

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen	7	1.8.E	Capacitors and capacitance	73
Kapitelwegweiser	8	1.8.E1	Capacitors	73
1 Grundlagen		1.8.E2	Types of capacitors	73
1.1 Physikalische Größen	9	1.8.E3	Properties and characteristic values of capacitors	73
1.1.1 Kraftfelder	9	1.9 Strom und Magnetfeld	74	
1.1.2 Masse und Kraft	9	1.9.1	Magnetisches Feld	74
1.1.3 Basisgrößen, Einheiten und abgeleitete Einheiten	10	1.9.1.1	Pole des Magneten	74
1.1.4 Kraft	11	1.9.1.2	Weiß'sche Bezirke	74
1.1.5 Arbeit	11	1.9.1.3	Arten magnetischer Stoffe	75
1.1.6 Energie	12	1.9.1.4	Magnetostriktion	75
1.2 Elektrotechnische Grundgrößen	13	1.9.1.5	Magnetische Feldlinien	76
1.2.1 Ladung	13	1.9.1.6	Anwendung der Dauermagnete	76
1.2.2 Spannung	13	1.9.1.7	Magnetfeld um den Strom	77
1.2.3 Elektrischer Strom	14	1.9.1.8	Magnetfeld einer vom Strom durchflossenen Spule	78
1.2.4 Elektrischer Widerstand	16	1.9.1.9	Magnetische Größen	79
1.2.5 Ohm'sches Gesetz	16	1.9.1.10	Eisen im Magnetfeld einer Spule	81
1.2.6 Widerstand und Temperatur	17	1.9.2	Elektromagnetische Baugruppen	83
1.2.7 Stromdichte	18	1.9.2.1	Elektromagnete	83
1.2.8 Bauformen der Widerstände	18	1.9.2.2	Relais	83
1.2.8.1 Festwiderstände	18	1.9.2.3	Schütz	84
1.2.8.2 Veränderbare Widerstände	20	1.9.E Electricity and magnetism	86	
1.2.8.3 Heißleiterwiderstände NTC	20	1.9.E1	Magnetic fields	86
1.2.8.4 Kaltleiterwiderstände PTC	21	1.9.E2	Electricity makes magnetism	86
1.2.8.5 Spannungsabhängige Widerstände	22	1.9.E3	Electromagnetic induction	86
1.3 Grundschaltungen	24	1.9.E4	Generators	86
1.3.1 Bezugspfeile	24	1.9.3	Strom im Magnetfeld	87
1.3.2 Reihenschaltung	25	1.9.4	Induktion	90
1.3.3 Parallelschaltung	27	1.9.5	Spule im Gleichstromkreis	96
1.3.4 Gemischte Schaltungen	28	1.9.6	Bauformen der Spulen	96
1.3.4.1 Spannungsteiler	29	1.9.E2 Technical uses of magnetism	99	
1.3.4.2 Widerstandsbestimmung durch Strom- und Spannungsmessung	30	1.9.E2	Contactors and relays	99
1.3.E Basic electronics	32	1.10 Halbleiter	100	
1.3.E1 Electricity and electric charge	32	1.10.1	Bändermodell	100
1.3.E2 Voltage	32	1.10.2	Eigenleitung	101
1.3.E3 Current	32	1.10.3	Störstellenleitung	101
1.3.E4 Ohm's Law	33	1.10.4	Halbleiterdioden	102
1.3.E5 Simple circuits	33	1.10.4.1	Sperrschicht	102
1.3.E6 Resistance and conductivity	34	1.10.4.2	Sperrschichtkapazität	102
1.3.E7 Resistors	34	1.10.4.3	Rückwärtsrichtung und Vorwärtsrichtung	102
1.4 Gefahren des elektrischen Stromes und Überstrom-Schutzeinrichtungen	35	1.10.4.4	Elektrischer Durchbruch	104
1.4.1 Gefahren des elektrischen Stromes	35	1.10.4.5	Bauformen und Kennzeichnung	105
1.4.2 Die 5 Sicherheitsregeln	35	1.10.4.6	Fotodioden, Fotowiderstände und Fotoelemente	107
1.5 Leistung, Arbeit, Wärme	38	1.10.4.7	LED und Optokoppler	109
1.5.1 Elektrische Leistung	38	1.10.4.8	Arbeitspunkt	111
1.5.2 Elektrische Arbeit	40	1.10.4.9	Z-Dioden	114
1.5.3 Mechanische Leistung	41	1.10.4.10	Kapazitätsdioden	115
1.5.4 Wirkungsgrad	41	1.10.4.11	PIN-Dioden	115
1.5.5 Temperatur und Wärme	43	1.10.4.12	Schottkydioden	116
1.5.6 Wärmeübertragung	44	1.10.4.13	Leistungsdioden	116
1.5.7 Leistungshyperbel	45	1.10.4.14	Halbleiterlaser	116
1.6 Spannungserzeuger	47	1.10.E Semiconductor diodes	118	
1.6.1 Arten der Spannungserzeugung	47	1.10.E1	Rectifier diode	118
1.6.2 Belastungsfälle einer Spannungsquelle	48	1.10.E2	Zener diode	118
1.6.3 Anpassung	49	1.10.E3	Variable capacitance diode	119
1.6.4 Schaltungen von Spannungserzeugern	50	1.10.E4	Schottky diode	119
1.6.5 Ersatzspannungsquelle	51	1.11 Schaltungstechnik und Funktionsanalyse	120	
1.7 Wechselspannung und Wechselstrom	53	1.11.1	Schaltungsunterlagen	120
1.7.E Dangers from electric current	60	1.11.2	Referenzkennzeichnung in der Elektrotechnik	121
1.7.E1 Effects	60	1.11.2	Schaltungen mit Installationsschaltern	122
1.7.E2 Circuit breakers and RCDs	60	1.11.3	Schaltfunktion	122
1.8 Spannung und elektrisches Feld	61	1.11.4	Schützsicherungen	124
1.8.1 Elektrisches Feld	61	1.11.5	Schaltungen mit Zeitschaltern	126
1.8.2 Kondensator	63	1.12 Werkstoffe	127	
1.8.3 Schaltungen von Kondensatoren	66	1.12.1	Atommodell	127
1.8.4 Kondensator im Gleichstromkreis	67	1.12.2	Periodensystem	128
1.8.5 Bauformen der Kondensatoren	68	1.12.3	Chemische Bindungen	128

