

# Inhaltsverzeichnis

Zur Bedeutung von Software im Automobil .....	V
Vorwort zur 5. Auflage .....	VII
<b>1 Einführung und Überblick .....</b>	<b>1</b>
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 .....	26
1.5 Methoden und Werkzeuge in der Fahrzeugentwicklung .....	27
1.5.1 Modellbasierte Entwicklung .....	27
1.5.2 Integrierte Qualitätssicherung .....	29
1.5.3 Reduzierung des Entwicklungsrisikos .....	30
1.5.4 Standardisierung und Automatisierung .....	31
1.5.5 Entwicklungsschritte im Fahrzeug .....	34
<b>2 Grundlagen .....</b>	<b>35</b>
2.1 Steuerungs- und regelungstechnische Systeme .....	35
2.1.1 Modellbildung .....	35
2.1.2 Blockschaltbilder .....	36
2.2 Diskrete Systeme .....	40
2.2.1 Zeitdiskrete Systeme und Signale .....	41
2.2.2 Wertdiskrete Systeme und Signale .....	42
2.2.3 Zeit- und wertdiskrete Systeme und Signale .....	43
2.2.4 Zustandsautomaten .....	43

2.3	Eingebettete Systeme .....	45
2.3.1	Aufbau von Mikrocontrollern .....	46
2.3.2	Speichertechnologien .....	48
2.3.3	Programmierung von Mikrocontrollern .....	51
2.4	Echtzeitsysteme .....	58
2.4.1	Festlegung von Tasks .....	58
2.4.2	Festlegung von Echtzeitanforderungen .....	60
2.4.3	Zustände von Tasks .....	63
2.4.4	Strategien für die Zuteilung des Prozessors .....	64
2.4.5	Aufbau von Echtzeitbetriebssystemen .....	69
2.4.6	Interaktion zwischen Tasks .....	70
2.5	Verteilte und vernetzte Systeme .....	75
2.5.1	Logische und technische Systemarchitektur .....	78
2.5.2	Festlegung der logischen Kommunikationsbeziehungen .....	79
2.5.3	Festlegung der technischen Netzwerktopologie .....	81
2.5.4	Festlegung von Nachrichten .....	82
2.5.5	Aufbau der Kommunikation und des Netzwerkmanagements .....	84
2.5.6	Strategien für die Zuteilung des Busses .....	87
2.6	Zuverlässigkeit, Sicherheit, Überwachung und Diagnose von Systemen .....	90
2.6.1	Grundbegriffe .....	91
2.6.2	Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit von Systemen .....	92
2.6.3	Sicherheit von Systemen .....	96
2.6.4	Überwachung und Diagnose von Systemen .....	98
2.6.5	Aufbau des Überwachungssystems elektronischer Steuergeräte .....	103
2.6.6	Aufbau des Diagnosesystems elektronischer Steuergeräte .....	106
2.7	Elektrik-/Elektronik- und Software-Architektur .....	111
3	<b>Unterstützungsprozesse zur Entwicklung von elektronischen Systemen und Software .....</b>	113
3.1	Grundbegriffe der Systemtheorie .....	113
3.2	Vorgehensmodelle und Standards .....	116
3.3	Konfigurationsmanagement .....	118
3.3.1	Produkt und Lebenszyklus .....	118
3.3.2	Varianten und Skalierbarkeit .....	119
3.3.3	Versionen und Konfigurationen .....	120
3.4	Projektmanagement .....	123
3.4.1	Projektplanung .....	123
3.4.2	Projektverfolgung und Risikomanagement .....	129
3.5	Lieferantenmanagement .....	129
3.5.1	System- und Komponentenverantwortung .....	129
3.5.2	Schnittstellen für die Spezifikation und Integration .....	129
3.5.3	Festlegung des firmenübergreifenden Entwicklungsprozesses .....	130
3.6	Anforderungsmanagement .....	132
3.6.1	Erfassen der Benutzeranforderungen .....	132
3.6.2	Verfolgen von Anforderungen .....	136
3.7	Qualitätssicherung .....	137
3.7.1	Integrations- und Testschritte .....	138
3.7.2	Maßnahmen zur Qualitätssicherung von Software .....	138

<b>4 Kernprozess zur Entwicklung von elektronischen Systemen und Software .....</b>	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 Spezifikation der logischen Systemarchitektur .....	147
4.4 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 Spezifikation der Software-Architektur .....	158
4.5.1 Spezifikation der Software-Komponenten und ihrer Schnittstellen .....	158
4.5.2 Spezifikation der Software-Schichten .....	161
4.5.3 Spezifikation der Betriebszustände .....	162
4.6 Spezifikation der Software-Komponenten .....	163
4.6.1 Spezifikation des Datenmodells .....	163
4.6.2 Spezifikation des Verhaltensmodells .....	164
4.6.3 Spezifikation des Echtzeitmodells .....	167
4.7 Design und Implementierung der Software-Komponenten .....	170
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 .....	175
4.8 Test der Software-Komponenten .....	175
4.9 Integration der Software-Komponenten .....	175
4.9.1 Erzeugung des Programm- und Datenstands .....	176
4.9.2 Erzeugung der Beschreibungsdateien .....	178
4.9.3 Erzeugung der Dokumentation .....	179
4.10 Integrationstest der Software .....	180
4.11 Integration der Systemkomponenten .....	181
4.11.1 Integration von Software und Hardware .....	181
4.11.2 Integration von Steuergeräten, Sollwertgebern, Sensoren und Aktuatoren	182
4.12 Integrationstest des Systems .....	184
4.13 Kalibrierung .....	186
4.14 System- und Akzeptanztest .....	187
<b>5 Methoden und Werkzeuge in der Entwicklung .....</b>	189
5.1 Offboard-Schnittstelle zwischen Steuergerät und Werkzeug .....	190
5.2 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 deren Validierung .....	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	<b>Methoden und Werkzeuge in Produktion und Service .....</b>	305
6.1	Offboard-Diagnose .....	306
6.2	Parametrierung von Software-Funktionen .....	307
6.3	Software-Update durch Flash-Programmierung .....	309
6.3.1	Löschen und Programmieren von Flash-Speichern .....	309
6.3.2	Flash-Programmierung über die Offboard-Diagnoseschnittstelle .....	309
6.3.3	Sicherheitsanforderungen .....	311
6.3.4	Verfügbarkeitsanforderungen .....	312
6.3.5	Auslagerung und Flash-Programmierung des Boot-Blocks .....	314
6.4	Inbetriebnahme und Prüfung elektronischer Systeme .....	315

---

<b>7 Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>317</b>
Literaturverzeichnis .....	319
Abkürzungsverzeichnis .....	325
Sachwortverzeichnis .....	327