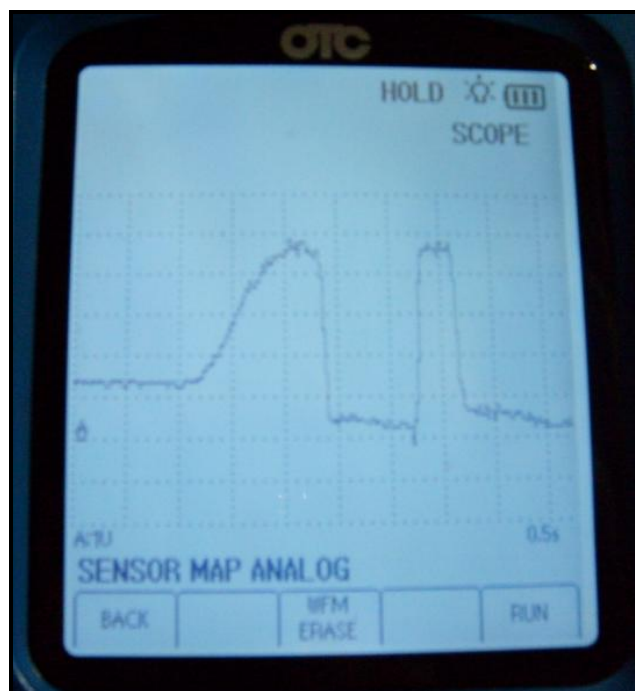


Figura 3.4 Curva de funcionamiento del MAP

3.3.1.1. Diseño del circuito del sensor MAP

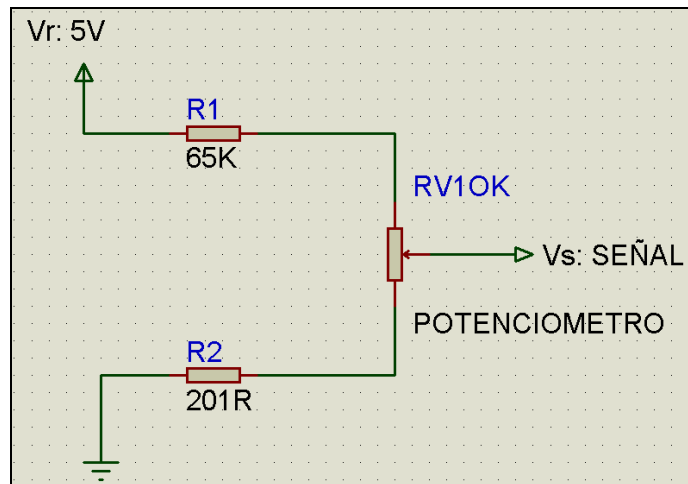


Figura 3.5 Circuito del sensor MAP

Para obtener el valor de R_B se usa la ecuación de tiempo de bajada

$$t_{baja} = 0.695 R_1 C \quad \text{Ec. 3.1}$$

Donde se asume el valor del capacitor de acuerdo con los valores existentes en el mercado

$$0.099ms = 0.695 R_1 (2 * 10^{-9} F)$$

Reemplazando valores se obtiene

$$R_1 = \frac{0.1ms}{0.695 (2 * 10^{-9} F)}$$

$$R_1 = 65402\Omega \approx 65K\Omega$$

Para obtener los valores de R_A se realiza por medio de la ecuación del tiempo en alto

$$t_{alto} = 0.695 (R_2 + R_1) C \quad \text{Ec. 3.2}$$

$$0.09ms = 0.695 (R_2 + R_1) (2 * 10^{-9} F)$$

$$R_2 = \frac{0.099ms}{0.695 * C} - R_1$$

$$R_2 = 201\Omega$$

3.3.2 SENSOR DE TEMPERATURA DEL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN IAT

El sensor de temperatura del múltiple de admisión como en la figura 3.6, es utilizado por el módulo de control electrónico (ECM) para monitorear la temperatura del aire de admisión del motor. La señal de temperatura del múltiple de admisión es usada por el ECM para el sistema de protección del motor y la sincronización y control de dosificación de combustible.

El sensor de temperatura del múltiple de admisión está colocado en la mitad frontal superior del múltiple de admisión.

Información sobre la temperatura del aire en la admisión

La resistencia del sensor de temperatura del aire en la admisión es de tipo NTC (Coeficiente Negativo de Temperatura), por lo tanto, disminuye cuando aumenta la temperatura ver tabla 3.3.

Tabla 3.3 Resistencia del sensor respecto a la temperatura

Temperatura (°C)	Temperatura (°F)	Resistencia(ohms)
0	32	30k a 36k
25	77	9k a 11k
50	122	3k a 4k
75	167	1350 a 1500
100	212	600 a 675



Figura 3.6 Sensor de temperatura del múltiple de admisión.

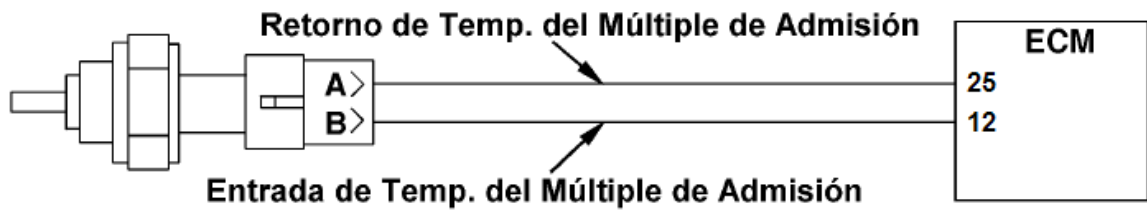


Figura 3.7 Circuito del sensor de temperatura del múltiple de admisión.

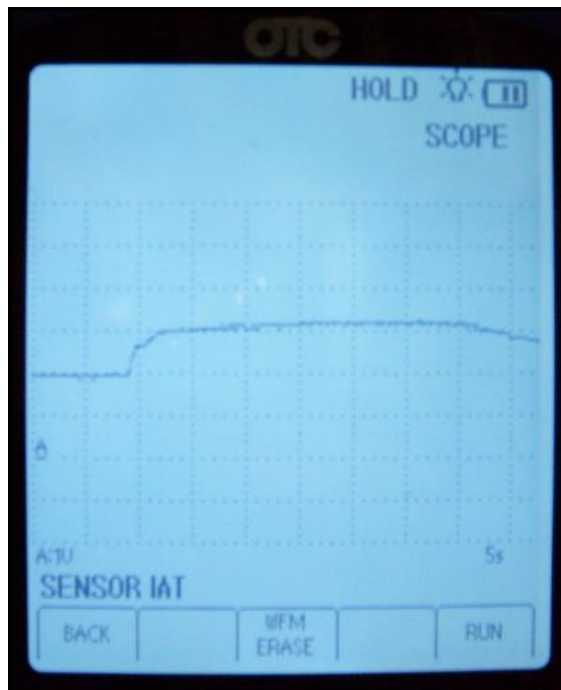


Figura 3.8 Curva de funcionamiento del IAT

3.3.2.1 Diseño del circuito del sensor IAT

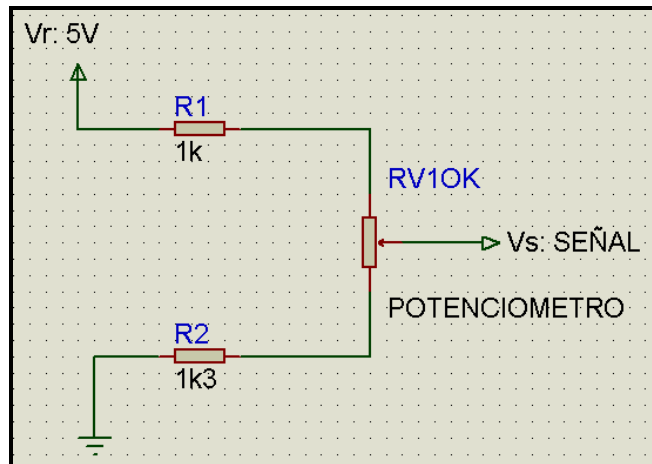


Figura 3.9 Circuito del sensor IAT

$$V_{R1} = V_{R2}$$

Ec. 3.3

$$V_{R2} = \frac{Vr * R_2}{R_2 + R_1}$$

$$V_{R2} = \frac{5V * 1300\Omega}{1300 \Omega + 1000\Omega} = 2.82V$$

3.3.3 SENSOR DE POSICIÓN DEL MOTOR EPS.

El sensor monitorea la posición del motor y la velocidad del motor, luego pasa esta información al módulo de control electrónico (ECM) a través del arnés de sensores como en la figura 3.11.

El sensor consta de un núcleo magnético y un bobinado. Esta colocado en la parte posterior del árbol de levas y detecta 24 superficies maquinadas, una de las superficies maquinadas tiene un perno al centro para generar una señal diferente para detectar el PMS (punto muerto superior).

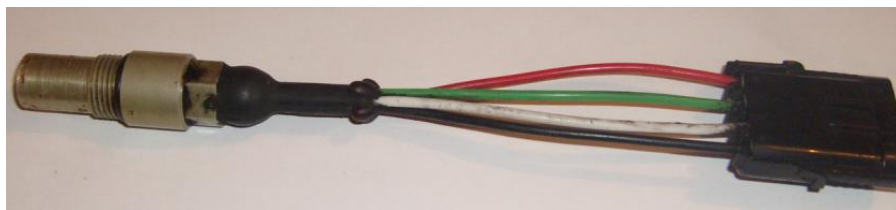
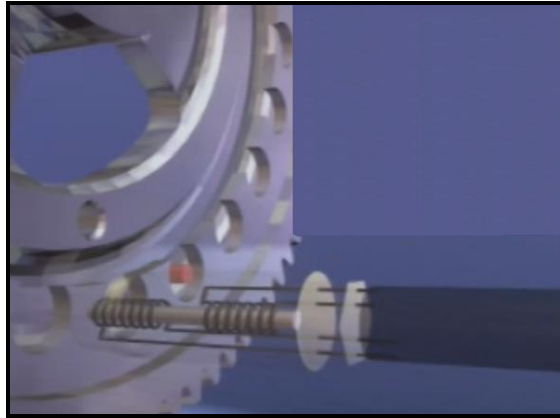


Figura 3.10 Sensor de velocidad del motor EPS

Especificaciones del sensor:

- Resistencia: First Coil = 1000 a 2000 Ohms
Second Coil = 1000 a 2000 Ohms
- Luz: 1 mm \pm 0,5 (no adjustable).

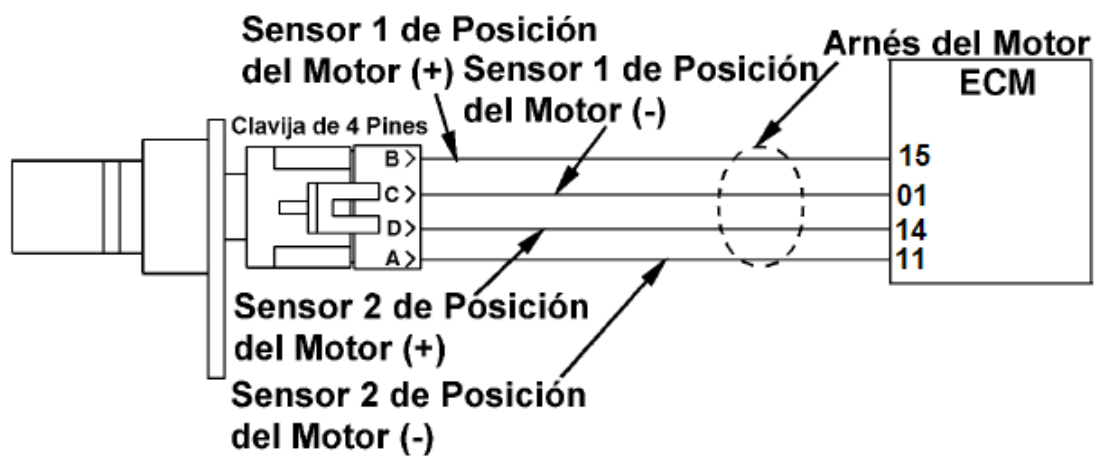


Figura 3.11 Circuito del Sensor de Posición del Motor (EPS)

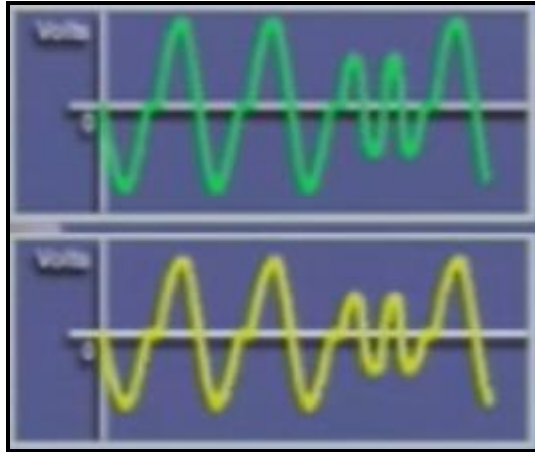


Figura 3.12 Señal del EPS

Esta información permite a la ECM controlar los varios estados de funcionamiento del motor (apagado y en funcionamiento) y los modos (aceleración, corte de inyección, incremento de potencia, etc).

3.3.3.1 Generación de onda del sensor EPS

Para la generación de la señal del sensor de posición del motor (EPS) se la realizara mediante señales de audio las cuales son generadas cuando el motor se encuentra en funcionamiento.

Las cuales deben grabarse y guardarse como un archivo de audio en el computador, lo que permitirá reproducirlas las veces que sean necesarias para lograr el funcionamiento de la ECM.

Con lo cual se consigue de una forma más real la simulación cuando la bobina del sensor se induce en una variación temporal del flujo magnético proporcional a la tensión, formando un ciclo sinusoidal de la tensión que corresponde a la estructura dentada uniforme con su respectivo punto de desenlace.

Para lo cual se utiliza transformadores de 5:1 de 110V a 12V como en la figura 3.13 con lo que se puede proteger al computador cuando se este copiando o generando las señales, de sobrecargas o corrientes parásitas que se pueden producir en el sistema.

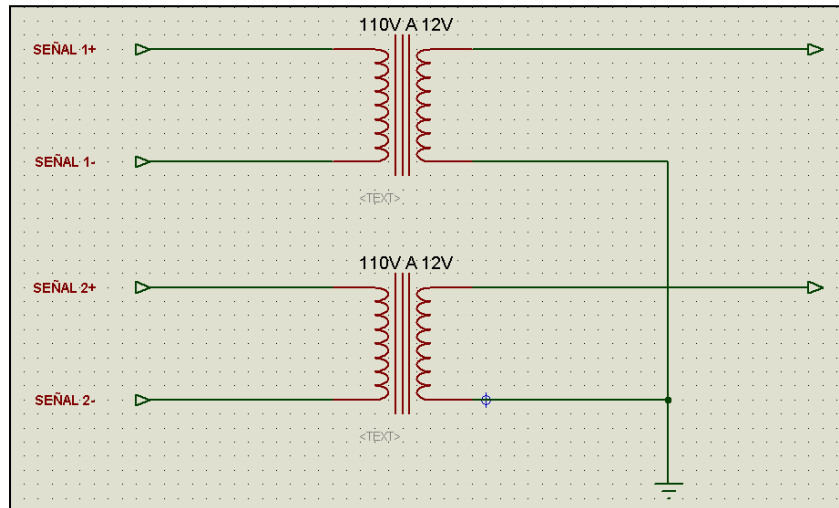


Figura 3.13 Circuito de transformadores

3.3.3.2 Pasos para el proceso de copiado de la señal del sensor EPS

- Primero se identificó la posición en la que se encuentra localizado el sensor EPS y su soque de conexión con el ECM.
- Se realizó un puente de conexión entre los soques para obtener terminales externos.
- A los terminales que obtuvimos conectamos los terminales de la salida de 110V de los transformadores.
- Las otras salidas de los transformadores de 12V realizamos una conexión a un plug dual de audio para obtener la señal.
- El plug de audio lo conectamos a la estrada de micrófono de nuestro computador.
- En el software de nuestro computador tenemos un programa llamado grabadora de sonidos de Microsoft.
- Encendemos el motor del camión.
- Procedemos a copiar la señal con nuestro software como cualquier otro sonido durante 1 min.
- Guardamos la señal como cualquier otro archivo de audio.

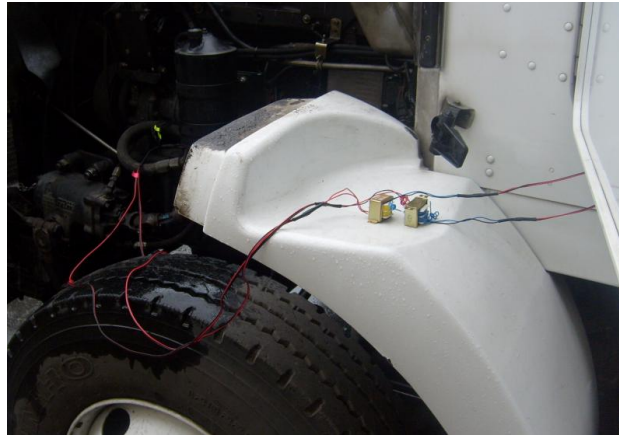


Figura 3.14 Conexión del sensor EPS para el copiado de señal.

3.3.4 SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE WTS.

El sensor de temperatura de refrigerante como el de la figura 3.15, es utilizado por el módulo de control electrónico (ECM) para monitorear la temperatura de refrigerante del motor. La temperatura de refrigerante es usada por el ECM para el sistema de protección del motor y para la sincronización y control de dosificación de combustible.

El sensor de temperatura de refrigerante está colocado en la parte superior de la carcasa del termostato. El sensor utiliza +5 V por la ECM. Los resistores eléctricos de estos sensores son de tipo NTC (coeficiente negativo de temperatura), por lo que la resistencia disminuye mientras que la temperatura aumenta ver tabla 3.4.

