

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Bordelektrik	3
2.1	Bordnetz	3
2.1.1	Leitungen und Kabelbäume	4
2.1.2	Verdrahtungspläne	6
2.1.3	Steckverbinder	8
2.1.4	Sicherungen	10
2.2	Mehrspannungs-Bordnetz	10
2.3	Energiemanagement	12
	Literatur	14
3	Energiespeicher	15
3.1	Blei-Akkumulatoren	18
3.2	Blei-Kohlenstoff-Akkumulatoren	19
3.3	Nickel-Cadmium-Akkumulatoren	20
3.4	Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren	20
3.5	Li-Ionen-Akkumulatoren	21
3.6	Natrium-Schwefel-Akkumulatoren	24
3.7	Lithium-Schwefel-Akkumulatoren	24
3.8	Lithium-Luft-Akkumulatoren	25
3.9	Natrium-Nickelchlorid-Akkumulatoren	25
3.10	Natrium-Ionen-Akkumulatoren	26
3.11	Natrium-Luft-Akkumulatoren	26
3.12	Kondensatoren als Energiespeicher	27
3.13	Brennstoffzellen	28
3.14	Weitere Energiespeicher	30
	Literatur	31

4	Hybridantriebe und elektrische Antriebe	33
4.1	Elektrische Maschinen	33
4.1.1	Gleichstrommaschinen	35
4.1.2	Synchronmaschinen	36
4.1.3	Asynchronmaschinen	38
4.1.4	Umrichter	39
4.2	Lichtmaschine	40
4.3	Starter	43
4.4	Starter-Generatoren	45
4.5	Hybridfahrzeuge	46
4.5.1	Serienhybride	47
4.5.2	Parallelhybride	48
4.5.3	Leistungsverzweigte Hybride	49
4.6	Elektrofahrzeuge	50
4.6.1	Brennstoffzellen-Fahrzeuge	53
4.6.2	Fahrzeuge mit Aufladung am öffentlichen Netz	53
4.6.3	Solarfahrzeuge	55
	Literatur	56
5	Beispiel Elektronische Dieselsteuerung (EDC)	57
5.1	Aufgaben	58
5.2	Einspritzung	59
5.2.1	Winkeluhr	59
5.2.2	Berechnung der Einspritzmenge	63
5.2.3	Berechnung des Spritzbeginns	65
5.2.4	Ansteuerung des Einspritzsystems	66
5.2.5	Ansteuerung der Injektoren	67
5.2.6	Regelung des Raildrucks	73
5.3	Drehzahlregelung	75
5.4	Regelung des Luftsystems	76
5.4.1	Abgasrückführung	77
5.4.2	Aufladung	82
5.5	Abgasnachbehandlung	85
5.5.1	Partikelfilter	87
5.5.2	Stickoxid-Filter	89
5.5.3	Abgas-Sensorik	94
5.6	Der Abgasskandal	98
5.7	Thermomanagement	99
	Literatur	101

6	Datenkommunikation im Fahrzeug	105
6.1	Zuordnung von Funktionen zu Geräten	105
6.2	Kfz-Elektronik als LAN	107
6.3	CAN-Bus	110
6.3.1	Physikalische Schicht des CAN	112
6.3.2	Sicherungsschicht des CAN	125
6.3.3	Beispiele für aufgesetzte Protokollschichten	133
6.3.4	CAN FD und CAN XL	135
6.4	Weitere Bussysteme	138
6.4.1	LIN	138
6.4.2	Zeitgesteuerte Busse (Byteflight, TTCAN, TTP, FlexRay)	140
6.4.3	Busse für Rückhaltesysteme	144
6.4.4	Einfache Sensorbusse	146
6.4.5	Busse für Multimedia-Anwendungen	146
6.4.6	Ethernet	149
6.4.7	Drahtlose Netze	150
6.5	Praktisches Vorgehen	151
	Literatur	154
7	Hardware	157
7.1	Steuergeräteschaltungen	157
7.1.1	Rechnerkern	157
7.1.2	Sensorik	169
7.1.3	Auswertung von Sensorsignalen	175
7.1.4	Ansteuerung der Aktoren	183
7.1.5	Spannungswandler	194
7.2	Elektromagnetische Verträglichkeit	197
7.2.1	Störquellen und Störsenken	198
7.2.2	Kopplungsmechanismen	199
7.2.3	EMV-Normen und Gesetzgebung	203
7.2.4	Maßnahmen zur Sicherstellung der EMV	215
7.2.5	Simulation in der EMV	220
7.2.6	EMV-Mess- und Prüftechnik	221
7.3	Mechanische Anforderungen	225
7.4	Thermische Anforderungen	226
7.5	Chemische Anforderungen und Dichtigkeit	232
7.6	Anforderungen an den Umweltschutz	234
7.7	Akustische Anforderungen	235
7.8	Aufbau- und Verbindungstechnik	236
	Literatur	238

