

Inhaltsverzeichnis

1	Rechnen mit Zahlen	4.7.4	Wirkungsgrad und Arbeitsgrad	49
1.1	Grundgesetze	4.8	Grundschaltungen	50
1.1.1	Vertauschungsgesetz, Verbindungsge- setz, Verteilungsgesetz	4.8.1	Reihenschaltung	50
1.1.2	Bruchrechnen	4.8.2	Parallelschaltung	51
1.2	Potenzen	4.8.3	Gemischte Schaltungen	52
1.2.1	Zehnerpotenzen	4.8.4	Spannungsteiler	55
1.2.2	Sonstige Potenzen mit ganzen Exponenten	4.9	Brückenschaltungen	56
1.3	Rechnen mit Wurzeln	4.10	Erzeuger-Ersatzschaltungen	57
1.4	Logarithmen	4.10.1	Spannungserzeuger	57
1.4.1	Rechenregeln, natürlicher und binärer Logarithmus	4.10.2	Spannungserzeugung mit Fotovoltaik	58
1.4.2	Zehnerlogarithmen	4.10.3	Sekundärelemente (der Energieelektronik) aufladen	59
1.4.3	Logarithmische Darstellung, Linearisieren	4.10.4	Anpassungsarten	60
1.5	Kehrwert, Prozentrechnen	4.11	Schaltungen simulieren	62
1.6	Funktionen	4.11.1	Schaltungen simulieren mit Multisim	62
1.6.1	Beschreibungsformen bei Funktionen	4.11.2	Schaltungen simulieren mit PSpice	64
1.6.2	Lineare Funktionen	4.12	Temperatur und Wärme	66
1.6.3	Trigonometrische Funktionen	4.12.1	Wärme und Wärmekapazität	66
1.6.4	Exponentialfunktionen	4.12.2	Wärmewiderstand	67
2	Rechnen mit Größen	5	Wechselstromtechnik	
2.1	Begriffe beim Rechnen mit Größen	5.1	Wechselgrößen	69
2.2	Umrechnen der Einheiten	5.1.1	Periode, Frequenz, Kreisfrequenz, Wel- lenlänge	69
2.3	Addition und Subtraktion	5.1.2	Maximalwert, Spitze-Tal-Wert, Effektivwert	69
2.4	Multiplikation und Division	5.1.3	Impulse	71
3	Rechnen mit Formeln	5.1.4	Mittelwerte	73
3.1	Umstellen von Formeln	5.2	Kondensator	74
3.2	Formel als Größengleichung	5.2.1	Elektrisches Feld	74
3.2.1	Längen und Flächen	5.2.2	Ladung und Kapazität	74
3.2.2	Satz des Pythagoras	5.2.3	Kraftwirkung und Energie des elektri- schen Feldes	75
3.2.3	Geschwindigkeiten	5.2.4	Kapazität	76
4	Elektrotechnische Grundlagen	5.2.5	Schaltungen von Kondensatoren	76
4.1	Stromdichte	5.2.6	RC-Schaltung an Gleichspannung und Rechteckspannung	77
4.2	Widerstände	5.2.7	Kapazitiver Blindwiderstand	78
4.2.1	Widerstand und Leitwert	5.3	Spule	79
4.2.2	Widerstand und Temperatur	5.3.1	Elektromagnetismus	79
4.2.3	Leiterwiderstand	5.3.2	Induktion und Induktivität	82
4.3	Das Ohm'sche Gesetz	5.3.3	RL-Schaltungen an Gleichspannung	83
4.4	Messen	5.3.4	Induktiver Blindwiderstand	84
4.4.1	Anzeigefehler bei Zeigermessgeräten	5.4	Schaltungen mit Blindwiderständen	85
4.4.2	Digitales Messen mit DMM	5.4.1	RC- und RL-Schaltungen	85
4.4.3	Digitales Multimeter DMM	5.4.2	RLC-Schaltungen	89
4.5	Rechnen mit Bezugspfeilen	6	Elektronische Schaltungen	
4.6	Elektrische Leistung bei Gleichspannung	6.1	Schaltungen mit nicht linearen Wider- ständen	91
4.7	Arbeit und Energie	6.1.1	Differenzieller Widerstand	91
4.7.1	Elektrische Arbeit	6.1.2	Impedanzen im Arbeitspunkt	91
