

Inhaltsverzeichnis

1 Rechnen mit Zahlen

1.1	Grundgesetze	9
1.1.1	Vertauschungsgesetz, Verbindungsgesetz, Verteilungsgesetz	9
1.1.2	Bruchrechnen	10
1.2	Potenzen	12
1.2.1	Zehnerpotenzen	12
1.2.2	Sonstige Potenzen mit ganzen Exponenten	14
1.3	Rechnen mit Wurzeln	15
1.4	Logarithmen	16
1.4.1	Rechenregeln, natürlicher und binärer Logarithmus	16
1.4.2	Zehnerlogarithmen	17
1.4.3	Logarithmische Darstellung, Linearisieren	18
1.5	Kehrwert, Prozentrechnen	19
1.6	Funktionen	20
1.6.1	Beschreibungsformen bei Funktionen	20
1.6.2	Lineare Funktionen	21
1.6.3	Trigonometrische Funktionen	22
1.6.4	Exponentialfunktionen	25

2 Rechnen mit Größen

2.1	Begriffe beim Rechnen mit Größen	27
2.2	Umrechnen der Einheiten	28
2.3	Addition und Subtraktion	28
2.4	Multiplikation und Division	29

3 Rechnen mit Formeln

3.1	Umstellen von Formeln	30
3.2	Formel als Größengleichung	32
3.2.1	Längen und Flächen	32
3.2.2	Satz des Pythagoras	30
3.2.3	Geschwindigkeiten	34

4 Elektrotechnische Grundlagen

4.1	Stromdichte	36
4.2	Widerstände	36
4.2.1	Widerstand und Leitwert	36
4.2.2	Widerstand und Temperatur	37
4.2.3	Leiterwiderstand	38
4.3	Das Ohm'sche Gesetz	39
4.4	Messen	40
4.4.1	Anzeigefehler bei Zeigermessgeräten	40
4.4.2	Digitales Messen mit DMM	41
4.4.3	Digitales Multimeter DMM	42
4.5	Rechnen mit Bezugspfeilen	43
4.6	Elektrische Leistung bei Gleichspannung	44
4.7	Arbeit und Energie	45
4.7.1	Elektrische Arbeit	46
4.7.2	Mechanische Arbeit und Leistung	46
4.7.3	Leistung und Arbeit bei Drehbewegung	48

4.7.4	Wirkungsgrad und Arbeitsgrad	49
4.8	Grundsaltungen	50
4.8.1	Reihenschaltung	50
4.8.2	Parallelschaltung	51
4.8.3	Gemischte Schaltungen	52
4.8.4	Spannungsteiler	55
4.9	Brückenschaltungen	56
4.10	Erzeuger-Ersatzschaltungen	57
4.10.1	Spannungserzeuger	57
4.10.2	Spannungserzeugung mit Fotovoltaik	58
4.10.3	Sekundärelemente (der Energieelektronik) aufladen	59
4.10.4	Anpassungsarten	60
4.11	Schaltungen simulieren	62
4.11.1	Schaltungen simulieren mit Multisim	62
4.11.2	Schaltungen simulieren mit PSpice	64
4.12	Temperatur und Wärme	66
4.12.1	Wärme und Wärmekapazität	66
4.12.2	Wärmewiderstand	67

5 Wechselstromtechnik

5.1	Wechselgrößen	69
5.1.1	Periode, Frequenz, Kreisfrequenz, Wellenlänge	69
5.1.2	Maximalwert, Spitze-Tal-Wert, Effektivwert	69
5.1.3	Impulse	71
5.1.4	Mittelwerte	73
5.2	Kondensator	74
5.2.1	Elektrisches Feld	74
5.2.2	Ladung und Kapazität	74
5.2.3	Kraftwirkung und Energie des elektrischen Feldes	75
5.2.4	Kapazität	76
5.2.5	Schaltungen von Kondensatoren	76
5.2.6	RC-Schaltung an Gleichspannung und Rechteckspannung	77
5.2.7	Kapazitiver Blindwiderstand	78
5.3	Spule	79
5.3.1	Elektromagnetismus	79
5.3.2	Induktion und Induktivität	82
5.3.3	RL-Schaltungen an Gleichspannung	83
5.3.4	Induktiver Blindwiderstand	84
5.4	Schaltungen mit Blindwiderständen	85
5.4.1	RC- und RL-Schaltungen	85
5.4.2	RLC-Schaltungen	89

