

Inhalt

Vorwort	V
1 Bussysteme	1
1.1 Grundlagen digitaler Bussysteme	2
1.1.1 Grundbegriffe	2
1.1.2 Das ISO/OSI-Referenzmodell	3
1.1.3 Kommunikationsprinzipien	6
1.1.4 Protokollprinzipien	6
1.1.5 Topologien	7
1.1.6 Systembausteine zur Kopplung von Bussystemen	7
1.1.7 Buszugriffsverfahren	8
1.1.8 Prinzipien der Datensicherung und der Fehlerkontrolle	10
1.2 Bussysteme im Fahrzeug	13
1.2.1 Anforderungen an Bussysteme im Fahrzeug	13
1.2.2 CAN	14
1.2.3 LIN	20
1.2.4 Flexray	23
1.2.5 MOST	32
1.2.6 Kommunikationsarchitekturen im Fahrzeug	34
2 Echtzeitbetriebssysteme	35
2.1 Allgemeines zu Echtzeitbetriebssystemen	35
2.1.1 Grundlegende Begriffe	35
2.1.2 Echtzeitbegriffe	36
2.1.3 Prozess und Prozesszustände	39
2.1.4 Kontextwechsel	39
2.1.5 Scheduling	40
2.1.6 Vertreter von Echtzeitbetriebssystemen	41
2.2 OSEK/VDX	42
2.2.1 Historie	42
2.2.2 Grundlegende Eigenschaften von OSEK-Betriebssystemen	42
2.2.3 Betriebsmittel	44
2.2.4 Skalierbarkeit	47
2.2.5 Prioritätssteuerung	47
2.2.6 Konfiguration	48
2.2.7 Hochlauf	50
2.2.8 Kommunikation	51
2.2.9 Netzwerk-Management	51
2.2.10 OSEK/VDX-Erweiterungen	51
2.3 AUTOSAR	52

3 Funktions- und Softwareentwicklung	55
3.1 Charakteristika eingebetteter Systeme im Fahrzeug	56
3.1.1 Grundbegriffe der Systemtheorie	56
3.1.2 Strukturierung, Modellierung und Beschreibung	56
3.1.3 Steuergeräte und Mikrocontroller	59
3.1.4 Zuverlässigkeit, Sicherheit und Überwachung	61
3.2 Vorgehensmodelle, Normen und Standards	61
3.2.1 Normen und Vorgehensmodelle	62
3.2.2 Übergreifende technische Standards	65
3.3 Funktions- und Softwareentwicklung nach dem V-Modell	66
3.3.1 Konkretisierung des V-Modells	66
3.3.2 Anforderungsmanagementprozesse	68
3.3.3 Architekturfestlegung	70
3.3.4 Komponentenfestlegung	73
3.3.5 Integration	75
3.3.6 Applikation	76
3.3.7 Abnahme	77
3.4 Methoden in der Funktions- und Softwareentwicklung	78
3.4.1 Anforderungsmanagement	78
3.4.2 Testmethoden	83
4 Sensorik	89
4.1 Sensoren und ihre Eigenschaften	89
4.1.1 Grundbegriffe	89
4.1.2 Intensive und extensive Messgrößen	90
4.1.3 Statische und dynamische Eigenschaften von Sensoren	90
4.2 Anforderungen an Sensoren	93
4.3 Partitionierung von Sensoren	94
4.4 Sensorschnittstellen	95
4.4.1 Spannungsschnittstelle für induktive Sensoren	95
4.4.2 Analoge, ratiometrische Schnittstelle	95
4.4.3 Zweidrahtschnittstelle	97
4.4.4 Dreidrahtschnittstelle	98
4.4.5 Sensoranbindung über Bussysteme	99
4.5 Potentiometrische Winkelsensoren	100
4.6 Magnetische Sensoren zur Drehzahl- und Winkelbestimmung	101
4.6.1 Grundlagen des Magnetismus	101
4.6.2 Partitionierung magnetischer Sensoren	106
4.6.3 Induktive Drehzahlsensoren	107
4.6.4 Differentielle Hall-Sensoren zur Drehzahlmessung	108
4.6.5 AMR-Sensoren als Drehzahlsensoren	110
4.6.6 Hall-Sensoren als inkrementelle Positionssensoren	110
4.6.7 Hall-Sensoren als lineare Winkelsensoren	112
4.6.8 AMR-Sensoren als Winkelsensoren	113
4.7 Drucksensoren	114
4.8 Beschleunigungssensoren	116

