

Jörg Schäuffele
Thomas Zurawka

Automotive Software Engineering

**Grundlagen, Prozesse,
Methoden und Werkzeuge
effizient einsetzen**

3., verbesserte und erweiterte Auflage

Mit 277 Abbildungen

ATZ/MTZ-Fachbuch



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	34
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	72
2.5	Verteilte und vernetzte Systeme	78
2.5.1	Logische und technische Systemarchitektur	81
2.5.2	Festlegung der logischen Kommunikationsbeziehungen	82
2.5.3	Festlegung der technischen Netzwerktopologie	84
2.5.4	Festlegung von Nachrichten	85
2.5.5	Aufbau der Kommunikation und des Netzwerkmanagements	86
2.5.6	Strategien für die Zuteilung des Busses	90
2.6	Zuverlässigkeit, Sicherheit, Überwachung und Diagnose von Systemen	92
2.6.1	Grundbegriffe	93
2.6.2	Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit von Systemen	94
2.6.3	Sicherheit von Systemen	98
2.6.4	Überwachung und Diagnose von Systemen	101
2.6.5	Aufbau des Überwachungssystems elektronischer Steuergeräte	105
2.6.6	Aufbau des Diagnosesystems elektronischer Steuergeräte	108
2.7	Zusammenfassung	113
3	Unterstützungsprozesse zur Entwicklung von elektronischen Systemen und Software	117
3.1	Grundbegriffe der Systemtheorie	117
3.2	Vorgehensmodelle und Standards	120
3.3	Konfigurationsmanagement	122
3.3.1	Produkt und Lebenszyklus	122
3.3.2	Varianten und Skalierbarkeit	123
3.3.3	Versionen und Konfigurationen	124
3.4	Projektmanagement	127
3.4.1	Projektplanung	127
3.4.2	Projektverfolgung und Risikomanagement	132
3.5	Lieferantenmanagement	133
3.5.1	System- und Komponentenverantwortung	133
3.5.2	Schnittstellen für die Spezifikation und Integration	134
3.5.3	Festlegung des firmenübergreifenden Entwicklungsprozesses	134
3.6	Anforderungsmanagement	136
3.6.1	Erfassen der Benutzeranforderungen	136
3.6.2	Verfolgen von Anforderungen	140
3.7	Qualitätssicherung	141
3.7.1	Integrations- und Testschritte	141
3.7.2	Maßnahmen zur Qualitätssicherung von Software	142

4 Kernprozess zur Entwicklung von elektronischen Systemen und Software	145
4.1 Anforderungen und Randbedingungen	146
4.1.1 System- und Komponentenverantwortung	146
4.1.2 Abstimmung zwischen System- und Software-Entwicklung	147
4.1.3 Modellbasierte Software-Entwicklung	149
4.2 Grundbegriffe	149
4.2.1 Prozesse	149
4.2.2 Methoden und Werkzeuge	150
4.3 Analyse der Benutzeranforderungen und Spezifikation der logischen Systemarchitektur	151
4.4 Analyse der logischen Systemarchitektur und Spezifikation der technischen Systemarchitektur	154
4.4.1 Analyse und Spezifikation steuerungs- und regelungstechnischer Systeme	158
4.4.2 Analyse und Spezifikation von Echtzeitsystemen	159
4.4.3 Analyse und Spezifikation verteilter und vernetzter Systeme	160
4.4.4 Analyse und Spezifikation zuverlässiger und sicherer Systeme	161
4.5 Analyse der Software-Anforderungen und Spezifikation der Software-Architektur	162
4.5.1 Spezifikation der Software-Komponenten und ihrer Schnittstellen	162
4.5.2 Spezifikation der Software-Schichten	165
4.5.3 Spezifikation der Betriebszustände	166
4.6 Spezifikation der Software-Komponenten	167
4.6.1 Spezifikation des Datenmodells	168
4.6.2 Spezifikation des Verhaltensmodells	169
4.6.3 Spezifikation des Echtzeitmodells	171
4.7 Design und Implementierung der Software-Komponenten	173
4.7.1 Berücksichtigung der geforderten nichtfunktionalen Produkteigenschaften	174
4.7.2 Design und Implementierung des Datenmodells	176
4.7.3 Design und Implementierung des Verhaltensmodells	177
4.7.4 Design und Implementierung des Echtzeitmodells	178
4.8 Test der Software-Komponenten	178
4.9 Integration der Software-Komponenten	179
4.9.1 Erzeugung des Programm- und Datenstands	180
4.9.2 Erzeugung der Beschreibungsdateien	181
4.9.3 Erzeugung der Dokumentation	182
4.10 Integrationstest der Software	183
4.11 Integration der Systemkomponenten	184
4.11.1 Integration von Software und Hardware	184
4.11.2 Integration von Steuergeräten, Sollwertgebern, Sensoren und Aktuatoren	185
4.12 Integrationstest des Systems	187
4.13 Kalibrierung	190
4.14 System- und Akzeptanztest	190

