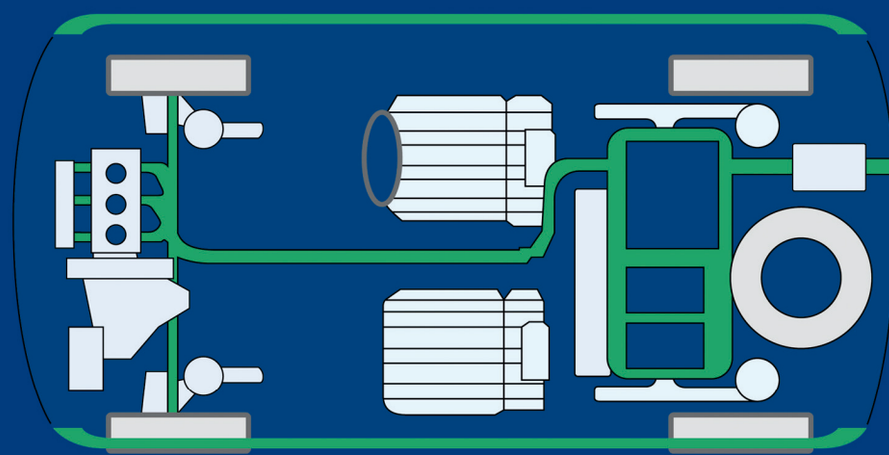
TOM DENTON

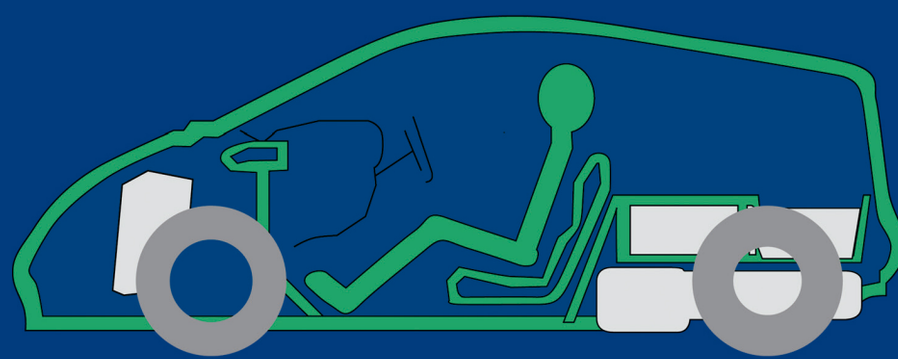
Sistemas Eléctrico y Electrónico del Automóvil

Tecnología automotriz: mantenimiento y reparación de vehículos

CUARTA EDICIÓN

Apoyo en la web





Alfaomega

marcombo
ediciones técnicas

Automóvil

Sistemas eléctrico y electrónico del automóvil

Cuarta edición

Tecnología automotriz: Mantenimiento y reparación de vehículos

Automóvil

Sistemas eléctrico y electrónico del automóvil

Cuarta edición

(Tecnología automotriz:
Mantenimiento y reparación de vehículos)



Tom Denton BA FIMI MSAE
MIRTE Edición certificada

Alfaomega

marcombo
ediciones técnicas

Sistemas eléctrico y electrónico del automóvil. Tecnología automotriz: mantenimiento y reparación de vehículos
Tom Denton

ISBN: 978-0-08-096955-8 de la edición original en Inglés *Automobile Electrical and Electronic Systems. Automotive Technology Vehicle Maintenance and Repair publicada por Routledge*. Taylor & Francis Group, 2 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon OX14 4RN. Derechos reservados © 2012 Routledge. Taylor & Francis Group.
Derechos reservados © Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México Cuarta edición: Alfaomega Grupo Editor, México, diciembre de 2015

Primera edición: MARCOMBO, S.A. 2016

© 2016 MARCOMBO, S.A.
www.marcombo.com

«Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra».

ISBN: 978-84-267-2319-2

D.L.: B-6477-2016

Impreso en Ulzama Digital SL

Printed in Spain

Contenido

Prefacio xxiii
Reconocimientos xxv
Glosario de abreviaturas y acrónimos xxvii

Capítulo 1 Desarrollo del sistema eléctrico del automóvil 1

1.1 Breve historia 1
1.1.1 ¿Dónde empezó todo? 1
1.1.2 Cronología 4
1.2 ¿Y dónde seguimos? 12
1.2.1 Actualidades 12
1.2.2 Sistemas autoeléctricos en el próximo milenio 12
1.2.3 Sistemas automotrices en el próximo milenio; “el conductor moderno” 13
1.2.4 Con los ojos puestos en el futuro 15
1.2.5 La muerte del automóvil. ¿Energía? 17

Capítulo 2 Principios de electricidad y de electrónica 19

2.1 Prácticas de trabajo con seguridad 19
2.1.1 Introducción 19
2.1.2 Evaluación y reducción de riesgos 19
2.2 Principios básicos de electricidad 19
2.2.1 Introducción 19
2.2.2 Flujo de electrones y flujo convencional 20
2.2.3 Efectos del flujo de corriente 21
2.2.4 Cantidades fundamentales 22
2.2.5 Descripción de los circuitos eléctricos 22
2.2.6 Conductores, aisladores y semiconductores 23
2.2.7 Factores que afectan la resistencia de un conductor 23
2.2.8 Redes de resistores y circuitos 23
2.2.9 Magnetismo y electromagnetismo 25
2.2.10 Inducción electromagnética 26
2.2.11 Inducción mutua 26
2.2.12 Definiciones y leyes 26
2.3 Componentes y circuitos electrónicos 29
2.3.1 Introducción 29
2.3.2 Componentes 29
2.3.3 Circuitos integrados 33

2.3.4 Amplificadores 34
2.3.5 Circuitos de puente 37
2.3.6 Disparador Schmitt 37
2.3.7 Temporizadores 38
2.3.8 Filtros 38
2.3.9 Par Darlington 40
2.3.10 Engrane de motor de avance 40
2.3.11 Conversión de digital a análogo 41
2.3.12 Conversión de análogo a digital 42
2.4 Electrónica digital 43
2.4.1 Introducción a los circuitos digitales 43
2.4.2 Compuertas lógicas 43
2.4.3 Lógico combinacional 44
2.4.4 Lógico secuencial 45
2.4.5 Temporizadores y contadores 46
2.4.6 Circuitos de memoria 47
2.4.7 Circuitos de reloj o astables 49
2.5 Sistemas microprocesadores 49
2.5.1 Introducción 49
2.5.2 Puertos 49
2.5.3 Unidad de procesamiento central (CPU) 50
2.5.4 Memoria 50
2.5.5 Buses 50
2.5.6 Secuencia de búsqueda y ejecución 51
2.5.7 Microprocesador común 51
2.5.8 Microcontroladores 53
2.5.9 Sistemas de prueba de microcontrolador 54
2.5.10 Programación 54
2.6 Medición 55
2.6.1 Qué es la medición 55
2.6.2 Sistema de medición 56
2.6.3 Fuentes de error en la medición 56
2.7 Sensores 58
2.7.1 Resistencias térmicas (termistores) 58
2.7.2 Termopares 59
2.7.3 Sensores inductivos 60
2.7.4 Efecto Hall 61
2.7.5 Indicadores de tensión 62
2.7.6 Capacitancia variable 63
2.7.7 Resistencia variable 64
2.7.8 Acelerómetro (sensores de golpeo) 66
2.7.9 Transformador diferencial variable lineal (LVDT) 68

2.7.10 Sensor de flujo de aire de cable cargado 69
2.7.11 Sensor de flujo de aire de película fina 70
2.7.12 Sensor de flujo de vórtice 70
2.7.13 Tubo de Pitot 71
2.7.14 Sensor de flujo de fluidos de turbina 71
2.7.15 Sensores ópticos 72
2.7.16 Sensores de oxígeno 72
2.7.17 Sensores de luz 73
2.7.18 Sensor de temperatura del aire de película gruesa 74
2.7.19 Sensor de metanol 74
2.7.20 Sensor de lluvia 74
2.7.21 Sensor de aceite 75
2.7.22 Sensores de posición de la dinámica vehicular 75
2.7.23 Resumen 76
2.8 Actuadores 77
2.8.1 Introducción 77
2.8.2 Actuadores de solenoide 77
2.8.3 Válvula EGR 78
2.8.4 Actuadores motorizados 79
2.8.5 Motores de avance 80
2.8.6 Motores sincronizados 84
2.8.7 Actuadores térmicos 84
2.9 Componentes electrónicos de prueba, sensores y actuadores 84
2.1.9 Introducción 84
2.9.2 Sensores de prueba 85
2.9.3 Actuadores de prueba 86

Capítulo 3 Herramientas y equipo 87

3.1 Equipo básico 87
3.1.1 Introducción 87
3.1.2 Herramientas manuales básicas 87
3.1.3 Precisión del equipo de pruebas 88
3.1.4 Multímetros 89
3.1.5 Sonda lógica 91
3.2 Osciloscopios 93
3.2.1 Introducción 93
3.2.2 Formas de onda 94
3.3 Escáneres, lectores de código de fallas y analizadores 95
3.3.1 Introducción a los diagnósticos a bordo 95
3.3.2 Comunicaciones de puertos en serie 95
3.3.3 Protocolos de señal OBD2 96
3.3.4 Escáner OBD de AutoTap 97

3.3.5 Equipo de diagnóstico KTS de Bosch 99
3.3.6 Analizadores de motor 101
3.4 Prueba de emisiones 103
3.4.1 Introducción 103
3.4.2 Medición de los gases del sistema de escape 103
3.4.3 Analizador de los gases del sistema de escape 104
3.4.4 Límites de emisiones 106
3.5 Prueba de la presión 108
3.5.1 Introducción 108
3.5.2 Transductor de osciloscopio de presión automotriz 109
3.5.3 Cajas de salida 110
3.6 Procedimientos de diagnóstico 110
3.6.1 Introducción 110
3.6.2 La "teoría" de los diagnósticos 111

Capítulo 4 Sistemas eléctricos y circuitos 113

4.1 Método de sistemas 113
4.1.1 ¿Qué es un sistema? 113
4.1.2 Sistemas del vehículo 113
4.1.3 Sistemas de circuito abierto 114
4.1.4 Sistemas de circuito cerrado 114
4.1.5 Resumen 115
4.2 Cableado eléctrico, terminales e interruptor 115
4.2.1 Cables 115
4.2.2 Códigos de color y nominaciones de terminales 116
4.2.3 Diseño de arnés 119
4.2.4 Circuitos impresos 122
4.2.5 Fusibles y cortacircuitos 123
4.2.6 Terminales 125
4.2.7 Interruptores 127
4.3 Multiplexión 129
4.3.1 Límites del sistema de cableado convencional 129
4.3.2 Bus de datos multiplex 131
4.3.3 Resumen 131
4.3.4 Controlador de red de área (CAN) 133
4.3.5 Señales de datos de CAN 135
4.3.6 Red de interconexión local (LIN) 139
4.3.7 FlexRay 141
4.4 Transporte de sistemas orientados a medios (MOST) 144
4.4.1 Introducción 144
4.4.2 Red de MOST 144

4.4.3 Protocolo 145
4.4.4 Aplicaciones de MOST 146
4.4.5 Compuerta de un dispositivo de consumidor 146
4.4.6 Resumen 146
4.5 Ethernet automotriz 147
4.5.1 Introducción 147
4.5.2 Resumen 147
4.6 Diagramas y símbolos de circuitos 148
4.6.1 Símbolos 148
4.6.2 Diagramas de circuitos convencionales 148
4.6.3 Trazo o diagramas de cableado 148
4.6.4 Diagramas de terminales 148
4.6.5 Diagramas de flujo de corriente 150
4.7 Compatibilidad electromagnética 150
4.7.1 Introducción 150
4.7.2 Problemas de EMC 150
4.8 Control eléctrico central 153
4.8.1 Resumen 153
4.8.2 Módulo electrónico genérico de Ford (GEM) 155
4.8.3 Comunicación entre módulos 161
4.8.4 Resumen 166
4.9 Automóviles conectados 166
4.9.1 Introducción 166
4.9.2 Automóviles inteligentes y sistemas de tráfico 166
4.9.3 Automóviles WiFi 169
4.9.4 Bluetooth 170
4.9.5 Aplicaciones (apps) 171
4.9.6 Mejora de la visión 172
4.9.7 Autoayuda 173
4.9.8 Hermano grande 174
4.9.9 Cuando las computadoras fallan 174
4.9.10 Resumen 175

