

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
2.3.1 Entwicklungshistorie und Roadmap	52
2.3.2 Softwarekomponenten	53
2.3.3 Kommunikationsarten	54

2.3.4 Basissoftware	55
2.3.5 Virtueller Funktionsbus	57
2.3.6 Laufzeitumgebung	58
2.3.7 AUTOSAR-OS	59
2.3.8 Ausblick	60
3 Funktions- und Softwareentwicklung	61
3.1 Charakteristika eingebetteter Systeme im Fahrzeug	62
3.1.1 Grundbegriffe der Systemtheorie	62
3.1.2 Strukturierung, Modellierung und Beschreibung	62
3.1.3 Steuergeräte und Mikrocontroller	65
3.1.4 Zuverlässigkeit, Sicherheit und Überwachung	67
3.2 Vorgehensmodelle, Normen und Standards	67
3.2.1 Normen und Vorgehensmodelle	68
3.2.2 Übergreifende technische Standards	71
3.3 Funktions- und Softwareentwicklung nach dem V-Modell	72
3.3.1 Konkretisierung des V-Modells	72
3.3.2 Anforderungsmanagementprozesse	74
3.3.3 Architekturfestlegung	76
3.3.4 Komponentenfestlegung	79
3.3.5 Integration	81
3.3.6 Applikation	82
3.3.7 Abnahme	83
3.4 Methoden in der Funktions- und Softwareentwicklung	84
3.4.1 Anforderungsmanagement	84
3.4.2 Testmethoden	89
4 Sensorik	95
4.1 Sensoren und ihre Eigenschaften	95
4.1.1 Grundbegriffe	95
4.1.2 Intensive und extensive Messgrößen	96
4.1.3 Statische und dynamische Eigenschaften von Sensoren	96
4.2 Anforderungen an Sensoren	99
4.3 Partitionierung von Sensoren	100
4.4 Sensorschnittstellen	101
4.4.1 Spannungsschnittstelle für induktive Sensoren	101
4.4.2 Analoge, ratiometrische Schnittstelle	101
4.4.3 Zweidrahtschnittstelle	103
4.4.4 Dreidrahtschnittstelle	104
4.4.5 Sensoranbindung über Bussysteme	105
4.5 Potentiometrische Winkelsensoren	106
4.6 Magnetische Sensoren zur Drehzahl- und Winkelbestimmung	107
4.6.1 Grundlagen des Magnetismus	107
4.6.2 Partitionierung magnetischer Sensoren	112
4.6.3 Induktive Drehzahlsensoren	113
4.6.4 Differentielle Hall-Sensoren zur Drehzahlmessung	114
4.6.5 AMR-Sensoren als Drehzahlsensoren	116
4.6.6 Hall-Sensoren als inkrementelle Positionssensoren	116

4.6.7	Hall-Sensoren als lineare Winkelsensoren	118
4.6.8	AMR-Sensoren als Winkelsensoren	119
4.7	Drucksensoren	120
4.8	Beschleunigungssensoren	122
4.9	Drehratensensoren	125
4.9.1	Messprinzip von Drehratensensoren	125
4.9.2	Aufbau und Funktionsweise von Drehratensensoren	127
4.10	Fertigung von mikromechanischen Sensoren	129
4.11	Regensor	131
5	Steuerung und Regelung von Otto- und Dieselmotoren	133
5.1	Einleitung	133
5.2	Arbeitsweise von Verbrennungsmotoren	133
5.2.1	Motoren mit Direkteinspritzung	134
5.2.2	Motoren mit Saugrohreinspritzung	135
5.3	Aufbau und Aufgaben von Motorsteuerungssystemen	135
5.3.1	Anforderungen an Motorsteuergeräte	135
5.3.2	Aufbau der Steuergeräteelektronik	136
5.3.3	Aufgaben von Motorsteuerungssystemen	137
5.4	Funktionsstruktur von Motorsteuerungen	138
5.4.1	Drehmomentenbasierte Grundstruktur	138
5.4.2	Koordination von Momentenanforderungen	139
5.4.3	Filterung und Korrektur der Momentenanforderung	141
5.4.4	Koordination der Momentenumsetzung	142
5.4.5	Betriebsartenumschaltung	143
5.5	Füllungsfunktionen	143
5.5.1	Füllungssteuerung	144
5.5.2	Füllungserfassung	144
5.5.3	Aufladung	146
5.6	Gemischbildung	149
5.6.1	Ottomotor mit Direkteinspritzung	149
5.6.2	Ottomotor mit Saugrohreinspritzung	151
5.6.3	Zündungsfunktionen	151
5.6.4	Klopfregelung	156
5.6.5	Dieselmotor mit Direkteinspritzung	157
5.6.6	Einspritzsysteme	160
5.7	Weitere wichtige Motorsteuerungsfunktionen	164
5.7.1	Leerlaufregelung	164
5.7.2	Laufruheregelung	165
5.7.3	Nullmengenkalibrierung und Verbrennungserkennung beim Dieselmotor ..	165
5.7.4	Thermische Starthilfe beim Dieselmotor	166
5.8	Abgasfunktionen	167
5.8.1	Abgasgesetzgebung	167
5.8.2	Abgasnachbehandlung beim Ottomotor	168
5.8.3	Abgasnachbehandlung beim Dieselmotor	171
5.9	Diagnose	177
5.9.1	Gesetzliche On-Board-Diagnose	177
5.9.2	Diagnosefunktionen	178