1.12.4 Säuren, Basen und Salze 130
 1.12.5 Normung von Eisenmetallen 130
 1.12.6 Elektrochemie 131
 1.12.6.1 Stromleitung in Flüssigkeiten 131
 1.12.6.2 Elektrolytische Elemente 131
 1.12.7 Korrosion 134
 1.12.8 Leiterwerkstoffe 135
 1.12.9 Leitungen 135
 1.12.9.1 Leitungen der Energietechnik 135
 1.12.9.2 Leitungen der Informationstechnik 137

1.12.E Transmission media in computer networks 138

1.12.E1 Coaxial cables 138
 1.12.E2 Twisted-pair cables 138
 1.12.E3 Fiber-optic cables 138

2 Anwenden der Grundlagen

2.1 Blindwiderstände an sinusförmiger Wechselspannung 139

2.1.1 Blindwiderstände an Wechselspannung 139
 2.1.1.1 Wechselstromwiderstand des Kondensators 139
 2.1.2 Wechselstromwiderstand der Spule 140
 2.1.3 Schaltungen von nicht gekoppelten Spulen 141

2.2 RC-Schaltungen und RL-Schaltungen 142

2.2.1 Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und Blindwiderstand 142
 2.2.2 Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und Blindwiderstand 143
 2.2.3 Verluste im Kondensator 145
 2.2.4 Verluste in der Spule 146
 2.2.5 Impulsverformung 148
 2.2.6 Passive Filterschaltungen 150

2.3 Schwingkreise 154

2.3.1 Schwingung und Resonanz 154
 2.3.2 Reihenschwingkreis 155
 2.3.3 Parallelschwingkreis 156
 2.3.4 Eigen- und Resonanzfrequenz 157
 2.3.5 Bandbreite und Güte 158
 2.3.6 Mechanische Bandfilter 159