Capítulo 5 Baterías 177

5.1 Baterías de automóvil 177
5.1.1 Requerimientos de la batería de un automóvil 177
5.1.2 Elección de la batería correcta 178
5.1.3 Posicionamiento de la batería en el auto 178
5.2 Baterías de plomo ácido 179
5.2.1 Construcción 179
5.2.2 Clasificación de baterías 180
5.3 Mantenimiento, carga y pruebas de batería 182

5.3.1 Mantenimiento 182
5.3.2 Carga de la batería de plomo ácido 182
5.3.3 Servicio a la batería 185
5.3.4 Fallas de la batería 185
5.3.5 Prueba de baterías 185
5.3.6 Seguridad 189
5.4 Tecnología avanzada en baterías 189
5.4.1 Electroquímica 189
5.4.2 Conducción electrolítica 190
5.4.3 Ley de Ohm y resistencia electrolítica 190
5.4.4 Acción electroquímica de la batería de plomo ácido 191
5.4.5 Características 193
5.4.6 Ley de Peukert 194
5.5 Desarrollos en el almacenamiento eléctrico 194
5.5.1 Plomo ácido 194
5.5.2 Alcalinas 195
5.5.3 ZEBRA 197
5.5.4 Sulfuro de sodio 197
5.5.5 Swing 197
5.5.6 Celdas de combustible 198
5.5.7 Súper condensadores 201
5.5.8 Resumen 201

Capítulo 6 Carga 203

6.1 Requerimientos del sistema de carga 203
6.1.1 Introducción 203
6.1.2 Fundamentos de funcionamiento 203
6.1.3 Cargas eléctricas del automóvil 204
6.2 Principales sistemas de carga 206
6.2.1 Principios fundamentales 206
6.2.2 Voltajes de carga 206
6.2.3 Circuitos de carga 207
6.2.4 Generación de electricidad 207
6.2.5 Rectificación de CA a CD 209
6.2.6 Regulación del voltaje (tensión) de salida 212
6.3 Alternadores 216
6.3.1 Alternador compacto Bosch 216
6.3.2 Alternadores eficientes 218
6.3.3 Alternadores con enfriamiento por agua 219
6.3.4 Alternadores Denso de alta salida 220
6.3.5 Procedimiento de prueba del sistema de carga 220

6.4 Carga inteligente 221
6.4.1 Introducción y regulación de un circuito cerrado 221
6.4.2 Regulación de circuito abierto 223
6.4.3 Desempeño del motor 223
6.4.4 Condiciones de falla 225
6.4.5 Resumen 225
6.5 Tecnología de sistema avanzado de carga 225
6.5.1 Sistema de carga, problemas y soluciones 225
6.5.2 Cálculo del balance de la carga 228
6.5.3 Características del alternador 229
6.5.4 Consideraciones mecánicas y externas 230

Capítulo 7 Arranque 231

7.1 Requerimientos del sistema de arranque 231
7.1.1 Requerimientos de arranque del motor 231
7.1.2 Diseño del sistema de arranque 232
7.1.3 Elección de un motor de arranque 234
7.2 Motores y circuitos de arranque 236
7.2.1 Circuitos de sistemas de arranque 236
7.2.2 Circuitos de ejemplo 236
7.2.3 Prueba del circuito del motor de arranque 239
7.2.4 Principio de operación 240
7.2.5 Características de un motor de CD 243
7.3 Tipos de motor de arranque 244
7.3.1 Arrancadores de inercia 244
7.3.2 Arrancadores preacoplados 245
7.3.3 Arrancadores de imán permanente 247
7.3.4 Arrancadores integrados 249
7.3.5 Control de arranque electrónico 249
7.3.6 Instalación del arrancador 249
7.3.7 Generador de arrancador de transmisión por banda 250
7.3.8 Resumen 251
7.4 Tecnología avanzada del sistema de arranque 252
7.4.1 Velocidad, torque y potencia 252
7.4.2 Eficiencia 253

Capítulo 8 Encendido 255

8.1 Fundamentos del sistema de encendido 255
8.1.1 Requerimientos funcionales 255
8.1.2 Generación de alta tensión 255
8.1.3 Ángulo de avance (regulación) 256

8.1.4 Consumo de gasolina y emisión de gases del escape 257
8.1.5 Interruptor automático de encendido 257
8.1.6 Conductores de bujía 258
8.1.7 Núcleos de bobinas de encendido 258
8.2 Encendido electrónico 260
8.2.1 Introducción 260
8.2.2 Sistemas de dilatación constante 260
8.2.3 Sistemas de energía constante 261
8.2.4 Efecto Hall del generador de pulsos 261
8.2.5 Generador de pulso inductivo 262
8.2.6 Otros generadores de pulso 262
8.2.7 Control de ángulo de dilatación (circuito abierto) 264
8.2.8 Limitantes de la corriente y dilatación de ciclo cerrado 265
8.2.9 Encendido de descarga de condensador 266
8.3 Avance de chispa electrónico 267
8.3.1 Repaso 267
8.3.2 Sensores e información de entrada 268
8.3.3 Unidad de control electrónico 269
8.4 Encendido sin distribuidor 272
8.4.1 Principio de funcionamiento 272
8.4.2 Componentes del sistema 273
8.5 Encendido por bobina en bujía (COP) 273
8.5.1 Descripción general 273
8.5.2 Control de encendido 275
8.6 Bujías 275
8.6.1 Requerimientos funcionales 275
8.6.2 Construcción 276
8.6.3 Rango de calor 277
8.6.4 Materiales del electrodo 278
8.6.5 Separación del electrodo 279
8.6.6 Bujía en V 279
8.6.7 Elección de la mejor bujía 280
8.6.8 Desarrollo de bujías 281
8.7 Resumen 281
8.7.1 Compendio 281
8.7.2 Procedimiento de prueba 283
8.8 Tecnología de encendido avanzada 285
8.8.1 Desempeño de la bobina de encendido 285

Capítulo 9 Control de combustible 287

9.1 Combustión 287
9.1.1 Introducción 287

9.1.2 Proceso de combustión de motores de encendido por chispa 287
9.1.3 Rango y velocidad de combustión 289
9.1.4 Detonación 289
9.1.5 Preignición 291
9.1.6 Cámara de combustión 292
9.1.7 Estratificación de la carga del cilindro 292
9.1.8 Fuerza y rendimiento de la mezcla 292
9.1.9 Motores de encendido por compresión (CI) 293
9.1.10 Diseño de la cámara de combustión; motores de diésel 296
9.1.11 Resumen de la combustión 296
9.2 Aprovisionamiento de combustible y emisiones de gases del escape de un motor 297
9.2.1 Condiciones de funcionamiento 297
9.2.2 Emisiones de gases del escape 297
9.2.3 Otras fuentes de emisiones 298
9.2.4 Combustible con y sin plomo 299
9.3 Emisiones y ciclos de conducción 300
9.3.1 Regulaciones sobre emisiones de escape 300
9.3.2 Ciclos de prueba 301
9.4 Control electrónico de carburación 304
9.4.1 Principios básicos de carburación 304
9.4.2 Áreas de control 305
9.5 Inyección de combustible 306
9.5.1 Ventajas de la inyección de combustible 306
9.5.2 Consideraciones sobre el sistema 307
9.5.3 Componentes de un sistema de inyección de combustible 310
9.5.4 Jectronic “L” de Bosch; variaciones 314
9.5.5 Mono Jetronic de Bosch; punto único de inyección de combustible 315
9.5.6 Inyección multipunto secuencial 317
9.5.7 Tecnología de combustión pobre 318
9.5.8 Inyectores dobles de combustible 320
9.6 Inyección de combustible diésel 321
9.6.1 Introducción 321
9.6.2 Consideraciones sobre la inyección 326
9.6.3 Emisiones de gases de escape de diésel 327
9.6.4 Control electrónico de la inyección de diésel 328
9.6.5 Sistema de bomba rotatoria 329
9.6.6 Sistema de rail común 332
9.6.7 Inyección unitaria electrónica (EUI): combustible diésel 337

9.6.8 Sensor lambda diésel 339
9.6.9 Tratamiento de emisiones de escape 340
9.7 Resumen 341
9.7.1 Consideraciones 341
9.7.2 Diagnóstico de los sistemas de control de combustible 342
9.8 Tecnología avanzada del control de combustible 343
9.8.1 Cálculo de la proporción aire y combustible 343

Capítulo 10 Administración del motor 345

10.1 Introducción de encendido y combustible combinados 345
10.1.1 Introducción 345
10.1.2 Tracto variable de admisión 346
10.1.3 Sensores de flama de combustión y de presión 346
10.1.4 Sensores lambda de amplio rango 347
10.1.5 Inyectores con cubierta de aire 347
10.2 Control de emisiones del sistema de escape 347
10.2.1 Diseño de la máquina 347
10.2.2 Diseño de la cámara de combustión 347
10.2.3 Proporción de la compresión 348
10.2.4 Distribución del encendido de válvulas (*timing*) 348
10.2.5 Diseños del múltiple 348
10.2.6 Estratificación de la carga 348
10.2.7 Tiempo de calentamiento 348
10.2.8 Recirculación de los gases de salida del escape 349
10.2.9 Sistema de encendido/ignición 350
10.2.10 Combustión retardada térmica 350
10.2.11 Convertidores catalíticos 350
10.2.12 Control lambda de ciclo cerrado 353
10.3 Sistemas de administración del motor 354
10.3.1 M3 Monotronic 354
10.3.2 DI Monotronic (inyección directa) 365
10.3.3 Principios del ME-Motronic 370
10.4 Otros aspectos de la administración del motor 371
10.4.1 Introducción 371
10.4.2 Timing de válvula variable 371
10.4.3 Motores de combustión pobre 374
10.4.4 Motores de dos tiempos 374
10.4.5 Sistema de control de combustión 375
10.4.6 Enfriamiento activo 377
10.4.7 Tendencias motrices; ignición por bujía 379

10.4.8 Combustión transónica 380
10.4.9 Tecnología de motores F1 381
10.4.10 Diagnóstico de sistemas de administración del motor 382
10.5 Tecnología avanzada de administración del motor 386
10.5.1 Cálculos de densidad de velocidad y de combustible 386
10.5.2 Cálculo del *timing* de encendido 387
10.5.3 Cálculo de retardo 388
10.5.4 Cálculo de duración de la inyección 388
10.5.5 Software de desarrollo y comprobación 389
10.5.6 Programa de simulación 391
10.5.7 Hot chipping 391
10.5.8 Inteligencia artificial 393
10.5.9 Computación neural 395

Capítulo 11 Iluminación 397

11.1 Fundamentos de iluminación 397
11.1.1 Introducción 397
11.1.2 Focos 397
11.1.3 Luces externas 399
11.1.4 Reflectores delanteros 400
11.1.5 Reflectores de forma compuesta 402
11.1.6 Lentes de faro delantero 403
11.1.7 Nivelado de luces 404
11.1.8 Ajuste del haz luminoso de faros delanteros 405
11.2 Circuitos de iluminación 407
11.2.1 Circuito básico de iluminación 407
11.2.2 Circuito de disminución del ángulo de inclinación (*Dim-dip*) 407
11.2.3 Circuito general de iluminación 409
11.2.4 Diagrama de flujo del circuito de iluminación 410
11.2.5 Circuito de control de iluminación central 410
11.2.6 Procedimiento para pruebas 410
11.3 Descarga de gases, LED, y luz infrarroja 413
11.3.1 Lámparas de descarga de gases 413
11.3.2 Iluminación de xenón 415
11.3.3 Luces delanteras ultravioleta 417
11.3.4 Iluminación de LED 418
11.3.5 Luces infrarrojas 419
11.4 Otras técnicas de iluminación 420
11.4.1 Lámparas de señales monocromáticas 420