Tabla 3.4 Resistencia del sensor WTS respecto a la temperatura

Temperatura (°C)	Temperatura (°F)	Resistencia(ohms)
0	32	30k a 36k
25	77	9k a 11k
50	122	3k a 4k
75	167	1350 a 1500
100	212	600 a 675



Figura 3.15 Sensor de temperatura del motor WTS

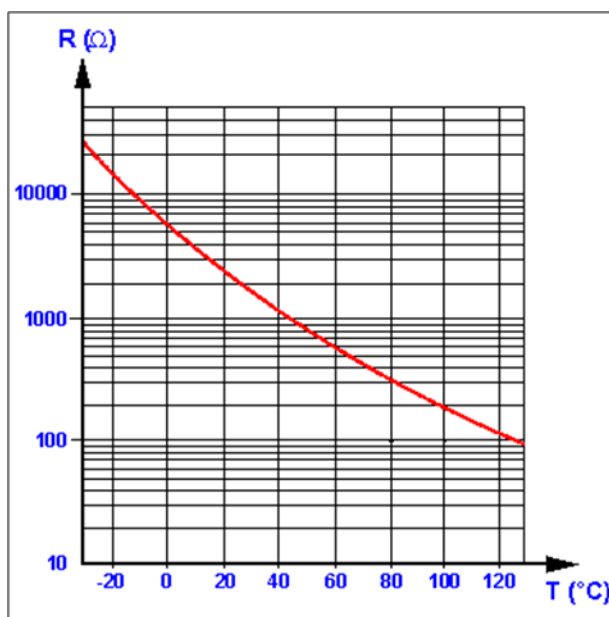


Figura 3.16 Curva de funcionamiento del WTS

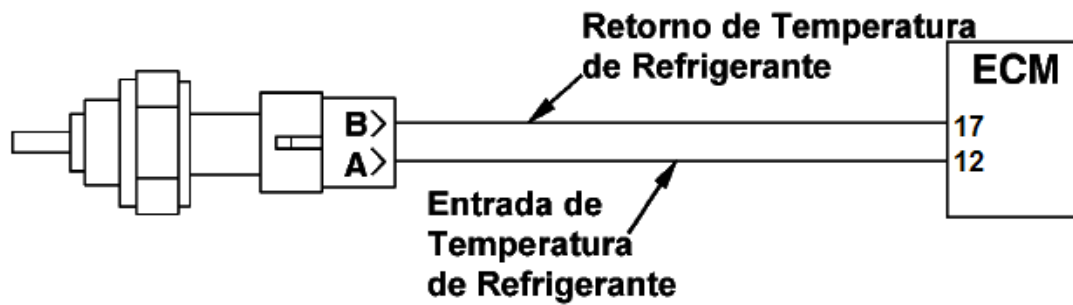


Figura 3.17 Circuito del Sensor de Temperatura del Refrigerante (WTS)

3.3.4.1 Diseño del circuito del sensor WTS

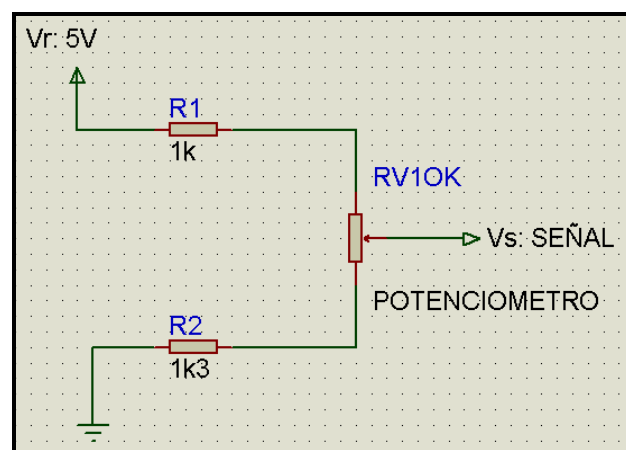


Figura 3.18 Diseño del circuito del sensor WTS

$$\boxed{V_{R1} = V_{R2}} \quad \text{Ec. 3.4}$$

$$V_{R2} = \frac{Vr * R_2}{R_2 + R_1}$$

$$V_{R2} = \frac{5V * 1300\Omega}{1300 \Omega + 1000\Omega} = 2.82V$$

3.3.5 SENSOR DE TEMPERATURA DEL ACEITE DEL MOTOR OTS.

El sensor de temperatura de aceite del motor es usado por el módulo de control electrónico (ECM) para monitorear la temperatura del aceite del motor. Si la temperatura del aceite se eleva demasiado y está activada la protección del motor, puede incurrirse en una condición de disminución de potencia, conduciendo posiblemente a paro del motor.

El sensor de temperatura de aceite está colocado en la coraza de la bomba de aceite junto al block del motor a la izquierda del compresor de aire. El sensor utiliza +5 V por la ECM ver la figura 3.19. Los resistores eléctricos de estos sensores son de tipo NTC (coeficiente negativo de temperatura), por lo que la resistencia disminuye mientras que la temperatura aumenta ver tabla 3.5.

Tabla 3.5 Resistencia del sensor OTS respecto a la temperatura

Temperatura (°C)	Temperatura (°F)	Resistencia(ohms)
0	32	30k a 36k
25	77	9k a 11k
50	122	3k a 4k
75	167	1350 a 1500
100	212	600 a 675

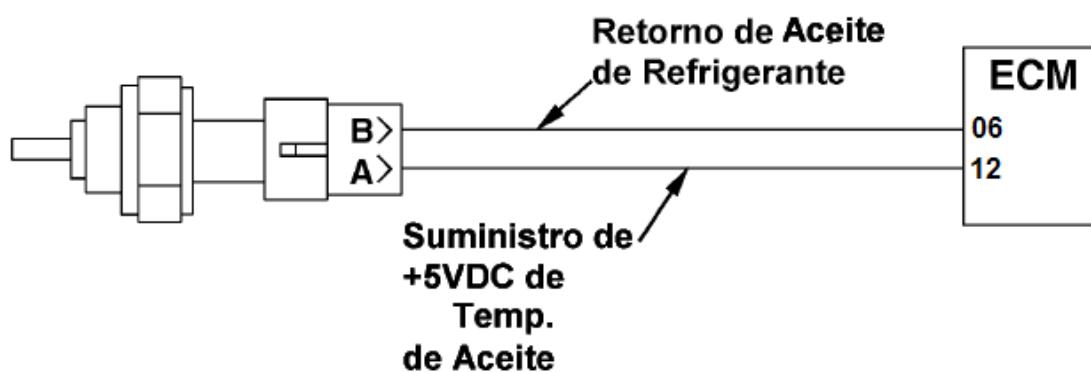


Figura 3.19 Circuito del Sensor de Temperatura del Aceite del Motor (OTS)

3.3.5.1 Diseño del circuito del sensor OTS

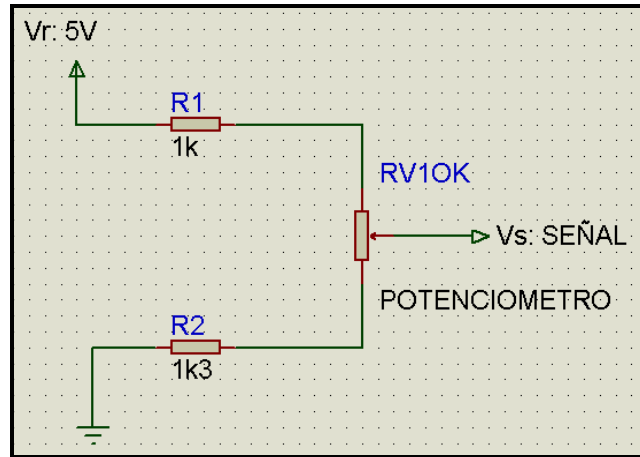


Figura 3.20 Diseño del circuito del sensor OTS

$$V_{R1} = V_{R2}$$

Ec. 3.5

$$V_{R2} = \frac{Vr * R_2}{R_2 + R_1}$$

$$V_{R2} = \frac{5V * 1300\Omega}{1300\Omega + 1000\Omega} = 2.82V$$

3.3.6 SENSOR DE PRESIÓN DEL ACEITE DEL MOTOR OPS.

El sensor de presión de aceite del motor es utilizado por el módulo de control electrónico (ECM) para monitorear la presión del aceite lubricante. El ECM monitorea el voltaje en el pin de señal y lo convierte a un valor de presión. El valor de presión de aceite es usado por el ECM para el sistema de protección del motor ver la figura 3.21.

El sensor de presión de aceite del motor está colocado en el block del motor, a la derecha del filtro de combustible, debajo de la segunda tapa de rodillos seguidores del árbol de levas.

Se alimenta con +5V desde la ECM cuando el encendido se encuentra en contacto.

Tabla 3.6 Voltaje del sensor OPS respecto a la presión.

Presión (kPas)	Presión (PSI)	Voltaje(V)
0	0	0.40 a 0.60
172.37	25	1.40 a 1.60
344.74	50	2.40 a 2.60
517.11	75	3.40 a 3.60
689.48	100	4.40 a 4.60

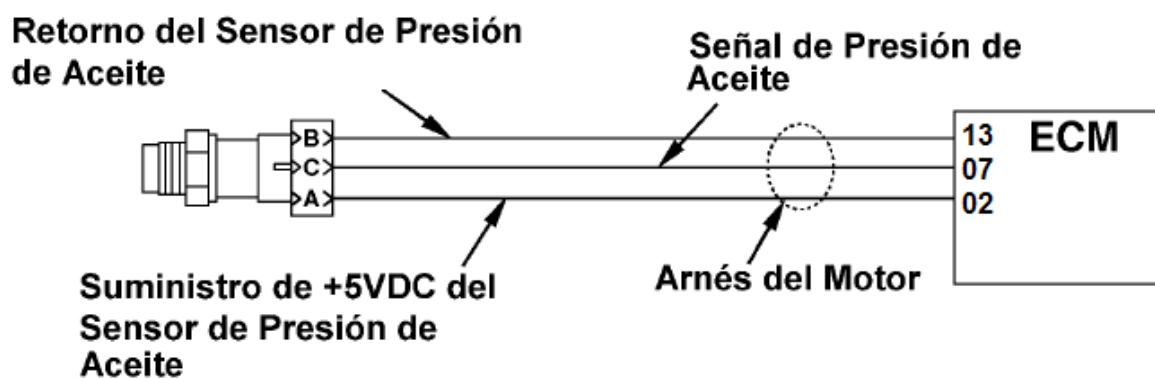


Figura 3.21 Circuito del Sensor de Presión del Aceite del Motor (OPS)



Figura 3.22 Sensor de temperatura del motor WTS

3.3.6.1 Diseño del circuito del sensor OPS

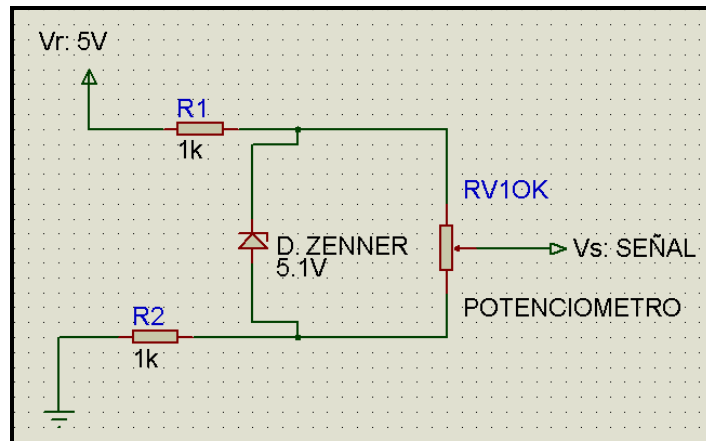


Figura 3.23 Diseño del circuito del sensor OPS

$$\boxed{V_Z = V_{R2}} \quad \text{Ec. 3.6}$$

$$V_{R2} = \frac{Vr * R_2}{R_2 + R_1}$$

$$V_{R2} = \frac{5V * 1000\Omega}{1000\Omega + 1000\Omega} = 2.5V$$

Debido al diodo zener que se utiliza regula a un voltaje de $V_z = 5.1V$. El voltaje en la resistencia R_2 (V_{R2}) es menor al voltaje V_z .

3.3.7 INYECTORES

Los inyectores de Cummins tipo “Celect” como el de la figura 3.24 tienen un funcionamiento mecánico - hidráulico - electrónico mediante la sincronización de la cadena cinemática operado por los ángulos de ataque del árbol de levas y son comandados por una válvula solenoide que es accionada por el módulo de control electrónico (ECM) para controlar la dosificación y sincronización de combustible. Cada solenoide del inyector está conectado al ECM por un cable de alimentación y uno de retorno. Un impulso eléctrico es enviado al inyector desde el ECM por el cable de alimentación y regresa al ECM por el cable de retorno, después de accionar el solenoide. Cada válvula solenoide es normalmente abierta, y

solamente se cierra por un impulso eléctrico del ECM durante la inyección y dosificación de combustible.



Figura 3.24 Inyector

Resistencia de la bobina = 0.5 a 1.5 Ohms.

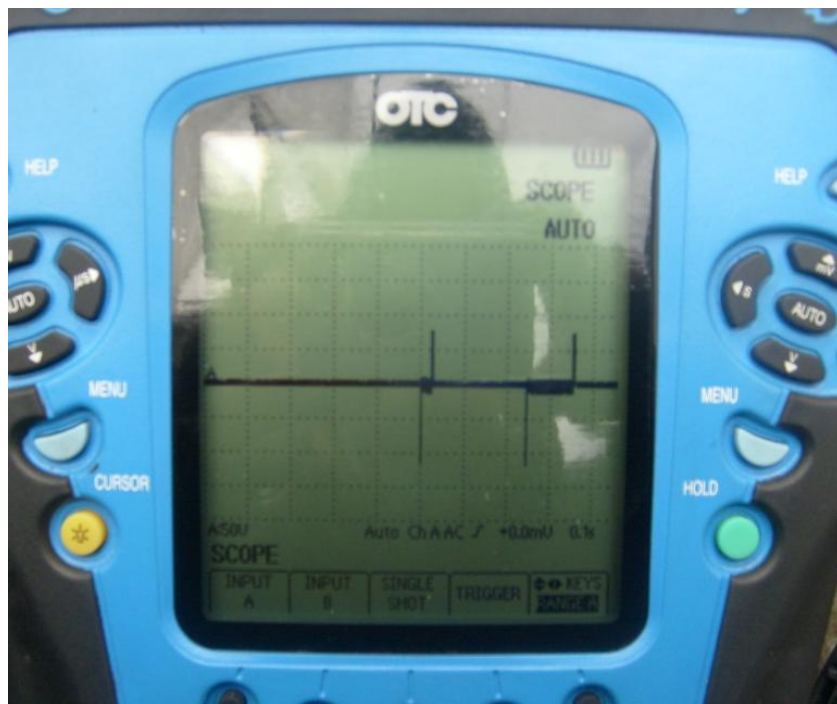


Figura 3.25 Curva de funcionamiento del inyector

3.3.8 SOLENOIDE DE CIERRE DE COMBUSTIBLE.

El solenoide de cierre de combustible como el del la figura 3.26, es un dispositivo usado por el ECM para controlar el suministro de combustible del motor. El ECM puede apagar el motor cortando la energía al solenoide de cierre de combustible.

El solenoide de cierre de combustible está colocado en la carcasa de suministro de combustible, arriba del filtro de combustible en la bomba de transferencia de la bomba de combustible.

El solenoide de cierre de combustible es el único actuador del sistema que utiliza +12 V por la ECM ver la figura 3.26. Este solenoide es un electroimán que actúa como válvula solenoide que es normalmente abierta, y solamente se cierra por un impulso eléctrico del ECM que va controlando el paso de combustible.



Figura 3.26 Solenoide de cierre de combustible.

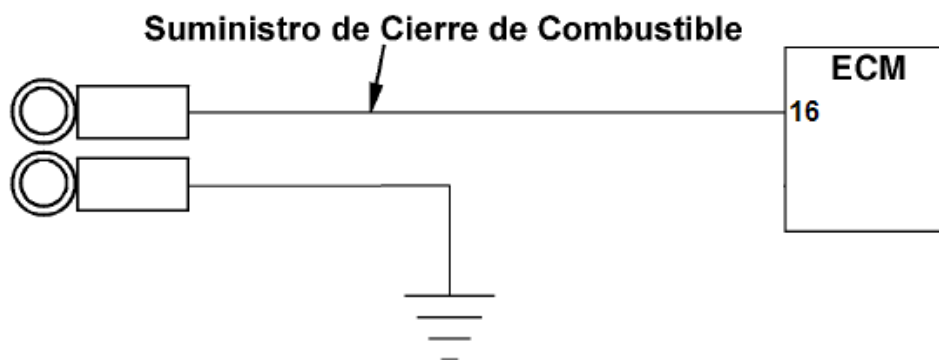


Figura 3.27 Circuito de solenoide de cierre de combustible.

3.3.8.1 Diseño del circuito del actuador Solenoide de Cierre de Combustible.

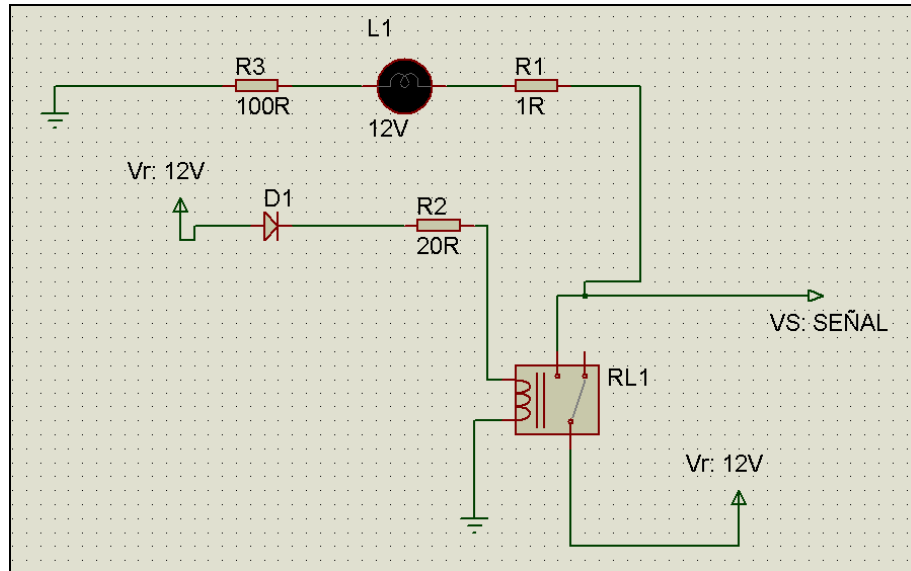


Figura 3.28 Diseño del circuito de Solenoide de Cierre de Combustible.

3.3.9 SENSOR DE POSICIÓN DEL ACELERADOR TPS.

El sensor de posición del acelerador está colocado en el pedal del acelerador como vemos en la figura 3.29. El sensor de posición del acelerador envía una señal al módulo de control electrónico (ECM) cuando el operador oprime el pedal del acelerador. El circuito de posición del acelerador contiene tres cables - alimentación de +5VCD, tierra de retorno, y señal.



Figura 3.29 Sensor de posición del acelerador (TPS)

Esta información se utiliza para reconocer posiciones de ninguna carga y carga completa para la aceleración, corte de la inyección y estrategias de la recuperación de fuerza.



Figura 3.30 Curva de funcionamiento del TPS

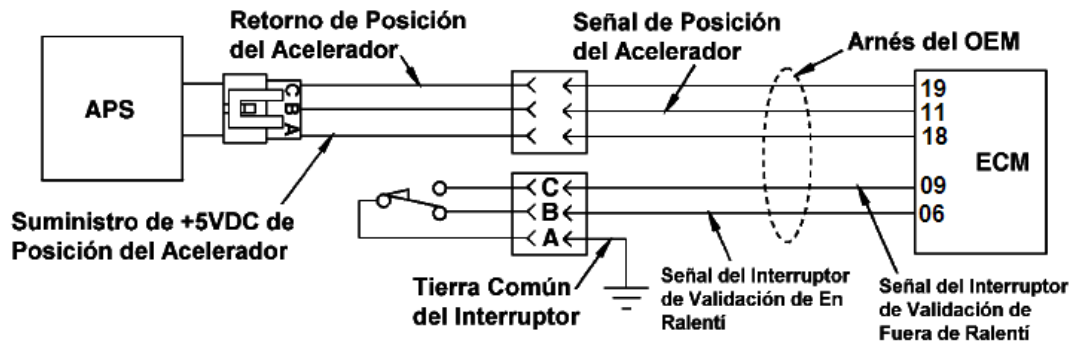


Figura 3.31 Circuito del Sensor de Posición del Acelerador.