4.7.2	Mechanische Arbeit und Leistung	6.1.3	Zeichnerische Lösung der Reihenschaltung	92
4.7.3	Leistung und Arbeit bei Drehbewegung	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	7.5.3	Assoziativgesetz der Schaltalgebra	144
6.3	Licht	98	7.5.4	Distributivgesetze der Schaltalgebra	145
6.4	Schaltungen mit fotoelektronischen Bauelementen	100	7.5.5	Schaltalgebraische Funktionen	146
6.5	Schaltungen mit bipolaren Transistoren	101	7.5.6	Logische bitweise Verknüpfungen von Zahlen	148
6.6	Schaltungen mit Feldeffekttransistoren	103	7.6	Minimieren und Realisieren von Schaltfunktionen	149
6.7	Transistoren als elektronische Schalter	104	7.6.1	Algebraisches Minimieren	149
6.7.1	Bipolarer Schalttransistor	104	7.6.2	Realisieren mit NAND-Elementen	150
6.7.2	Schalten bei Ohm'scher, induktiver und kapazitiver Last	106	7.6.3	Aufstellen des KV-Diagramms	151
6.7.3	Anologschalter mit FET	107	7.6.4	Minimieren mit dem KV-Diagramm	152
6.7.4	Anologschalter mit IG-FET	108	7.7	Lastfaktoren	154
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	8.1	Berechnung der Speicherkapazität	156
6.10.2	Verstärkung ohne Gegenkopplung	118	8.2	Bildschirmauflösung und Speicherkapazität	157
6.10.3	Komparatoren	119	8.3	PC-Firmware	158
6.10.4	Invertierender Verstärker	120	8.3.1	BIOS	158
6.10.5	Summierverstärker	121	8.3.2	UEFI	159
6.10.6	Nicht invertierender Verstärker und Impedanzwandler	122	8.4	C/C++ und ARDUINO	160
6.10.7	Subtrahierverstärker und Differenzverstärker	123	8.4.1	Lineare Programme	160
6.10.8	Instrumentenverstärker (INV)	124	8.4.2	Programmverzweigungen mit C/C++	161
6.10.9	Differenzier-Invertierer	125	8.4.3	Programmschleifen mit C/C++	162
6.10.10	Integrier-Invertierer	126	8.4.4	Felder mit C/C++	163
6.11	Stabilisieren und Regeln	127	8.4.5	Programmieren mit Vorgaben	163
6.11.1	Spannung stabilisieren	127	8.5	Datenbanken	164
6.11.2	Strom stabilisieren	128	8.5.1	Datenbank mit Access erstellen	164
6.11.3	Spannung regeln mit IC	129	8.5.2	Arbeiten mit Access	165
6.11.4	Schaltnetzteile (SNT)	130	8.5.3	Datenbanksprache SQL	166

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

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
10	Elektrische Anlagen		11.3.1	Schrittinkel und Drehzahl.....	236
10.1	Wechselstromleistungen bei Einphasen- wechselstrom	187	11.3.2	Schrittmotoren ansteuern.....	237
10.2	Drehstrom	189	12	Sensorik (Messwertaufnehmer)	
10.2.1	Sternschaltung	189	12.1	Ultraschallsensor	240
10.2.2	Dreieckschaltung	191	12.2	Schaltabstand Näherungsschalter.....	241
10.2.3	Leistungen bei Drehstrom.....	192	12.3	Messen mit Dehnungsmessstreifen	242
10.3	Transformator	193	12.4	Temperaturmessung mit Widerstands- thermometer	243
10.3.1	Transformatorhauptgleichung	193	12.5	Lichtabhängige Widerstände.....	245
10.3.2	Übersetzung von Spannung, Strom und Widerstand.....	194	13	Regelungstechnik	