11.4.2 Iluminación lineal 420
11.4.3 Tecnología de neón 420
11.4.4 Luz de flexión 421
11.4.5 Iluminación delantera inteligente 422
11.5 Tecnología avanzada de iluminación 423
11.5.1 Términos y definiciones de iluminación 423
11.5.2 Iluminación de fuente única 424

Capítulo 12 Auxiliares 427

12.1 Lavadores y limpiaparabrisas 427
12.1.1 Requisitos funcionales 427
12.1.2 Hojas de limpiadores 428
12.1.3 Articulaciones de limpiaparabrisas 429
12.1.4 Motores de limpiaparabrisas 430
12.1.5 Lavadores de parabrisas 431
12.1.6 Circuitos de lavador y limpiaparabrisas 432
12.1.7 Control electrónico de limpiadores de parabrisas 434
12.1.8 Limpiadores sincronizados 435
12.1.9 Control de presión en las hojas del limpiador 436
12.1.10 Sistemas lineales de limpiadores 437
12.2 Circuitos de señalización
12.2.1 Introducción 438
12.2.2 Unidades de destellador 438
12.2.3 Luces de frenado 440
12.2.4 Circuito de indicadores y de peligro 440
12.3 Otros sistemas auxiliares 441
12.3.1 Bocinas eléctricas 441
12.3.2 Motores de ventilador de enfriamiento del motor 442
12.3.3 Limpiadores y lavadores de faros delanteros 443
12.3.4 Otros circuitos 443
12.3.5 Diagnóstico de fallas de sistemas auxiliares 444
12.4 Tecnología avanzada en sistemas auxiliares 444
12.4.1 Cálculos de par motor de motores de limpiadores 444
12.4.2 Motor PM; control electrónico de velocidad 445

Capítulo 13 Equipo de instrumentos 447

13.1 Indicadores y sensores 447
13.1.1 Introducción 447
13.1.2 Sensores 447
13.1.3 Indicadores de tipo térmico 449

13.1.4 Indicadores de hierro móviles 450
13.1.5 Indicadores sin núcleo magnético 451
13.1.6 Otros tipos de indicadores 453
13.1.7 Sistema digital de instrumentos 454
13.2 Indicadores visuales 456
13.2.1 Elección del mejor indicador; legibilidad 456
13.2.2 Pantallas de diodo emisor de luz 457
13.2.3 Pantallas de cristal líquido 457
13.2.4 Pantallas de vacío fluorescente 459
13.2.5 Pantallas al frente 460
13.2.6 Iluminación de instrumentos por electroluminiscencia 461
13.2.7 Resumen de las técnicas de despliegue 462
13.2.8 Fallas en sistemas de instrumentos 464
13.3 Sistema de Posicionamiento Global (GPS) 465
13.3.1 Introducción 465
13.3.2 Cálculo de posición 466
13.3.3 Sensores 467
13.3.4 Entrada y salida de datos 467
13.3.5 Precisión 467
13.4 Información del conductor 468
13.4.1 Monitoreo del estado del vehículo 468
13.4.2 Computadora de viaje 471
13.5 Tecnología avanzada de instrumentación 472
13.5.1 Pantallas multiplexadas 472
13.5.2 Cuantización 473
13.5.3 Holografía 473
13.5.4 Telemetría 473
13.5.5 Telemática 476

CAPÍTULO 14 Ventilación, calefacción y aire acondicionado 481

14.1 Calefacción y ventilación convencionales 481
14.1.1 Introducción 481
14.1.2 Ventilación 482
14.1.3 Sistema de calefacción; motor de enfriamiento por agua 483
14.1.4 Motores compresores de calentamiento 484
14.1.5 Control electrónico de calentamiento 485
14.2 Aire acondicionado 486
14.2.1 Introducción 486
14.2.2 Principio de la refrigeración 486
14.2.3 Descripción aire acondicionado 487

14.2.4 Sistema y componentes de aire acondicionado 488
14.2.5 Control automático de temperatura 494
14.2.6 Aire acondicionado conducido por electricidad 494
14.3 Otros sistemas de calefacción 495
14.3.1 Calefacción del asiento 495
14.3.2 Calefacción de pantalla 496
14.3.3 Funcionamiento del calefactor 497
14.3.4 Fallas en el sistema de aire acondicionado 497
14.4 Tecnología avanzada en el control de temperatura 498
14.4.1 Transferencia de calor 498
14.4.2 Tipos de calor y temperatura 499
14.4.3 Reacción de armadura 499
14.4.4 Novedades en refrigerantes 500

CAPÍTULO 15 Chasis eléctrico 503

15.1 Frenos antibloqueo 503
15.1.1 Introducción 503
15.1.2 Requerimientos del ABS 504
15.1.3 Descripción general del sistema 504
15.1.4 Componentes 506
15.1.5 Control del sistema de frenado antibloqueo 509
15.1.6 Estrategia de control 509
15.1.7 Frenos antibloqueo de Honda 510
15.2 Tracción y control de estabilidad 511
15.2.1 Introducción 511
15.2.2 Funciones control 511
15.2.3 Operación del sistema 513
15.2.4 Programa de estabilidad electrónico (ESP) 513
15.3 Suspensión activa 517
15.3.1 Repaso 517
15.3.2 Sensores y actuadores 519
15.3.3 MagneRide de Delphi 520
15.4 Transmisión automática 523
15.4.1 Introducción 523
15.4.2 Control de cambio de velocidades y convertidor de par de torsión del motor 523
15.4.3 Tiptronic 525
15.4.4 Resumen 527
15.5 Otros sistemas eléctricos del chasis 527
15.5.1 Dirección con energia eléctrica 527
15.5.2 Transmisión manual robotizada 529
15.5.3 Reducción activa de balanceo 530

15.5.4 Diferencial electrónico de deslizamiento limitado 531
15.5.5 Sistemas de asistencia de frenado 531
15.5.6 Por cable X 532
15.5.7 Diagnóstico de fallas en el sistema eléctrico del chasis 536
15.6 Tecnología avanzada de sistemas de chasis 538
15.6.1 Superficie de carretera y fricción de llantas 538
15.6.2 Ciclos de control del ABS 541
15.6.3 Cálculos de control de tracción 542

CAPÍTULO 16 Comodidad y seguridad 543

16.1 Asientos, espejos y quemacocos 543
16.1.1 Introducción 543
16.1.2 Ajuste eléctrico del asiento 543
16.1.3 Espejos eléctricos 545
16.1.4 Operación del quemacocos eléctrico 546
16.1.5 Circuito de control del asiento 546
16.2 Cierre central y ventanas eléctricas 547
16.2.1 Circuito de bloqueo de puertas 547
16.2.2 Operación de ventanas eléctricas 548
16.2.3 Circuito ejemplo de ventanas eléctricas 551
16.3 Control de crucero 552
16.3.1 Introducción 552
16.3.2 Descripción del sistema 553
16.3.3 Componentes 554
16.3.4 Control de crucero adaptado 555
16.4 Multimedia integrada al auto 556
16.4.1 Introducción 556
16.4.2 Bocinas 557
16.4.3 Entretenimiento en el auto (ICE) 558
16.4.4 Sistemas de datos de radio (RDS) 558
16.4.5 Sistema de datos de transmisiones de la radio (RBDS) 559
16.4.6 Recepción de radio 560
16.4.7 Transmisión de audio digital (DAB) 561
16.4.8 Supresión de interferencia 561
16.4.9 Comunicaciones por teléfonos móviles 564
16.5 Seguridad 565
16.5.1 Introducción 565
16.5.2 Seguridad básica 566
16.5.3 Lo máximo en cuestiones de seguridad 566
16.5.4 Seguridad codificada de las ECU 568

16.5.5 Alarmas e inmovilizadores 568
16.5.6 Llaves 571
16.6 Bolsa de aire y tensores de cinturones 573
16.6.1 Introducción 573
16.6.2 Cómo opera el sistema 573
16.6.3 Componentes y circuito 575
16.6.4 Tensores de cinturones de seguridad 578
16.6.5 Bolsas de aire laterales 578
16.6.6 Sistema inteligente de sensores de bolsa de aire 578
16.7 Otros sistemas de seguridad y comodidad 580
16.7.1 Radar para evitar obstáculos 580
16.7.2 Advertencia de presión de llantas 582
16.7.3 Control del ruido 583
16.7.4 Espejos que minimizan los autos 585
16.7.5 Sistema de estacionado automático 585
16.7.6 Procedimiento de diagnóstico general de sistemas 587
16.8 Tecnología avanzada de sistemas de comodidad y seguridad 588
16.8.1 Control de crucero y respuesta del sistema 588
16.8.2 Cálculos de supresión de radio 589

CAPÍTULO 17 Combustible alternativo, y vehículos híbridos y eléctricos 591

17.1 Combustibles alternativos 591
17.1.1 Introducción 591
17.1.2 Combustibles 591
17.2 Vehículos eléctricos (VE) 596
17.2.1 Introducción 596
17.2.2 Sistema de conducción eléctrico 596
17.2.3 Baterías de los VE 596
17.2.4 Motores de impulso 597
17.2.5 El EV-1 de General Motors 600
17.2.6 Roadster de Tesla 601
17.2.7 Caso de estudio; Clarity FCX de Honda 609
17.2.8 Resumen de los VE 621
17.3 Vehículos eléctricos híbridos (HEV) 622
17.3.1 Introducción 622
17.3.2 Híbridos ligeros de Honda 622
17.3.3 Tecnología de Bosch en el totalmente híbrido en paralelo 640
17.3.4 Caso de estudio del híbrido de Nissan 643

17.4 Carga de VE inalámbrica 645
17.4.1 Introducción 645
17.4.2 Transferencia inductiva de potencia 645
17.4.3 Panorama de tecnología 645
17.4.4 Sistema IPT 646
17.4.5 Diagrama detallado 647
17.4.6 Administración de la batería 648
17.4.7 Parámetros del sistema 648
17.4.8 Resumen 649
17.5 Tecnología avanzada del vehículo eléctrico 649
17.5.1 Características del torque y potencia del motor 649
17.5.2 Técnicas de optimización; modelado matemático 649

Capítulo 18 Actividades de aprendizaje 653

18.1 Introducción 653
18.2 Compruebe su conocimiento y aprenda más 654
18.2.1 Evolución del sistema eléctrico del automóvil 654
18.2.2. Principios eléctricos y electrónicos 654
18.2.3 Herramientas y equipo 656
18.2.4 Sistemas y circuitos eléctricos 658
18.2.5 Baterías 659
18.2.6 Carga 661
18.2.7 Arranque 663
18.2.8 Encendido 665
18.2.9 Control de combustible 667
18.2.10 Administración de la máquina (motor) 668
18.2.11 Iluminación 670
18.2.12 Auxiliares 672
18.2.13 Instrumentación 674
18.2.14 Calefacción y aire acondicionado 675
18.2.15 Electricidad del chasis 677
18.2.16 Comodidad y seguridad 679
18.2.17 Combustible alternativo, y vehículos híbridos y eléctricos 680
18.3 Programa de simulación 681
18.4 Últimas palabras 682

Referencias 684
Índice 685

Prefacio

Los sistemas eléctricos y electrónicos del automóvil son al mismo tiempo los aspectos más complejos pero a la vez los más interesantes de un vehículo. Al menos así me parece, y por eso en particular estoy encantado de haber producido ¡la cuarta edición de este libro!