3.3.9.1 Diseño del circuito del sensor TPS

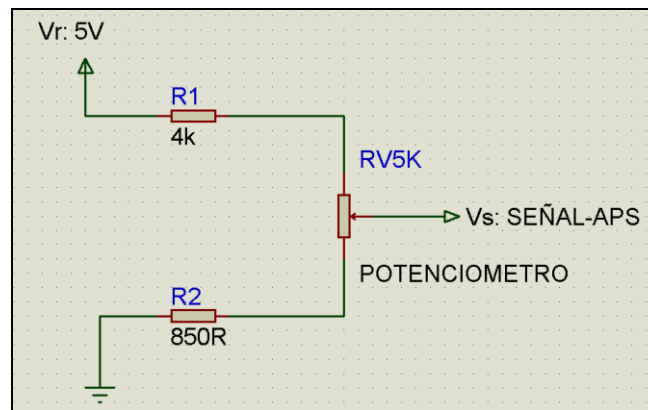


Figura 3.32 Diseño del circuito del sensor TPS.

$$V_{R1} = V_{R2}$$

Ec. 3.7

$$V_{R2} = \frac{V_r * R_2}{R_2 + R_1}$$

$$V_{R2} = \frac{5V * 850\Omega}{850\Omega + 4000\Omega} = 0.876V$$

3.3.10 INTERRUPTOR DE VALIDACIÓN DE MARCHA EN VACÍO (IVS).

El interruptor de validación de marcha en vacío (IVS) es utilizado por el módulo de control electrónico (ECM) para indicar cuando el pedal está liberado (en marcha en vacío) u oprimido (marcha en vacío fuera). El interruptor es calibrado en fábrica para cambiar de ralentí afuera de ralentí en la posición correcta del pedal de acelerador. El Interruptor de validación de marcha en vacío (IVS) está colocado en el ensamble de pedal del acelerador como se ve en la figura 3.33.

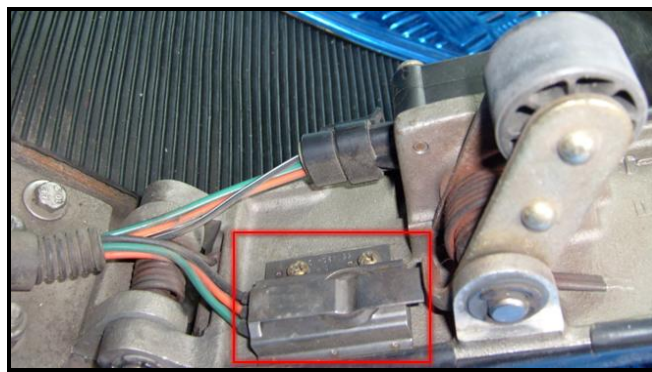


Figura 3.33 Interruptor de Validación de Marcha en Vacío (IVS).

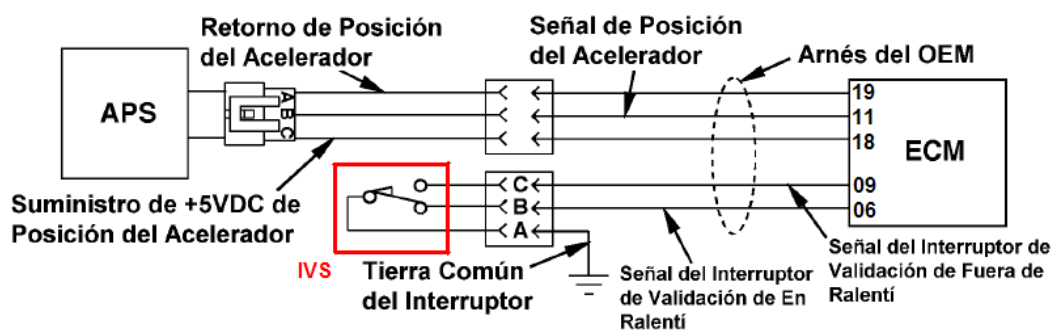


Figura 3.34 Circuito de Interruptor de Validación de Marcha en Vacío (IVS).

3.3.10.1 Diseño del circuito del Interruptor de Validación de Marcha en Vacío IVS

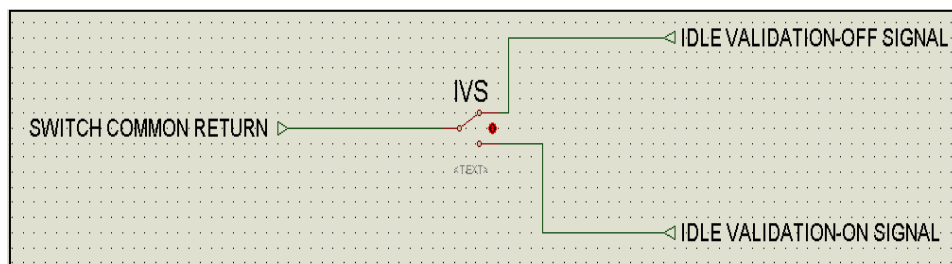


Figura 3.35 Diseño del circuito Interruptor de Validación de Marcha en Vacío (IVS).

3.4 DISEÑO DE LA TARJETA DE CONTROL

El diseño de los circuitos de los diferentes sensores del simulador esta realizado en el software de ISIS Professional y ARES Professional "Proteus Professional Design Suite v7.0". Es un paquete electrónico que ayuda a diseñar el circuito esquemático para luego obtener el circuito impreso con la característica de autoruteo.

En la figura 3.36 se puede observar el circuito diseñado para cumplir el objetivo realizado en el programa ISIS.

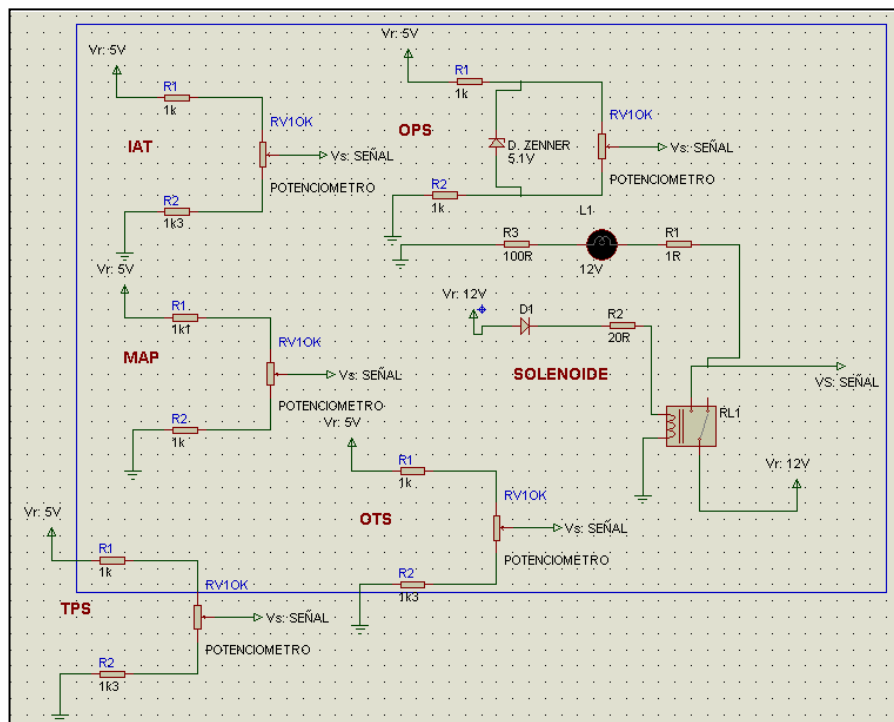


Figura 3.36 Diagramas Esquemáticos del Circuito Impreso de cada Sensor.

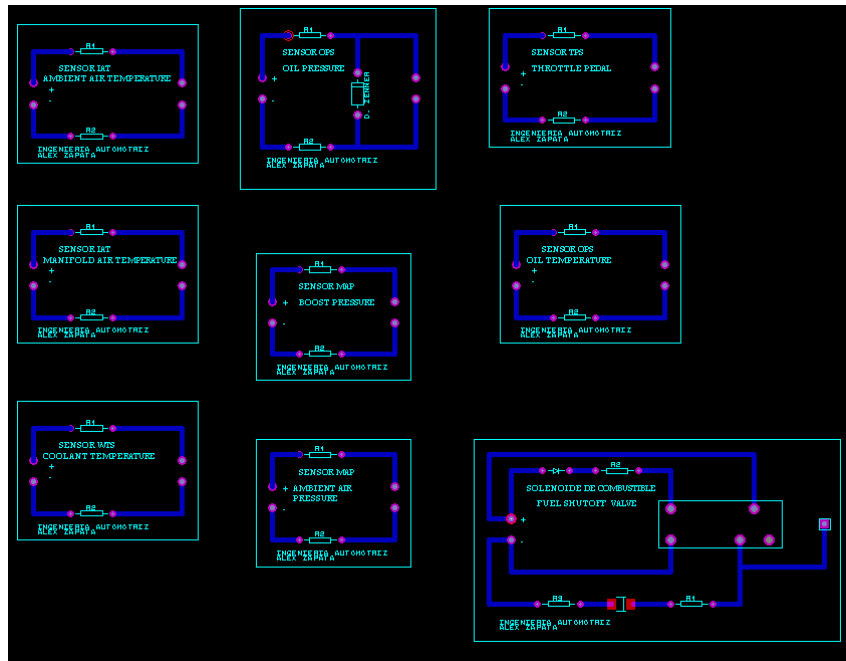


Figura 3.37 Diagramas Impresos en la parte frontal de la Tarjeta Electrónica

Impresión de los diagramas en la baquelita.

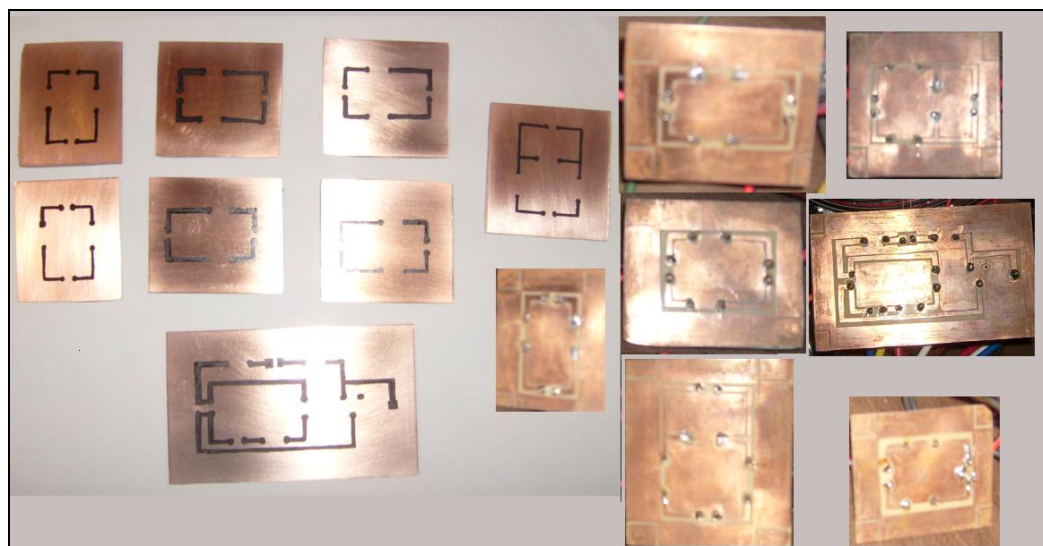


Figura 3.38 Tarjetas Electrónicas

Observamos en la figura 3.38 que en la estructura de cada una de las tarjetas electrónicas están diseñadas para ensamblar sobre las mismas todos los componentes eléctricos – electrónicos que simulan los diferentes componentes del sistema de inyección electrónica.

3.5 MONTAJE Y ACOPLAMIENTO DE ELEMENTOS ELÉCTRICOS – ELECTRÓNICOS

Observamos en la figura 3.39 que estos son los elementos interactuantes con la ECU una vez que cumpla su ciclo de funcionamiento dependiendo su caso, los mismos que se encargarán de dar el diagnóstico preciso en base a su accionamiento y señales observadas para los diferentes sistemas de la ECU que se encuentren dañados, si así fuera el caso.

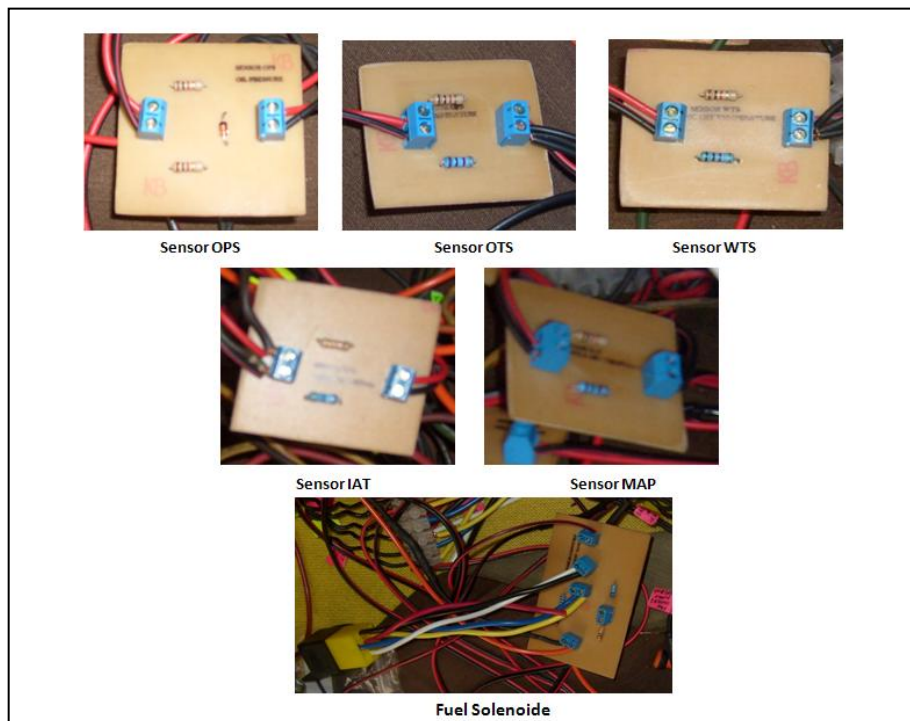


Figura 3.39 Tarjetas electrónicas ensambladas

Entre los elementos eléctricos – electrónicos se detallan con mayor profundidad de los estudiados en el primer capítulo los siguientes:

Fuente de Alimentación.

Esta base de alimentación es la misma que es aplicada para campos de la reparación electrónica de diversos dispositivos.

Se aplicó esta fuente en el simulador por la funcionalidad y característica principal que tiene la de generar valores de voltaje de 12V en corriente directa a 15 Amperios.



Figura 3.40 Fuente de Alimentación

3.6 CONEXIONES AL TABLERO DE INSTRUMENTACIÓN

Los componentes requeridos para el simulador se instalaron en la parte posterior del tablero de control, con su respectivas trayectorias de circuitos, que van desde interconexiones desde la ECM hasta cada uno de los sensores y actuadores simulados en el proyecto.

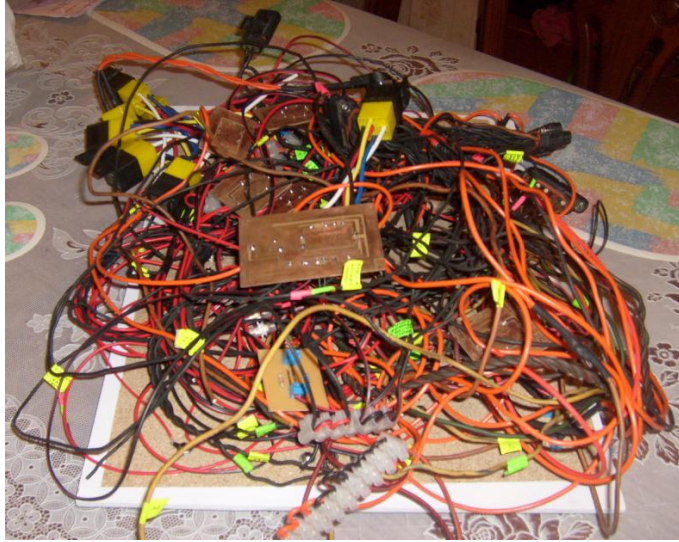


Figura 3.41 Conexiones al Tablero



Figura 3.42 Conexiones entre componentes

3.7 ANÁLISIS DE LA ECM

Las ECM nuevas son fabricadas por Cummins en su planta Columbus MidRange Engine Plant en Columbus, Indiana, las ECM RECOM son remanufacturadas en Cummins S. de R. L. de C. V. en San Luis de Potosí, México que son productos para Latinoamérica y en todas las fábricas RECOM Cummins alrededor del mundo.

La ECM tiene una placa en donde consta el número de parte P/N el cual varía según el CPL “Lista de Partes Críticas” del motor para determinar la calibración.



Figura 3.43 ECM Cummins

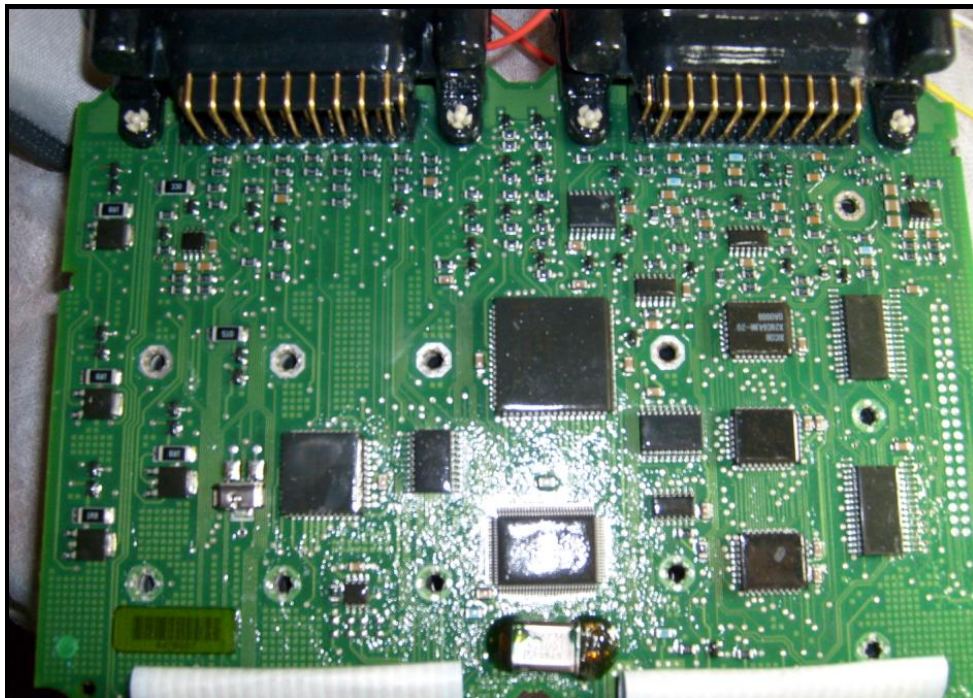


Figura 3.44 Estructura Interna de la ECM

Una característica importante de la ECM es que posee 3 conectores que comunican a la computadora con el arnés de sensores, arnés de inyectores

actuadores, y un arnés de la OEM que comunica a la cabina para las funciones de Confort e instrumentación del vehículo.

