

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1	Grundlagen für Echtzeitsysteme in der Automatisierung	1
1.1	Einführung	1
1.1.1	Echtzeitdatenverarbeitung	1
1.1.2	Ziele und Grundprinzip der Automatisierung von technischen Prozessen	2
1.1.3	Anwendungsbeispiele zur Automatisierung von technischen Prozessen	4
1.1.4	Prozessmodell	9
1.1.5	Steuerung und Regelung	11
1.2	Methoden zur Modellierung und zum Entwurf von diskreten Steuerungen	16
1.2.1	Petri-Netze	16
1.2.2	Automaten	25
1.2.3	Zusammenhang zwischen Petri-Netzen und Automaten	31
1.3	Methoden für Modellierung und Entwurf zeitkontinuierlicher Regelungen	33
1.3.1	Aufgabenstellung in der Regelungstechnik	33
1.3.2	Beschreibungsverfahren für zeitkontinuierliche Systeme	34
1.3.3	Streckenidentifikation	54
1.3.4	Entwurf von zeitkontinuierlichen Regelungen	59
1.3.5	PID-Regler	73
1.3.6	Vorsteuerung und Störgrößenaufschaltung	80
1.3.7	Mehrschleifige Regelung	82
1.3.8	Zustandsregler und modellbasierte Regler	84
1.3.9	Adaptive Regler	86
1.4	Methoden für Modellierung und Entwurf zeitdiskreter Regelungen	89
1.4.1	Zeitdiskreter Regelkreis	89
1.4.2	Das Abtasttheorem	91
1.4.3	Beschreibung linearer zeitdiskreter Systeme im Zeitbereich	92
1.4.4	Beschreibung linearer zeitdiskreter Systeme im Bildbereich	93
1.4.5	Die zeitdiskrete Ersatzregelstrecke	98

1.4.6	Der digitale PID-Regler	100
1.4.7	Pole und Nullstellen der Übertragungsfunktion, Stabilität	103
1.4.8	Stabilität mit dem Schur-Cohn-Kriterium	103
1.4.9	Digitale Filter	105
1.5	Methoden für Modellierung und Entwurf von Regelungen mit Matlab	108
1.5.1	Systemanalyse und Reglerentwurf im zeitkontinuierlichen Fall	109
1.5.2	Systemanalyse und Reglerentwurf im zeitdiskreten Fall	118
1.5.3	Systemanalyse und Reglerentwurf mit Simulink	127
	Literatur	129
Kapitel 2	Rechnerarchitekturen für Echtzeitsysteme	131
2.1	Allgemeines zur Architektur von Mikrorechnersystemen	131
2.1.1	Aufbau und Konzepte	133
2.1.2	Unterbrechungsbehandlung	137
2.1.3	Speicherhierarchien, Pipelining und Parallelverarbeitung	145
2.1.4	Echtzeitfähigkeit	152
2.2	Mikrocontroller	155
2.2.1	Abgrenzung zu Mikroprozessoren	155
2.2.2	Prozessorkern	157
2.2.3	Speicher	158
2.2.4	Zähler und Zeitgeber	161
2.2.5	Watchdogs	162
2.2.6	Serielle und parallele Ein-/Ausgabekanäle	163
2.2.7	Echtzeitkanäle	164
2.2.8	AD-/DA-Wandler	166
2.2.9	Unterbrechungen	167
2.2.10	DMA	168
2.2.11	Ruhebetrieb	168
2.2.12	Erweiterungsbus	169
2.3	Signalprozessoren	169
2.4	Parallelbusse	172
2.4.1	Grundkonzepte	173
2.4.2	Echtzeitaspekte	182
2.4.3	Der PCI-Bus	183
2.4.4	Der VME-Bus	190
2.5	Schnittstellen	198
2.5.1	Klassifizierung von Schnittstellen	200
2.5.2	Beispiele	204
2.6	Rechner in der Automatisierung	207
	Literatur	212

