

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung und Überblick	1
1.1 Das System Fahrer-Fahrzeug-Umwelt	2
1.1.1 Aufbau und Wirkungsweise elektronischer Systeme	2
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	9
1.2.3 Elektronische Systeme der Karosserie	11
1.2.4 Multi-Media-Systeme	13
1.2.5 Verteilte und vernetzte elektronische Systeme	14
1.2.6 Zusammenfassung und Ausblick	15
1.3 Überblick über die logische Systemarchitektur	16
1.3.1 Funktions- und Steuergerätenetzwerk des Fahrzeugs	16
1.3.2 Logische Systemarchitektur für Steuerungs-/Regelungs- und Überwachungssysteme	17
1.4 Prozesse in der Fahrzeugentwicklung	18
1.4.1 Überblick über die Fahrzeugentwicklung	18
1.4.2 Überblick über die Entwicklung von elektronischen Systemen	19
1.4.3 Kernprozess zur Entwicklung von elektronischen Systemen und Software	22
1.4.4 Unterstützungsprozesse zur Entwicklung von elektronischen Systemen und Software	24
1.4.5 Produktion und Service von elektronischen Systemen und Software	27
1.5 Methoden und Werkzeuge für die Entwicklung von Software für elektronische Systeme	27
1.5.1 Modellbasierte Entwicklung	28
1.5.2 Integrierte Qualitätssicherung	28
1.5.3 Reduzierung des Entwicklungsrisikos	31
1.5.4 Standardisierung und Automatisierung	32
1.5.5 Entwicklungsschritte im Fahrzeug	35
2 Grundlagen	37
2.1 Steuerungs- und regelungstechnische Systeme	37
2.1.1 Modellbildung	37
2.1.2 Blockschaltbilder	38
2.2 Diskrete Systeme	42
2.2.1 Zeitdiskrete Systeme und Signale	43
2.2.2 Wertdiskrete Systeme und Signale	44
2.2.3 Zeit- und wertdiskrete Systeme und Signale	45
2.2.4 Zustandsautomaten	45
2.3 Eingebettete Systeme	47
2.3.1 Aufbau von Mikrocontrollern	48

2.3.2	Speichertechnologien	50
2.3.3	Programmierung von Mikrocontrollern	53
2.4	Echtzeitsysteme	60
2.4.1	Festlegung von Tasks	60
2.4.2	Festlegung von Echtzeitanforderungen	62
2.4.3	Zustände von Tasks	64
2.4.4	Strategien für die Zuteilung des Prozessors	66
2.4.5	Aufbau von Echtzeitbetriebssystemen	71
2.4.6	Interaktion zwischen Tasks	71
2.5	Verteilte und vernetzte Systeme	77
2.5.1	Logische und technische Systemarchitektur	80
2.5.2	Festlegung der logischen Kommunikationsbeziehungen	81
2.5.3	Festlegung der technischen Netzwerktopologie	83
2.5.4	Festlegung von Nachrichten	84
2.5.5	Aufbau der Kommunikation und des Netzwerkmanagements	85
2.5.6	Strategien für die Zuteilung des Busses	89
2.6	Zuverlässigkeit, Sicherheit, Überwachung und Diagnose von Systemen	91
2.6.1	Grundbegriffe	92
2.6.2	Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit von Systemen	93
2.6.3	Sicherheit von Systemen	97
2.6.4	Überwachung und Diagnose von Systemen	100
2.6.5	Aufbau des Überwachungssystems elektronischer Steuergeräte	104
2.6.6	Aufbau des Diagnosesystems elektronischer Steuergeräte	107
2.7	Steuergerätenetzwerke	112
3	Unterstützungsprozesse zur Entwicklung von elektronischen Systemen und Software	115
3.1	Grundbegriffe der Systemtheorie	115
3.2	Vorgehensmodelle und Standards	118
3.3	Konfigurationsmanagement	120
3.3.1	Produkt und Lebenszyklus	120
3.3.2	Varianten und Skalierbarkeit	121
3.3.3	Versionen und Konfigurationen	122
3.4	Projektmanagement	125
3.4.1	Projektplanung	125
3.4.2	Projektverfolgung und Risikomanagement	130
3.5	Lieferantenmanagement	131
3.5.1	System- und Komponentenverantwortung	131
3.5.2	Schnittstellen für die Spezifikation und Integration	132
3.5.3	Festlegung des firmenübergreifenden Entwicklungsprozesses	132
3.6	Anforderungsmanagement	134
3.6.1	Erfassen der Benutzeranforderungen	134
3.6.2	Verfolgen von Anforderungen	138
3.7	Qualitätssicherung	138
3.7.1	Integrations- und Testschritte	139
3.7.2	Maßnahmen zur Qualitätssicherung von Software	140