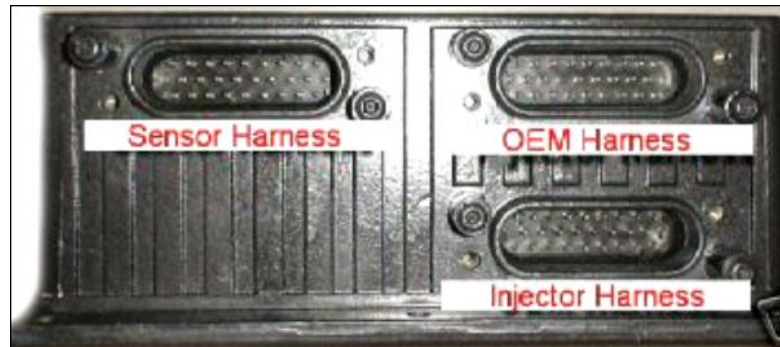


Figura 3.45 Conectores de la ECM.

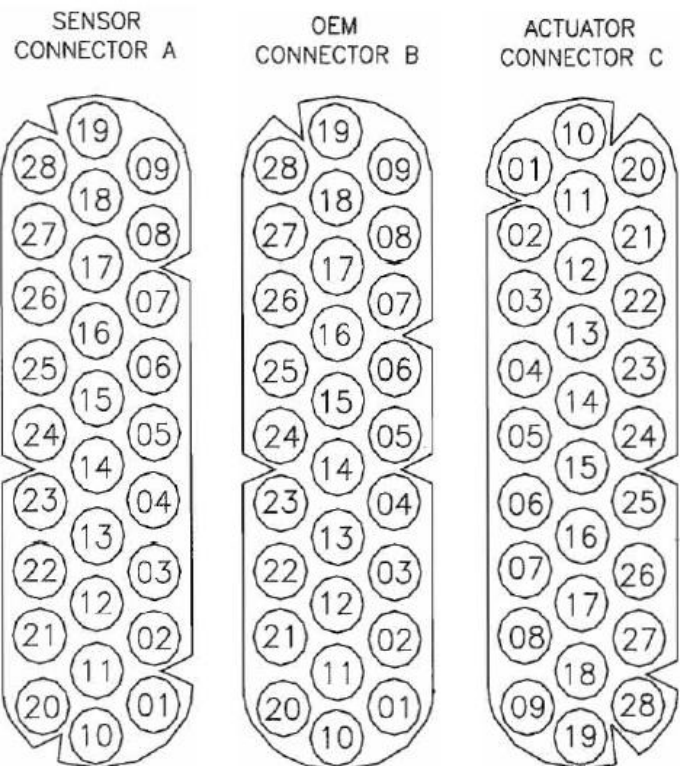


Figura 3.46 Pines de los conectores del arnés al ECM.

CAPÍTULO IV

PROCEDIMIENTOS Y PRUEBAS DEL EQUIPO

4.1 PROCEDIMIENTOS

Para el uso adecuado del simulador es necesario seguir una serie de procedimientos que a continuación se detallan:

1. Conectar la fuente regulada a una toma de corriente, verificando que el interruptor principal este en posición OFF.
2. Conectar los pines de la fuente regulada al simulador, verificando que el interruptor principal este en posición OFF, identificando claramente el pin positivo y negativo respectivamente.
3. Colocar la ECM en el simulador por medio de sus conectores correspondientes.
4. Poner en la posición ON el interruptor principal "Switch Ignition" para que todas sus funciones sean energizadas y esperar la rutina de autodiagnóstico.
5. Conectar en la salida de audio; el plug de los transformadores al computador y los otros pines a las entradas del sensor EPS para transmitir las señales, e indicar marcha del motor hacia la ECM.
6. Comenzar a realizar la toma de las distintas mediciones con la ayuda de un osciloscopio siguiendo un orden de funcionamiento de la ECM, según las variables que se quieran analizar, esta rutina dependerá exclusivamente del diagnóstico que se haya realizado al módulo en el vehículo.

4.2 PRUEBAS

Para la realización de las pruebas se cuenta con un scanner INLINE 5 de Cummins para controlar los parámetros de programación y lecturas de datos internos propios de la ECM. Un osciloscopio OTC 3840 Automotive Scope.

De esta manera se inserta la punta del osciloscopio a cada uno de los elementos (figura 4.1) que van hacer medidos en amplitud, frecuencia, ciclo útil y ancho de pulso generado por sensores (EPS, WTS, MAP, IAT, OPS, OTS, etc.), actuadores (inyectores, Válvula Solenoide) así como diversos dispositivos eléctricos y electrónicos usados en los sistemas Cummins.



Figura 4.1 Instalación del osciloscopio a cada elemento

Continuando con las pruebas de funcionamiento se prosigue a tomar las gráficas características de cada elemento mencionado, para lo cual se utiliza un osciloscopio automotriz, un interfaz de comunicación propio de Cummins en los cuales tendremos varias alternativas de variaciones de parámetros y datos precisos de cómo está funcionando el ECM como se observa en la figura 4.2.



Figura 4.2 Pantalla de calibración del osciloscopio OTC



Figura 4.3 Interfaz de comunicación INLINE 5 Cummins

Por medio de estos equipos de diagnóstico se realiza correctamente las siguientes mediciones gráficas características de cada elemento impreso desde sus pantallas de manejo.

La figura 4.4 nos indica la conexión entre la computadora y el simulador mediante un circuito de transformadores para poder generar las señales para el sensor de posición del motor EPS.

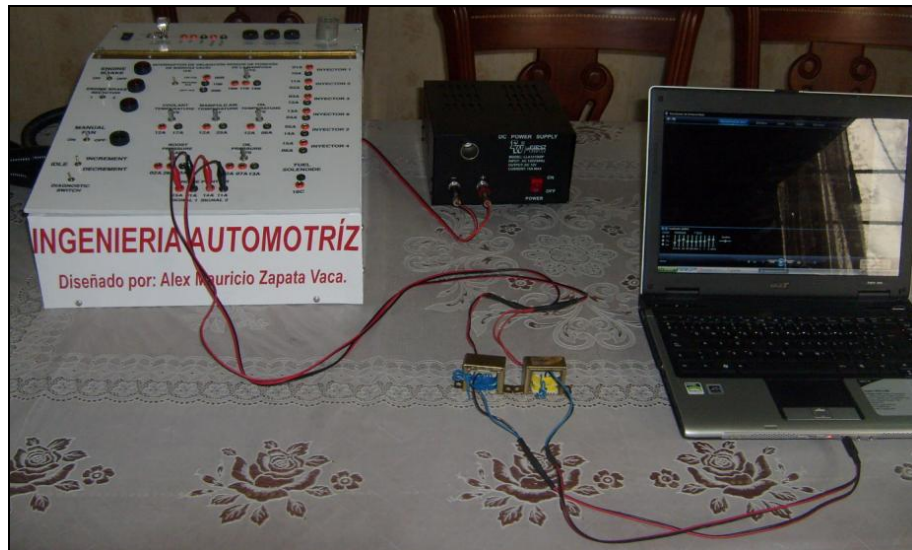


Figura 4.4 Circuito EPS

Para la conexión al sensor EPS se utiliza los pines 15A, 01A para la señal 1 y los pines 14A, 11A para señal 2.



Figura 4.5 Pin de conexión EPS

La figura 4.6 es la representación del sensor EPS en el banco de pruebas.



Figura 4.6 Onda sensor EPS

Para obtener la representación del sensor EPS la figura 4.7 indica el Pin de conexión del mismo.



Figura 4.7 Pin de conexión EPS

La figura 4.8 indica la curva que genera el simulador mediante el sensor MAP. En donde se puede observar el valor máximo de operación que es de 4.75V y el valor mínimo de 1.3V con lo cual se determina que el sensor se encuentra operando en los valores requeridos por el fabricante.

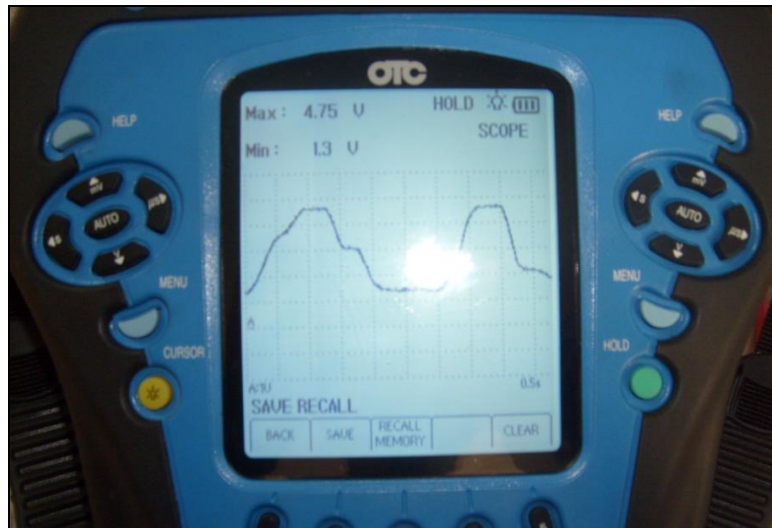


Figura 4.8 Onda sensor MAP

Para la conexión al sensor MAP se utiliza los pines 02A, 26A y 13A.



Figura 4.9 Pines de conexión MAP

La figura 4.10 indica la curva que genera el simulador mediante el sensor OPS. En donde se puede observar el valor máximo de operación que es de 4.45V y el valor mínimo de 3V con lo cual se determina que el sensor se encuentra operando en los valores requeridos por el fabricante.

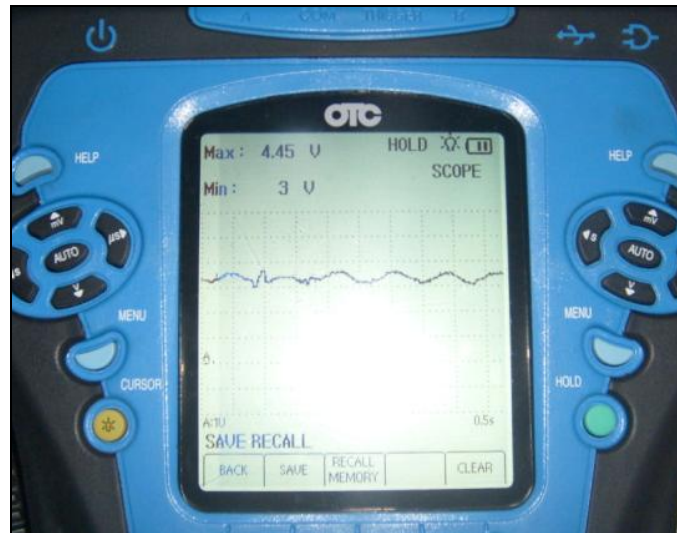


Figura 4.10 Onda sensor OPS

Para la conexión al sensor OPS se utiliza los pines 02A, 07A y 13A.

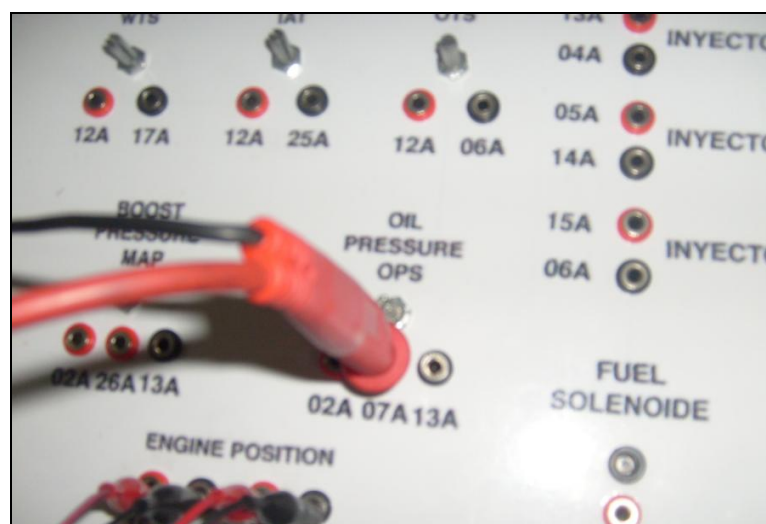


Figura 4.11 Pines de conexión OPS

La figura 4.12 indica la curva que genera el simulador mediante el sensor WTS. En donde se puede observar el valor máximo de operación que es de 2.3V y el valor mínimo de 400mV con lo cual se determina que el sensor se encuentra operando en los valores requeridos por el fabricante.

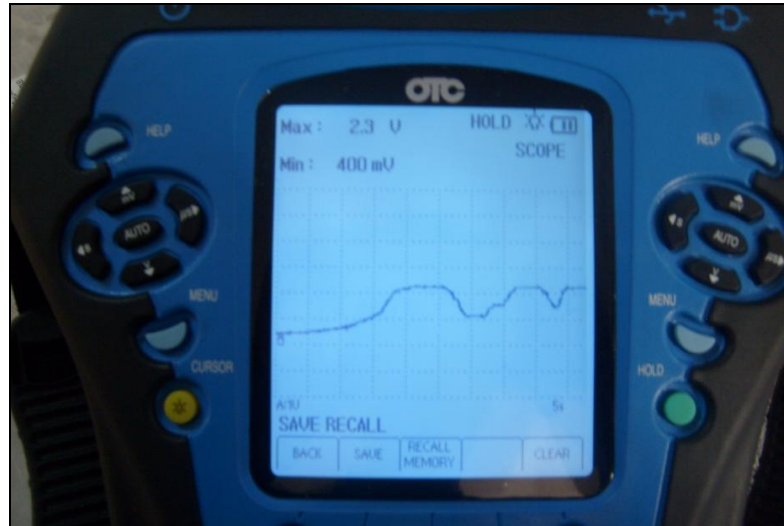


Figura 4.12 Onda sensor WTS

Para la conexión al sensor WTS se utiliza los pines 12A y 17A.



Figura 4.13 Pin de conexión WTS

La figura 4.14 indica la curva que genera el simulador mediante el sensor IAT. En donde se puede observar el valor máximo de operación que es de 2.3V y el valor mínimo de 450mV con lo cual se determina que el sensor se encuentra operando en los valores requeridos por el fabricante.

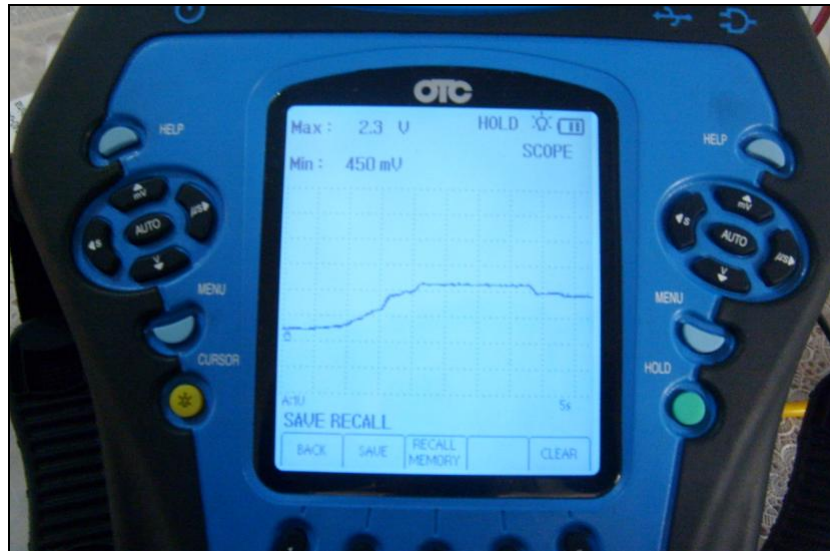


Figura 4.14 Onda sensor IAT

Para la conexión al sensor IAT se utiliza los pines 12A y 17A.

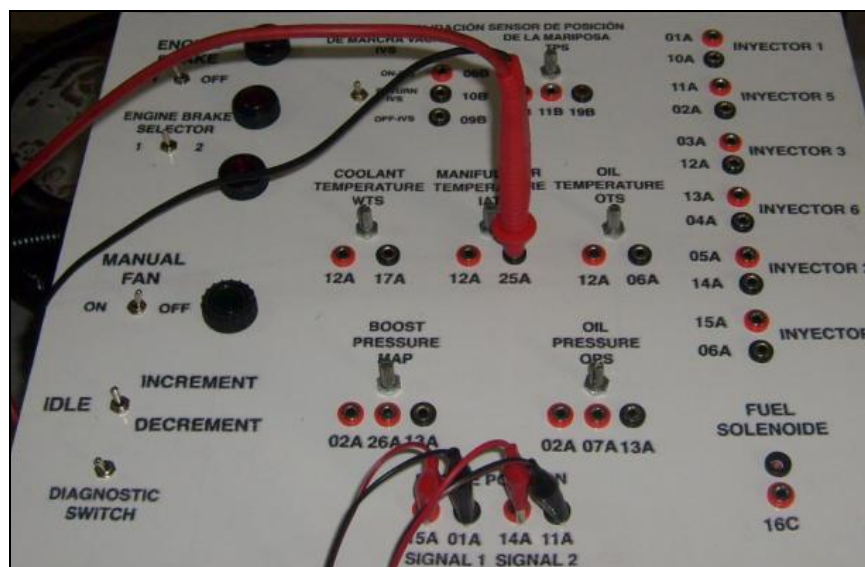


Figura 4.15 Pin de conexión IAT

La figura 4.16 indica la curva que genera el simulador mediante el sensor OTS. En donde se puede observar el valor máximo de operación que es de 2.3V y el valor mínimo de 300mV con lo cual se determina que el sensor se encuentra operando en los valores requeridos por el fabricante.

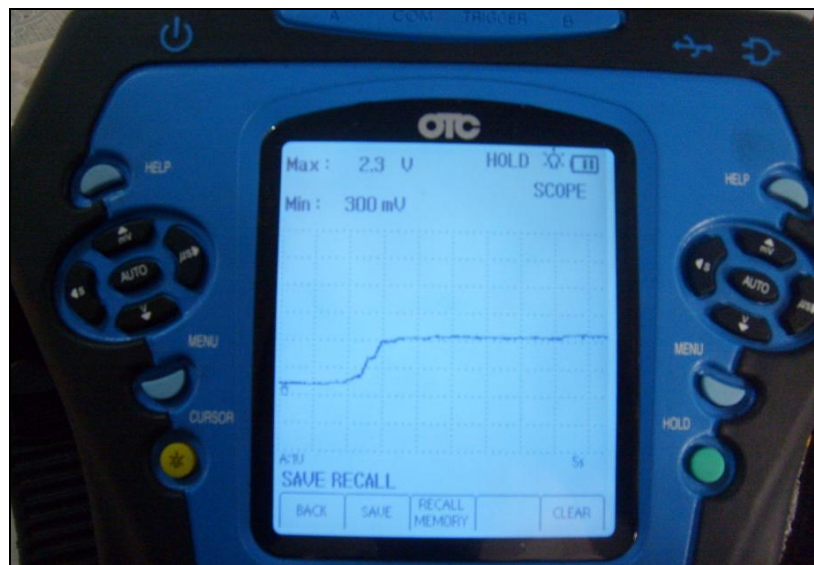


Figura 4.16 Onda sensor OTS

Para la conexión al sensor OTS se utiliza los pines 12A y 06A.