6 Elektronische Schaltungen

6.1	Schaltungen mit nicht linearen Widerständen	91
6.1.1	Differenzieller Widerstand	91
6.1.2	Impedanzen im Arbeitspunkt	91
6.1.3	Zeichnerische Lösung der Reihenschaltung	92
6.2	Schaltungen mit Dioden	94
6.2.1	Festlegung des Arbeitspunktes	94
6.2.2	Gleichrichterschaltungen	96

6.2.3	Spannungsstabilisierung mit Z-Dioden.	97
6.3	Licht.	98
6.4	Schaltungen mit fotoelektronischen Bauelementen	100
6.5	Schaltungen mit bipolaren Transistoren. . .	101
6.6	Schaltungen mit Feldeffekttransistoren . .	103
6.7	Transistoren als elektronische Schalter . .	104
6.7.1	Bipolarer Schalttransistor	104
6.7.2	Schalten bei Ohm'scher, induktiver und kapazitiver Last	106
6.7.3	Analogschalter mit FET	107
6.7.4	Analogschalter mit IG-FET	108
6.8	Kippschaltungen	109
6.8.1	Astabile Kippschaltung	109
6.8.2	Monostabile Kippschaltung	110
6.8.3	Schwellwertschalter.	111
6.9	Bauteile und Baugruppen der Leistungselektronik	113
6.9.1	IGBT.	113
6.9.2	Thyristoren als elektronische Schalter . . .	114
6.9.3	Gesteuerte Stromrichter	115
6.10	Operationsverstärker	117
6.10.1	Eingangsschaltung des Operationsverstärkers	117
6.10.2	Verstärkung ohne Gegenkopplung	118
6.10.3	Komparatoren	119
6.10.4	Invertierender Verstärker.	120
6.10.5	Summierverstärker.	121
6.10.6	Nicht invertierender Verstärker und Impedanzwandler	122
6.10.7	Subtrahierverstärker und Differenzverstärker.	123
6.10.8	Instrumentenverstärker (INV)	124
6.10.9	Differenzier-Invertierer.	125
6.10.10	Integrier-Invertierer	126
6.11	Stabilisieren und Regeln	127
6.11.1	Spannung stabilisieren	127
6.11.2	Strom stabilisieren	128
6.11.3	Spannung regeln mit IC	129
6.11.4	Schaltnetzteile (SNT)	130

7 Digitaltechnik

7.1	Aufbau der Zahlensysteme.	134
7.2	Dualzahlen	135
7.2.1	Umwandlung von Dualzahlen in Dezimalzahlen.	135
7.2.2	Umwandlung von Dezimalzahlen in Dualzahlen	136
7.2.3	Addition und Subtraktion von Dualzahlen .	137
7.2.4	Multiplikation und Division von Dualzahlen	137
7.2.5	Subtraktion durch Komplementaddition . .	138
7.3	BCD-Codes.	139
7.4	Hexadezimalzahlen.	139
7.4.1	Hexadezimalzahlen und Dualzahlen	139
7.4.2	Addition und Subtraktion von Hexadezimalzahlen.	140
7.4.3	Hexadezimalzahlen und Dezimalzahlen . . .	141
7.5	Kombinatorische Digitaltechnik (Schaltnetze).	142
7.5.1	Schaltalgebraische Begriffe	142
7.5.2	Kommutativgesetz der Schaltalgebra.	143

6

7.5.3	Assoziativgesetz der Schaltalgebra.	144
7.5.4	Distributivgesetze der Schaltalgebra	145
7.5.5	Schaltalgebraische Funktionen	146
7.5.6	Logische bitweise Verknüpfungen von Zahlen.	148
7.6	Minimieren und Realisieren von Schaltfunktionen	149
7.6.1	Algebraisches Minimieren	149
7.6.2	Realisieren mit NAND-Elementen	150
7.6.3	Aufstellen des KV-Diagramms	151
7.6.4	Minimieren mit dem KV-Diagramm.	152
7.7	Lastfaktoren.	154