2.3.E Filters 161

2.4 Leistungen bei Wechselstrom 162

2.4.1 Wirkleistung 162
 2.4.2 Blindleistung, Scheinleistung 162
 2.4.3 Leistungsdrücke 163
 2.4.4 Leistungsfaktor 164
 2.4.5 Kompensation von Blindleistung 165

2.5 Transformatoren 166

2.5.1 Wirkungsweise und Begriffe 166
 2.5.2 Aufbau von Transformatoren 166
 2.5.3 Idealer Transformator 167
 2.5.4 Realer Transformator im Leerlauf 169
 2.5.5 Realer Transformator unter Last 170
 2.5.6 Besondere Transformatorarten 171

2.6 Dreiphasenwechselspannung, Drehstrom 173

2.6.1 Entstehung der Dreiphasenwechselspannung 173
 2.6.2 Sternschaltung 174
 2.6.3 Dreieckschaltung 175

2.6.E Transformers and three-phase system 177

2.6.E1 Generation 177
 2.6.E2 Star connection and delta connection 177
 2.6.E3 Transformers 177

2.7 Transistoren 178

2.7.1 Bipolare Transistoren 178
 2.7.2 Feldeffekttransistoren FET 185
 2.7.3 Bauelemente der Leistungselektronik 190
 2.7.3.1 Thyristoren 190
 2.7.3.2 Triac und Diac 192
 2.7.4 Integrierte Schaltungen IC 193

2.7.E Bipolar transistors 195

2.8 Bildausgabegeräte 196

2.8.1 Beamer 196
 2.8.2 LC-Bildschirme (Liquid Crystal Display) 197
 2.8.3 Aufbau eines LC-Bildschirms 199
 2.8.4 Pixeldichte und Betrachtungsabstand 199
 2.8.5 Monitorbildschirme 200
 2.8.6 TV-Geräte 200
 2.8.7 Sehbereich und Farbäume von LCD 201

2.9 Stromversorgung elektronischer Schaltungen 202

2.9.1 Netzgeräte 202
 2.9.2 Prinzip der Gleichrichtung 202
 2.9.3 Gleichrichterschaltungen 203
 2.9.4 Gleichrichter mit einstellbarer Spannung 206
 2.9.5 Glättung der gleichgerichteten Spannung 207
 2.9.6 Stabilisieren 209
 2.9.6.1 Stabilisierungsfaktor 209
 2.9.6.2 Lineare Spannungsregler 210
 2.9.6.3 Schaltregler für Festspannungen 213
 2.9.7 Unterbrechungsfreie Stromversorgung USV 215

2.9.E Rectifier circuits 216

2.9.E1 Half-wave rectifier circuit E1 216
 2.9.E2 Full-wave rectifier circuit B2 216

2.10 Verstärker 217

2.10.1 Grundbegriffe 217
 2.10.2 Verstärker mit bipolaren Transistoren 221
 2.10.2.1 Verstärkergrundschaltungen 221
 2.10.2.2 Arbeitspunkt 222
 2.10.2.3 Emitterschaltung 223
 2.10.2.4 Verstärker für den D-Betrieb 225
 2.10.2.5 Gegenkopplung 226
 2.10.2.6 Gegentakt-schaltungen 227
 2.10.3 Verstärker mit Feldeffekttransistoren 228
 2.10.4 Operationsverstärker 232
 2.10.4.1 Schaltungen mit Operationsverstärkern 234

2.10.E Amplifiers 240

2.10.E1 Transistor as amplifier 240
 2.10.E2 Operational amplifier (OpAmp) 240
 2.10.E3 Operational amplifier as inverting amplifier 240

2.11 Generatoren und Kippschaltungen 241

2.11.1 Sinusgeneratoren 241
 2.11.2 Elektronische Schalter 243
 2.11.3 Astabile Kippschaltung (Rechteckgenerator) 244
 2.11.4 Sägezahn-generator 245
 2.11.5 Bistabile Kippschaltung 245
 2.11.6 Monostabile Kippschaltung 245
 2.11.7 Schwellwert-schalter 246
 2.12 Messgeräte 248
 2.12.1 Zeigermesswerke 248
 2.12.2 Digitalmultimeter 250
 2.12.3 Digitales Speicheroszilloskop DSO 251
 2.12.4 Scopemeter 255
 2.12.5 PC-Oszilloskop 256
 2.12.6 PC-Messtechnik 257