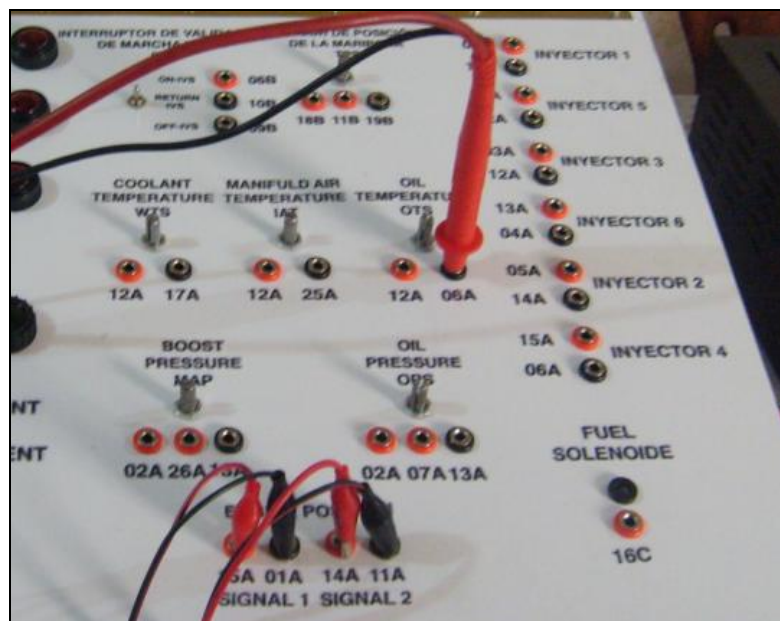


Figura 4.17 Pin de conexión OTS

La figura 4.18 indica la curva que genera el simulador mediante el sensor TPS. En donde se puede observar el valor máximo de operación que es de 4.5V y el valor mínimo de 1.7V con lo cual se determina que el sensor se encuentra operando en los valores requeridos por el fabricante.

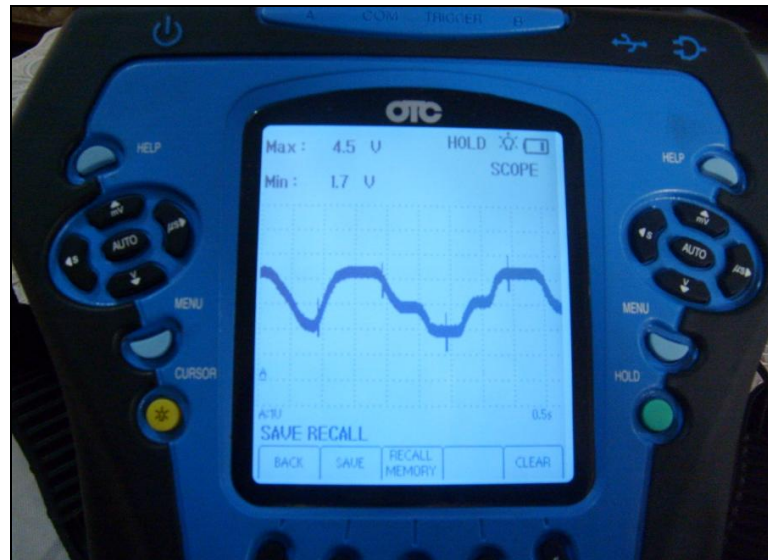


Figura 4.18 Onda sensor TPS

Para la conexión al sensor TPS se utiliza los pines 18B, 11B y 19B.

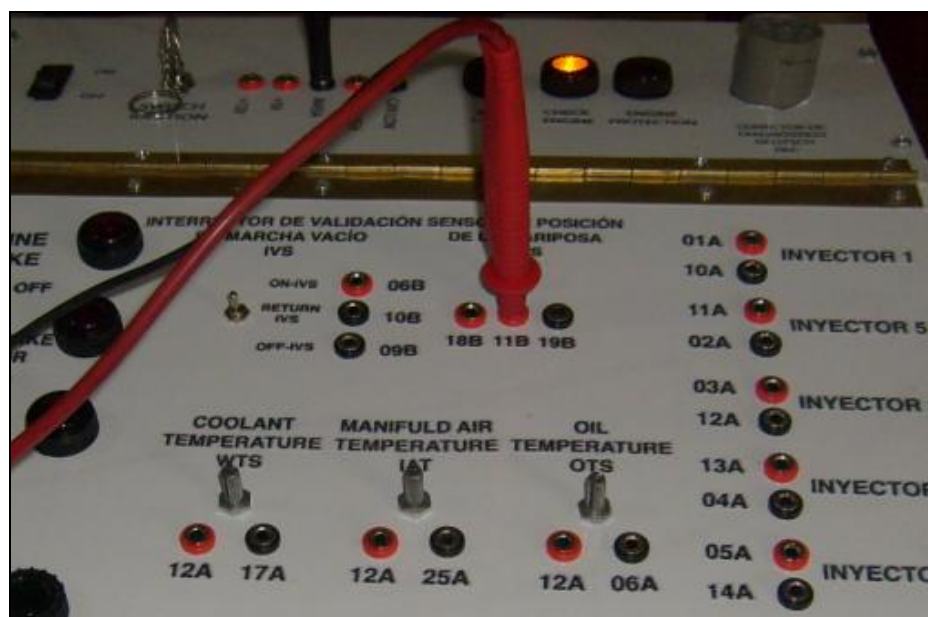


Figura 4.19 Pin de conexión TPS

La figura 4.20 indica las señales generadas por el simulador mediante el sensor TPS y el interruptor de validación de marcha en vacío IVS. En donde se puede observar que el TPS se encuentra en su valor mínimo de operación en el canal A se observa la señal aproximadamente a 2V. En el canal B se observa la señal del IVS en su punto en OFF.

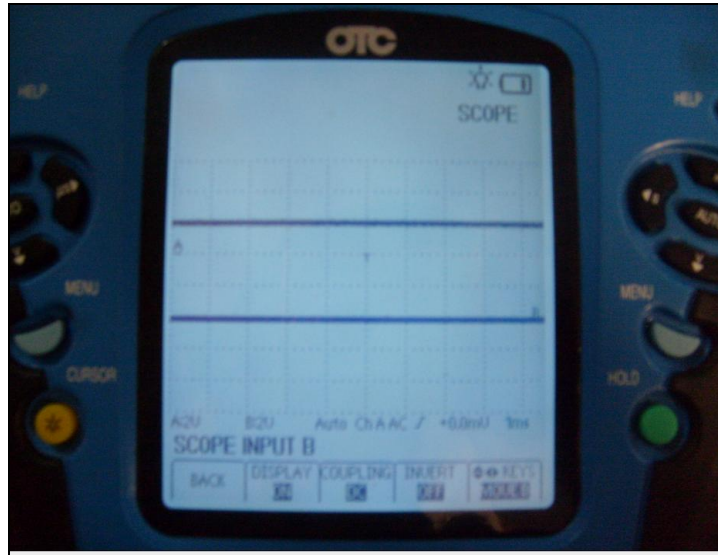


Figura 4.20 Señales sensor TPS y Switch IVS

En la figura 4.21 se puede observar la conexión en los pines respecto a las señales que se observa en la figura 4.20.

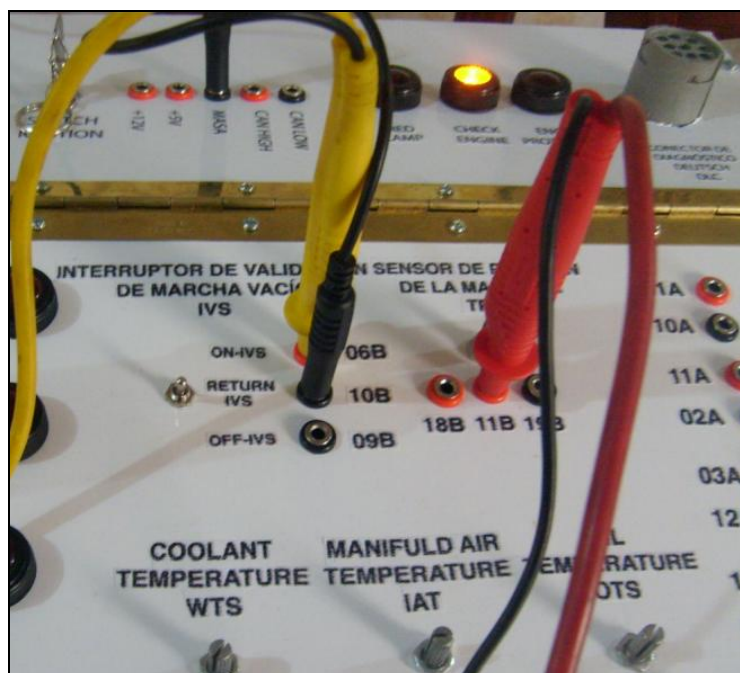


Figura 4.21 Pines de conexión sensor TPS y Switch IVS

La figura 4.22 indica las señales generadas por el simulador mediante el sensor TPS y el interruptor de validación de marcha en vacío IVS. En donde se puede observar que el valor del TPS se mantiene en su valor mínimo de operación. En el canal B se observa una variación de la señal del IVS que cambio a un valor de 5V.



Figura 4.22 Señales sensor TPS y Switch IVS

En la figura 4.23 se observa la conexión en los pines respecto a las señales que se puede ver en la figura 4.22. En esta figura se observa una variación que la lámpara roja se encuentra encendida y esto se produce por que la ECM al realizar su reproceso de datos no encuentra ninguna variación en el sensor TPS lo que bloquea y deja el motor en velocidad de ralentí por seguridad mientras se soluciona el problema.

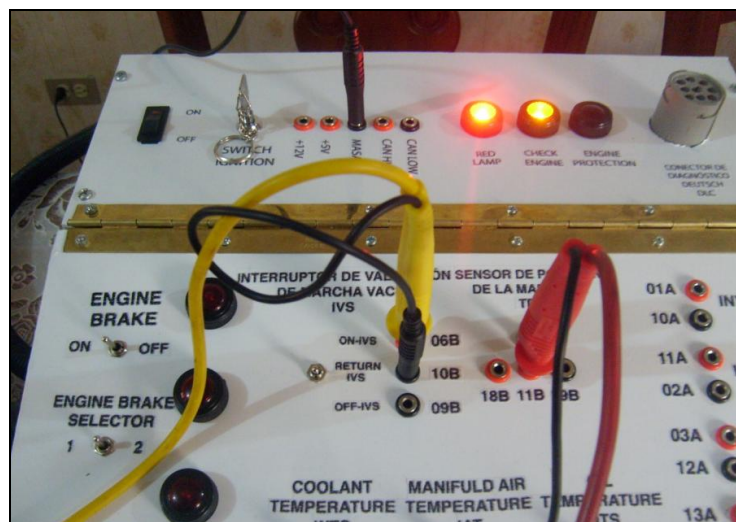


Figura 4.23 Pines de conexión sensor TPS y Switch IVS

La figura 4.24 indica un switch para la activación manual del ventilador que es controlada mediante el ECM que se encuentra en la posición de OFF.



Figura 4.24 Manual FAN

La figura 4.25 indica el switch en la posición de ON en la que se puede ver la lámpara encendida con la que se representa al ventilador que tiene su activación mediante el pin 07C del conector de actuadores.



Figura 4.25 Manual FAN - ON

En el caso de no utilizar este control el ventilador opera de una forma automática comandado por un termo switch en el refrigerante el activa o desactiva a la válvula neumática para el accionamiento del ventilador.

La figura 4.26 indica los switches que posee el camión en cabina si este es equipado con freno de motor, los cuales permiten la activación de los mismos y sus diferentes tiempos que son controlados mediante el ECM.



Figura 4.26 Engine Brake

La figura 4.27 indica el switch de engine brake en la posición de ON, y el switch de engine brake selector en la posición 1 en la que se puede ver dos lámparas encendidas. Cada lámpara representa un cabezote de freno motor, en este tipo de motores están equipados con tres cabezotes que comandan cada uno a dos cilindros respectivamente. En la figura 4.27 se puede observar que se encuentra encendida la lámpara 1 y 3 las cuales representan al tiempo número 1 de engine brake selector que tiene su activación mediante el pin 19C del conector de actuadores.

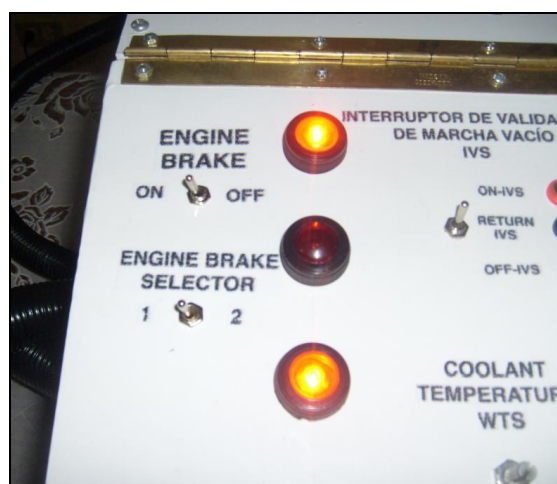


Figura 4.27 Engine Brake Selector 1

En la figura 4.28 se puede observar que se encuentra encendidas las lámparas 1, 2 y 3 las cuales representan al tiempo número 2 de engine brake selector que tiene su activación mediante el pin 18C y 19C del conector de actuadores. El freno motor se encuentra trabajando a su 100% de capacidad de frenado.

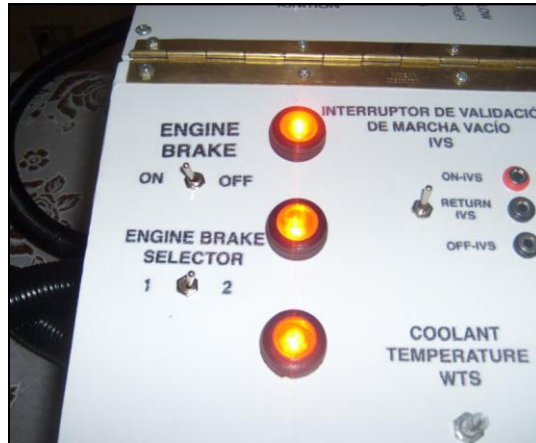


Figura 4.28 Engine Brake Selector 2

En la figura 4.29 se puede observar el diagnostic switch el que nos permite desplegar códigos de falla por destellos mediante la lámpara roja y check engine, Si un código de falla esta activo, las luces comenzaran a titilar el código de falla registrado; Si no hay códigos de falla activos las luces no titilarán y solo se iluminarán.

Primero, la luz amarilla del check engine titilará. Después de 2 segundos el número del código de falla comenzará a titilar en la luz roja del STOP. Cada titilada seguida es un número. Así habrá pausas de 2 segundos entre cada numero. Cuando el código de falla ha finalizado su visualización (dejará de titilar el rojo STOP) la luz amarilla aparecerá

Se puede observar IDLE que es el switch de validación y que nos permite realizar funciones como pasar los códigos de falla almacenados en la memoria del ECM pasando al siguiente código. Si no existen más códigos de falla registrados siempre se visualizará el mismo código.

Otra función es la de regular el ralentí del motor conjuntamente con el IVS en las revoluciones requeridas por el motor en diferentes condiciones de altura sobre el nivel del mar, los intervalos se encuentran de 700 a 800 RPM.

Otra función que nos permite el IDLE es que una vez que el control crucero se encuentre activado podamos subir o bajar la velocidad moviendo el interruptor. Cada pulso incrementa o disminuye la velocidad en 1.6 km/h.

El control de crucero puede utilizar la última velocidad que se usó para conducir en control de crucero. Con el interruptor en ON mueva el interruptor IDLE a incrementar y se sentirá como el vehículo acelera a la última velocidad de crucero usada.

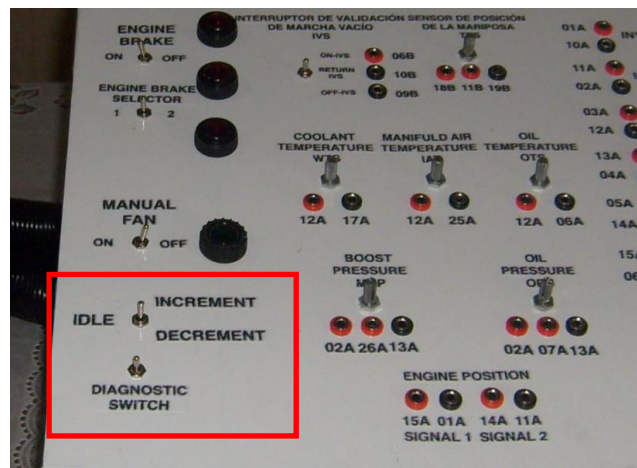


Figura 4.29 IDLE – Diagnostic Switch

La figura 4.30 indica la curva que genera el simulador para la activación de los inyectores, en la cual se puede observar que existe una pre inyección 50ms antes de la inyección principal aquí se tiene un pico inductivo de 130V y en 50ms aproximadamente se realiza la regulación de inyección hasta que el actuador del solenoide del inyector corta el paso de combustible, este ciclo de inyección lo realiza en 110ms.

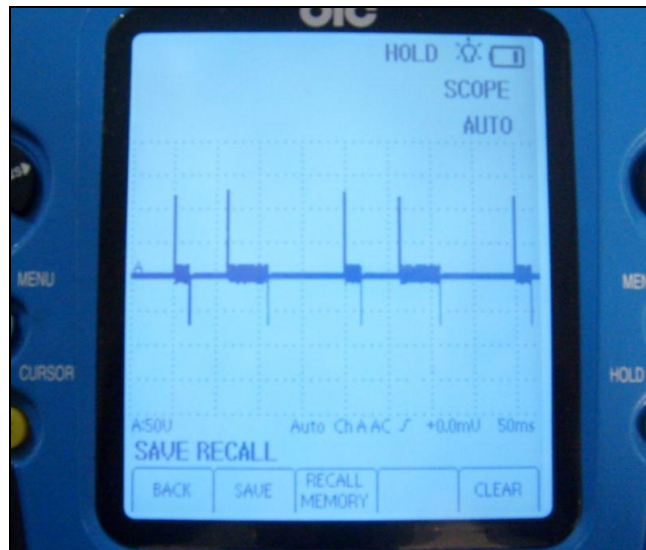


Figura 4.30 Onda Inyector

En la figura 4.31 se puede observar la conexión en los pines 01A y 10A respecto a las señales que se ve en la figura 4.30.

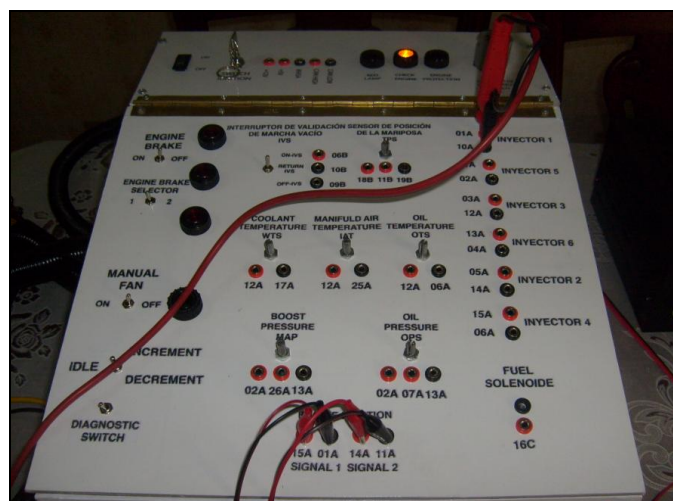


Figura 4.31 Pines de conexión INYECTOR

En la figura 4.32 puede observar una onda de corriente generada para la activación del solenoide del inyector la cual se puede ver utilizando una pinza inductiva como la de la figura 4.33 la cual tiene una escala de 100mV/A lo que es igual a 0.1V/A, en la escala del osciloscopio tenemos 0.2V por división en lo que se observa que hay un pico inductivo que llega aproximadamente a 0.8V lo que nos indica que la ECM esta generando una corriente de 8A.