8 Computertechnik

8.1	Berechnung der Speicherkapazität	156
8.2	Bildschirmauflösung und Speicherkapazität	157
8.3	PC-Firmware	158
8.3.1	BIOS	158
8.3.2	UEFI.	159
8.4	C/C++ und ARDUINO	160
8.4.1	Lineare Programme	160
8.4.2	Programmverzweigungen mit C/C++	161
8.4.3	Programmschleifen mit C/C++	162
8.4.4	Felder mit C/C++	163
8.4.5	Programmieren mit Vorgaben	163
8.5	Datenbanken	164
8.5.1	Datenbank mit Access erstellen.	164
8.5.2	Arbeiten mit Access	165
8.5.3	Datenbanksprache SQL	166
8.5.4	SQL-Aggregatfunktionen.	167
8.6	Signalverarbeitung.	168
8.6.1	Signalabtastung	168
8.6.2	Signalumsetzer	169
8.6.3	Geschwindigkeit der Datenübertragung. . .	170
8.6.4	Pegel und Dämpfung von Datenleitungen .	171
8.6.5	Wellenwiderstand und Ausbreitungsgeschwindigkeit.	172
8.6.6	Übertragungsreichweiten mit Glasfasern .	173

9 Netztechnik

9.1	Aufbau von IT-Netzen, Routingtabelle	175
9.2	Routingtabellen auslesen	176
9.3	Errichten lokaler Netzwerke	177
9.3.1	Gesamtlänge einer horizontalen Verkabelung.	177
9.3.2	Längeneinschränkungen von fest verlegten Verkabelungsstrecken	178
9.3.3	Gebäudeverkabelung.	179
9.4	Messen im LAN.	180
9.4.1	Grundlagen NEXT, FEXT	180
9.4.2	Messen und Fehlersuche.	181
9.5	Adressierung von Netzen	182
9.5.1	Internetadressierung IPv4.	182
9.5.2	Internetadressierung IPv6.	183

9.5.3	Subnetze.	184	11.2.11	Projektierung einer Servoachse.	234
9.5.4	Aufteilung in Subnetze.	185	11.3	Schrittmotoren.	236
			11.3.1	Schrittwinkel und Drehzahl.	236
			11.3.2	Schrittmotoren ansteuern.	237
10	Elektrische Anlagen		12	Sensorik (Messwertaufnehmer)	
10.1	Wechselstromleistungen bei Einphasen- wechselstrom.	187	12.1	Ultraschallsensor.	240
10.2	Drehstrom.	189	12.2	Schaltabstand Näherungsschalter.	241
10.2.1	Sternschaltung.	189	12.3	Messen mit Dehnungsmessstreifen.	242
10.2.2	Dreieckschaltung.	191	12.4	Temperaturmessung mit Widerstands- thermometer.	243
10.2.3	Leistungen bei Drehstrom.	192	12.5	Lichtabhängige Widerstände.	245
10.3	Transformator.	193			
10.3.1	Transformatorhauptgleichung.	193	13	Regelungstechnik	
10.3.2	Übersetzung von Spannung, Strom und Widerstand.	194	13.1	Unstetige Regler.	247
10.4	Kompensation bei Wechselstromver- brauchern.	195	13.2	Stetige Regler.	248
10.5	Leitungsberechnung.	197	13.2.1	P-Regler.	248
10.5.1	Mindestquerschnitt und Strombelast- barkeit.	197	13.2.2	PI-Regler.	250
10.5.2	Strombelastbarkeit von Leitungen bei Umgebungstemperatur $\vartheta_u = 30\text{ °C}$	199	13.2.3	PDT ₁ -Regler und PD-Regler.	251
10.5.3	Spannungsfall nach VDE.	200	13.2.4	PID-Regler.	252
10.6	Bemessung elektrischer Anlagen.	202	13.2.5	Regler einstellen (Ziegler/Nichols).	253
10.6.1	Berechnung des Schutzleiterwiderstands.	202	13.3	Regelstrecken.	254
10.6.2	Widerstände in Schutzleitersystemen.	203	13.3.1	Analyse von Regelstrecken.	254
10.6.3	Schmelzsicherungen und Leitungsschutzschalter LS.	205	13.3.2	Regelkreis mit P-Regler.	256
10.7	Schutzmaßnahmen.	206	13.3.3	Frequenzgang (Bode-Diagramm ¹).	257
			13.3.4	Reglerentwurf im Frequenzbereich.	258
			13.3.5	Auswahl der Reglerkennwerte.	259
11	Steuerungen und Antriebe		13.4	Digitale Regelungstechnik.	262
11.1	SPS-Technik.	208	13.4.1	Digitalisierung und Signalabtastung.	262
11.1.1	SPS-Verknüpfungen ohne Speicher.	208	13.4.2	PID-Digitalregler mit Stellungsalgorithmus.	263
11.1.2	Zusammengesetzte logische Verknüpfungen.	209	13.4.3	Digitalregler.	264
11.1.3	Speicherfunktionen.	210			
11.1.4	Signalflanken erkennen.	211	14	Aufgaben zur Mechanik	
11.1.5	SPS-Zeitgeber.	212	14.1	Rauminhalte und Massen.	266
11.1.6	SPS-Zähler.	213	14.2	Übersetzungen.	267
11.1.7	SPS-Datentypen und Umwandlungen.	214	14.3	Kraft und Kraftmoment.	268
11.1.8	Weitere SPS-Operationen.	215	14.4	Kräfte und Bewegungslehre.	270
11.1.9	Analoge Ein- und Ausgänge.	216	14.5	Berechnungen zum hydrostatischem Druck und zur Pneumatik.	271
11.1.10	Skalierung.	217			
11.1.11	Entwurf eines GRAFCET (Schrittkettenteil).	218	15	Arbeiten mit Datenblättern	
11.1.12	Aktionen bei GRAFCET.	220	15.1	Einführung in den Datenblattgebrauch.	272
11.1.13	Aktionen nach EN 61131-3.	222	15.1.1	Allgemeine Angaben.	272
11.2	Antriebstechnik.	223	15.1.2	Technische Kenngrößen in Datenblättern.	273
11.2.1	Leistungsbedarf ohne Rücksicht auf den Anlauf.	223	15.1.3	Umgang mit Datenblättern von Span- nungsreglern und Timer-Bausteinen.	275
11.2.2	Antrieb mechanischer Systeme.	224	15.2	Überstromschutzeinrichtungen.	276
11.2.3	Leistung beim Anfahren.	225	15.3	Kleintransformatoren.	277
11.2.4	Antrieb mit Gleichstrommotoren.	226	15.4	Schütze.	278
11.2.5	Ein-Quadranten-Steller (1Q-Steller).	227			
11.2.6	H-Brücke.	228			
11.2.7	Antrieb mit Drehfeldmotoren.	229			
11.2.8	Drehstromasynchronmotor (DASM).	230			
11.2.9	Kennwerte von Asynchronmotoren.	231			
11.2.10	Asynchronmaschinen am Frequenzumrichter.	232			