10.4	Kompensation bei Wechselstromver- brauchern.....	195	13.1	Unstetige Regler	247
10.5	Leitungsberechnung	197	13.2	Stetige Regler	248
10.5.1	Mindestquerschnitt und Strombelast- barkeit.....	197	13.2.1	P-Regler	248
10.5.2	Strombelastbarkeit von Leitungen bei Umgebungstemperatur $\vartheta_u = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$	199	13.2.2	PI-Regler.....	250
10.5.3	Spannungsfall nach VDE	200	13.2.3	PDT ₁ -Regler und PD-Regler.....	251
10.6	Bemessung elektrischer Anlagen	202	13.2.4	PID-Regler	252
10.6.1	Berechnung des Schutzleiterwiderstands ..	202	13.2.5	Regler einstellen (Ziegler/Nichols).....	253
10.6.2	Widerstände in Schutzleitersystemen ..	203	13.3	Regelstrecken	254
10.6.3	Schmelzsicherungen und Leitungsschutzschalter LS.....	205	13.3.1	Analyse von Regelstrecken.....	254
10.7	Schutzmaßnahmen	206	13.3.2	Regelkreis mit P-Regler	256
11	Steuerungen und Antriebe		13.3.3	Frequenzgang (Bode-Diagramm ¹)	257
11.1	SPS-Technik.....	208	13.3.4	Reglerentwurf im Frequenzbereich.....	258
11.1.1	SPS-Verknüpfungen ohne Speicher	208	13.3.5	Auswahl der Reglerkennwerte	259
11.1.2	Zusammengesetzte logische Verknüpfungen	209	13.4	Digitale Regelungstechnik.....	262
11.1.3	Speicherfunktionen	210	13.4.1	Digitalisierung und Signalabtastung.....	262
11.1.4	Signalflanken erkennen	211	13.4.2	PID-Digitalregler mit Stellungsalgorithmus	263
11.1.5	SPS-Zeitgeber	212	13.4.3	Digitalregler.....	264
11.1.6	SPS-Zähler.....	213	14	Aufgaben zur Mechanik	
11.1.7	SPS-Datentypen und Umwandlungen ..	214	14.1	Rauminhalte und Massen	266
11.1.8	Weitere SPS-Operationen	215	14.2	Übersetzungen	267
11.1.9	Analoge Ein- und Ausgänge	216	14.3	Kraft und Kraftmoment	268
11.1.10	Skalierung	217	14.4	Kräfte und Bewegungslehre	270
11.1.11	Entwurf eines GRAFCET (Schrittkettenteil)	218	14.5	Berechnungen zum hydrostatischem Druck und zur Pneumatik.....	271
11.1.12	Aktionen bei GRAFCET	220	15	Arbeiten mit Datenblättern	
11.1.13	Aktionen nach EN 61131-3.....	222	15.1	Einführung in den Datenblattgebrauch.....	272
11.2	Antriebstechnik.....	223	15.1.1	Allgemeine Angaben	272
11.2.1	Leistungsbedarf ohne Rücksicht auf den Anlauf	223	15.1.2	Technische Kenngrößen in Datenblättern	273
11.2.2	Antrieb mechanischer Systeme	224	15.1.3	Umgang mit Datenblättern von Span- nungsreglern und Timer-Bausteinen.....	275
11.2.3	Leistung beim Anfahren	225	15.2	Überstromschutzeinrichtungen	276
11.2.4	Antrieb mit Gleichstrommotoren.....	226	15.3	Kleintransformatoren.....	277
11.2.5	Ein-Quadranten-Steller (1Q-Steller).....	227	15.4	Schütze	278
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 Dehnungsmessstreifen	286
17.1.7	Lichtschrankenschaltung	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	Säulenanzige 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 Grafset	294
17.3.6	Kammerschleuse mit Grafset	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