En esta edición encontrará más detalles sobre los EV y los HEV al igual que algunas de las últimas ideas sobre redes de vehículos y mucho más. Este libro es el segundo en la serie “Tecnología automotriz: Mantenimiento y reparación del vehículo”:

- Sistemas mecánicos y eléctricos del automóvil
- Sistemas eléctricos y electrónicos del automóvil, 4ª. edición
- Diagnóstico avanzado de fallas del automóvil, 3ª. edición

Idealmente usted debió haber estudiado el libro de mecánica, o tener alguna experiencia, antes de empezar con éste. Si no, habrá que empezar con lo básico. Éste es el primer libro de su tipo en ser publicado a todo color y se concentra en los principios eléctricos y electrónicos al mismo tiempo que en casos de estudio y ejemplos comprehensivos. Contiene todo lo que usted necesita para avanzar en sus estudios a un nivel alto, no importa qué calificación (si la hubiera) desee alcanzar.

Espero que halle el contenido útil e informativo.

El último capítulo de este libro contiene tareas, preguntas, temas de investigación y mucho más. Puede consultarlo en cualquier momento o esperar hasta que haya estudiado el resto del libro.

¡Buena suerte, y espero que encuentre la tecnología automotriz tan interesante como yo aún la siento!

Reconocimientos

Durante años muchas personas me han ayudado en la producción de mis libros. Por eso es que estoy muy agradecido con las siguientes empresas que han proporcionado información e inclusive permisos para reproducir fotografías y/o diagramas:

AA Photo Library
AC Delco
Alpine Audio Systems
ATT Training (UK and USA)
Autologic Data Systems
BMW UK
Bosch Gmbh
Bosch Media
C&K Components
Citroën UK
Clarion Car Audio
Delphi Media
Eberspaecher
Fluke Instruments UK
Ford Motor Company
Ford Media
FreeScale Electronics
General Motors
GenRad
Hella UK
Honda Cars UK
Hyundai UK
Jaguar Cars
Kavlico
Loctite
Lucas UK
LucasVarity
Mazda
McLaren Electronic Systems
Mercedes Cars UK
Mitsubishi Cars UK
NGK Plugs
Nissan Cars UK
Most Corporation
Peugeot UK
Philips
PicoTech
Pioneer Radio
Porsche Cars UK
Robert Bosch GmbH.
Robert Bosch UK
Rover Cars
Saab Cars UK
Saab Media
Scandmec
SMSC
Snap-on Tools
Sofanou (France)
Sun Electric UK
Tesla Motors
Thrust SSC Land Speed Team
T&M Auto-Electrical
Toyota Cars UK
Tracker UK
Unipart Group
Valeo
Vauxhall
VDO Instruments
Volvo Media
Volkswagen cars
Wikimedia
ZF Servomatic

Si hubiere utilizado alguna información, o mencionado el nombre de alguna compañía que no aparezca aquí, por favor acepte mis disculpas y hágamelo saber para que se rectifique tan pronto como sea posible.



Glosario de abreviaturas y acrónimos

Terminología OBD2/SAE

ABS	*sistema de freno antibloqueo*
AC	(AA) aire acondicionado
AC	limpiador de aire
AIR	*inyección secundaria de aire*
A/T	*transmisión o transeje automático*
SAP	*pedal acelerador*
B+	*voltaje positivo de la batería*
BARO	*presión barométrica*
CAC	*enfriador de aire de carga*
CFI	*inyección continua de combustible*
CL	*ciclo cerrado*
CKP	*sensor de posición cigüeñal*
CKP REF	*referencia de cigüeñal*
CMP	*sensor de posición de árbol de levas*
CMP REF	*referencia de árbol de levas*
CO	*monóxido de carbono*
CO_2	*bióxido de carbono*
CPP	*posición del pedal de embrague*
CTOX	*oxidante de trampa continua*
CTP	*posición de ahogador cerrado*
DEPS	*sensor digital de posición de la máquina*
DFCO	*modo de desaceleración de cierre de admisión*
DFI	*inyección directa de combustible*
DLC	*conector de enlaces de datos*
DPF	*filtro de partículas de diésel*
DTC	*código de diagnóstico de problemas*
DTM	modo de diagnóstico de prueba
EBCM	*módulo de control electrónico de freno*
EC	*control de máquina (motor)*
ECM	*módulo de control de motor*
ECL	*nivel de refrigerante de motor*
ECT	*temperatura de refrigerante del motor*
EEPROM	*memoria de sólo lectura de borrado programable eléctricamente*
EFE	*evaporación temprana de combustible*
EGR	*recirculación de gases del escape*
EGRT	*temperatura del EGR*
EI	*encendido electrónico*
EM	*modificación de máquina*
EPROM	*memoria de sólo lectura de borrado programable*

ESC *control de estabilidad electrónico*
EVAP *sistema de emisión evaporativo*
FF *combustible flexible*
FP *bomba de combustible*
FPROM *memoria de sólo lectura de borrado de intermitentes programable*
FT *ajuste de combustible*
FTP *procedimiento federal de pruebas*
GCM *módulo de control del gobernador*
GEN generador
GND *aterrizado*
H_2O agua
HO2S *sensor de oxígeno calentado*
HO2S1 *sensor de flujo alto de oxígeno calentado*
HO2S2 *sensor de flujo alto o bajo de oxígeno calentado*
HO2S3 *sensor de flujo bajo de oxígeno calentado*
HC *hidrocarburo*
HVS *interruptor de alto voltaje*
HVAC *sistema de calefacción y aire acondicionado*
IA *admisión de aire*
IAC *control de aire al ralentí*
IAT *temperatura del aire de admisión*
IC *circuito de control de encendido*
ICM *módulo y control de encendido*
IFI *inyección indirecta de combustible*
IFS *corte de combustible por inercia*
I/M *inspección/mantenimiento*
IPC *conjunto del panel de instrumentos*
ISC *control de la velocidad en ralentí*
KOEC *llave abierta, arranque de motor*
KOEO *llave abierta, apagado de motor*
KOER *llave abierta, motor en marcha*
KS *sensor de golpeteo*
KSM *módulo de sensor de golpeteo*
LTFT *ajuste de combustible en el largo plazo*
MAF *sensor de flujo de masa de aire*
MAP *sensor de presión absoluta del múltiple*
MC *control de mezcla*
MDP *presión diferencial del múltiple*
MFI *inyección de combustible por multipuerto*
MIL *lámpara indicadora de malfuncionamiento*
MPH *millas por hora*
MST *temperatura superficial del múltiple*
MVZ *zona de vacío del múltiple*
NVRAM *memoria de acceso aleatorio no volátil*
NOx *óxidos de nitrógeno*
O2S *sensor de oxígeno*
OBD *diagnósticos a bordo*
OBDI *diagnósticos a bordo primera generación*
OBDII *diagnósticos a bordo segunda generación*
OC *catalizador de oxidación*
ODM *monitor de dispositivo de salida*
OL *circuito abierto*
OSC *almacenaje del sensor de oxígeno*

PAIR *inyección de aire impulsada secundaria*
PCM *módulo de control de tren de potencia*
PCV *ventilación positiva de la caja de arranque*
PNP *interruptor de aparcamiento/neutro*
PROM *memoria de programa de sólo lectura*
PSA *conjunto de interruptores de presión*
PSP *presión de servodirección*
PTOX *oxidante de trampa periódica*
RAM *memoria de acceso aleatorio*
RM *módulo relevador*
ROM *memoria de sólo lectura*
rpm *revoluciones por minuto*
SC *súper cargador*
SCB *división del súper cargador*
SDM *modo de diagnóstico por sensación*
SFI *inyección de combustible en secuencia*
SRI *indicador de recordación de servicio*
SRT *prueba de celeridad del sistema*
STFT *ajuste de combustible en el corto plazo*
TB *cuerpo del ahogador*
TBI *inyección de cuerpo del ahogador*
TC *turbocargador*
TCC *embrague convertidor de par*
TCM *módulo de control de transmisión o de transeje*
TFP *presión del fluido del ahogador*
TP *posición del ahogador*
TPS *sensor de posición del ahogador*
TVV *válvula térmica de vacío*
TWC *catalizador de tres vías*
TWX+OC *convertidor catalítico de tres vías + oxidación*
VAF *flujo de aire en volumen*
VCM *módulo de control del vehículo*
VR *regulador de voltaje*
VS *sensor de vehículo*
VSS *sensor de velocidad del vehículo*
WU-TWC *convertidor catalítico de calentamiento de tres vías*
WOT *ahogador abierto totalmente*

OEM y demás terminología

A *amperes*
AC *aire acondicionado*
A/F *razón aire combustible*
A/T *transmisión automática*
AAV *válvula anti combustión retardada (Mazda)*
ABS *sistema de freno antibloqueo*
ABSV *solenoide de división de paso del aire (Mazda)*
AC *corriente alterna (CA)*
ACTS *sensor de temperatura de carga de aire (Ford)*
AERA *Automotive Engine Rebuilders Association*
AFM *medidor de flujo de aire*
AFS *sensor de flujo de aire (Mitsubishi)*

AIR *reacción de inyección de aire (GM)*
AIS *sistema de inyección de aire (Chrysler)*
AIS *motor en velocidad de ralentí automática (Chrysler)*
ALCL *enlace de comunicaciones de la línea de ensamble (GM)*
ALDL *enlace de datos de la línea de ensamble (GM)*
API *American Petroleum Institute*
APS *sensor de presión absoluta (GM)*
APS *sensor de presión atmosférica (Mazda)*
ASD *relevador de caída automático (Chrysler)*
ASDM *módulo de diagnóstico del sistema de la bolsa de aire*
ASE *Excelencia de Servicio Automotriz*
ATC *punto anteroposterior*
ATDC *punto muerto anteroposterior*
ATF *fluido de transmisión automática*
ATMC *Automotive Training Managers Council*
ATS *sensor de temperatura de aire (Chrysler)*
AWD *conducción de las cuatro ruedas*
BARO *sensor de presión barométrica (GM)*
BAT *batería*
BCM *módulo de control del chasis (GM)*
BHP *caballos de fuerza de frenado*
BID *descarga inductiva sin frenado (AMC)*
BMAP *sensor de presión absoluta de múltiple/barométrica (Ford)*
BP *sensor de presión de fondo (Ford)*
BPS *sensor de presión barométrica (Ford y Nissan)*
BPT *transductor de presión de fondo*
BTC *punto anterior*
BTDC *punto muerto anterior*
Btu *unidades térmicas inglesas*
C *Celsius*
C3 *sistema de control de comando de cómputo (GM)*
C3I *encendido de bobina controlado por computadora (GM)*
C4 *sistema de convertidor catalítico controlado por computadora (GM)*
CAAT *Council of Advanced Automotive Trainers*
CAFE *economía de combustible corporativo promedio*
CALPACK *paquete de calibración*
CANP *válvula de solenoide de purga de canister (Ford)*
CARB *California Aire Resources Board*
CAS *sistema de aire limpio (Chrysler)*
CAS *sensor de ángulo de arranque*
CC *convertidor catalítico*
CC *centímetros cúbicos*
CCC *sistema de control de mandos por computadora (Ford)*
CCD *retardo controlado por computadora (Ford)*
CCEI *enriquecimiento de ralentí controlado por refrigerante (Chrysler)*
CCEV *interruptor de vacío de motor controlado por refrigerante (Chrysler)*
CCOT *orificio tubular de embrague cíclico*
CCP *purga de canister controlada (GM)*
CCV *válvula de control de canister*
CDI *encendido por descarga del condensador (AMC)*
CEAB *hojas de aire de enfriamiento de motor*
CEC *sistema de control de emisiones del cárter del cigueñal (Honda)*

