

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Der autonome Gabelstapler als Beispielsystem	3
	Literatur	6
 Teil I Elektrische und Elektronische Grundlagen		
2	Elektrotechnische Grundlagen	9
2.1	Elektrotechnische Betrachtung Eingebetteter Systeme	10
2.2	Die elektrische Ladung	10
2.3	Der elektrische Strom	11
2.4	Der elektrische Widerstand	12
2.5	Der elektrische Stromkreis	13
2.6	Das Ohmsche Gesetz	14
2.7	Energie und Leistung	15
2.8	Zeitlicher Verlauf von Spannungen	16
	Literatur	18
3	Elektrische Netzwerke	19
3.1	Übertragungsfunktion elektrischer Netzwerke	20
3.2	Widerstandsnetzwerke	21
3.2.1	Reihenschaltung von Widerständen	22
3.2.2	Parallelschaltung von Widerständen	24
3.2.3	Erste Kirchhoffsche Regel (Knotenregel)	25
3.2.4	Zweite Kirchhoffsche Regel (Maschenregel)	26
3.3	Zweipole und Vierpole	28
3.4	Widerstands-Kondensator-Netzwerke	28
3.4.1	Der Kondensator als Zweipol	29
3.4.2	Parallelschaltung von Kondensatoren	31
3.4.3	Reihenschaltung von Kondensatoren	31
3.4.4	Impedanz	32

3.5	Schaltverhalten von RC-Gliedern	33
3.5.1	Der elektrische Tiefpass	34
3.5.2	Schaltverhalten eines Hochpasses	39
3.6	Widerstands-Kondensator-Spule-Netzwerke	40
3.6.1	Spule.	40
3.6.2	RLC-Kreis	41
4	Elektronische Grundschaltungen	45
4.1	Grundlagen der Halbleitertechnik	46
4.2	Dotierung von Halbleitern	46
4.3	Der pn-Übergang	47
4.4	Dioden	49
4.4.1	Schaltungsbeispiele	50
4.4.2	Dioden als Schalter	54
4.4.3	Spezialdioden	55
4.5	Bipolar-Transistor	57
4.6	Feldeffekttransistoren.	64
4.6.1	Selbstsperrende MOSFETs	66
4.6.2	Selbstleitende MOSFETs	67
4.7	Grundlegende Transistorschaltungen.	68
4.7.1	Transistor als Inverter.	68
4.7.2	Differenzverstärker.	69
4.7.3	Operationsverstärker	71
4.8	Anwendung von Operationsverstärkern.	73
4.8.1	Rückkopplung	75
4.9	Verstärkerschaltungen	76
4.9.1	Invertierender Verstärker	76
4.9.2	Elektrometerverstärker (nicht-invertierender Verstärker)	77
4.10	Funktionsglieder	79
4.10.1	Analog-Addierer	79
4.10.2	Analog-Subtrahierer.	80
4.10.3	Integrierer.	81
	Literatur.	83

Teil II Systemtheorie und Regelung

5	Systemtheorie	87
5.1	Modellierung des Eingebetteten Systems	88
5.2	Signale	89
5.2.1	Stochastische und deterministische Signale.	90
5.2.2	Kontinuierliche und diskrete Signale.	90
5.2.3	Energie- und Leistungssignale	93

5.2.4	Beschreibung von Signalen im Zeitbereich	95
5.2.5	Übertragungssysteme	96
5.3	Faltung	99
5.3.1	Grafische Darstellung der Faltung	103
5.3.2	Zeitdiskrete Faltung	106
5.4	Modellierung dynamischer Systeme	108
5.4.1	Fourierreihe und -transformation	110
5.4.2	Laplace-Transformation	117
	Literatur	120
6	Regelung	121
6.1	Einführung in die Regelungstechnik	123
6.2	Klassische Regelung	126
6.2.1	Zielparameterfestlegung	127
6.2.2	Grafische Darstellung und Modellbildung	130
6.2.3	Identifikation	138
6.2.4	Reglerauswahl	168
6.2.5	Parameterfestlegung	170
6.2.6	Heuristisches Verfahren nach Ziegler-Nichols	182
6.3	Fuzzy-Regelung	189
	Literatur	202

Teil III Systemkomponenten Eingebetteter Systeme

7	Signalverarbeitungsprozess	205
7.1	Der MSR-Kreislauf	206
7.2	Signalverarbeitung	208
7.3	Abtastung	209
7.3.1	Abtasttheorem	209
7.3.2	(Anti-)Aliasing-Filter	212
7.4	S&H-Verstärker	213
7.5	A/D-Wandler	214
7.5.1	Wägeverfahren	215
7.5.2	Parallele Wandler	216
7.5.3	Prioritätsdekodierer	218
7.5.4	Dual-Slope-Verfahren	219
7.5.5	Multi-Slope-Wandler	222
7.5.6	Charge-Balancing-Verfahren	222
7.5.7	Delta-Modulation	224
7.6	Rückführungsprozess	227
7.7	D/A-Wandlung	228
7.7.1	Parallele Umsetzer	228
7.7.2	R-2-R-Kettenleiter	229