16	Kostenrechnung	
16.1	Fixe und variable Kosten	280
16.2	Kostenstellenrechnung	281
16.3	Kostenträgerrechnung im produzierenden Gewerbe	283
17	Prüfungsaufgaben	
17.1	Aufgaben der Analogtechnik	285
17.1.1	Leistungsreduzierung	285
17.1.2.	Operationsverstärker	285
17.1.3.	MOSFET als Schalter	285
17.1.4.	Spannungsstabilisierung.....	285
17.1.5	Pegelanpassung.....	285
17.1.6	Brückenschaltung mit Dehnungsmess- streifen	286
17.1.7	Lichtschrankschaltung.....	286
17.1.8.	Timergesteuerte Taktgeneratoren.....	287
17.1.9.	Taktgenerator	287
17.2	Aufgaben der Digitaltechnik	288
17.2.1	Platinenbestückungsanlage	288

17.2.2	Säulenanzeige mit Leuchtdioden.....	289
17.3	Aufgaben der Automatisierungstechnik...	290
17.3.1	Abfülleinrichtung für Schmierstoffe	290
17.3.2	Füllstandsregelung Wasserhochbehälter..	291
17.3.3	Parkhaussteuerung.....	292
17.3.4	Transportbandsteuerung.....	293
17.3.5	Palettierer mit Grafcet	294
17.3.6	Kammerschleuse mit Grafcet.....	295
17.4	Schutz gegen elektrischen Schlag.....	296

Anhang

Kurzlösungen zu den Aufgaben im Buch	297
Wichtige Größen und Einheiten	345
Mathematische Begriffe und Basiseinheiten	346
Wichtige Normen	347
Formelzeichen und ihre Bedeutung.....	348
Indizes, Zeichen und ihre Bedeutung.....	349
Vorsätze, Größen und Einheiten der IT-Technik	350
7-Bit-ASCII-Code – DIN 66003-Code	351
Code page für Latin1 (1252)	352
Sachwortverzeichnis	353