2.12.E Measuring equipment 258

2.12.E1 Multimeters 258
 2.12.E2 Oscilloscopes 258

2.13 Schutzmaßnahmen 259

2.13.1 Sicherheitsbestimmungen 259
 2.13.2 Schutzarten elektrischer Betriebsmittel 261
 2.13.3 Systemunabhängige Schutzmaßnahmen 261
 2.13.4 Systemabhängige Schutzmaßnahmen 263
 2.13.5 Prüfung von Schutzmaßnahmen 266
 2.13.6 Unfallverhütung und Brandbekämpfung 266
 2.13.7 Weitere Qualitätskennzeichnungen 267
 2.13.8 EU-Maschinenrichtlinie 268
 2.13.9 Funktionale Sicherheit nach SIL 268
 2.13.10 Performance-Level 269

2.13.E	Protective Measures	270	5.E	Control Engineering	334
2.13.E1	Important terms and definitions.	270	5.E1	Open-loop control system	334
2.13.E2	Protective measures against excessive contact voltages	270	5.E2	Closed-loop control system	334
3	Digitaltechnik	271	6	Fertigungsverfahren	335
3.1	Einführung in die Digitaltechnik.	271	6.1	Hauptgruppen der Fertigung	335
3.1.1	Dualcode.	271	6.2	Urformen	335
3.1.2	Binäre Elemente.	272	6.3	Umformen	336
3.1.3	Grundlagen der Schaltalgebra	274	6.4	Trennen	336
3.2	Kombinatorische Schaltungen	276	6.5	Fügen	338
3.2.1	Weitere binäre Elemente.	276	6.6	Beschichten	340
3.2.2	Analyse und Synthese von Schaltungen.	277	6.7	Veränderung der Stoffeigenschaften	340
3.3	Daten von binären Elementen	281	6.8	Lote und Flussmittel	342
3.3.1	Binäre Elemente mit besonderen Ausgängen	281	6.9	Leiterplatten	343
3.3.2	Digitale Schaltkreisfamilien	282	6.9.1	Basismaterial	343
3.4	Sequenzielle Digitaltechnik (Schaltwerke)	284	6.9.2	Leiterplattenherstellung	344
3.4.1	Binärspeicher	284	7	Kundenauftrag	347
3.4.2	Asynchrone Kippglieder (Flipflops)	286	7.1	Phasen des Kundenauftrags.	347
3.4.3	Synchrone Kippglieder (Flipflops)	287	7.2	Umgang mit Kunden.	349
3.4.4	Zeitgeber mit dem Timer NE555	289	7.3	Kundenservice	351
3.2.E	Digital technology	290	7.4	Kundenbindung	351
3.2.E1	Fundamentals of digital technology.	290	7.5	Kundenzufriedenheit.	352
3.2.E2	Basic logic functions	290	7.6	Beschwerdemanagement (Reklamationen).	353
3.2.E3	Working with datasheets.	291	8	Betriebswirtschaft und Geschäftsprozesse	356
4	Einführung in die Computertechnik	292	8.1	Der Betrieb und sein Umfeld	356
4.1	Aufbau und Arbeitsweise eines PC-Systems	292	8.1.1	Betrieb und Unternehmen	356