Kapitel 3	Hardwarechnittstelle zwischen Echtzeitsystem und Prozess	215
3.1	Einführung	215
3.2	Der Transistor	217
3.2.1	Der Transistor als Verstärker	217
3.2.2	Der Transistor als Schalter	218
3.3	Operationsverstärker	220
3.3.1	Definition und Eigenschaften des Operationsverstärkers	220
3.3.2	Realisierung mathematischer Funktionen mit Operationsverstärkern	222
3.3.3	Weitere Operationsverstärkerschaltungen	228
3.4	Datenwandler zur Ein- und Ausgabe von Analogsignalen	232
3.4.1	Parameterdefinitionen für Datenwandler	233
3.4.2	Digital zu Analog (D/A) - Wandler	234
3.4.3	Analog zu Digital (A/D) - Wandler	236
3.4.4	Analogmessdatenerfassung	243
3.5	Eingabe/Ausgabe von Schaltsignalen	245
3.5.1	Pegel-/Leistungsanpassung durch Relaisreiber mit gemeinsamer Spannungsversorgung	245
3.5.2	Pegel-/Leistungsanpassung durch Relaisreiber mit separater Spannungsversorgung	247
3.5.3	Pegelumsetzung auf 24 Volt	248
3.6	Serielle Schnittstellen	249
3.6.1	RS-232 Schnittstelle	249
3.6.2	RS-422-Schnittstelle	252
3.6.3	RS-485-Schnittstelle	253
Kapitel 4	Echtzeitkommunikation	255
4.1	Einführung	255
4.2	Grundlagen für die Echtzeitkommunikation	257
4.2.1	Kommunikationsmodell	257
4.2.2	Topologien von Echtzeit-Kommunikationssystemen	260
4.2.3	Zugriffsverfahren auf Echtzeit-Kommunikationssysteme	263
4.2.4	Signalkodierung, Signaldarstellung	266
4.3	Ethernet für die Kommunikation zwischen Leitebene und Steuerungsebene	267
4.4	Feldbusse für die Kommunikation zwischen Steuerungs- und Prozessebene	272
4.4.1	Allgemeines	272
4.4.2	PROFIBUS	274
4.4.3	CAN-Bus	278
4.4.4	CAN-Bus - höhere Protokolle	283

4.4.5	INTERBUS	290
4.4.6	ASI-Bus	293
4.4.7	Sicherheitsbus	296
4.4.8	Industrial Ethernet mit Echtzeit	301
4.4.9	ETHERNET Powerlink	303
4.4.10	EtherCAT	306
4.4.11	PROFINet	308
4.4.12	SERCOS III	310
4.4.13	Vergleich der Eigenschaften von Echtzeit-Ethernetsystemen	312
	Literatur	314
Kapitel 5	Echtzeitprogrammierung	317
5.1	Problemstellung und Anforderungen	317
5.1.1	Rechtzeitigkeit	318
5.1.2	Gleichzeitigkeit	322
5.1.3	Verfügbarkeit	324
5.2	Verfahren	325
5.2.1	Synchrone Programmierung	326
5.2.2	Asynchrone Programmierung	334
5.3	Ablaufsteuerung	338
5.3.1	Zyklische Ablaufsteuerung	339
5.3.2	Zeitgesteuerte Ablaufsteuerung	340
5.3.3	Unterbrechungsgesteuerte Ablaufsteuerung	340
	Literatur	342
Kapitel 6	Echtzeitbetriebssysteme	343
6.1	Aufgaben	343
6.2	Schichtenmodelle	344
6.3	Taskverwaltung	349
6.3.1	Taskmodell	350
6.3.2	Taskzustände	351
6.3.3	Zeitparameter	354
6.3.4	Echtzeitscheduling	356
6.3.5	Synchronisation und Verklemmungen	378
6.3.6	Task-Kommunikation	391
6.3.7	Implementierungsaspekte der Taskverwaltung	394
6.4	Speicherverwaltung	395
6.4.1	Modelle	396
6.4.2	Lineare Adressbildung	397
6.4.3	Streuende Adressbildung	405
6.5	Ein-/Ausgabeverwaltung	410
6.5.1	Grundlagen	410
6.5.2	Synchronisationsmechanismen	413
6.5.3	Unterbrechungsbehandlung	419
6.6	Klassifizierung von Echtzeitbetriebssystemen	420

	6.6.1	Auswahlkriterien	421
	6.6.2	Überblick industrieller Echtzeitbetriebssysteme	424
6.7		Beispiele	425
	6.7.1	QNX	425
	6.7.2	POSIX.4	429
	6.7.3	RTLinux	433
	6.7.4	VxWorks	437
		Literatur	442
Kapitel 7		Echtzeitmiddleware	443
	7.1	Grundkonzepte	443
	7.2	Middleware für Echtzeitsysteme	445
	7.3	RT-CORBA	447
	7.4	OSA+	453
		Literatur	465
Kapitel 8		Echtzeitsystem Speicherprogrammierbare Steuerung	467
	8.1	Einführung	467
	8.2	Grundprinzip der SPS	467
	8.3	Hardware und Softwarearchitekturen der SPS	469
	8.4	SPS-Programmierung	476
		Literatur	486
Kapitel 9		Echtzeitsystem Werkzeugmaschinensteuerung	487
	9.1	Einführung	487
	9.2	Struktur und Informationsfluss innerhalb einer NC	492
	9.3	Bewegungsführung	499
	9.4	Kaskadenregelung für eine Maschinenachse	505
Kapitel 10		Echtzeitsystem Robotersteuerung	511
	10.1	Einführung	511
	10.2	Informationsfluss und Bewegungssteuerung einer RC	512
	10.3	Softwarearchitektur und Echtzeitverhalten der RC	517
	10.4	Sensorgestützte Roboter	533
		10.4.1 Sensorstandardschnittstelle	535
Indexverzeichnis			541