

Inhaltsverzeichnis

Geleitwort.....	5
Vorwort.....	7
1 Einführung.....	19
1.1 Kraftfahrzeuge.....	19
1.2 Die Geschichte der Automobilelektronik.....	23
1.3 Standardisierung.....	29
1.3.1 Die Vorteile der Standardisierung.....	29
1.3.2 ISO.....	30
1.3.3 SAE International.....	32
1.3.4 ASAM.....	32
1.3.5 TMC.....	33
1.3.6 AUTOSAR.....	33
1.3.7 CAN in Automation (CiA).....	33
1.4 Gesetzgebung.....	33
1.4.1 Europäische Richtlinien und Verordnungen.....	33
1.4.2 Cal-EPA und California Code of Regulations (CCR).....	34
1.4.3 U.S. EPA und Federal Code of Regulations (CFR).....	35
1.4.4 United Nations (UN) und Global Technical Regulations (GTR).....	36
1.4.5 National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA).....	36
1.5 Gesetzlich vorgeschriebene (legislated) OBD.....	37
1.5.1 Einleitung.....	37
1.5.2 Europäische OBD-Richtlinien und Verordnungen.....	38
1.5.2.1 Euro 5, 6 und 7.....	38
1.5.2.2 Euro VI und UN GTR No. 5 für schwere Nutzfahrzeuge.....	38
1.5.2.3 Euro STAGE V für mobile Maschinen.....	39
1.5.3 California CCR Title 13 Section 1968 and 1971.....	40
1.5.4 U.S. EPA Title 40 CFR.....	40
1.5.5 United Nations UN GTR No. 5.....	41
1.6 Elektronische Steuergeräte und E/E-Systeme.....	41
1.6.1 Einleitung.....	41
1.6.2 Steuergeräte-Hardware.....	42
1.6.3 Blockschaltbild.....	45
1.6.4 Bordnetzspannung.....	47
1.6.5 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).....	47
1.6.6 Steuergeräte-Software.....	48
1.6.7 Selbsttest und Diagnose.....	48
1.7 Übungsfragen.....	50

2	Datenkommunikation.....	51
2.1	Kommunikationsarten.....	51
2.2	Codierte Informationen.....	51
2.3	Zahlensysteme.....	52
2.3.1	Das dezimale Zahlensystem.....	52
2.3.2	Das binäre Zahlensystem.....	52
2.3.3	Das hexadezimale Zahlensystem.....	54
2.3.4	Umrechnung von Zahlensystemen.....	55
2.3.5	Codieren und decodieren.....	56
2.4	ASCII-Code.....	57
2.5	UNICODE.....	59
2.6	On-Board-Kommunikation alias In-Vehicle-Communication.....	59
2.7	Diagnosekommunikation.....	62
2.8	ISO/OSI-Schichtenmodell.....	66
2.9	Übungsfragen.....	69
3	Bussysteme.....	71
3.1	Geschichte und Übersicht.....	71
3.2	Technische Grundlagen.....	72
3.2.1	Physikalische und logische Netzwerktopologien.....	72
3.2.2	Client-Server und Peer-to-Peer.....	74
3.2.3	Datenrate, Bitrate und Baudrate.....	75
3.2.4	Determinismus und Latenz.....	76
3.2.5	Buszugriff und Arbitrierung.....	76
3.3	SAE J1850, J1708 und J1587.....	77
3.3.1	SAE J1850 PWM und VPW.....	77
3.3.2	SAE J1708 und SAE J1587.....	77
3.4	K-Leitung.....	78
3.5	Controller Area Network (CAN).....	79
3.5.1	Geschichte und Übersicht.....	80
3.5.2	Classical CAN.....	83
3.5.2.1	High-Speed CAN, Low-Speed CAN und Single-Wire CAN.....	83
3.5.2.2	CAN-Identifizier (CAN-ID).....	86
3.5.2.3	Arbitrierung.....	88
3.5.2.4	CAN-Matrix.....	92
3.5.3	CAN FD und CAN XL.....	94
3.5.4	CAN Restbus-Simulation.....	96
3.6	SAE J1939.....	97
3.6.1	Übersicht.....	97
3.6.2	Physical-Layer (J1939-1x).....	99
3.6.3	J1939 CAN-Frame Format.....	100
3.6.3.1	PGN und SPN.....	101
3.6.3.2	Peer-to-Peer und Broadcasting.....	102
3.6.4	SAE J1939 Multipacket-Messages.....	104
3.7	AEF und ISOBUS (ISO 11783).....	104
3.7.1	Agricultural Industry Electronics Foundation (AEF).....	104