4 Kernprozess zur Entwicklung von elektronischen Systemen und Software	141
4.1 Anforderungen und Randbedingungen	142
4.1.1 System- und Komponentenverantwortung	142
4.1.2 Abstimmung zwischen System- und Software-Entwicklung	143
4.1.3 Modellbasierte Software-Entwicklung	145
4.2 Grundbegriffe	145
4.2.1 Prozesse	145
4.2.2 Methoden und Werkzeuge	146
4.3 Analyse der Benutzeranforderungen und Spezifikation der logischen Systemarchitektur	147
4.4 Analyse der logischen Systemarchitektur und Spezifikation der technischen Systemarchitektur	150
4.4.1 Analyse und Spezifikation steuerungs- und regelungstechnischer Systeme	154
4.4.2 Analyse und Spezifikation von Echtzeitsystemen	155
4.4.3 Analyse und Spezifikation verteilter und vernetzter Systeme	156
4.4.4 Analyse und Spezifikation zuverlässiger und sicherer Systeme	157
4.5 Analyse der Software-Anforderungen und Spezifikation der Software-Architektur	158
4.5.1 Spezifikation der Software-Komponenten und ihrer Schnittstellen	158
4.5.2 Spezifikation der Software-Schichten	160
4.5.3 Spezifikation der Betriebszustände	162
4.6 Spezifikation der Software-Komponenten	163
4.6.1 Spezifikation des Datenmodells	164
4.6.2 Spezifikation des Verhaltensmodells	165
4.6.3 Spezifikation des Echtzeitmodells	167
4.7 Design und Implementierung der Software-Komponenten	169
4.7.1 Berücksichtigung der geforderten nichtfunktionalen Produkteigenschaften	170
4.7.2 Design und Implementierung des Datenmodells	172
4.7.3 Design und Implementierung des Verhaltensmodells	173
4.7.4 Design und Implementierung des Echtzeitmodells	174
4.8 Test der Software-Komponenten	174
4.9 Integration der Software-Komponenten	175
4.9.1 Erzeugung des Programm- und Datenstands	176
4.9.2 Erzeugung der Beschreibungsdateien	177
4.9.3 Erzeugung der Dokumentation	178
4.10 Integrationstest der Software	179
4.11 Integration der Systemkomponenten	180
4.11.1 Integration von Software und Hardware	180
4.11.2 Integration von Steuergeräten, Sollwertgebern, Sensoren und Aktuatoren	181
4.12 Integrationstest des Systems	183
4.13 Kalibrierung	186
4.14 System- und Akzeptanztest	187

5 Methoden und Werkzeuge in der Entwicklung	189
5.1 Offboard-Schnittstelle zwischen Steuergerät und Werkzeug	190
5.2 Analyse der logischen Systemarchitektur und Spezifikation der technischen Systemarchitektur	192
5.2.1 Analyse und Spezifikation steuerungs- und regelungstechnischer Systeme	192
5.2.2 Analyse und Spezifikation von Echtzeitsystemen	196
5.2.3 Analyse und Spezifikation verteilter und vernetzter Systeme	202
5.2.4 Analyse und Spezifikation zuverlässiger und sicherer Systeme	207
5.3 Spezifikation von Software-Funktionen und Validierung der Spezifikation	214
5.3.1 Spezifikation der Software-Architektur und der Software-Komponenten	216
5.3.2 Spezifikation des Datenmodells	220
5.3.3 Spezifikation des Verhaltensmodells mit Blockdiagrammen	220
5.3.4 Spezifikation des Verhaltensmodells mit Entscheidungstabellen	223
5.3.5 Spezifikation des Verhaltensmodells mit Zustandsautomaten	226
5.3.6 Spezifikation des Verhaltensmodells mit Programmiersprachen	231
5.3.7 Spezifikation des Echtzeitmodells	231
5.3.8 Validierung der Spezifikation durch Simulation und Rapid-Prototyping ..	231
5.4 Design und Implementierung von Software-Funktionen	243
5.4.1 Berücksichtigung der geforderten nichtfunktionalen Produkteigenschaften	243
5.4.2 Design und Implementierung von Algorithmen in Festpunkt- und Gleitpunktarithmetik	251
5.4.3 Design und Implementierung der Software-Architektur	266
5.4.4 Design und Implementierung des Datenmodells	270
5.4.5 Design und Implementierung des Verhaltensmodells	273
5.5 Integration und Test von Software-Funktionen	276
5.5.1 Software-in-the-Loop-Simulationen	277
5.5.2 Laborfahrzeuge und Prüfstände	279
5.5.3 Experimental-, Prototypen- und Serienfahrzeuge	285
5.5.4 Design und Automatisierung von Experimenten	286
5.6 Kalibrierung von Software-Funktionen	287
5.6.1 Arbeitsweisen bei der Offline- und Online-Kalibrierung	288
5.6.2 Software-Update durch Flash-Programmierung	290
5.6.3 Synchrones Messen von Signalen des Mikrocontrollers und der Instrumentierung	291
5.6.4 Auslesen und Auswerten von Onboard-Diagnosedaten	291
5.6.5 Offline-Verstellen von Parametern	292
5.6.6 Online-Verstellen von Parametern	293
5.6.7 Klassifizierung der Offboard-Schnittstellen für das Online-Verstellen	294
5.6.8 Management des CAL-RAM	299
5.6.9 Management der Parameter und Datenstände	302
5.6.10 Design und Automatisierung von Experimenten	303

6 Methoden und Werkzeuge in Produktion und Service	305
6.1 Offboard-Diagnose	306
6.2 Parametrierung von Software-Funktionen	307
6.3 Software-Update durch Flash-Programmierung	308
6.3.1 Löschen und Programmieren von Flash-Speichern	309
6.3.2 Flash-Programmierung über die Offboard-Diagnoseschnittstelle	309
6.3.3 Sicherheitsanforderungen	310
6.3.4 Verfügbarkeitsanforderungen	312
6.3.5 Auslagerung und Flash-Programmierung des Boot-Blocks	313
6.4 Inbetriebnahme und Prüfung elektronischer Systeme	315
7 Zusammenfassung und Ausblick	317
Literaturverzeichnis	319
Abkürzungsverzeichnis	325
Sachwortverzeichnis	327