

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung und Überblick	1
1.1	Das System Fahrer-Fahrzeug-Umwelt	2
1.1.1	Physikalisches und digitales Anwendererlebnis	3
1.1.2	Aufbau und Wirkungsweise elektronischer Systeme	3
1.1.3	Elektronische Systeme des Fahrzeugs und der Umwelt	6
1.2	Überblick über die elektronischen Systeme des Fahrzeugs	7
1.2.1	Elektronische Systeme des Antriebsstrangs	9
1.2.2	Elektronische Systeme des Fahrwerks	12
1.2.3	Elektronische Systeme der Karosserie	14
1.2.4	Infotainment-Systeme	16
1.2.5	Fahrerassistenzsysteme und automatisiertes Fahren	16
1.2.6	Zusammenfassung und Ausblick	20
1.3	Überblick über die logische Systemarchitektur	23
1.3.1	Funktions- und Steuergerätenetzwerk des Fahrzeugs	23
1.3.2	Logische Systemarchitektur für Steuerungs-/Regelungs- und Überwachungssysteme	23
1.4	Prozesse in der Fahrzeugentwicklung	25
1.4.1	Überblick über die Fahrzeugentwicklung	25
1.4.2	Überblick über die Entwicklung von elektronischen Systemen	26
1.4.3	Kernprozess zur Entwicklung von elektronischen Systemen und Software	29
1.4.4	Unterstützungsprozesse zur Entwicklung von elektronischen Systemen und Software	32
1.4.5	Produktion und Service von elektronischen Systemen und Software	35
1.5	Methoden und Werkzeuge in der Fahrzeugentwicklung	35
1.5.1	Modellbasierte Entwicklung	36
1.5.2	Integrierte Qualitätssicherung	38

1.5.3	Reduzierung des Entwicklungsrisikos	39
1.5.4	Standardisierung und Automatisierung	41
1.5.5	Entwicklungsschritte im Fahrzeug.	44
2	Grundlagen	45
2.1	Steuerungs- und regelungstechnische Systeme	46
2.1.1	Modellbildung	46
2.1.2	Blockschaltbilder	46
2.2	Diskrete Systeme	51
2.2.1	Zeitdiskrete Systeme und Signale	52
2.2.2	Wertdiskrete Systeme und Signale.	53
2.2.3	Zeit- und wertdiskrete Systeme und Signale	54
2.2.4	Zustandsautomaten	55
2.3	Eingebettete Systeme.	56
2.3.1	Aufbau von Mikrocontrollern	58
2.3.2	Speichertechnologien.	60
2.3.3	Programmierung von Mikrocontrollern.	63
2.4	Echtzeitsysteme	71
2.4.1	Festlegung von Tasks.	71
2.4.2	Festlegung von Echtzeitanforderungen	73
2.4.3	Zustände von Tasks	76
2.4.4	Strategien für die Zuteilung des Prozessors.	77
2.4.5	Aufbau von Echtzeitbetriebssystemen.	82
2.4.6	Interaktion zwischen Tasks	83
2.5	Verteilte und vernetzte Systeme.	90
2.5.1	Logische und technische Systemarchitektur	92
2.5.2	Festlegung der logischen Kommunikationsbeziehungen.	93
2.5.3	Festlegung der technischen Netzwerktopologie	96
2.5.4	Strategien für die Zuteilung des Busses.	97
2.5.5	Signalorientierte Kommunikation	99
2.5.6	Serviceorientierte Kommunikation	106
2.6	Zuverlässigkeit, funktionale Sicherheit, Überwachung und Diagnose von Systemen.	116
2.6.1	Grundbegriffe.	117
2.6.2	Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit von Systemen	119
2.6.3	Funktionale Sicherheit von Systemen	123
2.6.4	Überwachung und Diagnose von Systemen.	127
2.6.5	Aufbau des Überwachungssystems elektronischer Steuergeräte	132
2.6.6	Aufbau des Diagnosesystems elektronischer Steuergeräte	135
2.7	Produktlinienansatz und Systemvarianten	139