4.2	Massenspeicher	295	8.1.2	Marktwirtschaft und Staat	357
4.3	Weitere Peripheriegeräte	296	8.1.3	Interessenvertretungen	357
4.4	Datensicherung	297	8.2	Geschäftsprozesse.	357
4.5	Datenschutz	298	8.2.1	Wertschöpfungsprozesse	357
4.6	EU-Datenschutzgrundverordnung DSGVO	299	8.2.2	Ablauf von Geschäftsprozessen	358
4.7	Mit Excel arbeiten	300	8.2.3	Geschäftsprozesse und betriebliche Organisation.	359
4.8	Präsentationstechniken.	302	8.2.4	Informationsbeschaffung.	360
4.9	Elektronische Schaltungen simulieren	303	8.3	Verkaufsprozesse.	361
4.9.1	Analoge Schaltungen simulieren mit Multisim	303	8.3.1	Verkaufskalkulation	361
4.9.2	Analoge Schaltungen mit PSpice simulieren.	306	8.3.2	Erstellung eines Angebots	361
4.9.3	Digitale Schaltungen mit PSpice simulieren	309	8.3.3	Verträge.	361
4.9.E	Computer basics	310	8.3.3.1	Kaufvertrag	362
4.9.E1	Data processing with a PC	310	8.3.3.2	Servicevertrag	362
4.9.E2	Basic parts of a PC system	310	8.3.3.3	Leasingvertrag und Mietvertrag.	362
4.10	Sensor-Element (Messgrößenaufnehmer)	311	8.3.3.4	Allgemeine Geschäftsbedingungen (AGB)	362
4.10.1	Sensorarten	311	8.3.4	Rechnungsstellung	363
4.10.2	Anschlusstechniken von Sensoren.	312	8.4	Beschaffungsprozesse.	363
4.10.3	Sensoren/Aktoren an Feldbus und IO-Link	313	8.4.1	Bestellmengenplanung	363
4.10.4	Wichtige Sensoren	314	8.4.2	Anfrage	363
5	Automatisierungstechnik	315	8.4.3	Pflichtenheft	364
5.1	Kleinsteuerungen	315	8.4.4	Bestellung.	365
5.2	Mikrocontroller-Systeme	318	8.4.5	Überwachung des Beschaffungsprozesses	365
5.2.1	ARDUINO	318	8.4.6	Produkthaftung.	365
5.2.2	Raspberry Pi	319	8.4.7	Technische Dokumentation.	366
5.3	SPS	320	Fachwortliste Englisch – Deutsch.	368	
5.3.1	Funktionseinheiten	321	Verzeichnis der Firmen und Dienststellen.	370	
5.3.2	Sensorik und Aktorik	322	Sachwortverzeichnis	371	
5.3.3	Programmierung	323	Referenzkennzeichen.	381	
5.3.4	Sicherheitsaspekte.	325	Vorsätze	382	
5.3.5	Programm-Entwurfsverfahren	326	Wichtige Normen.	383	
5.4	Regeln mit dem PC	329	Bildquellenverzeichnis.	384	
5.4.1	Der Regelkreis	329			
5.4.2	Der PC im Regelkreis	330			
5.4.3	Regeln mit un stetigen Reglern.	331			
5.4.4	Digitalregler	332			