CECU *unidad de control electrónico central (Nissan)*
CER *varilla de mejora de frío (Ford)*
CESS *interruptor de sensor de enfriamiento de motor*
CFC *clorofluorocarbonos*
CFI *inyección cruzada de encendido (Chevrolet)*
cfm *pies cúbicos por minuto*
CID *desplazamiento por pulgada cúbica*
CID *sensor de identificación de cilindro (Ford)*
CIS *sistema de inyección continua (Bosch)*
CMP *sensor de posición de árbol de levas (GM)*
COP *encendido de bobina en bujía*
CP *purga de canister (GM)*
CPI *inyección de puerto central (GM)*
CPU *unidad de procesamiento central*
CSC *control de enfriamiento de chispa (Ford)*
CSSA *avance de chispa de encendido en frío (Ford)*
CSSH *mantenimiento de chispa de encendido en frío (Ford)*
CTAV *vacío de temperatura en frío actuado (Ford)*
CTO *interruptor en sobremarcha de enfriador de temperatura (AMC)*
CTS *interruptor de carga de temperatura (Chrysler)*
CTS *sensor de enfriador de temperatura (GM)*
CTVS *interruptor de vacío de choque térmico*
CVCC *sistema de combustión controlada de vórtice compuesto (Honda)*
CVR *regulador de control de vacío (Ford)*
dB *decibeles*
DC *corriente directa (CD)*
DEFI *inyección de combustible digital electrónica (Cadillac)*
DERM *módulo de diagnóstico de energía de reserva (GM)*
DFS *corte de combustible en desaceleración (Ford)*
DIS *sistema de encendido directo (GM)*
DIS *sistema de encendido sin distribuidor (Ford)*
DLC *conector de enlace de datos (GM)*
DOHC *levas de culata en dual*
DOT *departamento de transportación*
DPF *filtro de partículas de diésel*
DRBII *caja de diagnóstico de interpretación (Chrysler)*
DRCV *válvula de control de retardo del distribuidor*
DSSA *avance de chispa de señal en dual (Ford)*
DVDSV *retardo de vacío del distribuidor y válvula de separador*
DVDV *válvula de retardo de vacío del distribuidor*
DVOM *medidor digital de volts y ohms*
EACV *válvula de control de aire electrónica (Honda)*
EBCM *módulo electrónico de control de frenado (GM)*
EBM *módulo electrónico de chasis (GM)*
ECA *conjunto electrónico de controles*
ECCS *sistema de control electrónico concentrado (Nissan)*
ECM *módulo electrónico de control (GM)*
ECS *sistema de control de evaporación (Chrysler)*
ECT *temperatura de enfriador de motor (Ford y GM)*
ECU *unidad de control electrónico (Ford, Honda, y Toyota)*
EDIS *sistema de encendido electrónico sin distribuidor (Ford)*
EEC *control electrónico del motor (Ford)*
EECS *sistema de control de emisiones de vapor (Ford)*

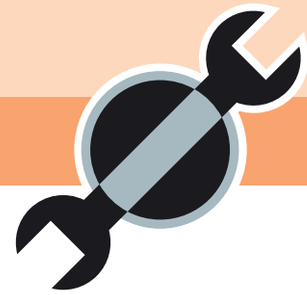
EEPROM *chip de memoria de sólo lectura programable y borrable electrónicamente*
EFC *carburador de retroalimentación electrónica (Chrysler)*
EFC *control electrónico de combustible*
EFCA *ensamble de control electrónico de combustible (Ford)*
EFE *Sistema anterior de evaporación de combustible (GM)*
EFI *inyección electrónica de combustible*
EGO *sensor de oxígeno de gases del escape (Ford)*
EGRPS *sensor de posición de la válvula EGR (Mazda)*
EGR-SV *válvula de solenoide de EGR (Mazda)*
EGRTV *válvula térmica de EGR (Chrysler)*
EI *encendido electrónico (GM)*
ELB *combustión pobre electrónica (Chrysler)*
EMI *interferencia electromagnética*
EOS *sensor de oxígeno en escape*
EPA *Environmental Protection Agency*
EPOS *sensor de posición de válvula EGR (Ford)*
EPROM *chip de memoria de sólo lectura programable borrable*
ESA *avance electrónico de chispa (Chrysler)*
ESC *control de chispa electrónico (GM)*
ESS *selección de chispa electrónica (Cadillac)*
EST *timing de chispa electrónico (GM)*
EVP *sensor de posición de válvula EGR (Ford)*
EVRV *válvula electrónico de regulador de vacío para el EGR (GM)*
F *Fahrenheit*
FBC *sistema de retroalimentación de carburador (Ford y Mitsubishi)*
FBCA *actuador de retroalimentación de carburador (Ford)*
FCA *conjunto de control de combustible (Chrysler)*
FCS *solenoide de control de combustible (Ford)*
FI *inyección de combustible*
FLS *sensor de nivel de fluidos (GM)*
MVSS *normas de seguridad de la Federal Motor Vehicle*
ft-lb *libras por pie*
FUBAR *arreglo posterior a reparación*
FWD *conducción (tracción) delantera*
gal galón
GND *tierra*
GPM *gramos por mil*
HAIS *sistema de admisión de aire calentado (Chrysler)*
HEGO *sensor de oxígeno en gases calentados del escape*
HEI *encendido de alta potencia (GM)*
Hg *mercurio*
hp *caballos de fuerza*
I/P *panel de instrumentos*
IAC *control de aire en ralentí (GM)*
IAT *sensor de temperatura de admisión de aire (Ford)*
IATS *sensor de temperatura de entrada de aire (Mazda)*
IC *circuito integrado*
ICS *solenoide de control al ralentí (GM)*
ID *diámetro interior*
IGN *encendido*
IIIBDFI *si no está roto no lo repare*
IM240 *programa 240 de mantenimiento e inspección*

IMI *Institute of the Motor Industry*
ISC *control de velocidad den ralentí (GM)*
ISO *International Standards Organization*
ITCS *sistema de control del timing del encendido (Honda)*
ITS *interruptor de seguimiento en ralentí (Ford)*
JAS *sistema de chorro de aire (Mitsubishi)*
kHz *kilohertz*
KISS *¡Sencillo!*
Km *kilómetros*
kPa *kilopascales*
KS *sensor de golpeo*
KV *kilovoltios*
L *litros*
lb.ft *pies por libras*
LCD *pantalla de cristal líquido*
LED *diodo emisor de luz*
MACS *Mobile Air Conditioning Society*
MAF *sensor de flujo de aire masivo*
MAMA *Midwest Automotive Media Assn.*
MAP *presión absoluta del múltiple*
MAP *Motorist Assurance Program*
MAT *temperatura del aire del múltiple*
MCS solenoide de control de la mezcla (GM)
MCT *temperatura de carga del múltiple (Ford)*
MCU *unidad de microprocesador controlada (Ford)*
MFI *inyección de combustible multipuerto*
MIL *lámpara indicadora de malfuncionamiento*
MISAR *sensibilidad microprocesada y regulación automática (GM)*
mm *milímetros*
MPFI *inyección de combustible multipuntos*
MPG *millas por galón*
MPH *millas por hora*
MPI *inyección multipuerto*
ms *milisegundos*
MSDS *hoja de datos de material de seguridad*
mV *milivoltios*
NACAT *National Assn. of _College Automotive Teachers*
NATEF *National Automotive Technician's Education Foundation*
NHTSA *National Higway Traffic Safety Administration*
Nm *metros Newton*
OBD *diagnósticos a bordo*
OC *convertidor de oxidación (GM)*
OD *diámetro exterior*
OE *equipo original*
OEM *manufactura de equipos originales*
OHC *leva superior*
ORC *catalizador de reducción de oxidación (GM)*
OS *sensor de oxígeno*
OSAC *control de orificio de avance de chispa (Chrysler)*
P/B *frenos de potencia*
P/N *número de pieza*
PA *aire a presión (Honda)*
PAFS *sistema alimentador de pulso de aire (Chrysler)*

PAIR *sistema de inyección de aire de pulso secundario (ECM)*
PCM *módulo de control del tren de potencia (reemplazos ECM)*
PECV *válvula de control de enriquecimiento de potencia*
PERA *Asociación de reconstructores de motores en producción*
PFI *inyección de combustible en puerto (GM)*
PGM-FI *administración de inyección de combustible de gas programada (Honda)*
PIP *perfil de toma de inyección (Ford)*
PPM *partes por millón*
PROM *chip de computador de programa de sólo memoria*
PS *servodirección*
PSI *libras por pulgada cuadrada*
pt. *pinta*
PVA *avance transportado de vacío*
PVS *interruptor transportado de vacío*
QS9000 *norma estándar de calidad para proveedores de partes OEM*
Qt. *cuarto*
RABS *sistema de freno antibloqueo de rueda trasera (Ford)*
RFI *interferencia de frecuencia de radio*
rpm *revoluciones por minuto*
RPO *opción de producción regular*
RWAL *sistema de freno antibloqueo de rueda trasera (GM)*
RWD *conducción de rueda trasera (tracción trasera o americana)*
SAE *Society of Automotive Engineers*
SAVM *modulador de vacío de avance de chispa*
SCC *computadora de control de chispa (Chrysler)*
SDI *encendido directo del Saab*
SES *indicador de servicio urgente (GM)*
SFI *inyección secuencial de combustible (GM)*
SIR *restricción de inflado suplementario (bolsa de aire)*
SMPI *inyección secuencial de combustible multipuerto (Chrysler)*
SOHC *leva superior unitaria*
SPOUT *señal de salida de chispa (Ford)*
SRDV *válvula de retraso retardado de chispa*
SRS *Sistema de restricción suplementario (bolsa de aire)*
SS *sensor de velocidad (Honda)*
SSI *encendido de estado sólido (Ford)*
STS *Service Technicians Society*
TA *aire a temperatura (Honda)*
TABPV *válvula de ahogador de división de aire (Ford)*
TAC *limpiador termostático de aire (GM)*
TACH *tacómetro*
TAD *válvula inversora de aire Thermactor (Ford)*
TAV *vacío transportado de temperatura*
TBI *inyección del chasis del ahogador*
TCC *embrague convertidor de torque (GM)*
TCCS *sistema controlado por computadora Toyota*
TCS *chispa de transmisión controlada (GM)*
TDC *punto muerto superior*
TIC *control de encendido térmico (Chrysler)*
TIV *válvula Thermactor de vacío al ralentí (Ford)*
TKS *solenoide disparador de ahogador (Ford)*
TP *sensor de posición de ahogador (Ford)*

TPI *inyección de puerto afinado (Chevrolet)*
TPMS *sistema de monitoreo de presión de llantas*
TPP *potenciómetro de posición de ahogador*
TPS *sensor de posición de ahogador*
TPT *transductor de posición de ahogador (Chrysler)*
TRS *chispa de transmisión regulada (Ford)*
TSP *posicionador de solenoide de ahogador (Ford)*
TV *válvula de ahogador*
TVS *interruptor de vacío térmico (GM)*
TVV *válvula de vacío térmico (GM)*
V *voltios*
VAC *corriente alterna de voltios*
VAF *sensor de flujo de aire en paletas*
VCC *embrague convertidor viscoso (GM)*
VDC *corriente directa en voltios*
VDV *válvula de retardo de vacío*
VIN *número de identificación del vehículo*
VSM *módulo de seguridad del vehículo*
VSS *sensor de velocidad del auto*
WOT *ahogador abierto totalmente*
WOT *interruptor de ahogador abierto totalmente (GM)*
WSS *sensor de velocidad de las ruedas*

CAPÍTULO 1



Desarrollo del sistema eléctrico del automóvil

1.1 Breve historia

1.1.1 ¿Dónde empezó todo?

La historia de la energía eléctrica se puede remontar al siglo V a.C., cuando el filósofo griego Tales de Mileto se dio cuenta de que al frotar un fragmento de ámbar con un trozo de piel atraía otros objetos ligeros, como las plumas. Esto se debe a la electricidad estática. Se cree que por ese mismo tiempo, donde actualmente es Turquía, un pastor descubrió magnetismo en unas rocas de calamita (o piedra imán), al dar contra ellas con la punta de su cayado.

William Gilbert, hacia el siglo XVI, demostró que muchas otras sustancias son "eléctricas" y que tienen dos efectos eléctricos. Al frotar el ámbar y la piel el ámbar adquiere una "electricidad resinosa"; sin embargo, al frotar el vidrio con una seda éste adquiere una "electricidad vítrea". La electricidad repele el mismo tipo y atrae al opuesto. Los científicos consideraron que lo que en realidad originó la electricidad (su término para carga) fue la fricción. De lo que no se percataron fue de que tanto en la piel como en la seda quedaba una parte igual de electricidad opuesta, o negativa.