3.7.2	ISO 11783	105
3.7.3	ISOBUS Data-Link-Layer	107
3.7.4	Transportprotokolle	107
3.8	Local Interconnect Network (LIN)	107
3.8.1	Geschichte und Übersicht	107
3.8.2	Physical-Layer	110
3.8.3	LIN-Frames	111
3.8.4	Frame-Typen	112
3.8.4.1	Unconditional Frames	112
3.8.4.2	Event-triggered Frames	112
3.8.4.3	Sporadic Frames	112
3.8.4.4	Diagnostic Frames	113
3.9	FlexRay	113
3.9.1	Geschichte und Übersicht	113
3.9.2	Physical-Layer	114
3.9.3	Data-Link-Layer	116
3.9.3.1	FlexRay-Kommunikationszyklus	116
3.9.3.2	Kommunikation im statischen Segment	117
3.9.3.3	Kommunikation im dynamischen Segment	117
3.9.3.4	Das FlexRay Frame-Format	118
3.9.4	Synchronisation	119
3.10	Multimedia-Netzwerke	119
3.10.1	Einführung	119
3.10.2	Media Oriented Systems Transport (MOST)	120
3.10.3	IDB 1349 and ISO 22902	123
3.11	Automotive Ethernet	124
3.11.1	Geschichte und Übersicht	124
3.11.2	Ethernet in der Automobilindustrie	125
3.11.3	Data Link Layer	126
3.12	Netzwerk-Domänen und E/E-Architekturen	130
3.12.1	Vergleich der Fahrzeug-Netzwerke	130
3.12.2	Fahrzeug-Netzwerke (vernetzte Netze)	131
3.13	Übungsfragen	136
4	Application-Layer-Protokolle	139
4.1	Einführung	139
4.1.1	Legislated OBD und Enhanced Diagnostics	139
4.1.2	Diagnoseprotokoll-Stacks	142
4.1.3	Namenskonventionen	143
4.1.4	Diagnosedienste	144
4.1.5	Service-Identifizier (SID)	145
4.1.6	Negative Antworten und Negative Response Codes (NRC)	146
4.1.7	Physikalische und funktionale Adressierung	146
4.1.8	Diagnostic Trouble Codes	148
4.1.8.1	Einleitung	148
4.1.8.2	Basis-DTCs	148

Inhaltsverzeichnis

4.1.8.3	Extended DTCs.....	150
4.2	ISO- und SAE-OBd-Protokolle (ISO 15031 und SAE J1979).....	151
4.2.1	Einführung und Überblick.....	151
4.2.2	ISO 15765-4.....	152
4.2.3	OBd-Services.....	154
4.2.4	OBd-Dienstparameter.....	155
4.3	Unified Diagnostic Services (UDS).....	157
4.3.1	Geschichte und Überblick.....	157
4.3.2	Service-Parameter.....	159
4.3.2.1	Sub-Function-Bytes.....	159
4.3.2.2	Data Identifier (DID).....	160
4.3.3	Negative Response Codes (NRC).....	160
4.3.4	UDS-Services (ISO 14229-1).....	161
4.3.4.1	Diagnostic Session Control (0x10).....	161
4.3.4.2	ECU Reset (0x11).....	163
4.3.4.3	Clear Diagnostic Information (0x14).....	163
4.3.4.4	Read DTC Information (0x19).....	163
4.3.4.5	Read Data By Identifier (0x22).....	164
4.3.4.6	Read Data By Address (0x23).....	165
4.3.4.7	Read Scaling Data by Identifier (0x24).....	165
4.3.4.8	Security Access (0x27).....	166
4.3.4.9	Communication Control (0x28).....	166
4.3.4.10	Authentication (0x29).....	167
4.3.4.11	Read Data By Periodic Identifier (0x2A).....	168
4.3.4.12	Dynamically Define Data Identifier (0x2C).....	168
4.3.4.13	Write Data By Identifier (0x2E).....	168
4.3.4.14	Input-/Output Control By Identifier (0x2F).....	169
4.3.4.15	Routine Control (0x31).....	169
4.3.4.16	Request Download (0x34).....	169
4.3.4.17	Request Upload (0x35).....	169
4.3.4.18	Transfer Data (0x36).....	170
4.3.4.19	Request Transfer Exit (0x37).....	170
4.3.4.20	Request File Transfer (0x38).....	170
4.3.4.21	Tester Present (0x3E).....	170
4.3.4.22	Write Memory By Address (0x3D).....	170
4.3.4.23	Secured Data Transmission (0x84).....	171
4.3.4.24	Control DTC Setting (0x85).....	171
4.3.4.25	Response On Event (0x86).....	171
4.3.4.26	Link Control (0x87).....	171
4.4	UDS on IVN.....	171
4.4.1	UDS on CAN (ISO 14229-3).....	172
4.4.2	UDS on IP (ISO 14229-5).....	172
4.4.3	UDS on K-Linie (ISO 14229-6).....	172
4.4.4	UDS on LIN (ISO 14229-7).....	172
4.5	Heavy-Duty OBd (SAE J1939-73 und -03).....	173
4.5.1	Einleitung.....	173

