

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen	XVII
Symbole	XXIX
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	7
2.1.4 Sicherungen	9
2.2 Energiespeicher	10
2.2.1 Bleiakumulatoren	11
2.2.2 Nickel-Cadmium-Akkumulatoren	13
2.2.3 Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren	13
2.2.4 Li-Ionen-Akkumulatoren	14
2.2.5 Natrium-Schwefel-Akkumulatoren	15
2.2.6 Kondensatoren als Energiespeicher	15
2.2.7 Brennstoffzellen	17
2.2.8 Weitere Energiespeicher	19
2.3 Mehrspannungs-Bordnetz	20
2.4 Energiemanagement	21
3 Hybridantriebe und elektrische Antriebe	25
3.1 Elektrische Maschinen	25
3.1.1 Gleichstrommaschinen	27
3.1.2 Synchronmaschinen	28
3.1.3 Asynchronmaschinen	29
3.1.4 Umrichter	31
3.2 Lichtmaschine	32
3.3 Starter	36

3.4	Starter-Generatoren	37
3.5	Hybridfahrzeuge	38
3.5.1	Serienhybride	39
3.5.2	Parallelhybride	40
3.5.3	Leistungsverzweigte Hybride	41
3.6	Elektrofahrzeuge	42
3.6.1	Brennstoffzellen-Fahrzeuge	44
3.6.2	Fahrzeuge mit Aufladung am öffentlichen Netz	45
3.6.3	Solarfahrzeuge	47
4	Beispiel Elektronische Dieselsteuerung (EDC)	49
4.1	Aufgaben	50
4.2	Einspritzung	51
4.2.1	Winkeluhr	51
4.2.2	Berechnung der Einspritzmenge	55
4.2.3	Berechnung des Spritzbeginns	57
4.2.4	Ansteuerung des Einspritzsystems	58
4.2.5	Ansteuerung der Injektoren	59
4.2.6	Regelung des Raildrucks	65
4.3	Drehzahlregelung	67
4.4	Regelung des Luftsystems	68
4.4.1	Abgasrückführung	69
4.4.2	Aufladung	74
4.5	Abgasnachbehandlung	77
4.5.1	Partikelfilter	78
4.5.2	Stickoxid-Filter	80
4.5.3	Lambda-Sonde	84
4.5.4	NO _x -Sonde	85
4.5.5	Ruß-Sensoren	86
4.6	Thermomanagement	86
5	Datenkommunikation im Fahrzeug	89
5.1	Zuordnung von Funktionen zu Geräten	89
5.2	Kfz-Elektronik als LAN	91
5.3	CAN-Bus	94
5.3.1	Physikalische Schicht des CAN	95
5.3.2	Sicherheitsschicht des CAN	108
5.3.3	Beispiele für aufgesetzte Protokollschichten	116
5.3.4	CAN-Bus mit flexibler Datenrate	119
5.4	Weitere Bussysteme	119
5.4.1	LIN	119
5.4.2	Zeitgesteuerte Busse (Bytflight, TTCAN, TTP, FlexRay)	122

5.4.3	Busse für Rückhaltesysteme	126
5.4.4	Einfache Sensorbusse	127
5.4.5	Busse für Multimedia-Anwendungen	128
5.4.6	Ethernet	130
5.4.7	Drahtlose Netze	131
5.5	Praktisches Vorgehen	131
6	Hardware	135
6.1	Steuergeräteschaltungen	135
6.1.1	Rechnerkern	136
6.1.2	Sensorik	147
6.1.3	Auswertung von Sensorsignalen	153
6.1.4	Ansteuerung der Aktoren	161
6.1.5	Spannungswandler	172
6.2	Elektromagnetische Verträglichkeit	174
6.2.1	Störquellen und Störsenken	175
6.2.2	Kopplungsmechanismen	176
6.2.3	EMV-Normen und Gesetzgebung	181
6.2.4	Maßnahmen zur Sicherstellung der EMV	189
6.2.5	Simulation in der EMV	193
6.2.6	EMV-Mess- und Prüftechnik	195
6.3	Mechanische Anforderungen	198
6.4	Thermische Anforderungen	200
6.5	Chemische Anforderungen und Dichtigkeit	206
6.6	Anforderungen an den Umweltschutz	207
6.7	Akustische Anforderungen	208
6.8	Aufbau- und Verbindungstechnik	209
7	Software	213
7.1	Architektur der Steuergeräte-Software	213
7.2	Echtzeit-Betriebssysteme	216
7.2.1	Aufgaben eines Echtzeit-Betriebssystems	216
7.2.2	OSEK/VDX	219
7.2.3	AUTOSAR	223
7.3	Steuer- und regelungstechnische Funktionen der Software	225
7.3.1	Steuerungen	226
7.3.2	PI- und PID-Regler	228
7.3.3	Modellbasierte Regler	232
7.4	Diagnosefunktionen der Software	239
7.4.1	Erkennung und Behandlung von Fehlern	240
7.4.2	Entprellung und Heilung von Fehlern	242
7.4.3	Fehlerspeicher-Management	243