2.8	Moderne Elektrik-/Elektronik- und Software-Architekturen.	145
2.8.1	Domänen- und Zonenarchitektur	145
2.8.2	Software-defined Vehicle	147
2.8.3	Signalorientierte und serviceorientierte Teilarchitektur.	147
2.8.4	Unterschiedliche Software-Domänen, APIs und Integration auf den HPCs	149
2.8.5	Vehicle Operating System	151
3	Unterstützungsprozesse zur Entwicklung von elektronischen Systemen und Software	155
3.1	Grundbegriffe der Systemtheorie.	155
3.2	Vorgehensmodelle und Standards	158
3.3	Konfigurationsmanagement	160
3.3.1	Produkt und Lebenszyklus	160
3.3.2	Varianten und Skalierbarkeit	161
3.3.3	Versionen und Konfigurationen	161
3.4	Projektmanagement	165
3.4.1	Projektplanung	166
3.4.2	Projektverfolgung und Risikomanagement	171
3.5	Lieferantenmanagement.	172
3.5.1	System- und Komponentenverantwortung.	172
3.5.2	Schnittstellen für die Spezifikation und Integration.	172
3.5.3	Festlegung des firmenübergreifenden Entwicklungsprozesses	173
3.6	Anforderungsmanagement.	175
3.6.1	Erfassen der Benutzeranforderungen.	176
3.6.2	Verfolgen von Anforderungen	179
3.7	Qualitätssicherung	180
3.7.1	Integrations- und Testschritte.	182
3.7.2	Maßnahmen zur Qualitätssicherung von Software	182
4	Kernprozess zur Entwicklung von elektronischen Systemen und Software	185
4.1	Anforderungen und Randbedingungen	187
4.1.1	System- und Komponentenverantwortung.	187
4.1.2	Abstimmung zwischen System- und Software-Entwicklung	187
4.1.3	Modellbasierte Software-Entwicklung	189
4.2	Grundbegriffe.	190
4.2.1	Prozesse	190
4.2.2	Methoden und Werkzeuge	191
4.3	Spezifikation der logischen Systemarchitektur	192

4.4	Spezifikation der technischen Systemarchitektur	196
4.4.1	Analyse und Spezifikation steuerungs- und regelungstechnischer Systeme	199
4.4.2	Analyse und Spezifikation von Echtzeitsystemen	200
4.4.3	Analyse und Spezifikation verteilter und vernetzter Systeme ...	201
4.4.4	Analyse und Spezifikation zuverlässiger und sicherer Systeme	202
4.5	Spezifikation der Software-Architektur	203
4.5.1	Spezifikation der Software-Komponenten und ihrer Schnittstellen	204
4.5.2	Spezifikation der Software-Schichten	207
4.5.3	Spezifikation der Betriebszustände	208
4.6	Spezifikation der Software-Komponenten	210
4.6.1	Spezifikation des Datenmodells	210
4.6.2	Spezifikation des Verhaltensmodells	211
4.6.3	Spezifikation des Echtzeitmodells	214
4.7	Design und Implementierung der Software-Komponenten	216
4.7.1	Berücksichtigung der geforderten nichtfunktionalen Produkteigenschaften	216
4.7.2	Design und Implementierung des Datenmodells	219
4.7.3	Design und Implementierung des Verhaltensmodells	220
4.7.4	Design und Implementierung des Echtzeitmodells	222
4.8	Test der Software-Komponenten	222
4.9	Integration der Software-Komponenten	223
4.9.1	Erzeugung des Programm- und Datenstands	224
4.9.2	Erzeugung der Beschreibungsdateien	225
4.9.3	Erzeugung der Dokumentation	226
4.10	Integrationstest der Software	228
4.11	Integration der Systemkomponenten	228
4.11.1	Integration von Software und Hardware	229
4.11.2	Integration von Steuergeräten, Sollwertgebern, Sensoren und Aktuatoren	230
4.12	Integrationstest des Systems	232
4.13	Kalibrierung	234
4.14	System- und Akzeptanztest	235
5	Methoden und Werkzeuge in der Entwicklung	239
5.1	Offboard-Schnittstelle zwischen Steuergerät und Werkzeug	242
5.2	Spezifikation der technischen Systemarchitektur	243
5.2.1	Analyse und Spezifikation steuerungs- und regelungstechnischer Systeme	244
5.2.2	Analyse und Spezifikation von Echtzeitsystemen	248