8	Software	243
8.1	Architektur der Steuergeräte-Software	243
8.2	Echtzeit-Betriebssysteme	247
8.2.1	Aufgaben eines Echtzeit-Betriebssystems	247
8.2.2	OSEK/VDX	250
8.2.3	AUTOSAR	254
8.3	Steuer- und regelungstechnische Funktionen der Software	259
8.3.1	Steuerungen	259
8.3.2	PI- und PID-Regler	261
8.3.3	Modellbasierte Regler	266
8.4	Diagnosefunktionen der Software	273
8.4.1	Erkennung und Behandlung von Fehlern	274
8.4.2	Entprellung und Heilung von Fehlern	276
8.4.3	Fehlerspeicher-Management	277
8.4.4	Kommunikation zwischen Steuergerät und Tester	278
8.4.5	On-Board-Diagnose (OBD)	286
8.4.6	Programmierung über die Diagnose-Schnittstelle	290
8.4.7	ODX	291
8.4.8	OTX	292
8.5	Entwicklung der Anwendungs-Software	294
8.5.1	Entwurf und Modellierung	294
8.5.2	Programmierung	295
8.5.3	Bypass	298
8.5.4	Datensatz und Applikation	299
8.5.5	Softwaretests	307
8.5.6	Flash-Programmierung	316
	Literatur	319
9	Datensicherheit (Security)	323
9.1	Datensicherheit im Entwicklungsprozess	326
9.2	Verschlüsselung	327
9.3	Authentifikation	330
9.4	Validierung	332
9.5	Spezielle Angriffe	333
9.5.1	Schadsoftware	334
9.5.2	Nebenkanalangriffe	335
9.6	Tests	336
	Literatur	336

10	Sicherheit und Zuverlässigkeit	339
10.1	Die Norm ISO 26262	340
10.2	Ausfälle elektronischer Systeme	342
10.2.1	Alterung und Ausfall elektronischer Bauelemente	344
10.3	Ausfälle von Software	351
10.4	Methoden zur Analyse von Sicherheit und Zuverlässigkeit	352
10.4.1	FMEA	352
10.4.2	Fehlerbaumanalyse	355
10.4.3	Ereignisfolgenanalyse	357
10.5	Verbesserungsmaßnahmen	358
10.5.1	Qualifizierung von Bauelementen	358
10.5.2	Überwachung und Diagnose	359
10.5.3	Komplexität und Redundanz	360
	Literatur	362
11	Projekte, Prozesse und Produkte	365
11.1	Besonderheiten der Kfz-Branche	365
11.2	Stufen der Elektronik-Entwicklung	368
11.3	Projekte und Prozesse	370
11.4	Projekte in der Praxis	372
11.5	Projektphasen	373
11.5.1	Akquisitionsphase	374
11.5.2	Planungsphase	376
11.5.3	Entwicklungsphase	394
11.6	Management des Produktlebenszyklus	399
11.7	Architekturbasierte Entwicklung	400
11.8	Serienbetreuung	401
11.8.1	Serienbetreuung durch die Entwicklung	401
11.8.2	Produktion	401
11.8.3	Service	404
11.9	Qualität	405
11.9.1	Qualitätsmanagement	406
11.9.2	Qualitätsstandards	412
	Literatur	417

12	Anwendungen	421
12.1	Funktionsentwicklung am Beispiel Klimaregelung	421
12.1.1	Prinzip der Klimaregelung	421
12.1.2	Struktur der Klimaregelung (Beispiel)	423
12.1.3	Funktionsentwicklung im Klimasteuergerät (Beispiel)	424
12.2	Systeme im Antriebsstrang	426
12.2.1	Motorsteuergeräte (Otto)	426
12.2.2	Steuergeräte für variable Nockenwellen	431
12.2.3	Geregelte Kraftstoffpumpen	434
12.2.4	Geregelte Ölpumpen	434
12.2.5	Getriebesteuergeräte	435
12.2.6	Kupplungssteuergeräte	436
12.2.7	Elektronische Differenzialsperre	437
12.2.8	Motorlagerung	438
12.3	Systeme für die Fahrdynamik und die aktive Sicherheit	441
12.3.1	Längsdynamik und Bremsen	441
12.3.2	Querdynamik, Lenkung und ESP	448
12.3.3	Vertikaldynamik	452
12.3.4	Reifenüberwachung	454
12.4	Systeme für die passive Sicherheit	457
12.4.1	Pre-Crash-Systeme	458
12.4.2	Gurtstraffer	458
12.4.3	Airbag	459
12.4.4	Fußgängerschutz	461
12.4.5	Sicherheitssysteme im Sitz	462
12.4.6	Unfalldatenschreiber	462
12.5	Fahrerassistenz- und Informationssysteme	463
12.5.1	Spurhalte- und Spurwechselassistenten	463
12.5.2	Einparkhilfen	465
12.5.3	Navigationssysteme	466
12.5.4	Telematik	469
12.5.5	Autonomes Fahren	473
12.5.6	Scheibenreinigungssysteme	474
12.5.7	Außenbeleuchtung	475
12.5.8	Nachtsichtsysteme	479
12.5.9	Müdigkeitsassistent	480
12.5.10	Abblendspiegel	481
12.5.11	Seitenspiegel	481

12.6	Mensch-Maschine-Schnittstelle	482
12.7	Komfortsysteme	486
12.7.1	Sitzsysteme	486
12.7.2	Fensterheber und Schiebedach	487
12.7.3	Verdecksteuerung	488
12.7.4	Individualisierung	488
12.7.5	Innenbeleuchtung	488
12.8	Unterhaltungselektronik	489
12.9	Fahrzeugakustik	491
12.10	Diebstahlschutz	491
12.10.1	Zugang zum Fahrzeug	491
12.10.2	Wegfahrsperre	494
12.10.3	Lenkradverriegelung	496
12.10.4	Alarmanlagen	496
	Literatur	497
13	Selbstbau und Tuning	503
	Literatur	506
14	Zukunftstechnologien im Fahrzeug	507
14.1	Adaptronik	507
14.1.1	Beispiel Strukturversteifung mit Memory-Metallen	508
14.2	Nanotechnologie	508
14.3	Photonik	509
14.4	Augmented Reality	510
14.5	Weitere Zukunftsentwicklungen	510
	Literatur	511
	Normen	513
	Stichwortverzeichnis	533