4.5.2	SAE J1939 Diagnostic Messages (DM)	173
4.6	WWH-OBd (ISO 27145)	176
4.6.1	Einleitung	176
4.6.2	WWH-OBd-Dienste	177
4.7	SAE J1979-2 (OBDonUDS) und SAE J1979-3 (ZEVonUDS)	177
4.7.1	Einleitung	177
4.7.2	OBd on UDS	178
4.7.3	ZEV on UDS Application Layer Services	179
4.8	Übungsfragen	180
5	Transport-Protokolle und Network-Layer-Services	183
5.1	Einleitung	183
5.2	ISO 15765 (DoCAN und ISO-TP)	184
5.2.1	Übersicht	184
5.2.2	Adressierung	184
5.2.3	Segmentierung	186
5.2.4	Protokollkontrollinformationen (PCI)	188
5.3	SAE J1939-21 Transportprotokoll	190
5.3.1	Übersicht	190
5.3.2	Broadcast-Multipackage-Messages	191
5.3.3	J1939 Peer-to-Peer	192
5.4	ISOBUS-Transportprotokolle (ETP und FFTP)	193
5.5	Diagnostics over IP (DoIP)	193
5.5.1	Einführung und Überblick	193
5.5.2	Ethernet-Frames und -Pakete	196
5.5.3	Internetprotokolle (IPv4 und IPv6)	196
5.5.4	UDP und TCP	197
5.5.5	Ethernet-Header	198
5.5.6	IPv4-Header	199
5.5.7	IPv6-Header	200
5.5.8	UDP-Header	201
5.5.9	TCP-Header	201
5.5.10	DoIP-Nachrichten	202
5.6	Übungsfragen	203
6	ODX und OTX	205
6.1	Input-Processing-Output (IPO) Anwendungen	205
6.2	Warum ODX und OTX?	208
6.3	Unified Modelling Language (UML)	209
6.4	XML und XSD	210
6.5	Open Diagnostic Data Exchange Format (ODX)	214
6.5.1	Einführung und Überblick	214
6.5.2	ODX-Kategorien	215
6.5.2.1	Communication Parameter Specifications	216
6.5.2.2	Diagnostic Layer Container (DLC)	219
6.5.2.3	ECU Configurations	221