Para garantizar un proceso de inyección definido y reproducible, el inyector esta controlado con un recorrido complejo de la corriente. Un condensador amplificador genera la tensión que llega aproximadamente a 130V y una corriente de 8A que conduce al principio del proceso de conexión y se encarga que el actuador de la válvula solenoide se eleve rápidamente. Con el inyector abierto basta una reducida corriente de activación para mantener constante la carrera del actuador, cuando la carrera del actuador es constante da como resultado un caudal de inyección proporcional a la duración de la inyección. En el cálculo de inyección se tiene en cuenta el tiempo de magnetización previa, durante el cual no está abierto el inyector.

La pinza inductiva se coloca en un cable que va del ECM al terminal del inyector como se ve en la figura 4.34. Este es un procedimiento efectivo para determinar el estado del inyector tanto en su parte electrónica como mecánica. Al tener problemas en la parte mecánica se nota que la corriente aumenta y tiene fluctuaciones tratando de regular la inyección.

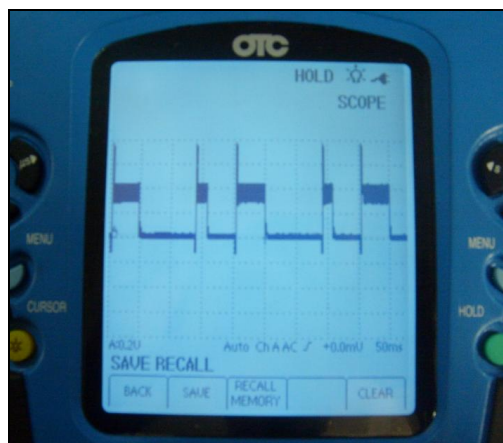


Figura 4.32 Onda de corriente del inyector



Figura 4.33 Pinza Amperométrica OTC.



Figura 4.34 Pinza Amperométrica OTC.

En la figura 4.35 se puede observar en los dos canales del osciloscopio en el canal B se ven los pulsos de inyección y el canal A se observan las ondas de corrientes generadas por la ECM.

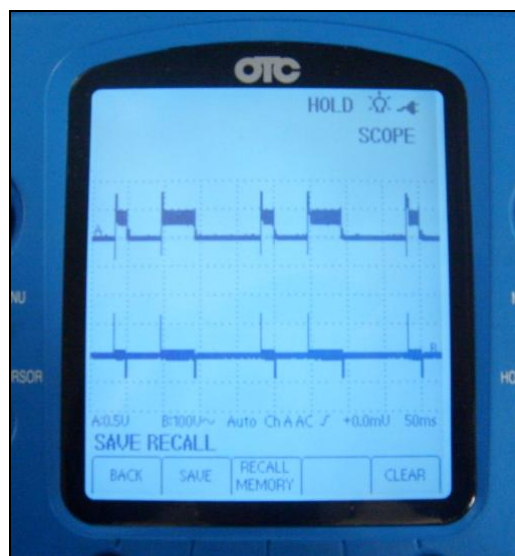


Figura 4.35 Comparación de curvas del INYECTOR.

La figura 4.36 indica la curva que genera el simulador mediante el actuador Fuel Solenoide. En donde se puede observar los pulsos de operación que se encuentran mayor a los 12V. Este actuador es el más importante del sistema ya que si la ECM no ve señales de él este no empieza a generar pulsos para los inyectores, este actuador permite el paso de combustible hacia la bomba de engranes para que sea presurizado y sea enviado a los inyectores.



Figura 4.36 Onda Fuel Solenoide

Para la conexión del actuador utilizamos los pines 16C y Masa como en la Figura 4.37. Hay un diodo led de indicación en donde se observa los pulsos que están llegando al solenoide.



Figura 4.37 Pin de conexión Fuel Solenoide

La figura 4.38 indica las señales de Can High y Can Low generadas por el ECM para la comunicación con otros módulos o para el conector DLC.

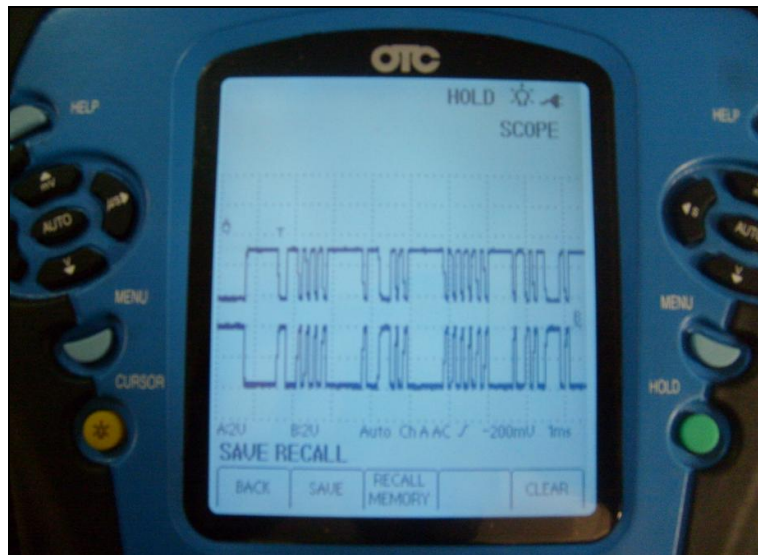


Figura 4.38 Comparación de CAN HIGH y CAN LOW

En la figura 4.39 se observa la conexión en los pines respecto a las señales de Can High y Can Low que se pueden ver en la figura 4.38.

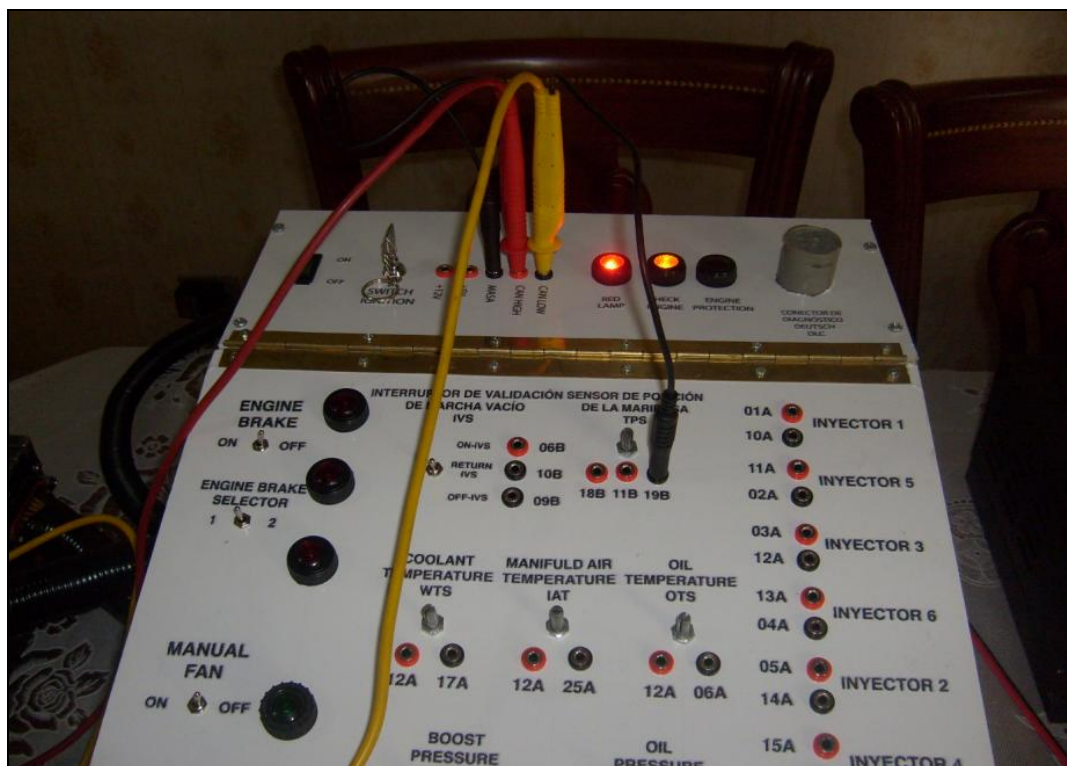


Figura 4.39 Pines de conexión CAN HIGH y CAN LOW

La figura 4.40 indica la conexión del interfaz Inline 5 al simulador en donde existe una conexión visual directa con la ECM.



Figura 4.40 Conexión del interfaz INLINE al simulador.

El interfaz Inline puede comunicarse con la PC mediante un software llamado PowerSpec de Cummins que permite visualizar información interna de la ECM, códigos de falla, trip información, etc.



Figura 4.41 PowerSpec.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Luego de la realización de este proyecto de tesis se concluye lo siguiente:

- Se diseñó y construyó un simulador de gestión electrónica para módulos de control electrónico (ECM) para motores Diesel Cummins con las especificaciones N14, a través de la generación de fuentes de señal típicas de los sensores interpretada por la computadora y activar a los distintos actuadores que intervienen en un sistema de inyección electrónica a diesel Cummins.
- Se comprobó que el simulador permite realizar pruebas en los camiones equipados con motores Cummins N14 tipo Celect+, por las características similares de funcionamiento, diagramación, forma y posición de los conectores obteniendo así, un equipo versátil para utilizarlo en diagnóstico y reparación de computadoras automotrices para la marca Cummins.
- Se elaboró diagramas eléctricos y electrónicos ver anexos 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 sistemas, tomando en cuenta los valores específicos de cada componente que intervienen en el proyecto diseñado.
- Se verificó que las señales generadas por el simulador concuerdan con funcionamiento normal de las que son generadas por los sensores del motor 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 simulador pudiendo realizar 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.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que al realizar cualquier tipo de conexión eléctrica dentro de un banco de pruebas y aún más si éste posee estructuras metálicas evitar que los conductores y demás circuitos hagan contacto con la carcasa, evitando falsas señales de tierra o cortocircuitos.
- Al momento de ensamblar todos los elementos en el banco de pruebas se debe verificar que se siga un orden secuencial de armado, empezando por los cables, hasta las tarjetas y fuentes de alimentación facilitando una clara idea de cómo se encuentra estructurado el proyecto.
- Para comprobar un sistema de inyección electrónica, debe utilizarse una lógica de manipulación del banco, partiendo de la puesta en contacto para proveer los voltajes de alimentación requeridos, la generación de ondas del captor de giro EPS y la simulación de las diversas variantes de entrada. Para el análisis posterior del comportamiento de los actuadores, se empezará con el orden adecuado que tendrían que acontecer los eventos eléctricos en funcionamiento normal del vehículo y se logrará observar variaciones en las salidas o actuadores dependientes del estado de las entradas del ECM.
- Cuando empiece a realizar pruebas de funcionamiento en el simulador y se observe que algún indicador led que no se enciende, se recomienda empezar a revisar primero los fusibles del simulador para usar el banco al

máximo rendimiento, de no darse solución inmediata se debe revisar los planos de instalaciones para diagnosticar la causa del fallo específicamente.

- Para poder analizar completamente el estado de la ECM se sugiere trabajar conjuntamente con equipo especializado como el uso correcto de un osciloscopio automotriz, un scanner automotriz heavy duty, o un interfaz de comunicación con la ECM como es el INLINE de Cummins.
- Si tenemos la comunicación de la ECM con un interfaz de comunicación propio de Cummins podemos utilizar software autorizado como INSITE en su versión 6.0 en adelante para realizar una reprogramación del módulo, modificando parámetros para el mejor desempeño en su operación.

VI. BIBLIOGRAFÍA

Robert Bosch; Manual de la técnica del automóvil; Cuarta Edición, Automotive Aftermarket Bosch, Alemania, 2005.

Cummins Engine Company, Inc.; Manual de Diagnóstico y Reparación Motores Serie N14 Celect; Cummins Engine Company, Ltd., Columbus, Indiana, U.S.A., 2000.

Cummins Engine Company, Inc.; Manual de Diagnóstico y Reparación del Sistema de combustible Motor N14 Vol1; Cummins Engine Company, Ltd., Columbus, Indiana, U.S.A., 2000.

Cummins Engine Company, Inc.; Manual de Diagnóstico y Reparación del Sistema de combustible Motor N14 Vol2; Cummins Engine Company, Ltd., Columbus, Indiana, U.S.A., 2000.

Martí A; Encendido Electrónico; Ediciones Marcombo S. A, Barcelona, 1991.

Ribeiro F; Manual de Sistemas Electrónicos de Vehículos; Volumen 1, Ediciones Ciclo Engenharia Ltda., Brasil, 2002.

Belove C; Enciclopedia de la Electrónica; Grupo Editorial OCEANO, Barcelona, 1990.

Martínez G; Manual del Automóvil; Ediciones CULTURAL S. A, Madrid, 2002.

Usategui A; Microcontroladores PIC; Tercera Edición, Ediciones McGraw-Hill, Madrid, 2003.

Tavernier C; Microcontroladores de 4 y 8 Bits; Editorial Paraninfo, Madrid, 1995.

Usategui A; Diseño y Aplicaciones Microcontroladores PIC; Ediciones McGraw-Hill, Madrid, 1997.

Manual CEAC del Automóvil; Grupo Editorial CEAC; Barcelona, 1992.

Crouse W; Equipo Eléctrico y Electrónico del Automóvil; Sexta Edición, Ediciones Alfa omega, México, 1992.

Demsey A; Electrónica Digital Básica; Ediciones Alfa omega, México, 1992.

Guerrero A; Fundamentos de Electrotecnia; Ediciones McGraw-Hill, Madrid, 1996.

www.cummins.com

www.quickserve.cummis.com

www.redtécnicaautomotriz.com

www.chipdoc.com

www.elmundomotor.elmundo.es

www.st.com

ANEXOS

Anexo # 1

RESUMEN DE TESIS EN ARTÍCULO TÉCNICO

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR DE GESTIÓN ELECTRÓNICA PARA ECM EN MOTORES DIESEL CUMMINS CON LAS ESPECIFICACIONES N14”

Alex Mauricio Zapata Vaca. AUTOR

Dept. de Mecánica y Energía. Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga,
Quijano y Ordóñez y Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador,
e-mail : mauri_zapata@yahoo.com

RESUMEN

El presente proyecto se enfoca al diseño y construcción de un simulador de gestión electrónica para ECM en motores Cummins con las especificaciones N14, cuyo principal propósito es brindar a estudiantes, técnicos automotrices la oportunidad de interactuar con un sistema electrónico utilizado en motores diesel de servicio pesado, con el fin de que el técnico se relacione y comprenda de una forma mas profunda el funcionamiento de este sistema, logrando que el técnico se encuentre en la capacidad de diagnosticar, reparar y repotenciar los motores con esta tecnología.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo ha sido realizado para satisfacer las necesidades de una comprobación y verificación de computadores automotrices a inyección electrónica de motores diesel en un tiempo mínimo y con resultados precisos. En el diseño y construcción se ha tomado en cuenta todos los accesorios y elementos necesarios para simular los sensores y actuadores, encargados a la vez de poner en funcionamiento a la ECM, además se ha dotado de entradas que nos permiten realizar mediciones y comprobaciones en las facetas de diagnóstico. El equipo realizado permitirá potencializar una de las cualidades más importantes que debe poseer un técnico Automotriz que es su creatividad para realizar de manera óptima y eficiente, las comprobaciones y operaciones de reparación de computadoras en vista de la falta de diagramación electrónica interna de la ECM, de las cuales generalmente sólo se cuenta con los diagramas de los sistemas de inyección electrónica.

II. MATERIALES Y/O COMPONENTES

- **SENSOR DE PRESIÓN DEL MÚTIPL DE ADMISIÓN MAP:** El sensor monitorea la presión del múltiple de admisión y pasa la información al ECM a través del arnés de sensores. Si la presión se eleva demasiado, causará una condición de disminución de potencia.

- **SENSOR DE TEMPERATURA DEL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN IAT:** El sensor es utilizado por el ECM para monitorear la temperatura del aire de admisión del motor. La señal de temperatura es usada por el ECM para el sistema de protección del motor y la sincronización y control de dosificación de combustible.
- **SENSOR DE POSICIÓN DEL MOTOR EPS:** El sensor monitorea la posición del motor y la velocidad del motor, luego pasa esta información al ECM a través del arnés de sensores. El sensor consta de un núcleo magnético y un bobinado. Está colocado en la parte posterior del árbol de levas y detecta 24 superficies maquinadas, una de las superficies maquinadas tiene un perno al centro para generar una señal diferente para detectar el PMS.
- **SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE WTS:** El sensor es utilizado por el ECM para monitorear la temperatura de refrigerante del motor. La temperatura de refrigerante es usada por el ECM para el sistema de protección del motor y para la sincronización y control de dosificación de combustible.
- **SENSOR DE TEMPERATURA DEL ACEITE DEL MOTOR OTS:** El sensor es usado por el ECM para monitorear la temperatura del aceite del motor. Si la temperatura del aceite se eleva demasiado y está activada la protección del motor, puede incurrirse en una condición de disminución de potencia, conduciendo posiblemente a paro del motor.
- **SENSOR DE PRESIÓN DEL ACEITE DEL MOTOR OPS:** El sensor de presión de aceite del motor es utilizado por el ECM para monitorear la presión del aceite lubricante. El ECM monitorea el voltaje en el pin de señal y lo convierte a un valor de presión.
- **INYECTORES:** Los inyectores de Cummins tipo "Celect" tienen un funcionamiento mecánico - hidráulico - electrónico mediante la sincronización de la cadena cinemática operado por los ángulos de ataque del árbol de levas y son comandados por una válvula solenoide que es accionada por el módulo de control electrónico (ECM) para controlar la dosificación y sincronización de combustible.
- **SOLENOIDE DE CIERRE DE COMBUSTIBLE:** El solenoide de cierre de combustible, es un dispositivo usado por el ECM para controlar el suministro de combustible del motor. El ECM puede apagar el motor cortando la energía al solenoide de cierre de combustible. El solenoide de cierre de combustible está colocado en la carcasa de suministro de combustible, arriba del filtro de combustible en la bomba de transferencia de la bomba de combustible. El solenoide de cierre de combustible es el único actuador del sistema que utiliza +12 V por la ECM. Este solenoide es un electroimán que actúa como válvula solenoide que es normalmente abierta, y solamente se cierra por un impulso eléctrico del ECM que va controlando el paso de combustible.

A. DISEÑO

El diseño de los circuitos de los diferentes sensores del simulador esta realizado en el software de ISIS Professional y ARES Professional "Proteus Professional Design Suite v7.0". Es un paquete electrónico que ayuda a diseñar el circuito esquemático para luego obtener el circuito impreso con la característica de autoruteo.

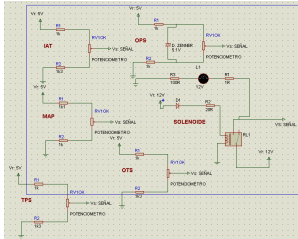


Figura 1 – diseño proteus

Después de esta simulación se diseño la placa final en el programa ares. Figura 2.