5	Methoden und Werkzeuge in der Entwicklung	193
5.1	Offboard-Schnittstelle zwischen Steuergerät und Werkzeug	194
5.2	Analyse der logischen Systemarchitektur und Spezifikation der technischen Systemarchitektur	196
5.2.1	Analyse und Spezifikation steuerung- und regelungstechnischer Systeme	196
5.2.2	Analyse und Spezifikation von Echtzeitsystemen	200
5.2.3	Analyse und Spezifikation verteilter und vernetzter Systeme	206
5.2.4	Analyse und Spezifikation zuverlässiger und sicherer Systeme	211
5.3	Spezifikation von Software-Funktionen und Validation der Spezifikation	218
5.3.1	Spezifikation der Software-Architektur und der Software-Komponenten	220
5.3.2	Spezifikation des Datenmodells	224
5.3.3	Spezifikation des Verhaltensmodells mit Blockdiagrammen	224
5.3.4	Spezifikation des Verhaltensmodells mit Entscheidungstabellen	227
5.3.5	Spezifikation des Verhaltensmodells mit Zustandsautomaten	230
5.3.6	Spezifikation des Verhaltensmodells mit Programmiersprachen	235
5.3.7	Spezifikation des Echtzeitmodells	235
5.3.8	Validation der Spezifikation durch Simulation und Rapid-Prototyping	235
5.4	Design und Implementierung von Software-Funktionen	247
5.4.1	Berücksichtigung der geforderten nichtfunktionalen Produkteigenschaften	247
5.4.2	Design und Implementierung von Algorithmen in Festpunkt- und Gleitpunktarithmetik	255
5.4.3	Design und Implementierung der Software-Architektur	270
5.4.4	Design und Implementierung des Datenmodells	274
5.4.5	Design und Implementierung des Verhaltensmodells	277
5.5	Integration und Test von Software-Funktionen	280
5.5.1	Software-in-the-Loop-Simulationen	281
5.5.2	Laborfahrzeuge und Prüfstände	283
5.5.3	Experimental-, Prototypen- und Serienfahrzeuge	289
5.5.4	Design und Automatisierung von Experimenten	290
5.6	Kalibrierung von Software-Funktionen	291
5.6.1	Arbeitsweisen bei der Offline- und Online-Kalibrierung	292
5.6.2	Software-Update durch Flash-Programmierung	294
5.6.3	Synchrones Messen von Signalen des Mikrocontrollers und der Instrumentierung	295
5.6.4	Auslesen und Auswerten von Onboard-Diagnosedaten	295
5.6.5	Offline-Verstellen von Parametern	296
5.6.6	Online-Verstellen von Parametern	297
5.6.7	Klassifizierung der Offboard-Schnittstellen für das Online-Verstellen	298
5.6.8	Management des CAL-RAM	303
5.6.9	Management der Parameter und Datenstände	306
5.6.10	Design und Automatisierung von Experimenten	307

6 Methoden und Werkzeuge in Produktion und Service	309
6.1 Offboard-Diagnose	310
6.2 Parametrierung von Software-Funktionen.....	311
6.3 Software-Update durch Flash-Programmierung.....	312
6.3.1 Löschen und Programmieren von Flash-Speichern.....	313
6.3.2 Flash-Programmierung über die Offboard-Diagnoseschnittstelle.....	313
6.3.3 Sicherheitsanforderungen.....	314
6.3.4 Verfügbarkeitsanforderungen	316
6.3.5 Auslagerung und Flash-Programmierung des Boot-Blocks	317
6.4 Inbetriebnahme und Prüfung elektronischer Systeme	319
7 Zusammenfassung und Ausblick	321
Literaturverzeichnis	323
Abkürzungsverzeichnis	329
Sachwortverzeichnis	331