Inhaltsverzeichnis

6.5.2.4	Function Dictionaries	221
6.5.2.5	Vehicle Information Specification	221
6.5.2.6	Flash	221
6.5.2.7	Multiple ECU Job Specifications	222
6.5.3	ODX-Link	222
6.5.4	PDX	223
6.5.5	ODX-Autorenwerkzeuge	223
6.5.6	ODX-Templates	224
6.5.7	ODX-Checker und Autorenrichtlinien (AGL)	226
6.6	Open Test Sequence Exchange Format (OTX)	228
6.6.1	Einführung und Überblick	228
6.6.2	Wiederverwendbarkeit von OTX-Skripten	231
6.6.3	OTX-Projekte	233
6.6.4	Elemente einer OTX-Datei	234
6.6.5	Erweiterungen des Cores	237
6.6.6	Actions und Terms	239
6.6.7	Beispiel für eine OTX-Sequenz zur Diagnosekommunikation	239
6.6.8	OTX-Autorensysteme	241
6.7	Übungsfragen	242
7	Diagnosesysteme	243
7.1	Übersicht	243
7.2	Fahrzeugschnittstellen (DLC)	246
7.3	Vehicle Communication Interfaces (VCIs)	249
7.3.1	Einleitung	249
7.3.2	VCI-Hardware	251
7.3.3	VCI-Programmierschnittstellen (API)	255
7.3.3.1	Überblick	255
7.3.3.2	CAN-L2-API	256
7.3.3.3	SAE J2534	257
7.3.3.4	TMC RP 1210	260
7.3.3.5	D-PDU API (ISO 22900-2)	261
7.4	Diagnosetester (TST)	266
7.4.1	Hardware	266
7.4.2	Betriebssysteme	267
7.4.3	Diagnosetester-Schnittstellen (TST-to-VCI-Verbindungen)	268
7.4.3.1	USB	269
7.4.3.2	Ethernet	270
7.4.3.3	Bluetooth®	271
7.4.3.4	Wireless LAN (WLAN) und Wi-Fi	271
7.4.4	Proprietäre Systeme	272
7.4.5	ASAM MCD-System	274
7.4.6	MVCI D-Server	276
7.4.7	D-Server und D-Server API (ISO 22900-3)	277
7.4.8	OTX-Runtime (OTX-RT) und OTX-RT API	278
7.4.9	Smart Diagnostic Engine (SDE) und SDE API (SDA)	279

7.5	Übungsfragen.....	281
8	Anwendungen.....	283
8.1	Diagnose im Service.....	283
8.2	Fahrzeugidentifikation (Fahrzeugidentifikationsnummer FIN).....	287
8.2.1	Einleitung.....	287
8.2.2	FIN lesen mit SAE J1979/ISO 15031.....	289
8.2.3	FIN lesen mit UDS on CAN.....	291
8.2.4	FIN lesen mit WWH-OBd (ISO 27145-3).....	291
8.2.5	FIN lesen mit HD-OBd (SAE J1939-73).....	291
8.2.6	FIN lesen mit SAE J1979-2 und -3.....	292
8.3	Programmierung von Steuergeräten mit UDS.....	292
8.3.1	Einführung.....	292
8.3.2	Programmierbarer Speicher.....	294
8.3.3	Bootloader und Flashloader.....	295
8.3.4	Motorola S-Record.....	296
8.3.5	Ablauf der Flash-Programmierung.....	296
8.3.6	Flash-Performance.....	299
8.3.7	Beispiele.....	300
8.3.7.1	Liebherr CCU 70.....	300
8.3.7.1.1	Pre-Processing.....	301
8.3.7.1.2	Programmierung.....	301
8.3.7.1.3	Post-Processing.....	302
8.3.7.1.4	Benutzeroberfläche.....	302
8.3.7.2	Hand-held Flashtool.....	303
8.4	Übungsfragen.....	304
9	Diagnose 4.0.....	305
9.1	Fahrzeugindustrie im Wandel der Zeit.....	305
9.2	Autonome Fahrzeuge und Maschinen.....	306
9.3	Konnektivität (V2X).....	309
9.4	Drahtlose Kommunikation.....	310
9.5	Fern-Datenerfassung.....	311
9.6	Remote Assistance.....	315
9.7	Integrierte Diagnosesysteme.....	316
9.8	Service Oriented Vehicle Diagnostics (SOVD).....	318
9.9	Automotive Cybersecurity.....	319
9.10	Übungsfragen.....	322
10	Übungsfragen – Antworten.....	323
11	Anhang.....	333
11.1	Literaturverzeichnis.....	333
11.1.1	Bücher.....	333
11.1.2	SAE Technical Papers.....	333
11.1.3	ISO Standards.....	334

Inhaltsverzeichnis

11.1.4 SAE Recommended Practices 340

11.2 Abkürzungen 342

Stichwortverzeichnis..... 353