Formelzeichen dieses Buches					
Formelzeichen	Bedeutung	Formelzeichen	Bedeutung	Formelzeichen	Bedeutung
Kleinbuchstaben		Großbuchstaben		Griechische Kleinbuchstaben	
<i>a</i>	1. Beschleunigung 2. Dämpfungsmaß	<i>A</i>	1. Fläche, Querschnitt 2. Ablenkkoeffizient 3. Dämpfungsmaß	α (alpha)	1. Winkel 2. Temperaturkoeffizient
<i>b</i>	1. Ladungsträgerbeweglichkeit	<i>B</i>	1. Magnetische Flussdichte 2. Blindleitwert 3. Gleichstromverhältnis 4. Bandbreite 5. Zahlenbasis	β (beta)	1. Winkel 2. Kurzschluss-Stromverstärkungsfaktor
<i>c</i>	1. spez. Wärmekapazität 2. elektrochemisches Äquivalent 3. Ausbreitungsgeschwindigkeit von elektromagnetischen Wellen	<i>C</i>	1. Kapazität 2. Wärmekapazität 3. Taktanzahl	γ (gamma)	1. Winkel 2. Leitfähigkeit
<i>d</i>	1. Durchmesser 2. Abstand 3. Verlustfaktor 4. Differenztonfaktor 5. Klirrfaktor (früher <i>k</i>)	<i>D</i>	1. Elektrische Flussdichte 2. Dämpfungsfaktor 3. Dynamikbereich	δ (delta)	1. Verlustwinkel 2. Modulationsindex
<i>e</i>	Elementarladung	<i>E</i>	1. Elektrische Feldstärke 2. Beleuchtungsstärke	ϵ_0	Elektrische Feldkonstante
<i>f</i>	1. Frequenz 2. Umdrehungsfrequenz	<i>F</i>	1. Kraft, 2. Rauschfaktor, 3. Faktor, 4. Fehler	ϵ (epsilon)	Permittivität
<i>g</i>	1. Fallbeschleunigung, Ortsfaktor 2. Tastgrad 3. Übertragungsmaß	<i>G</i>	1. Leitwert, Wirkleitwert 2. Verstärkungsmaß	ζ (zeta)	Arbeitsgrad
<i>h</i>	Höhe	<i>H</i>	Magnetische Feldstärke	η (eta)	Wirkungsgrad
<i>i</i>	zeitabhängige Stromstärke	<i>I</i>	Stromstärke	ϑ (theta)	Temperatur in °C
<i>k</i>	1. Verkürzungsfaktor 2. Konstante	<i>J</i>	1. Stromdichte 2. Trägheitsmoment	λ (lambda)	1. Wellenlänge 2. Leistungsfaktor
<i>l</i>	1. Länge, 2. Abstand	<i>K</i>	1. Konstante 2. Kopplungsfaktor	μ (müh)	Permeabilität
<i>m</i>	1. Masse 2. Modulationsgrad 3. Strangzahl 4. Zahl der Stufen	<i>L</i>	1. Induktivität 2. Pegel	μ_0	Magnetische Feldkonstante
<i>n</i>	1. Drehzahl, Umdrehungsfrequenz 2. ganze Zahl 1, 2, 3 ... 3. Brechzahl	<i>M</i>	1. Drehmoment (Kraftmoment) 2. Gleichwert 3. Speicherkapazität	π (pi)	Kreiszahl
<i>p</i>	1. Polpaarzahl, 2. Druck	<i>N</i>	1. Zahl, z. B. Windungszahl 2. Nachrichtenmenge	ρ (rho)	1. spez. Widerstand 2. Dichte
<i>q</i>	Querstromverhältnis	<i>P</i>	Leistung, Wirkleistung	σ (sigma)	1. Streufaktor 2. Rauschabstand
<i>r</i>	1. Radius 2. Rate 3. differentieller Widerstand	<i>Q</i>	1. Ladung 2. Wärme 3. Blindleistung 4. Gütefaktor, Güte	τ (tau)	1. Zeitkonstante 2. Impulsdauer 3. Pausendauer
<i>s</i>	1. Strecke, Dicke 2. Siebfaktor 3. bezogener Schlupf 4. Korrektur 5. Welligkeitsfaktor	<i>R</i>	Widerstand, Wirkwiderstand	φ (phi)	Winkel, insbesondere Phasenverschiebungswinkel
<i>t</i>	Zeit	<i>S</i>	1. Scheinleistung 2. Steilheit 3. Schlupf (absolut) 4. Übertragungsgröße, Übertragungskoeffizient 5. Schlankheitsgrad 6. Signal	ω (omega)	1. Winkelgeschwindigkeit 2. Kreisfrequenz
<i>u</i>	zeitabhängige Spannung	<i>T</i>	1. Periodendauer 2. Übertragungsfaktor 3. Temperatur in K	Griechische Großbuchstaben	
<i>ü</i>	1. Übersetzungsverhältnis 2. Übersteuerungsfaktor	<i>U</i>	Spannung	Δ (Delta)	Differenz, Änderung z. B. Δf Bandbreite, Frequenzhub, $\Delta\varphi$ Phasenhub
<i>v</i>	1. Geschwindigkeit 2. Verstärkungsmaß	<i>V</i>	1. Volumen 2. Verstärkungsfaktor 3. Verlustleistung	Θ (Theta)	Durchflutung
<i>w</i>	1. Energiedichte	<i>W</i>	1. Arbeit, 2. Energie	Φ (Phi)	1. Magnetischer Fluss 2. Lichtstrom
<i>z</i>	Ganze Zahl, z. B. Lagenzahl, Leiterzahl	<i>X</i>	Blindwiderstand	Ψ (Psi)	Elektrischer Fluss
		<i>Y</i>	Scheinleitwert	Ω (Omega)	Raumwinkel
		<i>Z</i>	1. Impedanz, Scheinwiderstand 2. Wellenwiderstand 3. Schwingungswiderstand		

Spezielle Formelzeichen werden gebildet, indem man an die Formelzeichen-Buchstaben einen Index oder mehrere Indizes anhängt oder sonstige Zeichen dazusetzt.

