

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Klassifikation, Charakteristika.....	3
1.3	Anwendungen, Beispiele und Branchen.....	6
1.4	Begriffsdefinitionen	8
1.5	Logischer Aufbau eingebetteter Systeme	10
1.5.1	Kontrolleinheit	12
1.5.2	Regelstrecke	15
1.5.3	Benutzerschnittstelle	21
1.6	Softwareentwicklung eingebetteter Systeme.....	22
1.6.1	Motivation	22
1.6.2	Begriffsklärung.....	23
1.6.3	Entwurf.....	23
1.7	Besondere Herausforderungen.....	24
1.8	Zusammenfassung.....	25
2	Nebenläufige Systeme	27
2.1	Einführung.....	28
2.1.1	Multitasking.....	29
2.1.2	Multithreading	29
2.1.3	Prozesssynchronisation und -kommunikation.....	31
2.2	Grundlegende Modelle für die Nebenläufigkeit.....	32
2.3	Verteilte Systeme	34
3	Echtzeit, Echtzeitsysteme, Echtzeitbetriebssysteme.....	39
3.1	Echtzeitsysteme.....	39
3.2	Ereignissteuerung versus Zeitsteuerung	41
3.3	Echtzeitbetriebssysteme	42

3.3.1	Aufbau und Aufgaben von Betriebssystemen	43
3.3.2	Betriebssystemarchitekturen	44
3.3.3	Echtzeitfähige Betriebssysteme	45
3.3.4	Zeitgeber und Zugriffsebenen auf Zeit	50
3.3.5	Prozesse	53
3.3.6	Multitasking und Scheduling	54
3.3.7	Scheduling in Echtzeitbetriebssystemen	57
3.3.8	Speicherverwaltung	59
3.4	VxWorks als Beispiel eines Echtzeitbetriebssystems	61
3.4.1	Das Laufzeitsystem	63
3.4.2	Exkurs: Der POSIX Standard	63
3.4.3	Das I/O-Subsystem von VxWorks	64
3.4.4	Unterstützung verteilter Systeme in VxWorks	64
3.4.5	VxWorks Entwicklungswerkzeuge	64
3.5	Weitere Beispiele eingebetteter Betriebssysteme	66
3.5.1	Symbian OS	67
3.5.2	Palm OS	68
3.5.3	Windows CE	69
3.5.4	QNX	70
3.5.5	Embedded Linux	72
3.6	Zusammenfassung	73
4	Programmierung eingebetteter Systeme	75
4.1	Der Einsatz von C/C++ für eingebettete Systeme	77
4.2	Embedded C++	78
4.2.1	Einschränkung: Das Schlüsselwort „mutable“	80
4.2.2	Einschränkung: Ausnahmebehandlung	80
4.2.3	Typidentifikation zur Laufzeit	81
4.2.4	Namenskonflikte	81
4.2.5	Templates	81
4.2.6	Mehrfachvererbung und virtuelle Vererbung	81
4.2.7	Bibliotheken	82
4.2.8	EC++ Styleguide	82
4.3	Der Einsatz von Java für eingebettete Systeme	83
4.3.1	Java 1	85
4.3.2	Java 2 (J2ME)	87
4.3.3	JavaCard	90
4.3.4	Echtzeiterweiterungen für Java	93
4.4	Synchrone Sprachen	98

4.5	Ereignisbasierter Ansatz am Beispiel von Esterel.....	99
4.5.1	Historie.....	100
4.5.2	Hypothese der perfekten Synchronie.....	100
4.5.3	Determinismus.....	104
4.5.4	Allgemeines	105
4.5.5	Parallelität.....	106
4.5.6	Deklarationen.....	106
4.5.7	Instruktionen.....	109
4.5.8	Beispiel: Die sogenannte ABRO-Spezifikation	111
4.5.9	Semantik	111
4.5.10	Kausalitätsprobleme.....	112
4.5.11	Codegenerierung und Werkzeuge.....	116
4.6	Synchrone Datenflusssprachen am Beispiel von Lustre	118
4.6.1	Datenfluss und Clocks.....	119
4.6.2	Variablen, Konstanten und Gleichungen	120
4.6.3	Operatoren und Programmstruktur	120
4.6.4	Assertions (Zusicherungen)	122
4.6.5	Compilation.....	122
4.6.6	Verifikation und automatisches Testen.....	124
4.6.7	Lustre im Vergleich zu Signal	125
4.7	Zeitgesteuerter Ansatz am Beispiel von Giotto.....	125
4.8	Zusammenfassung.....	136
5	Softwareentwurf eingebetteter Systeme	139
5.1	Modellierung eingebetteter Systeme	140
5.2	Formale Methoden	141
5.3	Statecharts	142
5.4	Die Unified Modeling Language (UML).....	145
5.5	Der Ansatz ROOM.....	151
5.5.1	Softwarewerkzeuge und Umgebung	151
5.5.2	Einführung.....	152
5.5.3	Echtzeitfähigkeit	154
5.6	Hardware/Software-Codesign.....	155
5.7	Die MARMOT-Methode	161
5.8	Hybride Systeme und hybride Automaten	164
5.8.1	Einleitung.....	164
5.8.2	Spezifikation hybrider Systeme	167
5.9	Zusammenfassung.....	171
6	Softwarequalität eingebetteter Systeme	173
6.1	Motivation	173

6.2	Begriffe	174
6.3	Zuverlässigkeit eingebetteter Systeme.....	178
6.3.1	Konstruktive Maßnahmen	182
6.3.2	Analytische Verfahren	184
6.3.3	Stochastische Abhängigkeit	186
6.3.4	Gefahrenanalyse	186
6.4	Sicherheit eingebetteter Systeme	188
6.4.1	Testen	190
6.4.2	Manuelle Prüftechniken	195
6.4.3	Formale Verifikation.....	196
6.5	Zusammenfassung.....	199
7	Vorgehensmodelle und Standards der Entwicklung....	201
7.1	Das Wasserfall-Modell.....	201
7.2	Das V-Modell	202
7.3	Das V-Modell XT	205
7.3.1	Grundlagen.....	206
7.3.2	Anwendung des V-Modell XT	207
7.3.3	Zielsetzung und Aufbau des V-Modell XT	208
7.3.4	V-Modell XT Produktvorlagen.....	211
7.3.5	V-Modell XT Werkzeuge.....	211
7.4	Die ROPES-Methode	212
7.5	Der OSEK-Standard	213
7.6	AUTOSAR	215
7.7	Zusammenfassung.....	217
8	Schlussbemerkungen.....	219
	Literaturverzeichnis	223
	Sachverzeichnis.....	229