7.7.3	Pulsweiten-Modulation (PWM).....	231
7.7.4	Delta-Sigma-Umsetzer.....	232
7.8	Deglitcher.....	233
7.9	Filter im Rückführungsprozess.....	234
	Literatur.....	235
8	Sensordatenverarbeitung.....	237
8.1	Der Begriff Sensorik.....	238
8.2	Messfehler.....	240
8.2.1	Fehlerfortpflanzung.....	242
8.3	Übertragungsfunktion von Sensoren.....	244
8.3.1	Eigenschaften von Sensorübertragungsfunktionen.....	245
8.4	Digitale Verarbeitung.....	249
8.4.1	FIR-Filter.....	250
8.4.2	IIR-Filter.....	253
8.5	Interne (intrinsische) Sensoren.....	255
8.5.1	Optische Encoder.....	255
8.5.2	Beschleunigungssensoren.....	257
8.6	Externe (extrinsische) Sensoren.....	260
8.6.1	Dehnungsmessstreifen.....	260
8.6.2	Kraft-Momenten-Sensoren.....	263
	Literatur.....	264
9	Aktuatorik.....	265
9.1	Komponenten der Aktuatorik.....	266
9.2	Leistungselektronik.....	268
9.3	Elektrische Antriebe.....	269
9.3.1	Gleichstrommotoren.....	269
9.3.2	Schrittmotoren (stepper motors).....	273
9.4	Getriebe.....	274
9.5	Weitere Aktuatoren.....	276
9.5.1	Rheologische Flüssigkeiten.....	276
9.5.2	Piezoelektrische Aktuatoren.....	277
9.5.3	Thermische Aktuatoren.....	280
	Literatur.....	283
10	Recheneinheiten für Eingebettete Systeme.....	285
10.1	Die Aufgabe der Recheneinheit.....	286
10.2	Anforderungen.....	286
10.3	Recheneinheiten – Typenüberblick.....	287

10.3.1	Generische, softwareprogrammierbare Recheneinheiten.	288
10.3.2	Anwendungsoptimierte, softwareprogrammierbare Recheneinheiten.	290
10.3.3	Anwendungsspezifische, hardwareprogrammierbare Recheneinheiten.	291
10.3.4	Generische, hardwareprogrammierbare Recheneinheiten	291
10.4	Microcontroller	292
10.4.1	Beschaltung	297
10.5	Field-Programmable-Gate-Array (FPGA).	299
	Literatur.	301
11	Kommunikation	303
11.1	Kommunikationskomponenten Eingebetteter Systeme	304
11.2	Anforderungen an Kommunikationssysteme.	306
11.3	Schichtenmodell.	307
11.4	Bitübertragungsschicht	308
11.4.1	Bandbreite und maximale Übertragungsfrequenz	309
11.4.2	Störungsunterdrückung	311
11.4.3	Taktrückgewinnung	313
11.5	Sicherungsschicht	314
11.5.1	Fehlersicherung	316
11.5.2	Medienzugriff.	319
11.6	Beispiele kommerzieller Bussysteme	324
11.6.1	Sensor-Aktuator-Busse	325
11.6.2	Feldbusse	328
	Literatur.	332
 Teil IV Analyse und Echtzeit		
12	Softwaremodellierung und Analyse.	335
12.1	Abstraktion technischer Systeme.	336
12.2	UML.	338
12.2.1	Aktivitätsdiagramme	339
12.2.2	Zeitverlaufsdigramme	340
12.2.3	Interaktions(übersichts)diagramme	341
12.2.4	Klassendiagramme.	342
12.2.5	Zustandsdiagramme.	344
12.2.6	Komponentendiagramme.	346
12.3	SDL	347

12.4	Petrinetze	350
12.4.1	Analyse von Petrinetzen.	353
12.4.2	Zeiterweiterte Petrinetze	355
	Literatur.	356
13	Echtzeitsysteme	357
13.1	Echtzeit in Eingebetteten Systemen.	358
13.2	Allokation	360
13.2.1	Allokation als Graphproblem.	361
13.3	Prozesse und Pläne.	363
13.3.1	Sporadische Prozesse.	365
13.3.2	Periodische Prozesse	366
13.3.3	Problemklassen	366
13.4	Planungsverfahren	367
13.4.1	Planen durch Suchen	367
13.4.2	Earliest Deadline First	371
13.4.3	Least Laxity	375
13.4.4	Rate-Monotonic Scheduling	379
	Literatur.	381
	Anhang A: Physikalische Einheiten und Größen.	383
	Anhang B: Widerstandswerte, Schaltzeichen und Diodentypen	385
	Anhang C: Fourier- und Laplace-Tabellen	389
	Stichwortverzeichnis.	393