7.4.4	Kommunikation zwischen Steuergerät und Tester	244
7.4.5	On-Board-Diagnose (OBD)	249
7.4.6	Programmierung über die Diagnose-Schnittstelle	253
7.4.7	ODX	254
7.4.8	OTX	254
7.5	Entwicklung der Anwendungs-Software	255
7.5.1	Programmierung	255
7.5.2	Bypass	258
7.5.3	Datensatz und Applikation	259
7.5.4	Softwaretests	265
7.5.5	Flash-Programmierung	274
8	Projekte, Prozesse und Produkte	279
8.1	Besonderheiten der Kfz-Branche	279
8.2	Stufen der Elektronik-Entwicklung	281
8.3	Projekte und Prozesse	284
8.4	Projekte in der Praxis	286
8.5	Projektphasen	287
8.5.1	Akquisitionsphase	287
8.5.2	Planungsphase	290
8.5.3	Entwicklungsphase	308
8.6	Product Lifecycle Management	313
8.7	Architekturbasierte Entwicklung	314
8.8	Serienbetreuung	315
8.8.1	Serienbetreuung durch die Entwicklung	315
8.8.2	Produktion	315
8.8.3	Service	318
8.9	Qualität	319
8.9.1	Qualitätsmanagement	320
8.9.2	Qualitätsstandards	326
9	Sicherheit und Zuverlässigkeit	331
9.1	Die Norm ISO 26262	332
9.2	Ausfälle elektronischer Systeme	334
9.2.1	Alterung und Ausfall elektronischer Bauelemente	336
9.3	Ausfälle von Software	342
9.4	Methoden zur Analyse von Sicherheit und Zuverlässigkeit	343
9.4.1	FMEA	343
9.4.2	Fehlerbaumanalyse	346
9.4.3	Ereignisfolgenanalyse	348
9.5	Verbesserungsmaßnahmen	348
9.5.1	Qualifizierung von Bauelementen	348

	9.5.2	Überwachung und Diagnose	350
	9.5.3	Komplexität und Redundanz	351
10	Anwendungen		355
	10.1	Funktionsentwicklung am Beispiel Klimaregelung	355
	10.1.1	Prinzip der Klimaregelung	355
	10.1.2	Struktur der Klimaregelung (Beispiel)	357
	10.1.3	Funktionsentwicklung im Klimasteuergerät (Beispiel)	358
	10.2	Systeme im Antriebsstrang	360
	10.2.1	Motorsteuergeräte (Otto)	360
	10.2.2	Steuergeräte für variable Nockenwellen	364
	10.2.3	Geregelte Kraftstoffpumpen	367
	10.2.4	Getriebesteuergeräte	368
	10.2.5	Kupplungssteuergeräte	369
	10.2.6	Elektronische Differenzialsperre	370
	10.3	Systeme für die Fahrdynamik und die aktive Sicherheit	371
	10.3.1	Längsdynamik und Bremsen	372
	10.3.2	Querdynamik, Lenkung und ESP	377
	10.3.3	Vertikaldynamik	381
	10.3.4	Reifenüberwachung	383
	10.4	Systeme für die passive Sicherheit	385
	10.4.1	Pre-Crash-Systeme	386
	10.4.2	Gurtstraffer	386
	10.4.3	Airbag	387
	10.4.4	Fußgängerschutz	389
	10.4.5	Heckaufprall	390
	10.5	Fahrerassistenz- und Informationssysteme	390
	10.5.1	Spurhalte- und Spurwechselassistenten	390
	10.5.2	Einparkhilfen	391
	10.5.3	Navigationssysteme	392
	10.5.4	Telematik	395
	10.5.5	Scheibenreinigungssysteme	398
	10.5.6	Beleuchtung	399
	10.5.7	Nachtsichtsysteme	401
	10.5.8	Abblendspiegel	402
	10.5.9	Müdigkeitsassistent	403
	10.6	Mensch-Maschine-Schnittstelle	403
	10.7	Komfortsysteme	407
	10.7.1	Sitzsysteme	408
	10.7.2	Fensterheber und Schiebedach	408
	10.7.3	Individualisierung	409
	10.7.4	Innenbeleuchtung	409

10.8	Unterhaltungselektronik	409
10.9	Fahrzeugakustik	411
10.10	Diebstahlschutz	412
10.10.1	Zugang zum Fahrzeug	412
10.10.2	Wegfahrsperrung	412
10.10.3	Alarmanlagen	415
11	Selbstbau und Tuning	417
12	Zukunftstechnologien im Fahrzeug	421
12.1	Adaptronik	421
12.1.1	Beispiel Motorlagerung	422
12.1.2	Beispiel Strukturversteifung mit Memory-Metallen	425
12.2	Nanotechnologie	425
12.3	Photonik	426
12.4	Weitere Zukunftsentwicklungen	426
	Normen	429
	Literatur	441
	Sachverzeichnis	457