4.9	Drehratensensoren	119
4.9.1	Messprinzip von Drehratensensoren	119
4.9.2	Aufbau und Funktionsweise von Drehratensensoren	121
4.10	Fertigung von mikromechanischen Sensoren	123
4.11	Regensensor	125
5	Ottomotor-Steuerung	127
5.1	Arbeitsweise von Ottomotoren	127
5.2	Aufbau von Motorsteuerungssystemen	128
5.2.1	Anforderungen an Motorsteuergeräte	128
5.2.2	Aufbau der Steuergeräteelektronik	128
5.3	Aufgaben von Motorsteuerungssystemen	130
5.4	Funktionsstruktur von Ottomotorsteuerungen	131
5.4.1	Drehmomentenbasierte Grundstruktur	131
5.4.2	Gemischbildungsfunktionen	137
5.4.3	Zündungsfunktionen	140
5.4.4	Verbrennungsfunktionen	141
5.4.5	Abgasfunktionen	143
5.4.6	Diagnosefunktionen	145
5.5	Entwicklungsprozess	149
6	Dieselmotor-Steuerung	151
6.1	Einleitung	151
6.2	Grundlagen	151
6.2.1	Gemischbildung und Selbstzündung	151
6.2.2	Kraftstoffeinspritzmenge	152
6.2.3	Einspritzzeitpunkt	153
6.2.4	Abgasgesetzgebung	154
6.3	Einspritzsysteme	155
6.3.1	Pumpe-Düse-System	156
6.3.2	Common-Rail-System	161
6.4	Motoraufladung	168
6.4.1	Einführung	168
6.4.2	Gemeinsamkeiten der Turbolader-Systeme	169
6.4.3	Laderarten	169
6.5	Motorlaufkultur und motorbeeinflusster Fahrkomfort	171
6.5.1	Thermische Starthilfe	171
6.5.2	Motorlaufkultur	172
6.5.3	Motorbeeinflusster Fahrkomfort	173
6.6	Schadstoffreduzierung	173
6.6.1	Innermotorische Schadstoffreduzierung	173
6.6.2	Abgasnachbehandlung	174
6.7	Diagnose	180
6.7.1	Gesetzliche On-Board-Diagnose	180
6.7.2	On-Board-Diagnose in der Werkstatt	182
6.7.3	Off-Board-Diagnose in der Werkstatt	184

7	Getriebesteuerung	191
7.1	Schaltpunktsteuerung	191
7.2	Geregelte Lastschaltung	193
7.2.1	Systemerklärung	193
7.2.2	Adaptive Drucksteuerung mit Kriterium „Schleifzeit“	196
7.2.3	Adaptive Drucksteuerung mit Kriterium „Reglereingriff“	198
7.3	Geregelte Wandlerkupplung	200
7.3.1	Systemerklärung	201
7.3.2	Regelung	202
7.3.3	Generierung und Anpassung des Sollwertes	202
7.3.4	Adaption	204
8	Elektrische Energieversorgung	209
8.1	Topologie der Ein- und Mehrspannungsbordnetze	209
8.1.1	12-V-Einspannungsbordnetz mit einer Batterie	209
8.1.2	Einspannungsbordnetz mit zwei Batterien	210
8.1.3	42-V-Einspannungsbordnetz	211
8.1.4	Mehrspannungsbordnetz im Schutz-Kleinspannungsbereich	211
8.1.5	Mehrspannungsbordnetz im Klein- und Niederspannungsbereich	213
8.1.6	Leitungssatz	213
8.2	Batterien und ergänzende Energiespeicher	214
8.2.1	Einführung	214
8.2.2	Batterien als Energiespeicher	215
8.2.3	Kondensatoren als ergänzende Energiespeicher	218
8.3	Fahrzeuggeneratoren	219
8.3.1	Einleitung	219
8.3.2	Klauenpolgenerator	219
8.3.3	Startergenerator	227
8.4	Elektrisches Energiemanagement	233
8.4.1	Fahrzustände und Leistungsbilanz	233
8.4.2	Regelung der Energieversorgung	235
8.4.3	Batteriesensorik	237
8.4.4	Batteriezustandserkennung	239
8.4.5	Bordnetzkomponenten des Energiemanagements	240
8.4.6	Last- und Generatormanagement	243
9	Komfortelektronik	247
9.1	Überblick	247
9.2	Allgemeine Anforderungen	247
9.2.1	Elektrische Anforderungen	247
9.2.2	Mechanische Anforderungen	248
9.2.3	Umweltanforderungen	249
9.3	Anforderungen an die Software	249
9.4	Vernetzung der Steuergeräte	250