Hecho clave

La historia de la energía eléctrica se puede remontar al siglo V a.C.

Otto Von Guerick, alemán, inventó el primer dispositivo eléctrico en 1672, al cargar una bola de azufre con electricidad estática sosteniéndola en la mano mientras la giraba sobre un eje. De hecho, su experimento dio paso a la teoría establecida en la década de 1740 por William Watson, físico inglés, y Benjamín Franklin, político estadounidense, de que la electricidad está en toda la materia y que se puede transferir por medio de la fricción. A su vez, Franklin, para probar que los rayos eran una forma de electricidad, voló una cometa durante una tormenta y produjo chispas de una llave atada a la cuerda. Algo bueno resultó de este peligroso experimento, pues Franklin inventó el pararrayos.

Alejandro Volta, un aristócrata italiano, inventó la primera batería. Encontró que al colocar en serie unas placas de vidrio en un depósito que contenía agua salada, y conectar electrodos de zinc y de cobre en el orden correcto, podía obtener un choque eléctrico al juntar ambos cables. Ésta fue la primera pila húmeda y el antecesor del acumulador, inventado por el físico francés Gaston Plancheen en 1859. Era una pila a base de ácido y plomo en la cual la reacción química que produce la electricidad se podía invertir al alimentar la corriente de vuelta en la dirección opuesta. Como la batería o celdas de almacenaje no proporcionaba más que una pequeña cantidad de energía, los inventores pronto se dieron cuenta de que necesitaban una fuente continua de corriente. Michael Faraday, hijo de un herrero de Surrey y asistente de Sir Humphrey Davy, diseñó el primer generador eléctrico. En 1831 Faraday hizo una máquina en la que un disco de cobre giraba entre las poleas de un magneto grande. Las cintas de

Hecho clave

Alejandro Volta, aristócrata italiano, inventó la primera batería.

cobre proporcionaban el contacto con el aro del disco y el eje sobre el cual giraban; la corriente fluía cuando las cintas estaban en contacto.

William Sturgeon, de Warrington, Lancashire, construyó el primer motor eléctrico en la década de 1820. También hizo los primeros electroimanes de trabajo y utilizó electroimanes alimentados por una batería en un generador, en lugar de magnetos permanentes. Hacia 1866 varios inventores, entre ellos dos electricistas ingleses, Cromwell Varley y Henry Wilde, produjeron los magnetos permanentes. Anyos Jedlik, físico húngaro, y el pionero estadounidense de la electricidad, Moses Farmer, también trabajaron en este campo. El primer generador verdaderamente exitoso fue el del alemán Ernst Werner Von Siemens, quien lo construyó en 1867, al que llamó dínamo; actualmente este término se aplica sólo a un generador que proporciona corriente directa. A los generadores que producen una corriente alterna se les denomina alternadores.

Hecho clave

William Sturgeon, de Warrington, Lancashire, construyó el primer motor eléctrico en la década de 1820.

La construcción de motores que funcionarían a partir de una corriente alterna, correspondió al ingeniero estadounidense Elihu Thomson, quien también inventó el transformador que cambia el voltaje de un alimentador eléctrico. Presentó su invento en 1879, y cinco años después tres húngaros: Otto Blathy, Max Deri y Karl Zipernowsky produjeron los primeros transformadores prácticos comerciales.

No se puede precisar quién concibió los elementos particulares de elementos eléctricos respecto del automóvil de motor. Las innovaciones en todas las áreas han sido confusas y vertiginosas en la última mitad del siglo pasado.

Hecho clave

En la década de 1860 Ettiene Lenoir estructuró el primer motor de gasolina.

En la década de 1860 Ettiene Lenoir estructuró el primer motor de gasolina. Este motor utilizaba una forma de encendido eléctrico mediante una bobina inventada por Ruhmkorff en 1851. En 1886 Karl Benz utilizó un tipo de magneto que funcionaba por medio de bandas y poleas. Encontró que no era muy útil, debido a la velocidad variable de este motor. Resolvió el problema aplicando las dos celdas primarias para proporcionar una corriente de encendido.

Hecho clave

En 1889 Georges Bouton inventó los interruptores automáticos para un sistema de encendido.

En 1889 Georges Bouton inventó los interruptores automáticos para un sistema de encendido por bobina, dando así por primera vez un encendido afinado de manera positiva. Es discutible si este es el antecesor del actual sistema de encendido. Emile Morse utilizó el encendido eléctrico en un circuito de baja tensión alimentado por acumuladores que se recargaban desde una dínamo de bandas y poleas. Este fue el primer sistema de carga exitoso y se puede fechar hacia 1895.

Hecho clave

En realidad, Bosch produjo el primer magneto funcional en 1897.

El ahora formidable emporio de Bosch tuvo un modesto inicio con Robert Bosch. Su área más importante del inicial crecimiento lo fue en conjunto con su ayudante Fredrich Simms, cuando produjeron el generador de baja tensión hacia fines del

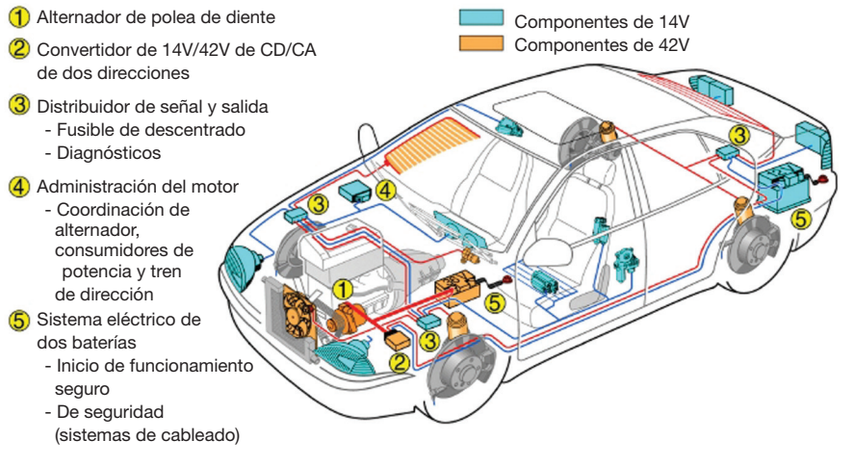


Figura 1.1 Sistemas electrónicos futuros (fuente Bosch Media).



Figura 1.2 El triciclo de De Dion-Bouton de 1897, con generador eléctrico Bosch.

siglo XIX. En 1902 Bosch introdujo el imán de alta tensión el cual tuvo casi universal aceptación. La armadura en forma de H del primero y antiquísimo imán se usa ahora en todos los productos de la marca Bosch. Así, Bosch produjo el primer magneto funcional en 1897.

A partir de este periodo de progresos, el generador eléctrico tuvo un alto nivel de estándares en Europa, mientras que en Estados Unidos el sistema de encendido por bobina y batería llevaba la delantera. Charles F. Kettering tuvo un rol importante en esta área al trabajar para la compañía eléctrica de Daytona (Delco), cuando diseñó el sistema de encendido, arranque y alumbrado para el Cadillac 1912. Inclusive produjo un regulador de voltaje de mercurio.

La dinamo de tres escobillas producida por el doctor Hans Leitner y R.H. Lucas apareció hacia 1905; ésto le daba al conductor cierto control sobre el sistema de carga. Se le conoció como sistema de carga de corriente constante. Para los estándares actuales éste era un dinamo muy grande y sólo producía 8 A.

En la siguiente década, más se trabajó en muchas otras técnicas para resolver el problema de controlar la salida de una dínamo, cuya velocidad varía constantemente. Se aplicaron nuevos métodos de control, algunos con más éxito que otros. Por ejemplo, un sistema de tracción, el cual pasaría suavemente luego de cierta velocidad del motor, se usó con éxito limitado, en tanto que uno de mis favoritos tenía un cable caliente en la línea de la salida principal, hasta que se ponía al rojo vivo, haciendo que la corriente saltara y fluyera a través de una bobina “saltarina” para reducir el campo de fuerza de la dínamo. Se emplearon muchas variaciones de la técnica del “campo de alabeo”. El control de la corriente de la carga de batería para todos estos sistemas de corriente constante era pobre y con frecuencia se reorientaba en el conductor al interruptor desde armaduras altas a bajas. De hecho, una de las primeras formas de instrumentación ¡fue un densímetro de flotación de salpicadera para verificar el estado de la carga de la batería!

La dínamo de dos escobillas y la unidad de control de voltaje compensado se usaron por primera vez en la década de 1930. Esto le dio mayor control sobre el sistema de carga y allanó el camino para los otros sistemas eléctricos por venir.

En 1936 se dio el multicitado tema del movimiento hacia la tierra positiva (sobre todo en el Reino Unido). Lucas tuvo mucho que ver con este cambio. Se pretendía reducir los voltajes de la bujía de encendido para así prolongar la vida del electrodo; sin embargo, hay gran debate en cuanto a las razones. También se esperaba reducir la corrosión entre las terminales de la batería y otros puntos de contacto en el automóvil.

La década de 1950 fue la era del inicio del invento del sistema de luces que ha devenido hasta las complejas disposiciones actuales. Los indicadores de destello



Figura 1.3 Magneto o generador eléctrico. (Fuente: Bosch Media).

reemplazaron a los brazos de semáforo y al bulbo de filamentos gemelos para hacer más adecuados los faros delanteros.

Empezaron ahora las grandes mejoras con los ajustes de elementos esenciales como calefactores, radios ¡e inclusive encendedores de cigarrillos! También en las décadas de 1960 y 1970 estuvieron disponibles otras muchas opciones, como los limpiadores de parabrisas y los limpiadores dobles. Cadillac introdujo el aire acondicionado total e incluso un temporizador para los faros.

El sistema de tierra negativa se introdujo de nuevo en 1965 con total aceptación. Sin embargo, esto ocasionó algunos problemas de marca, en particular con el crecimiento de los equipos DIY (Hágalo Usted Mismo) de radios y otros accesorios. ¡Eso también era bueno, desde luego, para el oficio establecido de la electricidad automotriz!

Hecho clave

La década de 1970 robusteció la era de la inyección de combustible y el encendido electrónico.

La década de 1970 también robusteció la era de la *fuel injection* (inyección de combustible) y el encendido electrónico. La instrumentación se hizo cada vez más compleja y el trazado del tablero de instrumentos fue ahora un área importante de diseño. El calefactor del medallón se conformó como un elemento estándar en algunos vehículos. El alternador, que se utilizara primero en Estados Unidos en la década de 1960, se convirtió en una norma en Inglaterra en 1974.

La disponibilidad de potencia extra y el abastecimiento constante del alternador era precisamente lo que la industria de la electrónica estaba esperando y, en la década de 1980, el sistema eléctrico de los vehículos se modificó más allá de lo reconocible.

Hecho clave

Los avances de la micro computación y la tecnología asociadas han hecho que el control de todas las funciones del vehículo sea posible por medios eléctricos.

Los avances de la microcomputación y la tecnología asociada han hecho ahora que el control de todas las funciones del vehículo sea posible por medios eléctricos. A esto se refiere el resto de este libro.

1.1.2 Cronología

Los sistemas eléctrico y electrónico del vehículo de motor suelen ser los más temidos, pero al mismo tiempo pueden ser los aspectos más fascinantes. Los



Figura 1.4 Faro Bosch de 1913.

actuales circuitos y sistemas complejos en uso se fueron construyendo de una manera muy interesante.

Respecto a muchos inventos históricos no se puede tener una gran certeza de quién "inventó" un componente en particular, o realmente cuándo se dieron los inventos, si en forma paralela, o si éstos se sucedieron consecutivamente.