6 Getriebesteuerung	183
6.1 Schaltpunktsteuerung	183
6.2 Geregelte Lastschaltung	185
6.2.1 Systemerklärung	185
6.2.2 Adaptive Drucksteuerung mit Kriterium „Schleifzeit“	188
6.2.3 Adaptive Drucksteuerung mit Kriterium „Reglereingriff“	190
6.3 Geregelte Wandlerkupplung	192
6.3.1 Systemerklärung	193
6.3.2 Regelung	194
6.3.3 Generierung und Anpassung des Sollwertes	194
6.3.4 Adaption	196
7 Elektrische Energieversorgung	201
7.1 Topologie der Ein- und Mehrspannungs'bordnetze	201
7.1.1 12-V-Einspannungs'bordnetz mit einer Batterie	201
7.1.2 Einspannungs'bordnetz mit zwei Batterien	202
7.1.3 42-V-Einspannungs'bordnetz	203
7.1.4 Mehrspannungs'bordnetz im Schutz-Kleinspannungsbereich	203
7.1.5 Mehrspannungs'bordnetz im Klein- und Niederspannungsbereich	205
7.1.6 Leitungssatz	205
7.2 Batterien und ergänzende Energiespeicher	206
7.2.1 Einführung	206
7.2.2 Batterien als Energiespeicher	207
7.2.3 Kondensatoren als ergänzende Energiespeicher	210
7.3 Fahrzeuggeneratoren	211
7.3.1 Einleitung	211
7.3.2 Klauenpolgenerator	211
7.3.3 Startergenerator	219
7.4 Elektrisches Energiemanagement	225
7.4.1 Fahrzustände und Leistungsbilanz	225
7.4.2 Regelung der Energieversorgung	227
7.4.3 Batteriesensorik	229
7.4.4 Batteriezustandserkennung	231
7.4.5 Bordnetzkomponenten des Energiemanagements	232
7.4.6 Last- und Generatormanagement	235
8 Komfortelektronik	239
8.1 Überblick	239
8.2 Allgemeine Anforderungen	239
8.2.1 Elektrische Anforderungen	239
8.2.2 Mechanische Anforderungen	240
8.2.3 Umweltanforderungen	241
8.3 Anforderungen an die Software	241
8.4 Vernetzung der Steuergeräte	242
8.5 Fensterheberelektronik	243
8.6 Türsteuergeräte	245
8.7 Sitzsteuergeräte	247
8.8 Klimasteuergeräte	249