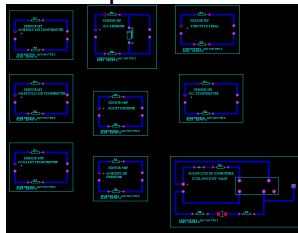


Figura 2 – Diseño en ares

B. SIMULADOR.

Este banco brinda la oportunidad de simular y generar las señales mediante puntos de prueba con el fin de poner en funcionamiento el ECM para ser diagnosticada. Las señales que se obtienen en el simulador están sometidas a un análisis previo tomando los parámetros especificados por el fabricante; logrando un funcionamiento eficaz de todos los parámetros que utiliza la ECM. La principal función del simulador, es tomar el papel y realizar todas las acciones que cumplen los sensores dentro de la inyección electrónica en el motor, generando señales de funcionamiento hacia el Módulo de Control Electrónico ECM, en el cual estos datos son analizados y procesados para generar señales y operar los actuadores del sistemas y de esta forma diagnosticar a la ECM de una forma eficiente y real.



Figura 3 – Simulador

C. CONEXIONES AL TABLERO DE INSTRUMENTACIÓN

Los componentes requeridos para el simulador se instalaron en la parte posterior del tablero de control, con su respectivas trayectorias de circuitos, que van desde interconexiones desde la ECM hasta cada uno de los sensores y actuadores simulados en el proyecto.



Figura 4 – Conexión entre componentes

D. PROCEDIMIENTOS

Para el uso adecuado del simulador es necesario seguir una serie de procedimientos que a continuación se detallan:

7. Conectar la fuente regulada a una toma de corriente, verificando que el interruptor principal este en posición OFF.
8. Conectar los pines de la fuente regulada al simulador, verificando que el interruptor principal este en posición OFF, identificando claramente el pin positivo y negativo respectivamente.
9. Colocar la ECM en el simulador por medio de sus conectores correspondientes.
10. Poner en la posición ON el interruptor principal "Switch Ignition" para que todas sus funciones sean energizadas y esperar la rutina de autodiagnóstico.
11. Conectar en la salida de audio; el plug de los transformadores al computador y los otros pines a las entradas del sensor EPS para transmitir las señales, e indicar marcha del motor hacia la ECM.
12. Comenzar a realizar la toma de las distintas mediciones con la ayuda de un osciloscopio siguiendo un orden de funcionamiento de la ECM, según las variables que se quieran analizar, esta rutina dependerá exclusivamente del diagnóstico que se haya realizado al módulo en el vehículo.

E. PRUEBAS

Para la realización de las pruebas se las realizó con un scanner INLINE 5 de Cummins para controlar los parámetros de programación y lecturas de datos internos propios de la ECM. Un osciloscopio OTC 3840 Automotive Scope.

De esta manera se inserta la punta del osciloscopio a cada uno de los elementos que van hacer medidos en amplitud, frecuencia, ciclo útil y ancho de pulso generado por sensores (EPS, WTS, MAP, IAT, OPS, OTS, etc.), actuadores (inyectores, Válvula Solenoide) así como diversos dispositivos eléctricos y electrónicos usados en los sistemas Cummins.



Figura 5 – Pruebas en el simulador

III. CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó un simulador de gestión electrónica para módulos de control electrónico (ECM) para motores Diesel Cummins con las especificaciones N14, a través de la generación de fuentes de señal típicas de los sensores interpretada por la computadora y activar a los distintos actuadores que intervienen en un sistema de inyección electrónica a diesel Cummins.
- Se comprobó que el simulador permite realizar pruebas en los camiones equipados con motores Cummins N14 tipo Celect+, por las características similares de funcionamiento, diagramación, forma y posición de los conectores obteniendo así, un equipo versátil para utilizarlo en diagnóstico y reparación de computadoras automotrices para la marca Cummins.
- Se elaboró diagramas eléctricos y electrónicos ver anexos 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 sistemas, tomando en cuenta los valores específicos de cada componente que intervienen en el proyecto diseñado.
- Se verificó que las señales generadas por el simulador concuerdan con funcionamiento normal de las que son generadas por los sensores del motor para el cual fue diseñado el banco de simulación.

IV. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que al realizar cualquier tipo de conexión eléctrica dentro de un banco de pruebas y aún más si éste posee estructuras metálicas evitar que los conductores y demás circuitos hagan contacto con la carcasa, evitando falsas señales de tierra o cortocircuitos.
- Al momento de ensamblar todos los elementos en el banco de pruebas se debe verificar que se siga un orden secuencial de armado, empezando por los cables, hasta las tarjetas y fuentes de alimentación facilitando una clara idea de cómo se encuentra estructurado el proyecto.
- Para comprobar un sistema de inyección electrónica, debe utilizarse una lógica de manipulación del banco, partiendo de la puesta en contacto para proveer los voltajes de alimentación requeridos, la generación de ondas del captor de giro EPS y la simulación de las diversas variantes de entrada. Para el análisis posterior del comportamiento de los actuadores, se empezará con el orden adecuado que tendrían que acontecer los eventos eléctricos en funcionamiento normal del vehículo y se logrará observar variaciones en las salidas o actuadores dependientes del estado de las entradas del ECM.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Robert Bosch; Manual de la técnica del automóvil; Cuarta Edición, Automotive Aftermarket Bosch, Alemania, 2005.
- Cummins Engine Company, Inc.; Manual de Diagnóstico y Reparación Motores Serie N14 Celect; Cummins Engine Company, Ltd., Columbus, Indiana, U.S.A.,

2000.

- Cummins Engine Company, Inc.; Manual de Diagnóstico y Reparación del Sistema de combustible Motor N14 Vol1; Cummins Engine Company, Ltd., Columbus, Indiana, U.S.A., 2000.
- Cummins Engine Company, Inc.; Manual de Diagnóstico y Reparación del Sistema de combustible Motor N14 Vol2; Cummins Engine Company, Ltd., Columbus, Indiana, U.S.A., 2000
- Martí A; Encendido Electrónico; Ediciones Marcombo S. A, Barcelona, 1991.
- Ribeiro F; Manual de Sistemas Electrónicos de Vehículos; Volumen 1, Ediciones Ciclo Engenharia Ltda., Brasil, 2002.
- www.cummins.com

VI. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Escuela Politécnica del Ejército, a la Carrera de Ingeniería Automotriz y a todos los maestros que compartieron durante todos estos años de estudio sus conocimientos, permitiéndome culminar con éxito este proyecto de gran interés.

Anexo # 2

Reporte de Códigos de Falla primera prueba

PowerSpec - Engine Fault Report

Engine Type	M11/N14	ECM Code	C10574.02	Last Tool Used	Insite
Engine Number	Serial 0	Software Phase	67305473	Report Date	24/02/2009 14:02:58
Unit Number		Customer Name		PowerSpec Version	4.0.2.0

Active Faults	Cummins Fault Code	Count
Accelerator Pedal or Lever Position Sensor Circuit - Voltage Above Normal, or Shorted to High Source	131	1
Coolant Level Sensor Circuit - Data Erratic, Intermittent, or Incorrect	422	1
Intake Manifold Pressure Sensor Circuit - Voltage Below Normal, or Shorted to Low Source	123	1
Barometric Pressure Sensor Circuit - Voltage Below Normal, or Shorted to Low Source	222	1
Inactive Faults	Cummins Fault Code	Count
Injector Solenoid Cylinder #5 Circuit - Current Below Normal, or Open Circuit	323	5
Engine Control Module Warning internal hardware failure - Bad Intelligent Device or Component	343	250
Injector Solenoid Cylinder#1 Circuit - Current Above Normal, or Grounded Circuit	311	7
Engine Fuel Shutoff Valve Circuit - Voltage Below Normal, or Shorted to Low Source	254	255

Anexo # 3

Reporte Dataplate Information

PowerSpec - Engine Dataplate Information

Engine Type	M11/N14	ECM Code	C10574.02	Last Tool Used	Insite
Engine Number	Serial	Software Phase	67305473	Report Date	26/02/2009 11:17:45
Unit Number		Customer Name		PowerSpec Version	4.0.2.0

ECM Information	Value
Boot Phase	0
Core Based	False
Module ID	14644
Module Name	CELECT+
ECM Serial Number	3092801
ECM Part Number	959460144
Engine Information	Value
Engine Model	M11/N14
Engine Build Date	3145728
Engine Family	M11/N14 Phase 4.3
DO Option	71434240
SC Option	674168832
Engine Horse Power	425
Engine Horse Power RPM	0
Engine Torque	1550
Engine Torque RPM	1200
Vehicle Information	Value
Vehicle Identification Number (VIN)	
OEM Vehicle or Equipment	
Customer Location	
OEM Name	
OEM Vehicle Equipment Model	

Anexo # 4

Reporte Trip Information

PowerSpec - Engine Trip Information Report

Engine Type	M11/N14	ECM Code	C10574.02	Last Tool Used	Insite
Engine Serial Number	0	Software Phase	67305473	Report Date	26/02/2009 11:16:39
Unit Number		Customer Name		PowerSpec Version	4.0.2.0

Trip Data Since Last Reset

Trip Summary	Value	Unit	
Average Fuel Economy	4.18	mpg	
Drive Average Fuel Economy	4.30	mpg	
% Idle Time	17	%	
% PTO Time	0,1	%	
% Top Gear Distance	0	%	
% Cruise Distance	0	%	
Number of Sudden Decelerations	1		
Trip Distance	3294.9	miles	
Total Engine Hours	177.2	hours	
Trip Time	177.2	hours	
Distance	Value	Unit	
Trip Distance	3294.9	miles	
Drive Distance	1585.9	miles	
Cruise Distance	0.00	miles	
Top Gear Distance	1.3	miles	
Time	Value	Unit	
Trip Time	177.2	hours	
Idle Time	30.2	hours	
Fuel Used	Value	Unit	
Fuel Used	788.4	gallons	
Drive Fuel	765.9	gallons	
Idle Fuel Used	22.1	gallons	
Counts	Value	Unit	
Service Brake Actuations / 1K	184,28	brakes/1K miles	
Number of Sudden Decelerations	1		
Maximum Speeds	Value	Unit	

All Trips (Cumulative)

Totals	Value	Unit	
Total Engine Distance	3294.9	miles	
Total Engine Hours	177.2	hours	
Total Fuel Used	788.4	gallons	
Total Idle Fuel Used	22.1	gallons	
Total PTO Time	0.2	hours	

Anexo # 5

Reporte Feature Settings

PowerSpec - Current Engine Feature Settings

Engine Type	M11/N14	ECM Code	C10574.02	Last Tool Used	Insite
Engine Serial Number	0	Software Phase	67305473	Report Date	26/02/2009 11:18:37
Unit Number		Customer Name		PowerSpec Version	4.0.2.0

Fuel Economy

Road Speed Governor	Value	Unit
Accelerator Max Road Speed	85	mph
Accelerator Lower Droop	2	mph
Accelerator Upper Droop	0	mph
Gear Down Protection	Value	Unit
Gear Down Protection Feature	Disabled	
Gear Down M.V.S - Heavy Load	60	mph
Gear Down M.V.S - Light Load	55	mph
Idle Speed Control	Value	Unit
Low Idle Adjust Switch	Disabled	
Idle Engine Speed	650	rpm
Idle Shutdown	Value	Unit
Idle Shutdown Timer	60.0	minutes
Idle Shutdown	Disabled	
Idle Shutdown Manual Override	Disabled	
Idle Shutdown in PTO	Disabled	
Ambient Temperature Option	Value	Unit
Temperature Override	Disabled	
Cold Ambient Air Temperature	5	°F
Intermediate Ambient Air Temperature	45	°F
Hot Ambient Air Temperature	80	°F
Driver Reward	Value	Unit
Driver Reward	Disabled	
Fan Control	Value	Unit
Min Fan On Time-A/C Pressure Switch	30	seconds
Fan Control A/C Press Switch	Enabled	
Fan Accessory Switch	Enabled	
Fan Clutch Enable	Disabled	
Fan On During Engine Braking	Disabled	
A/C Fan MPH Interaction	Disabled	

Driver Satisfaction

Cruise Control	Value	Unit
Cruise Control Feature	Disabled	
Cruise Control Auto-Resume	Disabled	
Cruise Control Lower Droop	2	mph
Cruise Control Upper Droop	0	mph
Adaptive Cruise Control	Disabled	
Adaptive Recovery	18	
Top 2 Cruise Control Switch Enable	Disabled	
Maximum Cruise Control Speed	85	mph
Engine Brakes	Value	Unit
Engine Brake Cruise Control Activation	Disabled	
nof Engine Brake Sets	3	mph
EB Level 1 - MPH Above Cruise Set Point	4	mph
EB Level 2 - MPH Above Cruise Set Point	4	mph
EB Level 3 - MPH Above Cruise Set Point	6	mph
/ MPH Interaction	Disabled	
Engine Brake Service Brake Activation	Disabled	
Engine Brake Minimum Vehicle Speed	25	mph
Engine Brake Delay	0	seconds
Accelerator Control	Value	Unit
Accelerator Type	Automotive	
Accelerator Interlock Enable	Disabled	
Progressive Shifting	Value	Unit
Max Progres Shift RPM at 0 MPH	1600	rpm
Max Progressive Shift RPM	1800	rpm
MPH at Max Progres Shift RPM	20	mph
Progressive Shifting	Disabled	

Asset Utilization

Maintenance Monitor	Value	Unit
Maintenance Monitor	Disabled	
Maintenance Monitor Mode	Distance	
Interval Factor	1	
Maintenance Monitor Distance Interval	10000	miles
Maintenance Monitor Time Interval	250	hours
Interval Alert Percentage	100	%

Asset Protection

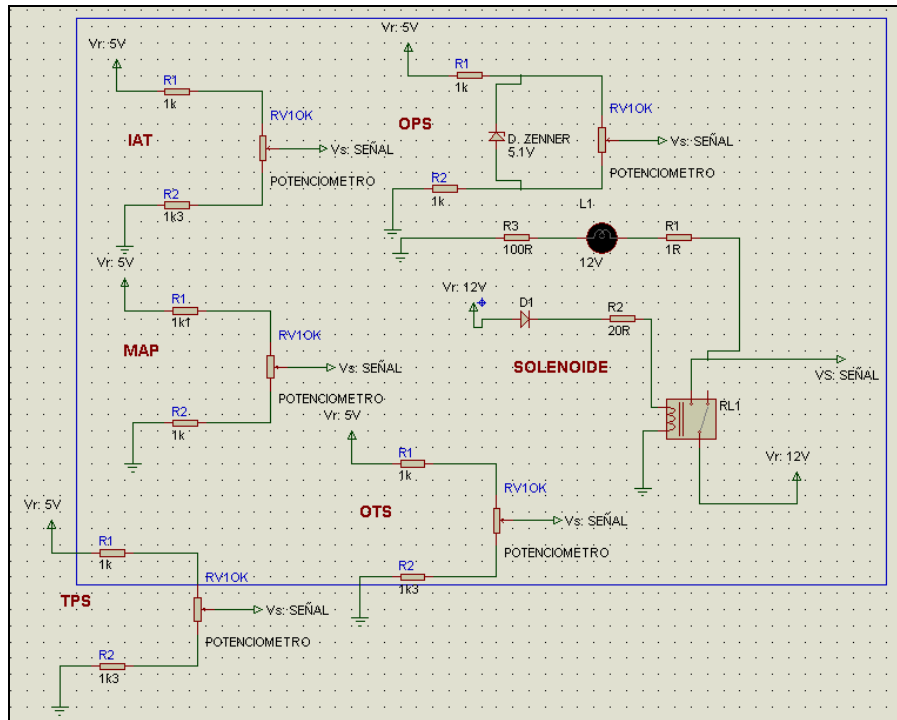
Engine Protection	Value	Unit
Engine Protection Shutdown Feature	Disabled	
Anti-Tampering Measures	Value	Unit
Maximum Engine Speed without VSS	2500	rpm
Vehicle Speed Sensor (VSS) Tamper Detection	Disabled	

Vehicle Setup

Vehicle Setup Parameters	Value	Unit
Rear Axle Ratio	3.73	ratio
Number of Tailshaft Gear Teeth	16	
Vehicle Speed Sensor Type	Magnetic	
Transmission Top Gear Ratio	0.74	ratio
Tire Size	501	rev/mile
Cruise Control Switch Setup	Set/Coast Resume/Accel	
Transmission One Gear Down Ratio	1.00	ratio
Automatic Transmission	Manual	
Vehicle Application	On/Off Highway	
Alternate Torque Enable	Disabled	
Transmission Two Gears Down Gear Ratio	1.35	ratio
Transmission Three Gears Down Gear Ratio	1.60	ratio
Top2 Enable	Disabled	

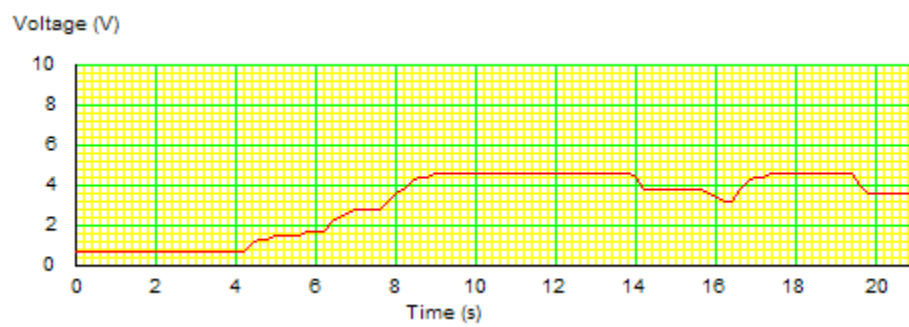
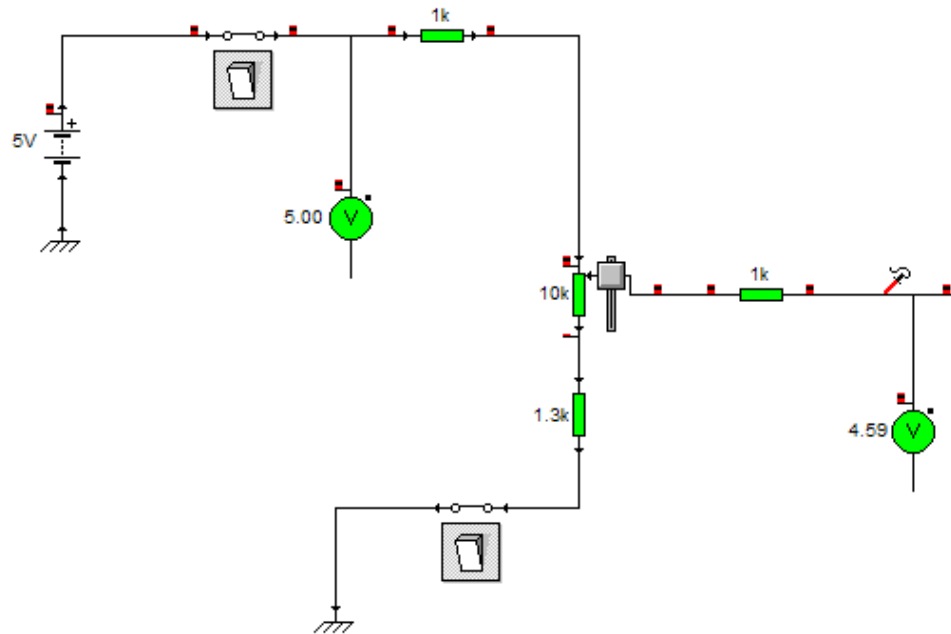
Anexo # 6