9.5	Fensterheberelektronik	251
9.6	Türsteuergeräte	253
9.7	Sitzsteuergeräte	255
9.8	Klimasteuergeräte	257
10	Sicherheitsaspekte und funktionale Sicherheit	259
10.1	Definitionen von Begriffen	259
10.2	Gesetze, Normen und Entwicklungsprozess	261
10.2.1	Normen und Standards	262
10.2.2	Entwicklungsprozess	265
10.3	Analyse der Systemzuverlässigkeit und Systemsicherheit	266
10.3.1	Fehlerarten	266
10.3.2	Annahmen	266
10.3.3	Zuverlässigkeitsfunktion und Ausfallwahrscheinlichkeit	267
10.3.4	Ausfallrate	267
10.3.5	Safe Failure Fraction	269
10.3.6	Diagnoseüberdeckung	271
10.3.7	Hardwarefehler toleranz	271
10.3.8	Typische Beispielgrößen	271
10.3.9	Verfügbarkeitskenngrößen	273
10.3.10	Zuverlässigkeitsfunktionen für Gesamtsysteme	273
10.4	Risikoabschätzung	275
10.4.1	Grundlagen	275
10.4.2	Risikoabschätzung und Safety Integrity Level	275
10.4.3	Zusammenhang zwischen verschiedenen Kenngrößen	276
10.4.4	Weitere Methoden der Risikoabschätzung	278
10.5	Methoden der Fehlererkennung	281
10.5.1	Fehlererkennung auf Prozessorebene	281
10.5.2	Fehlererkennung auf Programmausführungsebene	283
10.5.3	Fehlererkennung auf Systemebene	283
10.6	Fehlerbehandlung	283
10.6.1	Sicherheitslogik	283
10.7	Mögliche Realisierungen	286
10.8	Umwelteinflüsse	287
11	Passive Sicherheit	291
11.1	Grundlagen der Craschdynamik für die passive Sicherheit	292
11.2	Sicherheitselektronik und Rückhaltesysteme	293
11.3	Sicherheitskonzept und Algorithmus	298
11.4	Sitzbelegungserkennung und Insassenklassifizierung	301
11.5	Überrollschutz	303
11.6	Fußgängerschutz	305

12 Fahrwerksregelsysteme und aktive Sicherheit	309
12.1 Grundlagen	309
12.1.1 Grundlagen der Fahrdynamik	309
12.1.2 Grundlagen der Bremshydraulik	313
12.2 Brems- und Antriebsmomentenregelung	315
12.2.1 Anti-Blockier-System	315
12.2.2 Antriebs-Schlupf-Regelung und Motor-Schleppmoment-Regelung	318
12.2.3 Bremsassistent	320
12.3 Fahrdynamik-Regelung	321
13 Fahrerassistenzsysteme	329
13.1 Historische Entwicklung	329
13.2 Abstandssensorik	330
13.3 Adaptive Cruise Control	333
13.4 Precrash-Systeme	333
13.5 Bildverarbeitung in Fahrerassistenzsystemen	335
13.5.1 Grundlagen	335
13.5.2 Bildaufnehmer	336
13.5.3 Bildinterpretation und Auswertung	337
13.5.4 Anwendungen	339
13.6 Ausblick	339
14 Navigationssysteme	341
14.1 Einführung in moderne Fahrzeugnavigationssysteme	341
14.2 Komponenten eines Navigationssystems	342
14.2.1 Benutzerschnittstelle	343
14.2.2 Datenbank	344
14.2.3 Positionierung	346
14.2.4 Map-Matching	347
14.2.5 Routenberechnung	348
14.2.6 Zielführung	352
15 Lichttechnik	355
15.1 Formeln und Einheiten der Lichttechnik	355
15.1.1 Von der strahlungsphysikalischen zur lichttechnischen Größe	355
15.1.2 Spektrale Empfindlichkeit des Auges	356
15.1.3 Lichtstrom	358
15.1.4 Raumwinkel	359
15.1.5 Lichtstärke	360
15.1.6 Beleuchtungsstärke	361
15.1.7 Leuchtdichte	362
15.2 Lichttechnische Stoffkennzahlen	363
15.3 Photometrie	364
15.3.1 Photometrisches Grundgesetz	364
15.3.2 Photometrisches Entfernungsgesetz	365