9 Sicherheitsaspekte und funktionale Sicherheit	251
9.1 Definitionen von Begriffen	251
9.2 Gesetze, Normen und Entwicklungsprozess	253
9.2.1 Normen und Standards	254
9.2.2 Entwicklungsprozess	257
9.3 Analyse der Systemzuverlässigkeit und Systemsicherheit	258
9.3.1 Fehlerarten	258
9.3.2 Annahmen	258
9.3.3 Zuverlässigkeitfunktion und Ausfallwahrscheinlichkeit	259
9.3.4 Ausfallrate	259
9.3.5 Safe Failure Fraction	261
9.3.6 Diagnoseüberdeckung	263
9.3.7 Hardwarefehlertoleranz	263
9.3.8 Typische Beispielgrößen	263
9.3.9 Verfügbarkeitskenngrößen	265
9.3.10 Zuverlässigkeitfunktionen für Gesamtsysteme	265
9.4 Risikoabschätzung	267
9.4.1 Grundlagen	267
9.4.2 Risikoabschätzung und Safety Integrity Level	267
9.4.3 Zusammenhang zwischen verschiedenen Kenngrößen	268
9.4.4 Weitere Methoden der Risikoabschätzung	270
9.5 Methoden der Fehlererkennung	273
9.5.1 Fehlererkennung auf Prozessorebene	273
9.5.2 Fehlererkennung auf Programmausführungsebene	275
9.5.3 Fehlererkennung auf Systemebene	275
9.6 Fehlerbehandlung	275
9.6.1 Sicherheitslogik	275
9.6.2 Einkanalige Systemstrukturen zur Beherrschung von Fehlern	276
9.6.3 Mehrkanalige Systemstrukturen zur Beherrschung von Fehlern	277
9.7 Mögliche Realisierungen	278
9.8 Umwelteinflüsse	279
9.8.1 Fehlerursachen elektrischer Ausfälle	279
9.8.2 Umweltbelastungen als Fehlerursache	280
10 Passive Sicherheit	283
10.1 Grundlagen der Crashdynamik für die passive Sicherheit	284
10.2 Sicherheitselektronik und Rückhaltesysteme	285
10.3 Sicherheitskonzept und Algorithmus	290
10.4 Sitzbelegungserkennung und Insassenklassifizierung	293
10.5 Überrollschutz	295
10.6 Fußgängerschutz	297
11 Fahrwerksregelsysteme und aktive Sicherheit	301
11.1 Grundlagen	301
11.1.1 Grundlagen der Fahrdynamik	301
11.1.2 Grundlagen der Bremshydraulik	305
11.2 Brems- und Antriebsmomentenregelung	307
11.2.1 Anti-Blockier-System	307

11.2.2 Antriebs-Schlupf-Regelung und Motor-Schleppmoment-Regelung	310
11.2.3 Bremsassistent	312
11.3 Fahrdynamik-Regelung	313
12 Fahrerassistenzsysteme	321
12.1 Einleitung	321
12.1.1 Fahrerassistenz- und Fahrdynamikregelsysteme	321
12.1.2 Motivation	322
12.1.3 Rechtliche Randbedingungen	323
12.2 Umgebungserfassung	324
12.2.1 Relevante Größen	325
12.2.2 Ultraschallsensoren	325
12.2.3 Radar	329
12.2.4 Lidar	333
12.2.5 Kamera	336
12.3 Vernetzte Umgebungserfassung	339
12.3.1 Abdeckungsbereiche	339
12.3.2 Sensorfusion und Sensordatenfusion	340
12.3.3 Mathematische Methoden der Datenfusion	341
12.4 Parken und Rangieren	342
12.4.1 Passive Systeme	343
12.4.2 Anzeigende Systeme	343
12.4.3 Abstandsinformationssysteme	349
12.4.4 Parkhilfen	351
12.5 Abstand und Geschwindigkeit	352
12.5.1 Geschwindigkeitsregelsystem	352
12.5.2 Limiter	353
12.5.3 Adaptive Cruise Control	353
12.5.4 Kollisionsvermeidende Systeme	356
12.6 Abkommen von der Fahrbahn und Spurwechsel	359
12.6.1 Spurverlassenswarnung	359
12.6.2 Spurhaltesysteme	360
12.6.3 Spurwechselassistenz	361
12.7 Sichtverbesserung	361
12.7.1 Nachtsichtassistenten	361
12.7.2 Lichtassistenten	364
12.8 Nutzfahrzeuge	366
13 Navigationssysteme	369
13.1 Einführung in moderne Fahrzeugnavigationssysteme	369
13.2 Komponenten eines Navigationssystems	370
13.2.1 Benutzerschnittstelle	371
13.2.2 Datenbank	372
13.2.3 Positionierung	374
13.2.4 Map-Matching	375
13.2.5 Routenberechnung	376
13.2.6 Zielführung	380

