

Konrad Reif

Automobilelektronik

Eine Einführung für Ingenieure

5., überarbeitete Auflage

 **Springer Vieweg**

Inhalt

Vorwort	V
Mitarbeiterverzeichnis	VIII
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	40
2.1.4 Kontextwechsel	40
2.1.5 Scheduling	41
2.1.6 Vertreter von Echtzeitbetriebssystemen	42
2.2 OSEK/VDX	43
2.2.1 Historie	43
2.2.2 Grundlegende Eigenschaften von OSEK-Betriebssystemen	43
2.2.3 Betriebsmittel	45
2.2.4 Skalierbarkeit	48
2.2.5 Prioritätssteuerung	49
2.2.6 Konfiguration	50
2.2.7 Hochlauf	52
2.2.8 Kommunikation	53
2.2.9 Netzwerk-Management	53
2.2.10 OSEK/VDX-Erweiterungen	53
2.3 AUTOSAR	54
2.3.1 Entwicklungshistorie und Roadmap	55

2.3.2	Softwarekomponenten	55
2.3.3	Kommunikationsarten	56
2.3.4	Basissoftware	58
2.3.5	Virtueller Funktionsbus	60
2.3.6	Laufzeitumgebung	61
2.3.7	AUTOSAR-OS	62
2.3.8	Ausblick	63
3	Funktion«- 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	90
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	Regensensor	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	144
5.5	Füllungenfunktionen	144
5.5.1	Füllungssteuerung	144
5.5.2	Füllungserfassung	145
5.5.3	Aufladung	147
5.6	Gemischbildung	150
5.6.1	Ottomotor mit Direkteinspritzung	150
5.6.2	Ottomotor mit Saugrohreinspritzung	152
5.6.3	Zündungsfunktionen	153
5.6.4	Klopfregelung	157
5.6.5	Dieselmotor mit Direkteinspritzung	159
5.6.6	Einspritzsysteme	162
5.7	Weitere wichtige Motorsteuerungsfunktionen	167
5.7.1	Leerlaufregelung	167
5.7.2	Laufruheregung	167
5.7.3	Nullmengenkalibrierung und Verbrennungserkennung beim Dieselmotor	168
5.7.4	Thermische Starthilfe beim Dieselmotor	169
5.8	Abgasfunktionen	170
5.8.1	Abgasgesetzgebung	170
5.8.2	Abgasnachbehandlung beim Ottomotor	171
5.8.3	Abgasnachbehandlung beim Dieselmotor	174

5.9	Diagnose	180
5.9.1	Gesetzliche On-Board-Diagnose	180
5.9.2	Diagnosefunktionen	182
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 Mehrspannungsbordnetze	201
7.1.1	12-V-Einspannungsbordnetz mit einer Batterie	201
7.1.2	Einspannungsbordnetz mit zwei Batterien	202
7.1.3	42-V-Einspannungsbordnetz	203
7.1.4	Mehrspannungsbordnetz im Schutz-Kleinspannungsbereich	203
7.1.5	Mehrspannungsbordnetz 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	Zuverlässigkeitsfunktion 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	Zuverlässigkeitsfunktionen 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	296
10.6	Fußgängerschutz	298

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	314
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	330
12.2.4 Lidar	334
12.2.5 Kamera	337
12.3 Vernetzte Umgebungserfassung	341
12.3.1 Abdeckungsbereiche	341
12.3.2 Sensorfusion und Sensordatenfusion	341
12.3.3 Mathematische Methoden der Datenfusion	342
12.4 Parken und Rangieren	344
12.4.1 Passive Systeme	345
12.4.2 Anzeigende Systeme	345
12.4.3 Abstandsinformationssysteme	352
12.4.4 Parkhilfen	354
12.5 Abstand und Geschwindigkeit	355
12.5.1 Geschwindigkeitsregelsystem	355
12.5.2 Limiter	356
12.5.3 Adaptive Cruise Control	356
12.5.4 Kollisionsvermeidende Systeme	360
12.6 Abkommen von der Fahrbahn und Spurwechsel	363
12.6.1 Spurverlassenswarnung	363
12.6.2 Spurhaltesysteme	365
12.6.3 Spurwechselassistent	365
12.7 Sichtverbesserung	366
12.7.1 Nachtsichtassistenten	366
12.7.2 Lichtassistenten	369
12.8 Nutzfahrzeuge	371

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 Farbmetrie	394
14.4.1 Begriffsbildung	394
14.4.2 Von der strahlungsphysikalischen zur farbmetrischen 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

15.2	Diagnosekommunikation	418
15.2.1	Einführung	418
15.2.2	Diagnoseprotokoll	419
15.2.3	Steuergeräte-Programmierung	419
15.2.4	Steuergeräte-Konfiguration	420
15.2.5	Busspezifische Transportprotokolle	420
15.2.6	Architekturmodell des Diagnose-Kommunikationssystems	421
15.2.7	Diagnose-Kommunikationsinterface und Bussystemschnittstelle	423
15.2.8	Diagnose-Daten	423
15.2.9	Diagnose-Anwendungsschnittstelle	424
15.2.10	Diagnosestandards	424
15.3	Diagnose-Entwicklungsprozess	425
15.3.1	Diagnose als Funktion im Steuergerät	425
15.3.2	Beteiligte am Diagnose-Entwicklungsprozess	425
15.3.3	Entwicklungsprozess für Diagnosedaten	426
15.3.4	Erweitertes V-Modell für die Diagnose	427
15.3.5	Definition der Diagnoseinhalte	428
15.3.6	Diagnosefunktionen im Steuergerät	428
15.3.7	Test und Integration	429
15.4	Diagnose in der Fahrzeugproduktion	429
15.4.1	Diagnoseprozesse in der Fahrzeugproduktion	429
15.4.2	Diagnose-Testgeräte in der Fahrzeugproduktion	436
15.4.3	Tools zur Analyse und zur Fehlersuche	438
15.4.4	Diagnoseprozess Flashen in der Fahrzeugproduktion	440
15.5	Diagnose in der Werkstatt	443
15.5.1	Off-Board-Diagnose in der Werkstatt	443
15.5.2	Freie Fehlersuche	445
Anhang		453
A	Normung und Standardisierung	453
B	Kennzeichnungen	454
B.1	Kennbuchstaben	454
B.2	Klemmenbezeichnungen	456
B.3	Leitungskennzeichnung	457
B.4	Grafische Symbole für Schaltpläne	457
C	Darstellungs- und Schaltplanarten	457
C.1	Anordnungsplan	457
C.2	Übersichtsschaltplan	459
C.3	Blockschaltplan	459
C.4	Feldeinteilung als Orientierungshilfe	460
C.5	Zusammenhängende und aufgelöste Darstellung	460
C.6	Neue Darstellungsformen im Wandel der Technik	461
D	IP-Schutzarten	463
	Literaturverzeichnis	465
	Sachwortverzeichnis	477