Sería interesante especular sobre a quién le llamaríamos creador del sistema eléctrico del vehículo. Desde luego, Michael Faraday se llevaría muchos aplausos, pero entonces también Ettiene Lenoir, y por supuesto Robert Bosch, y claro que Nikolaus Otto y…

Quizá deberíamos regresar incluso hasta el antiguo filósofo griego Tales de Mileto quien, al frotar el ámbar con un trocito de piel descubrió la electricidad estática. Cabe mencionar que el término griego del ámbar es "electrón".

Hecho clave

El término griego del ámbar es "electrón".

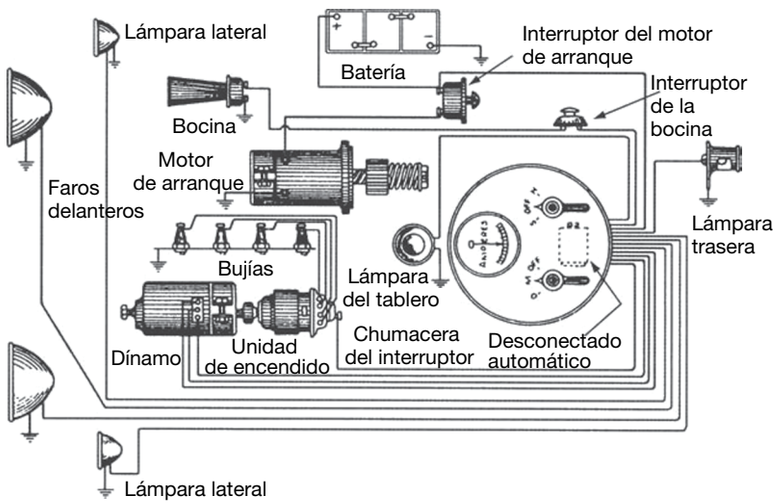


Figura 1.5 Diagrama de un circuito completo.

Cerca del año 600 a.C., Tales de Mileto descubre la electricidad estática al frotar un ámbar con un fragmento de piel.

Alrededor del año 1550 William Gilbert demostró que muchas sustancias contienen “electricidad”, y que los dos tipos de electricidad que encontró atraen a los tipos diferentes, a la vez que repelen a los tipos semejantes.

1672 Otto Von Guerick inventa el primer dispositivo eléctrico, una bola giratoria de azufre.

1742 Andreas Gordon construye el primer generador estático.

1747 Benjamín Franklin vuela una cometa durante una tormenta.

1769 Cugnot construye un tractor de vapor, hecho en su mayor parte de madera.

1780 Luigi Galvani empieza una serie de pruebas y sucesos que dieron por resultado las bases del invento de la batería.

1800 Alessandro Volta inventa la primera batería.

1801 Trevithick construye un carruaje de vapor.

1825 William Sturgeon descubre el electromagnetismo.

1830 Sir Humphrey Davy descubre que al romper un circuito se ocasiona una chispa.

1831 Faraday descubre los principios de la inducción.

1851 Ruhmkorff produjo la primera bobina de inducción.

1859 El físico francés Gaston Planche construye el primer acumulador.

1860 Lenoir construye un motor de gasolina de combustión interna.

1860 Lenoir logra la combustión “en cilindro”.

1860 Lenoir produce la primera bujía.

1861 Lenoir produce un tipo de encendido de bobina intermitente.

1861 Robert Bosch nace en Albeck, cerca de Ulm, en Alemania.

1870 Otto patenta el motor de cuatro gargantas.

1875 En el motor Seigfried Marcus se usa un sistema de chispa interrumpida.

1876 Otto mejora el motor de gasolina.

1879 Leo Funk inventa el encendido de válvula caliente.

1885 Benz acopla su motor de petróleo a un carruaje de tres ruedas.

1885 Gottlieb Daimler y Karl Benz crean el automóvil de motor.

1886 Daimler acopla su motor a un carruaje de cuatro ruedas para producir un automotor de cuatro ruedas.

1887 El generador de baja tensión de Bosch se utiliza para motores estacionarios de gasolina.

1887 Hertz descubre las ondas de radio.

1888 El profesor Ayrton construye el primer automóvil eléctrico experimental.

1889 E. Martin utiliza un sistema mecánico para mostrar la palabra “STOP” en un tablero en la parte trasera de su automóvil.

1889 Georges Bouton inventa los interruptores de contacto.

1891 Panhard y Levassor inician el diseño actual de los automóviles al colocar el motor al frente.

1894 Primer automóvil eléctrico exitoso.

1895 Emile Mors usa acumuladores que se recargaban desde una dínamo de bandas y poleas.

1895 Georges Bouton da el toque final a la bobina intermitente.

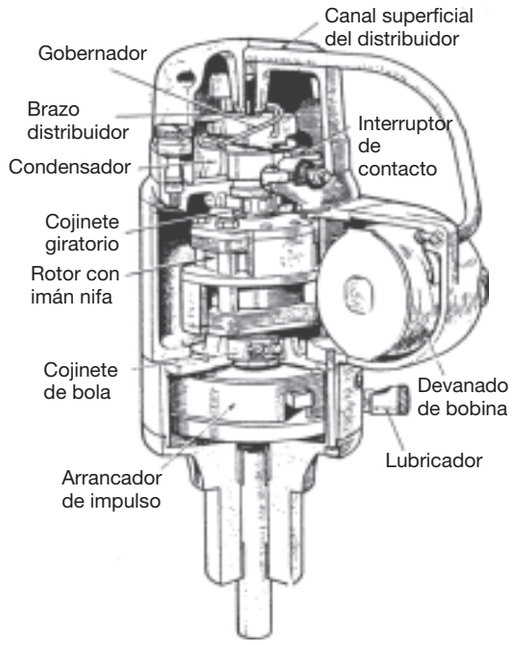


Figura 1.6 Vista seccional del generador de Lucas tipo 6VRA.

1896 Lanchester introduce el tren de engranes epicíclico, el cual se utiliza ahora en la transmisión automática.
1897 Marconi envía el primer mensaje por radio.
1897 Bosch y Simms crean un generador de baja tensión con la armadura en forma de H, que se utiliza en el encendido de un vehículo motorizado.
1899 Jenatzy rompe la barrera de los 100 km/h en un automóvil eléctrico.
1899 Se introduce el primer velocímetro (mecánico).
1899 Record mundial de velocidad de 66 millas (105.km) por hora, ¡en un automóvil impulsado por electricidad!
1901 El primer Mercedes sale a las carreteras.
1901 Lanchester produce un generador de volante.
1902 Bosch introduce el generador de alta tensión, de aceptación casi universal.
1904 Rigolly rompe la barrera de las 100 millas por hora.
1905 Miller Reese inventa el horno eléctrico.
1905 El doctor Hans Leitner y R.H. Lucas inventan la dínamo de tres escobillas.
1906 Rolls-Royce presenta el Silver Ghost.
1908 Ford utiliza una producción de línea de ensamble para la fabricación del modelo T.
1908 Aparece el alumbrado elécrico, producido por C.A. Vandervell.
1910 Aparece el prototipo Delco del arrancador eléctrico.
1911 Cadillac presenta el motor de arranque eléctrico y el alumbrado por dínamo.
1912 Bendix inventa el método de engranar un motor de arranque con el volante.
1912 Cadillac utiliza el motor de arranque y alumbrado. Este sistema eléctrico “Delco” fue inventado por Charles F. Kettering.
1913 Ford introduce la banda transportadora móvil en la línea de ensamblado.
1914 Bosch perfecciona el generador de inducción de manga.

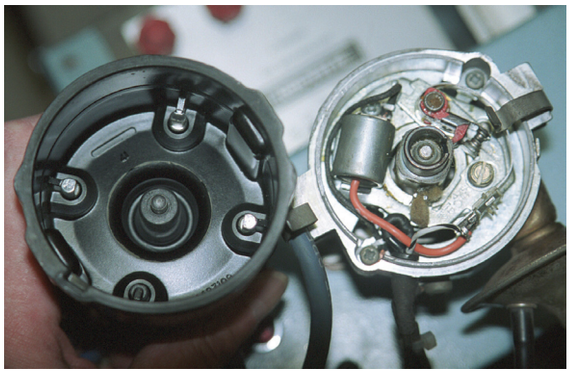


Figura 1.7 Distribuidor con interruptores de contacto.

1914 Se agrega un resorte amortiguador a los motores de arranque.

1920 Duesenberg empieza a instalar frenos hidráulicos en las cuatro ruedas.

1920 Los japoneses llevan a cabo mejoras significativas en la tecnología de los generadores.

1921 South Wales Wireless Society instala el primer equipo de radio en un automóvil.

1922 Lancia utiliza la construcción de chasis unitario (todo en uno) y la suspensión delantera independiente.

1922 Se produce el Austin Seven.

1925 El doctor D.E. Watson produce generadores eficientes para uso vehicular.

1927 Seagrave rompe la barrera de las 200 millas por hora (320 km/h) en un Sunbeam.

1927 Se produce el último Ford modelo T.

1928 Cadillac introduce la caja de engranes sincronizada.

1928 Nace en Huddersfield, Yorkshire, Reino Unido, la idea de una sociedad de ingenieros que se especializan en el oficio de la electricidad automotriz.

1929 Se introduce el horno eléctrico de Lucas.

1930 El encendido de bobina de batería empieza a ser desplazado por el encendido de generador.

1930 Las tecnologías de los generadores se mejoran más cada vez.

1931 Smiths presenta el indicador de combustible.

1931 Se introduce el generador Vertex.

1932 La Sociedad de Ingenieros Eléctricos Automotrices tiene su primera convención en el Constitutional Club, Hammersmith, de Londres, el 21 de octubre a las 3:30 pm.

1934 Citroën es la pionera en la conducción de tracción delantera con su modelo 7CV.

1934 La dínamo de dos escobillas y la unidad de control de voltaje compensado se instalan por primera vez.

1936 Se utiliza un velocímetro eléctrico que consta de un generador de CA y un voltímetro.

1936 Se introduce la tierra positiva para prolongar la vida de las bujías y reducir la corrosión en la batería.

1937 Se usan por primera vez cables de colores.

1938 Alemania produce el Volkswagen Beetle.

1939 Se instala el avance automático en los distribuidores de encendido.

1939 Por razones de seguridad, se prohíben en Inglaterra los radios en los automóviles.



Figura 1.8 El veloz SSC.

1939 Se empiezan a instalar las cajas de fusibles.
1939 En Alemania se usan por primera vez los registradores de velocidad (tacómetros).
1940 Se utiliza el velocímetro de CD, así como el rotor síncrono y el medidor de disparo.
1946 Se conforma la compañía Radiomobile.
1947 Se inventa el transistor.
1948 Jaguar lanza el automóvil deportivo XK120 y Michelin introduce una llanta curva radial.
1948 Los fabricantes del Reino Unido empiezan a utilizar el sistema eléctrico de 12 V.
1950 Dunlop anuncia el freno de disco.
1951 Buick y Chrysler introducen la dirección de potencia.
1951 Bosch inventa la inyección de petróleo.
1952 El automóvil de turbinas de gasolina de Rover establece el record de velocidad de 234 km/h.
1954 Bosch introduce la inyección de combustible para automóviles.
1954 Se legalizan las luces intermitentes.
1955 Citroën presenta un automóvil con suspensión hidroneumática.
1955 El arranque por clave se vuelve una característica común.
1957 Wankel construye su primer motor giratorio de petróleo.
1957 Se introducen los faros delanteros asimétricos.
1958 Se diseña el primer circuito integrado.
1959 La BMC (ahora Rover Cars) presenta el Mini.
1960 Los alternadores empiezan a reemplazar a las dínamos.
1963 Se construye la unidad de luces intermitentes electrónica.
1965 Se inicia el proceso de trabajo sobre el control electrónico del sistema de frenado antibloqueo (ABS).
1965 Se introduce el sistema de tierra negativa.
1966 California lanza la legislación respecto a la contaminación del aire ocasionada por los automóviles.
1966 Los reproductores de sonido en los automóviles no se usan con gran éxito en Inglaterra debido a la mala suspensión y al mal estado de las carreteras.