Diagrama Esquemático General



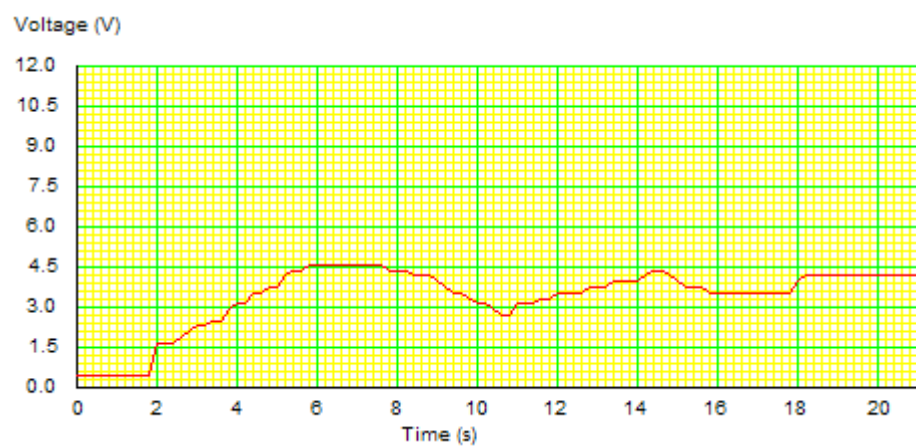
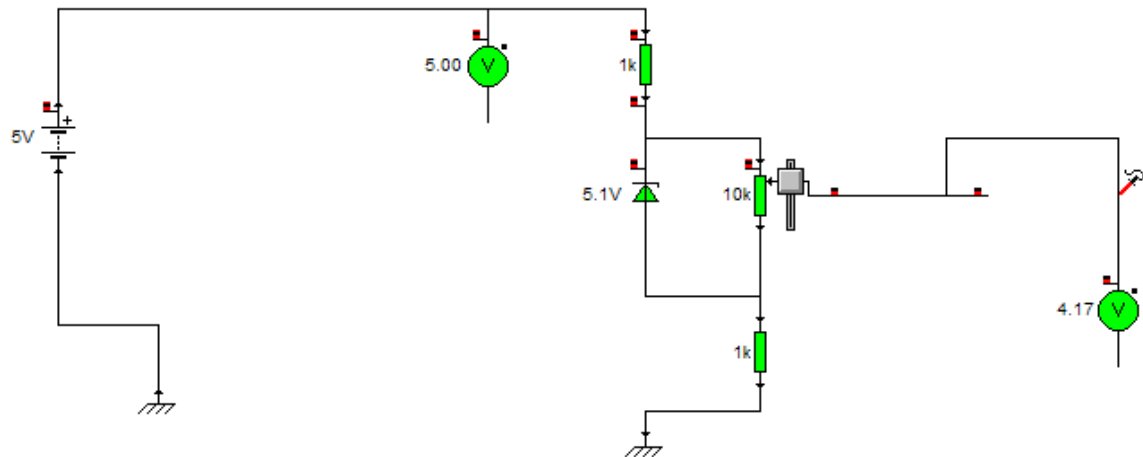
Anexo # 7

Simulación Sensor IAT.



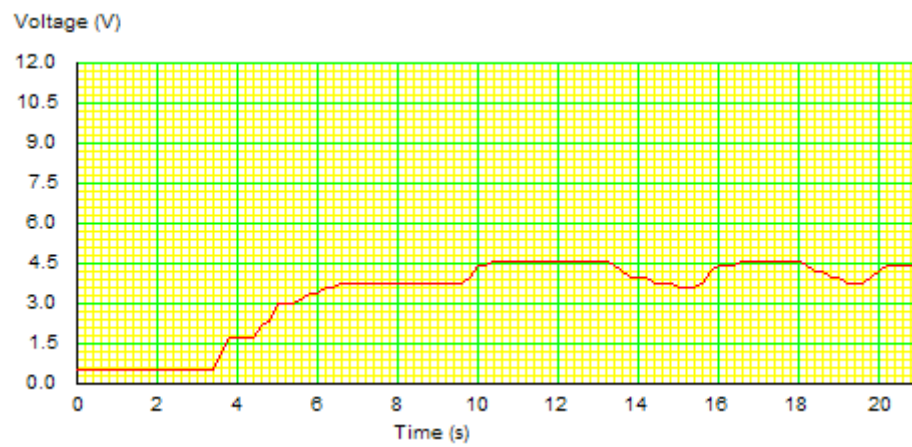
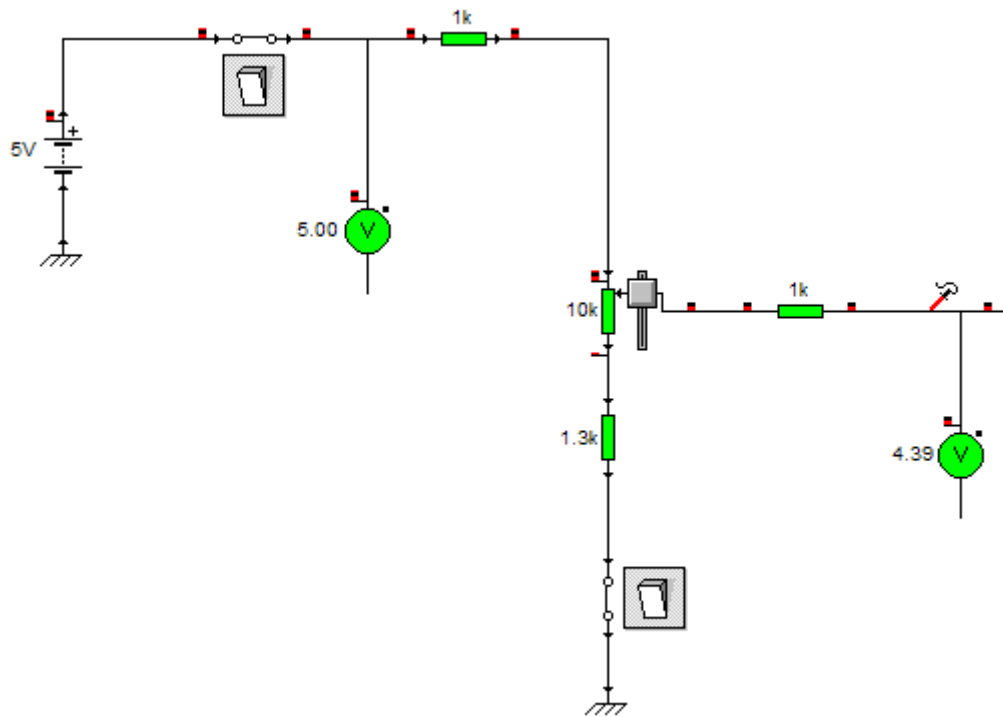
Anexo # 8

Simulación Sensor WTS.



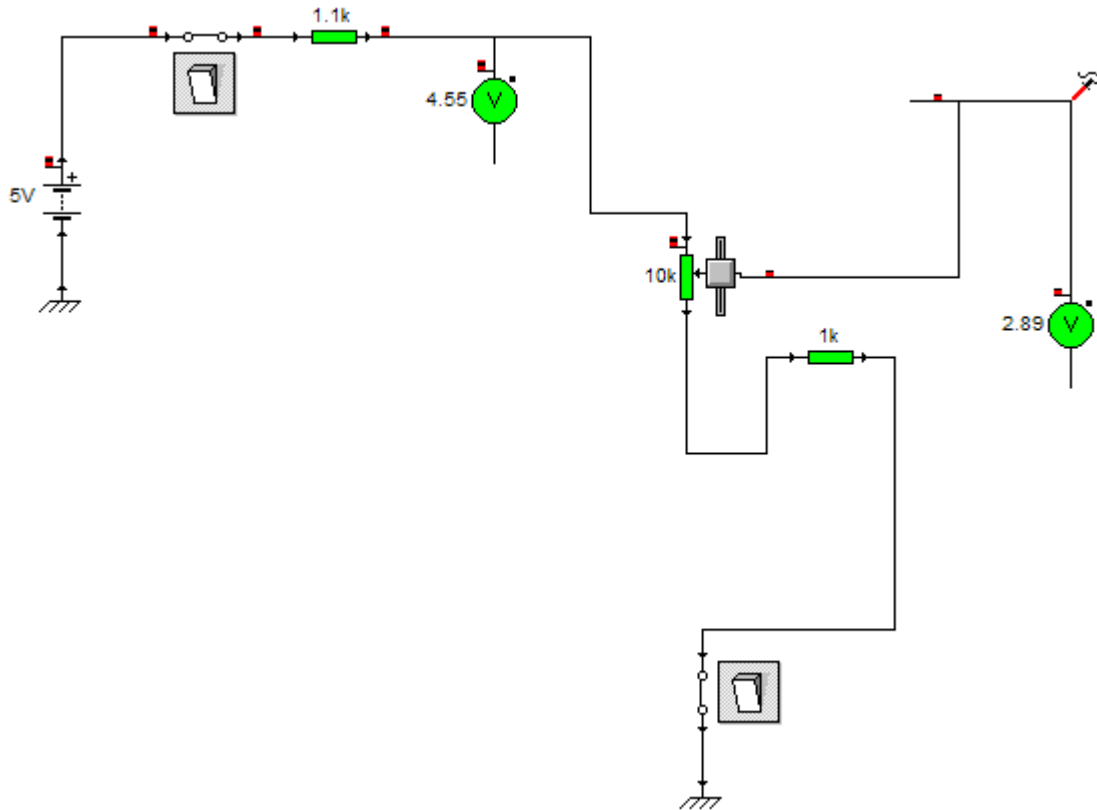
Anexo # 9

Simulación Sensor OTS.

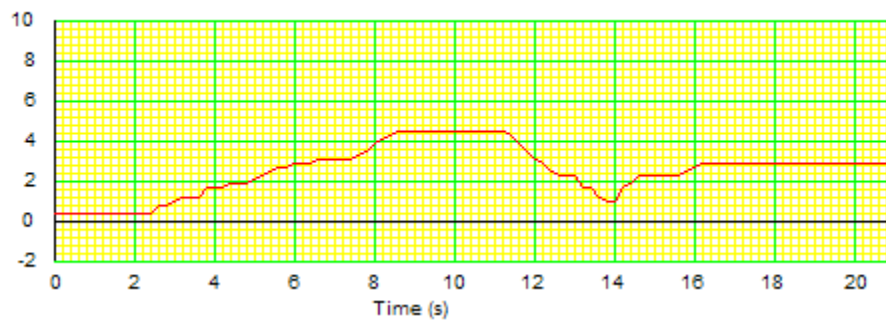


Anexo # 10

Simulación Sensor MAP.

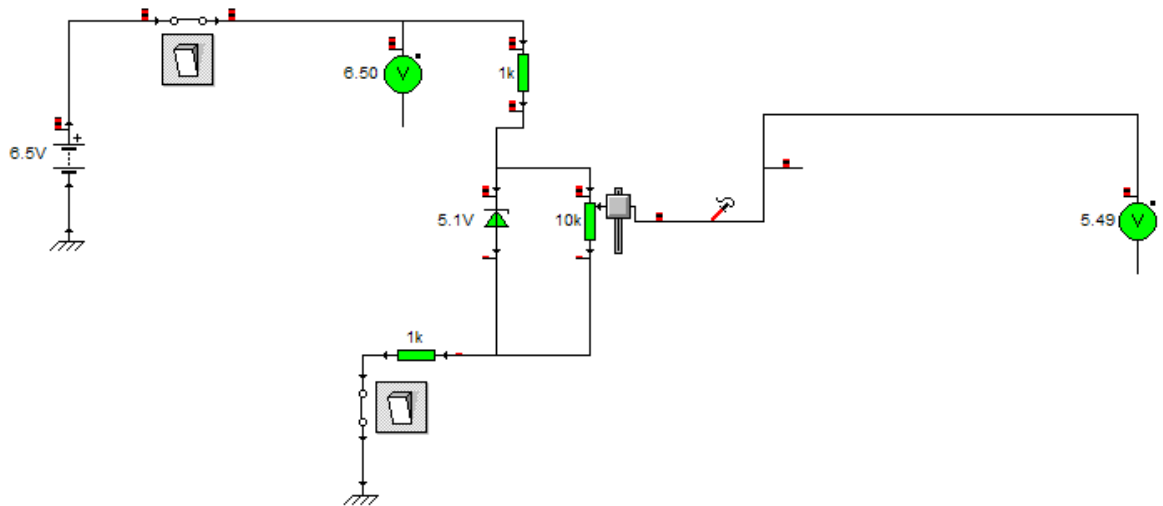


Voltage (V)

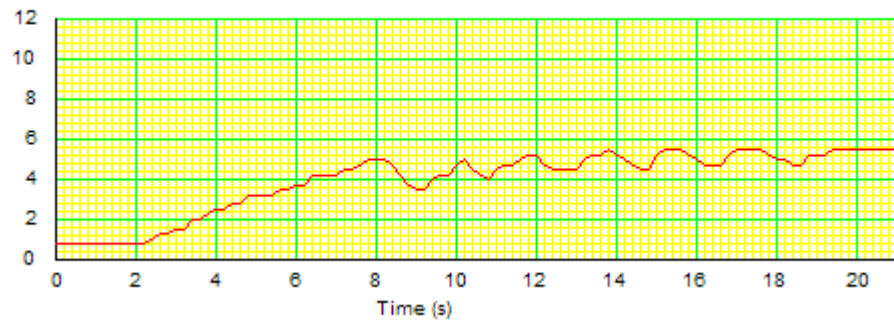


Anexo # 11

Simulación Sensor OPS.

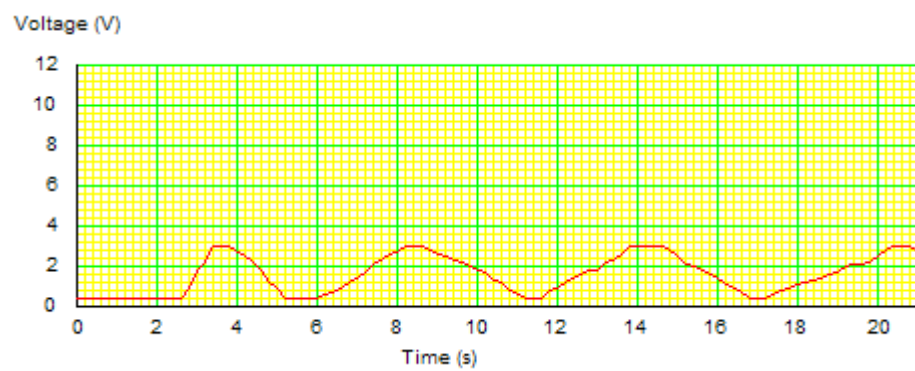
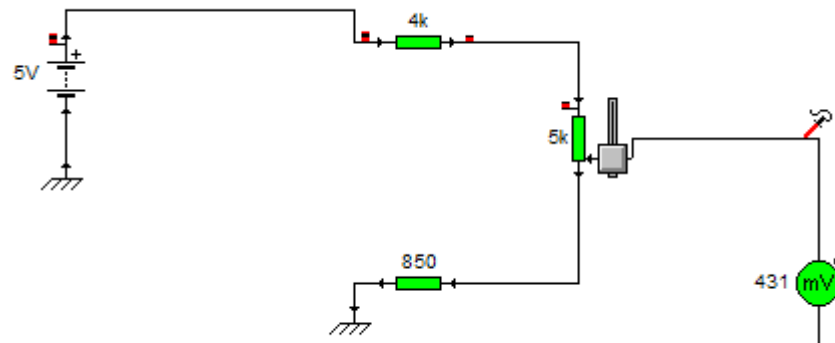


Voltage (V)



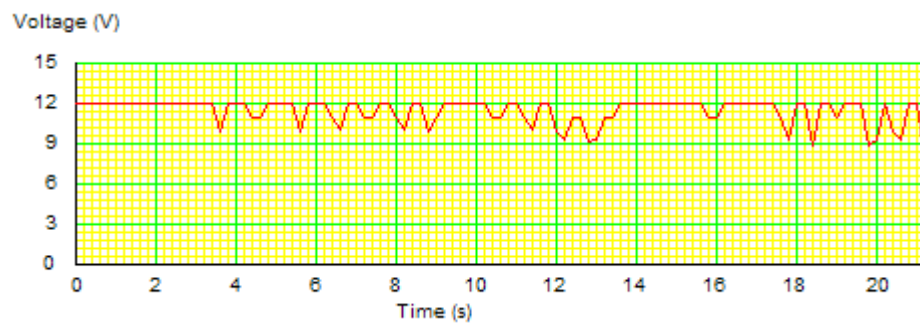
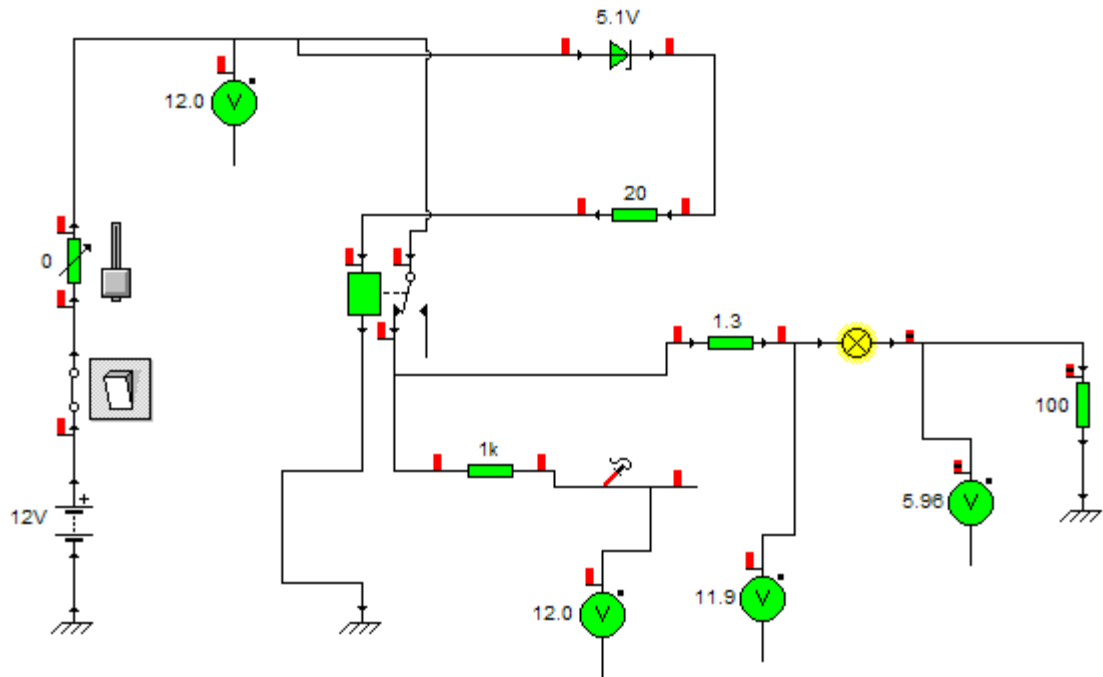
Anexo # 12

Simulación Sensor TPS.



Anexo # 13

Simulación Fuel Solenoide.



Latacunga, Marzo del 2009

EL AUTOR

Alex Mauricio Zapata Vaca

EL DIRECTOR DE CARRERA

Ing. Juan Castro Clavijo

UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO

Dr. Rodrigo Vaca Corrales