14 Lichttechnik	383
14.1 Formeln und Einheiten der Lichttechnik	383
14.1.1 Von der strahlungsphysikalischen zur lichttechnischen Größe	383
14.1.2 Spektrale Empfindlichkeit des Auges	384
14.1.3 Lichtstrom	386
14.1.4 Raumwinkel	387
14.1.5 Lichtstärke	388
14.1.6 Beleuchtungsstärke	389
14.1.7 Leuchtdichte	390
14.2 Lichttechnische Stoffkennzahlen	391
14.3 Photometrie	392
14.3.1 Photometrisches Grundgesetz	392
14.3.2 Photometrisches Entfernungsgesetz	393
14.4 Farbmehrheit	394
14.4.1 Begriffsbildung	394
14.4.2 Von der strahlungsphysikalischen zur farbmehrheitlichen Größe	394
14.4.3 Grundspektralwertkurven	395
14.4.4 Die Farbtafel	396
14.4.5 Farbtemperatur	397
14.5 Farbe im Verkehrsraum	399
14.6 Lichttechnische Einrichtungen am Fahrzeug	399
14.7 Lichtquellen und deren elektrische Eigenschaften	402
14.7.1 Temperaturstrahler	402
14.7.2 Halogen-Lampen	402
14.7.3 Gasentladungslampen	403
14.7.4 Leuchtdioden	405
14.8 Frontbeleuchtungssysteme	406
14.8.1 Leuchtweitenregulierung	407
14.8.2 Kurvenlicht	408
14.8.3 Variable Lichtverteilungen	409
14.8.4 Absicherung und Ansteuerung	411
15 Diagnose	417
15.1 Begriffsdefinitionen	417
15.1.1 Der erweiterte Diagnosebegriff	417
15.1.2 Steuergeräte-Fehlercodes	417
15.1.3 Diagnosedienste, Messwerte, Ansteuerungen	417
15.1.4 Steuergeräte-Programmierung	418
15.1.5 Steuergeräte-Konfiguration	418
15.2 Diagnose-Entwicklungsprozess	419
15.2.1 Diagnose als Funktion im Steuergerät	419
15.2.2 Beteiligte am Diagnose-Entwicklungsprozess	419
15.2.3 Entwicklungsprozess für Diagnosedaten	420
15.2.4 Erweitertes V-Modell für die Diagnose	421
15.2.5 Definition der Diagnoseinhalte	422
15.2.6 Diagnosefunktionen im Steuergerät	422
15.2.7 Test und Integration	423

15.3	Diagnosestandards	423
15.3.1	Organisationen zur Standardisierung	423
15.3.2	Diagnose-Kommunikationsprotokolle	423
15.3.3	Architekturmodell des Diagnose-Kommunikationssystems	424
15.3.4	Diagnose-Kommunikationsinterface und Bussystemschnittstelle	425
15.3.5	Diagnose-Kommunikationsdaten	426
15.3.6	Diagnose-Anwendungsschnittstelle	426
15.4	Diagnose in der Fahrzeugproduktion	427
15.4.1	Diagnoseprozesse in der Fahrzeugproduktion	427
15.4.2	Diagnose-Testgeräte in der Fahrzeugproduktion	434
15.4.3	Tools zur Analyse und zur Fehlersuche	436
15.4.4	Diagnoseprozess Flashen in der Fahrzeugproduktion	438
15.5	Diagnose in der Werkstatt	440
15.5.1	Off-Board-Diagnose in der Werkstatt	440
15.5.2	Freie Fehlersuche	443
Anhang	449
A	Normung und Standardisierung	449
B	Kennzeichnungen	450
B.1	Kennbuchstaben	450
B.2	Klemmenbezeichnungen	452
B.3	Leitungskennzeichnung	453
B.4	Grafische Symbole für Schaltpläne	453
C	Darstellungs- und Schaltplanarten	453
C.1	Anordnungsplan	453
C.2	Übersichtsschaltplan	455
C.3	Blockschaltplan	455
C.4	Feldeinteilung als Orientierungshilfe	456
C.5	Zusammenhängende und aufgelöste Darstellung	456
C.6	Neue Darstellungsformen im Wandel der Technik	457
D	IP-Schutzarten	459
Literaturverzeichnis	461
Sachwortverzeichnis	473