15.4	Farbmetrik	366
15.4.1	Begriffsbildung	366
15.4.2	Von der strahlungsphysikalischen zur farbmetrischen Größe	366
15.4.3	Grundspektralwertkurven	367
15.4.4	Die Farbtafel	368
15.4.5	Farbtemperatur	369
15.5	Farbe im Verkehrsraum	371
15.6	Lichttechnische Einrichtungen am Fahrzeug	371
15.7	Lichtquellen und deren elektrische Eigenschaften	374
15.7.1	Temperaturstrahler	374
15.7.2	Halogen-Lampen	374
15.7.3	Gasentladungslampen	375
15.7.4	Leuchtdioden	377
15.8	Frontbeleuchtungssysteme	378
15.8.1	Leuchtweitenregulierung	379
15.8.2	Kurvenlicht	380
15.8.3	Variable Lichtverteilungen	381
15.8.4	Absicherung und Ansteuerung	383
16	Diagnose	389
16.1	Begriffsdefinitionen	389
16.1.1	Der erweiterte Diagnosebegriff	389
16.1.2	Steuergeräte-Fehlercodes	389
16.1.3	Diagnosedienste, Messwerte, Ansteuerungen	389
16.1.4	Steuergeräte-Programmierung	390
16.1.5	Steuergeräte-Konfiguration	390
16.2	Diagnose-Entwicklungsprozess	391
16.2.1	Diagnose als Funktion im Steuergerät	391
16.2.2	Beteiligte am Diagnose-Entwicklungsprozess	391
16.2.3	Entwicklungsprozess für Diagnosedaten	392
16.2.4	Erweitertes V-Modell für die Diagnose	393
16.2.5	Definition der Diagnoseinhalte	394
16.2.6	Diagnosefunktionen im Steuergerät	394
16.2.7	Test und Integration	395
16.3	Diagnosestandards	395
16.3.1	Organisationen zur Standardisierung	395
16.3.2	Diagnose-Kommunikationsprotokolle	395
16.3.3	Architekturmodell des Diagnose-Kommunikationssystems	396
16.3.4	Diagnose-Kommunikationsinterface und Bussystemschnittstelle	397
16.3.5	Diagnose-Kommunikationsdaten	398
16.3.6	Diagnose-Anwendungsschnittstelle	398
16.4	Diagnose in der Fahrzeugproduktion	399
16.4.1	Diagnoseprozesse in der Fahrzeugproduktion	399
16.4.2	Diagnose-Testgeräte in der Fahrzeugproduktion	406
16.4.3	Tools zur Analyse und zur Fehlersuche	408
16.4.4	Diagnoseprozess Flashen in der Fahrzeugproduktion	410

Anhang	413
A Normung und Standardisierung	413
B Kennzeichnungen	414
B.1 Kennbuchstaben	414
B.2 Klemmenbezeichnungen	416
B.3 Leitungskennzeichnung	417
B.4 Grafische Symbole für Schaltpläne	417
C Darstellungs- und Schaltplanarten	417
C.1 Anordnungsplan	417
C.2 Übersichtsschaltplan	419
C.3 Blockschaltplan	419
C.4 Feldeinteilung als Orientierungshilfe	420
C.5 Zusammenhängende und aufgelöste Darstellung	420
C.6 Neue Darstellungsformen im Wandel der Technik	421
D IP-Schutzarten	423
Literaturverzeichnis	425
Sachwortverzeichnis	435