5.2.3	Analyse und Spezifikation verteilter und vernetzter Systeme	254
5.2.4	Analyse und Spezifikation zuverlässiger und sicherer Systeme	259
5.3	Spezifikation von Software-Funktionen und deren Validierung	267
5.3.1	Spezifikation der Software-Architektur und der Software-Komponenten	269
5.3.2	Spezifikation des Datenmodells	274
5.3.3	Spezifikation des Verhaltensmodells mit Blockdiagrammen ...	274
5.3.4	Spezifikation des Verhaltensmodells mit Entscheidungstabellen	277
5.3.5	Spezifikation des Verhaltensmodells mit Zustandsautomaten ...	280
5.3.6	Spezifikation des Verhaltensmodells mit Programmiersprachen	285
5.3.7	Spezifikation des Echtzeitmodells	286
5.3.8	Validierung der Spezifikation durch Simulation und Rapid-Prototyping	287
5.4	Design und Implementierung von Software-Funktionen	296
5.4.1	Berücksichtigung der geforderten nichtfunktionalen Produkteigenschaften	297
5.4.2	Design und Implementierung von Algorithmen in Festpunkt- und Gleitpunktarithmetik	306
5.4.3	Design und Implementierung der Software-Architektur	322
5.4.4	Design und Implementierung des Datenmodells	326
5.4.5	Design und Implementierung des Verhaltensmodells	330
5.5	Integration und Test von Software-Funktionen	332
5.5.1	Software-in-the-Loop-Simulationen	334
5.5.2	Laborfahrzeuge und Prüfstände	335
5.5.3	Experimental-, Prototypen- und Serienfahrzeuge	342
5.5.4	Design und Automatisierung von Experimenten	343
5.6	Kalibrierung von Software-Funktionen	344
5.6.1	Arbeitsweisen bei der Offline- und Online-Kalibrierung	346
5.6.2	Software-Update durch Flash-Programmierung	347
5.6.3	Synchrones Messen von Signalen des Mikrocontrollers und der Instrumentierung	349
5.6.4	Auslesen und Auswerten von Onboard-Diagnosedaten	349
5.6.5	Offline-Verstellen von Parametern	350
5.6.6	Online-Verstellen von Parametern	351
5.6.7	Klassifizierung der Offboard-Schnittstellen für das Online-Verstellen	351
5.6.8	Management des CAL-RAM	357

5.6.9	Management der Parameter und Datenstände	360
5.6.10	Design und Automatisierung von Experimenten	362
6	Methoden und Werkzeuge in Produktion und Service	363
6.1	Offboard-Diagnose.	364
6.2	Parametrierung von Software-Funktionen	365
6.3	Software-Update durch Flash-Programmierung	367
6.3.1	Löschen und Programmieren von Flash-Speichern	368
6.3.2	Flash-Programmierung über die Offboard- Diagnoseschnittstelle	368
6.3.3	Sicherheitsanforderungen	370
6.3.4	Verfügbarkeitsanforderungen.	372
6.3.5	Auslagerung und Flash-Programmierung des Boot-Blocks	372
6.4	Inbetriebnahme und Prüfung elektronischer Systeme	375
7	Zusammenfassung und Ausblick	377
	Literatur.	381
	Stichwortverzeichnis.	387