1967 El sistema de inyección de combustible de Bosch Jetronic pasa a su fase de producción.

1967 Se introduce el velocímetro electrónico.

1970 Gabelich conduce el automóvil Blue Flame, impulsado por cohete, para lograr un nuevo record de velocidad: 1001.473 km/h.

1970 En Inglaterra empiezan a aparecer los alternadores en los vehículos, a medida que las dínamos empiezan a desaparecer.

1972 Dunlop introduce las llantas de seguridad, las cuales se sellan por sí solas después de un pinchazo.

1972 Lucas inventa la pantalla delantera de instrumentos.

1974 Se produce el primer encendido electrónico sin interruptores de mantenimiento.

1976 Se producen los sensores de oxígeno Lambda.

1979 Barret supera la barrera del sonido en el Budweiser Rocket, de motor impulsado por cohete, con una velocidad de 1190.377 km/h.

1979 Bosch inicia la producción en serie del sistema de inyección Motronic.

1980 El primer automóvil de producción en masa de tracción en las cuatro ruedas, el Audi Quattro, está disponible.

1981 BMW introduce la computadora a bordo.

1981 Empieza la producción comercial de los ABS.

1983 Austin Rover presenta el Maestro, el primer automóvil con tablero parlante.

1983 Richard Noble establece un record oficial de 1019.4 km/h con el Thrust 2, vehículo con motor de propulsión a chorro.

1987 El Sunraycer, vehículo movido por energía solar, viaja 3000 kilómetros.

1988 Los controles de emisiones de California proponen el uso de vehículos cero emisiones (ZEVs) para 1998.

1989 El Gallant de Mitsubishi es el primer automóvil producido en masa con dirección en las cuatro ruedas.

1989 Se producen alternadores que superan los 100 A, de aproximadamente el tamaño de las primeras dínamos o más pequeños.

1990 Fiat de Italia y Peugeot de Francia lanzan automóviles eléctricos.

1990 En los vehículos Mercedes se utilizan sistemas de fibra óptica.

1991 El Parlamento Europeo vota por un control severo de las emisiones de los automóviles.

1991 Se producen faros delanteros de descarga de gas.

1992 Compañías japonesas desarrollan un sistema de imágenes que visualiza la carretera a través de una cámara.

1993 Un automóvil eléctrico japonés alcanza una velocidad de 176 km/h.

1993 Las regulaciones de controles de emisiones impulsan a un mayor desarrollo de sistemas de administración del motor.

1994 Los sistemas de mejoramiento de visión delantera se crean como parte del proyecto Prometeo.

1995 Greenpeace diseña un automóvil amigable con el ambiente capaz de recorrer de 67 a 78 millas por galón (100 km por cada 3 a 3.5 litros).

1995 ¡Se publica la primera edición de *Sistemas eléctrico y electrónico del automóvil*!

1996 Más legislaciones sobre el control de emisiones.

1997 GM presenta varios de sus LeSabres para un sistema automatizado de autopista (*Automated Highway System*).



Figura 1.9 Ford Mustang.

1998 El Thrust SSC rompe la barrera del sonido.
1998 Se empiezan a utilizar las luces de visión azul.
1998 El Mercedes clase S contaba con 40 computadoras y más de 100 motores.
1999 Las multimedia móviles se convierten en una opción extra.
2000 ¡Sale a la luz la segunda edición de *Sistemas eléctrico y electrónico del automóvil*!
2001 Los sistemas de posicionamiento global se empiezan a popularizar como una opción extra.
2002 Se producen los automóviles bajo el concepto Full X-by-wire.
2003 Bosch celebra 50 años de la *fuel injection*.
2003 Ford crea el motor de combustión interna a base de hidrógeno (H2ICE).
2004 ¡Tercera edición de *Sistemas eléctrico y electrónico del automóvil*!
2005 El semiconductor de FreeScale allana el camino para el automóvil autónomo al convertirse en la primera empresa en ofrecer controladores integrados tanto autónomos como FlexRay™.
2006 Más sensores, como el de guiño, se integran en un solo chip de control.
2007 El Tesla EV deportivo de dos plazas sale a la venta por primera vez.
2008 Se libera el servicio de telemática, seguridad y asistencia del BMW, "ConnectedDrive" en el Reino Unido.
2009 Se lleva a cabo el experimento con grupos de automóviles por Volvo y otros como parte del proyecto SARTRE.
2009 El KERS se usa por primera vez en la fórmula 1.
2010 Entran a producción los limpiadores de motores gemelos.
2011 ¡Aparece la 4a. edición de *Sistemas eléctrico y electrónico del automóvil*!
2012 La web semántica modifica los sistemas de capacitación automotriz…
2013 F1 utiliza motores híbridos de iluminación…
20— Y la historia continúa con usted…

1.2 ¿Y dónde seguimos?

1.2.1 Actualidades

Los controles electrónicos siguen siendo un área clave en los progresos del automóvil. Sin embargo, una tecnología emergente es el automóvil en la red y las posibilidades infinitas que podrían ofrecerse, unas buenas, otras malas, desde luego. Los automóviles híbridos son ahora la corriente más fuerte, así como los todo EV que no están muy lejos.

Un área que en particular puede ser más importante es el uso de los sistemas de navegación satelitales que proporciona algo más que un destino de arribo. Un área de investigación pretende adaptar las características operativas de un motor y con base en la máxima velocidad para saber en un mapa dónde está el automóvil. ¡Alarmante!

Las tres siguientes secciones son una copia de las tres anteriores ediciones de este libro, y donde especulaba, llegando a la fantasía, dónde acabaría el sistema eléctrico del automóvil. De algún modo espantables, muchas de esas ideas que tuve están aquí ahora.

La sección 1.2.4 raya en la especulación, pero no es un cuento muy largo…

1.2.2 Sistemas autoeléctricos en el próximo milenio

(En la primera edición de 1995)

Imagine qué clase de vehículo sería ese que se pudiera controlar totalmente por sistemas electrónicos. Imagine un vehículo que cuenta a bordo con todos los sistemas de diagnóstico para detectar inmediatamente y con exactitud cualquier falla y la reparación necesaria. Imagine un vehículo controlado por un sistema de cómputo de 64 bits con una memoria casi ilimitada. Imagine un vehículo con inteligencia artificial para tomar todas las decisiones de operación por usted y la cual también aprende lo que usted desea y a dónde se quiere dirigir. Por último, imagine todas las ideas anteriores combinadas con un sistema de guía automático, el cual funciona a partir de cables colocados bajo la superficie de rodamiento. ¡Imagine lo que pasaría si eso dejara de funcionar!

Sin embargo, visualícese de la siguiente manera: es la mañana del lunes 15 de enero de 2020, a las 08:00 horas. Debe estar en el trabajo a las 09:00 y tiene el tiempo justo para estar ahí aun cuando sólo hay 15 millas de distancia (la pista 14 M25 pronto estará a toda su capacidad) pero al menos el acceso a la avenida guiada por cable le ayuda.

Un estremecimiento de frío al caminar de la puerta de su casa a través de la capa de nieve le hace sentir gusto por haber pagado el extra por la versión XYZ de “el auto”. Como lo esperaba, las ventanas del auto ya están descongeladas y en cuanto toca con el pulgar el cojincillo de reconocimiento, la puerta se abre lentamente dejando salir un confortable aire tibio que le recibe. Es un poco difícil darse cuenta de que el auto se anticipara a lo que usted necesitaría esa mañana y entibiara el interior para cuando usted llegara.

Una vez cerrada la puerta y abrochados los cinturones de seguridad aparece un mensaje en la pantalla. “Buenos días, Tomás”, encuentra algo usualmente fastidioso, “Todos los sistemas están operando plenamente excepto el radar trasero de prevención de accidente” (de nuevo). “Me he tomado la libertad de conectarlo a una línea primaria del sistema de back-up y he hecho una búsqueda con la computadora de taller a través del enlace del módem de la radio”. Usted no puede ayudar pues se ha perdido algo de control, pero aún hay una cosa menos de qué preocuparse. “Podemos iniciar el trayecto, pues me he puesto en un

curso hacia su trabajo, ¿lo considera correcto?" Ser capaz de hablar con su auto era tonto al principio, pero uno pronto se habitúa a estas cosas. "Sí", dice usted y el viaje empieza.

Siempre es confortable saber que la presión y el piso de las llantas se ajustan automáticamente a las condiciones del clima y del camino. Incluso la suspensión y el sistema de dirección están afinados. La temperatura, como suele suceder, es correcta ahora, sin que haya tenido que tocar control alguno. Esto se debe a que el sistema del control de temperatura y clima aprendió pronto que usted prefiere sentirse bastante tibio al sentarse en el auto, pero que le gusta bajar un poco la temperatura conforme avanza en el trayecto. Le gustaría un pequeño ajuste al factor de humedad, por lo que se lo dice al auto. En la pantalla aparece "Quiero asegurarme de recordar el cambio a futuro". En parte del camino durante el trayecto, el auto disminuye la velocidad y hace un viraje que no es parte de la ruta usual al trabajo. El auto decide pasar la cuadra que usted puso en la comunicación de audio, en tanto usted se sorprende de lo sucedido. "Disculpe respecto al cambio de ruta, Tomás, pero la transmisión del reporte del camino sugiere que esta vía es más rápida ya que la nieve está disminuyendo. Todavía llegaremos a tiempo al trabajo".

El resto de la travesía no presenta novedades y usted suele aprovechar el tiempo revisando algunos documentos, pero no puede resistirse a ver si puede escuchar cuando el motor de diésel pasa al eléctrico. Pero es muy difícil porque la reducción activa de ruido está muy bien estos días.

El auto llega a su lugar de trabajo y se estaciona en el lugar de costumbre. Para algún cambio, usted recuerda tomar la unidad de control consigo si no el auto no tiene que recordárselo de nuevo. Si bien es bueno eso, pues el auto no funcionará sin él y usted lo puede usar para indicar al auto cuándo lo necesitará, etcétera. El auto también puede comunicarse con usted si, por ejemplo, hay un intento de irrupción ajena.

Por último, un toque en el cojincillo exterior y la puerta se cierra activando al mismo tiempo el sistema de alarma.

Mientras usted está en su trabajo, el auto ejecuta su quinto chequeo de diagnóstico de combustible del día y no encuentra fallas. Las baterías de sodio necesitan elevarse, por lo que el auto establece un vínculo de inducción magnética con el transformador subterráneo y pronto las baterías están totalmente cargadas.

El auto entra ahora en un modo de espera luego de haber establecido el tiempo de inicio de la preparación para su viaje de regreso a casa, el cual se ha aprendido con 85% de probabilidades de que será por la vía local pub…



Hecho clave

El auto entra ahora en un modo de espera luego de haber establecido el tiempo de inicio de la preparación para su viaje de regreso a casa, el cual se ha aprendido con 85% de probabilidades de que será por la vía local pub…

1.2.3 Sistemas automotrices en el próximo milenio; "el conductor moderno"

(Publicado por primera vez en 2000)

Lo mejor de los sistemas automotrices cableados es que usted aún puede tomar el control de vez en cuando. Suelo trabajar un poco mientras el auto me lleva a una jornada, lo cual es bueno. Pero hoy es un día de asueto.

"Por favor, introduzca los detalles de su jornada", le dice el auto en su misteriosamente humana voz. Claro que se puede ajustar, pero puede ser peor cuando suena como la del profesor Stephen Hawking. "Yo conduciré para hacer una modificación", le dije, pero como suele suceder, insistió. "¿Me permitiría planear la mejor ruta?" "¡No!", dije, "no hoy". "Todos los diagnósticos de rutina se ha efectuado durante la noche y no se ha encontrado falla alguna", continuó. En este punto lo dije brevemente, para no repetirlo a menos que fuera una emergencia. Luego de acceder a su "base de datos coloquial", pareció entender ¡y dejó de hablar!