

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung und Überblick	1
1.1	Das System Fahrer-Fahrzeug-Umwelt	2
1.1.1	Aufbau und Wirkungsweise elektronischer Systeme	3
1.1.2	Elektronische Systeme des Fahrzeugs und der Umwelt	5
1.2	Überblick über die elektronischen Systeme des Fahrzeugs	6
1.2.1	Elektronische Systeme des Antriebsstrangs	8
1.2.2	Elektronische Systeme des Fahrwerks	10
1.2.3	Elektronische Systeme der Karosserie	12
1.2.4	Multi-Media-Systeme	14
1.2.5	Fahrerassistenzsysteme	15
1.2.6	Zusammenfassung und Ausblick	18
1.3	Überblick über die logische Systemarchitektur	19
1.3.1	Funktions- und Steuergerätenetzwerk des Fahrzeugs	19
1.3.2	Logische Systemarchitektur für Steuerungs-/Regelungs- und Überwachungssysteme	20
1.4	Prozesse in der Fahrzeugentwicklung	21
1.4.1	Überblick über die Fahrzeugentwicklung	21
1.4.2	Überblick über die Entwicklung von elektronischen Systemen	22
1.4.3	Kernprozess zur Entwicklung von elektronischen Systemen und Software	25
1.4.4	Unterstützungsprozesse zur Entwicklung von elektronischen Systemen und Software	27
1.4.5	Produktion und Service von elektronischen Systemen und Software	30
1.5	Methoden und Werkzeuge in der Fahrzeugentwicklung	30
1.5.1	Modellbasierte Entwicklung	31
1.5.2	Integrierte Qualitätssicherung	32
1.5.3	Reduzierung des Entwicklungsrisikos	34
1.5.4	Standardisierung und Automatisierung	35
1.5.5	Entwicklungsschritte im Fahrzeug	38

2	Grundlagen	39
2.1	Steuerungs- und regelungstechnische Systeme	40
2.1.1	Modellbildung	40
2.1.2	Blockschaltbilder	40
2.2	Diskrete Systeme	45
2.2.1	Zeitdiskrete Systeme und Signale	45
2.2.2	Wertdiskrete Systeme und Signale	47
2.2.3	Zeit- und wertdiskrete Systeme und Signale	48
2.2.4	Zustandsautomaten	48
2.3	Eingebettete Systeme	50
2.3.1	Aufbau von Mikrocontrollern	51
2.3.2	Speichertechnologien	53
2.3.3	Programmierung von Mikrocontrollern	56
2.4	Echtzeitsysteme	63
2.4.1	Festlegung von Tasks	64
2.4.2	Festlegung von Echtzeitanforderungen	66
2.4.3	Zustände von Tasks	68
2.4.4	Strategien für die Zuteilung des Prozessors	70
2.4.5	Aufbau von Echtzeitbetriebssystemen	74
2.4.6	Interaktion zwischen Tasks	75
2.5	Verteilte und vernetzte Systeme	81
2.5.1	Logische und technische Systemarchitektur	83
2.5.2	Festlegung der logischen Kommunikationsbeziehungen	85
2.5.3	Festlegung der technischen Netzwerktopologie	87
2.5.4	Festlegung von Nachrichten	88
2.5.5	Aufbau der Kommunikation und des Netzwerkmanagements	90
2.5.6	Strategien für die Zuteilung des Busses	93
2.6	Zuverlässigkeit, Sicherheit, Überwachung und Diagnose von Systemen	96
2.6.1	Grundbegriffe	97
2.6.2	Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit von Systemen	98
2.6.3	Sicherheit von Systemen	102
2.6.4	Überwachung und Diagnose von Systemen	105
2.6.5	Aufbau des Überwachungssystems elektronischer Steuergeräte	110
2.6.6	Aufbau des Diagnosesystems elektronischer Steuergeräte	113
2.7	Produktlinienansatz und Systemvarianten	118
2.8	Elektrik-/Elektronik- und Software-Architektur	123

3	Unterstützungsprozesse zur Entwicklung von elektronischen Systemen und Software	127
3.1	Grundbegriffe der Systemtheorie	127
3.2	Vorgehensmodelle und Standards	131
3.3	Konfigurationsmanagement	132
3.3.1	Produkt und Lebenszyklus	132
3.3.2	Varianten und Skalierbarkeit	133
3.3.3	Versionen und Konfigurationen	134
3.4	Projektmanagement	137
3.4.1	Projektplanung	138
3.4.2	Projektverfolgung und Risikomanagement	143
3.5	Lieferantenmanagement	143
3.5.1	System- und Komponentenverantwortung	143
3.5.2	Schnittstellen für die Spezifikation und Integration	144
3.5.3	Festlegung des firmenübergreifenden Entwicklungsprozesses	145
3.6	Anforderungsmanagement	146
3.6.1	Erfassen der Benutzeranforderungen	147
3.6.2	Verfolgen von Anforderungen	150
3.7	Qualitätssicherung	151
3.7.1	Integrations- und Testschritte	152
3.7.2	Maßnahmen zur Qualitätssicherung von Software	153
4	Kernprozess zur Entwicklung von elektronischen Systemen und Software	155
4.1	Anforderungen und Randbedingungen	157
4.1.1	System- und Komponentenverantwortung	157
4.1.2	Abstimmung zwischen System- und Software-Entwicklung	157
4.1.3	Modellbasierte Software-Entwicklung	159
4.2	Grundbegriffe	160
4.2.1	Prozesse	160
4.2.2	Methoden und Werkzeuge	161
4.3	Spezifikation der logischen Systemarchitektur	162
4.4	Spezifikation der technischen Systemarchitektur	165
4.4.1	Analyse und Spezifikation steuerungs- und regelungstechnischer Systeme	169
4.4.2	Analyse und Spezifikation von Echtzeitsystemen	170
4.4.3	Analyse und Spezifikation verteilter und vernetzter Systeme	170
4.4.4	Analyse und Spezifikation zuverlässiger und sicherer Systeme	171
4.5	Spezifikation der Software-Architektur	172
4.5.1	Spezifikation der Software-Komponenten und ihrer Schnittstellen	172

4.5.2	Spezifikation der Software-Schichten	175
4.5.3	Spezifikation der Betriebszustände	177
4.6	Spezifikation der Software-Komponenten	178
4.6.1	Spezifikation des Datenmodells	179
4.6.2	Spezifikation des Verhaltensmodells	180
4.6.3	Spezifikation des Echtzeitmodells	183
4.7	Design und Implementierung der Software-Komponenten	185
4.7.1	Berücksichtigung der geforderten nichtfunktionalen Produkteigenschaften	185
4.7.2	Design und Implementierung des Datenmodells	188
4.7.3	Design und Implementierung des Verhaltensmodells	189
4.7.4	Design und Implementierung des Echtzeitmodells	190
4.8	Test der Software-Komponenten	191
4.9	Integration der Software-Komponenten	191
4.9.1	Erzeugung des Programm- und Datenstands	192
4.9.2	Erzeugung der Beschreibungsdateien	194
4.9.3	Erzeugung der Dokumentation	194
4.10	Integrationstest der Software	196
4.11	Integration der Systemkomponenten	196
4.11.1	Integration von Software und Hardware	197
4.11.2	Integration von Steuergeräten, Sollwertgebern, Sensoren und Aktuatoren	198
4.12	Integrationstest des Systems	200
4.13	Kalibrierung	203
4.14	System- und Akzeptanztest	203
5	Methoden und Werkzeuge in der Entwicklung	207
5.1	Offboard-Schnittstelle zwischen Steuergerät und Werkzeug	209
5.2	Spezifikation der technischen Systemarchitektur	210
5.2.1	Analyse und Spezifikation steuerungs- und regelungstechnischer Systeme	211
5.2.2	Analyse und Spezifikation von Echtzeitsystemen	214
5.2.3	Analyse und Spezifikation verteilter und vernetzter Systeme	221
5.2.4	Analyse und Spezifikation zuverlässiger und sicherer Systeme	225
5.3	Spezifikation von Software-Funktionen und deren Validierung	233
5.3.1	Spezifikation der Software-Architektur und der Software-Komponenten	235
5.3.2	Spezifikation des Datenmodells	239
5.3.3	Spezifikation des Verhaltensmodells mit Blockdiagrammen	239
5.3.4	Spezifikation des Verhaltensmodells mit Entscheidungsstabellen	243

5.3.5	Spezifikation des Verhaltensmodells mit Zustandsautomaten	245
5.3.6	Spezifikation des Verhaltensmodells mit Programmiersprachen	250
5.3.7	Spezifikation des Echtzeitmodells	251
5.3.8	Validierung der Spezifikation durch Simulation und Rapid- Prototyping	252
5.4	Design und Implementierung von Software-Funktionen	261
5.4.1	Berücksichtigung der geforderten nichtfunktionalen Produkteigenschaften	262
5.4.2	Design und Implementierung von Algorithmen in Festpunkt- und Gleitpunktarithmetik	270
5.4.3	Design und Implementierung der Software-Architektur	287
5.4.4	Design und Implementierung des Datenmodells	290
5.4.5	Design und Implementierung des Verhaltensmodells	294
5.5	Integration und Test von Software-Funktionen	297
5.5.1	Software-in-the-Loop-Simulationen	298
5.5.2	Laborfahrzeuge und Prüfstände	300
5.5.3	Experimental-, Prototypen- und Serienfahrzeuge	306
5.5.4	Design und Automatisierung von Experimenten	307
5.6	Kalibrierung von Software-Funktionen	308
5.6.1	Arbeitsweisen bei der Offline- und Online-Kalibrierung	310
5.6.2	Software-Update durch Flash-Programmierung	311
5.6.3	Synchrones Messen von Signalen des Mikrocontrollers und der Instrumentierung	313
5.6.4	Auslesen und Auswerten von Onboard-Diagnosedaten	313
5.6.5	Offline-Verstellen von Parametern	314
5.6.6	Online-Verstellen von Parametern	314
5.6.7	Klassifizierung der Offboard-Schnittstellen für das Online-Verstellen	316
5.6.8	Management des CAL-RAM	321
5.6.9	Management der Parameter und Datenstände	324
5.6.10	Design und Automatisierung von Experimenten	325
6	Methoden und Werkzeuge in Produktion und Service	327
6.1	Offboard-Diagnose	328
6.2	Parametrierung von Software-Funktionen	329
6.3	Software-Update durch Flash-Programmierung	331
6.3.1	Löschen und Programmieren von Flash-Speichern	332
6.3.2	Flash-Programmierung über die Offboard- Diagnoseschnittstelle	332
6.3.3	Sicherheitsanforderungen	333
6.3.4	Verfügbarkeitsanforderungen	335

6.3.5	Auslagerung und Flash-Programmierung des Boot-Blocks	337
6.4	Inbetriebnahme und Prüfung elektronischer Systeme	338
7	Zusammenfassung und Ausblick	339
Literatur	343
Sachverzeichnis	349