

Inhaltsverzeichnis

Teil I Mathematik

1	Arithmetik	3
1.1	Mengen	4
1.2	Aussageformen und logische Zeichen	4
1.2.1	Aussageformen	4
1.2.2	Logische Zeichen	5
1.2.3	Vollständige Induktion	5
1.3	Einteilung der Zahlen	6
1.4	Grundrechenarten	7
1.5	Grundlegende Rechenregeln	8
1.5.1	Buchstabenrechnen	8
1.5.2	Kehrwert, Quersumme	8
1.5.3	Teilbarkeitsregeln	8
1.5.4	Punktrechnung vor Strichrechnung	8
1.5.5	Potenzrechnung vor Punktrechnung	8
1.5.6	Grundgesetze der Addition und Multiplikation	9
1.5.7	Indizes, Summenzeichen, Produktzeichen	9
1.5.8	Binomische Formeln	10
1.5.9	Fakultäten, Binomialkoeffizienten und Pascal'sches Dreieck	10
1.5.10	Binomischer Lehrsatz	11
1.6	Potenz- und Wurzelrechnung	12
1.6.1	Definition der Potenz	12
1.6.2	Regeln der Potenzrechnung	12
1.6.3	Definition der Wurzel	14
1.6.4	Regeln der Wurzelrechnung	14
1.7	Dezimalzahlen und Dualzahlen	17
1.7.1	Dezimalsystem	17
1.7.2	Dualsystem	17
1.7.3	Runden	18
1.8	Logarithmen	18
1.8.1	Definition des Logarithmus	18
1.8.2	Spezielle Basen	19
1.8.3	Regeln der Logarithmenrechnung	19
1.8.4	Zusammenhang von Logarithmen mit verschiedenen Basen	20
1.8.5	Dekadische Logarithmen	21
1.9	Ungleichungen	21
1.9.1	Definitionen und Rechenregeln	21
1.9.2	Absolutbetrag	22
1.9.3	Intervalle	22
1.10	Komplexe Zahlen	23
1.10.1	Algebraische Form	23
1.10.2	Trigonometrische Form	24

1.10.3	Addieren und Subtrahieren komplexer Zahlen	25
1.10.4	Multiplizieren komplexer Zahlen	25
1.10.5	Dividieren komplexer Zahlen	26
1.10.6	Potenzieren komplexer Zahlen	27
1.10.7	Radizieren komplexer Zahlen	27
1.10.8	Euler'sche Formel	28
2	Gleichungen	29
2.1	Gleichungsarten	30
2.2	Äquivalente Umformungen	31
2.3	Lineare Gleichungen	32
2.4	Proportionen	33
2.5	Quadratische Gleichungen	34
2.5.1	Definitionen	34
2.5.2	Lösungsverfahren	34
2.5.3	Satz von Viëta für quadratische Gleichungen	37
2.6	Algebraische Gleichungen höheren Grades	37
2.6.1	Kubische Gleichungen	37
2.6.2	Polynomdivision	39
2.6.3	Gleichungen vierten Grades	40
2.6.4	Gleichungen n -ten Grades	42
2.6.5	Satz von Viëta für Gleichungen n -ten Grades	43
2.7	Auf algebraische Gleichungen zurückföhrbare Gleichungen	43
2.7.1	Bruchgleichungen	43
2.7.2	Wurzelgleichungen	44
2.8	Transzendente Gleichungen	45
2.8.1	Exponentialgleichungen	45
2.8.2	Logarithmische Gleichungen	46
2.8.3	Trigonometrische Gleichungen	46
2.9	Lineare Gleichungssysteme	47
2.9.1	Definitionen	47
2.9.2	Zwei lineare Gleichungen mit zwei Variablen	47
2.9.3	Drei lineare Gleichungen mit drei Variablen	49
2.9.4	Matrizen und Determinanten	50
3	Planimetrie	57
3.1	Geraden und Strecken	58
3.2	Winkel	58
3.3	Projektion	60
3.4	Geometrische Örter	60
3.5	Dreiecke	60
3.5.1	Allgemeine Dreiecke	60
3.5.2	Gleichschenklige Dreiecke	61
3.5.3	Gleichseitige Dreiecke	62
3.5.4	Rechtwinklige Dreiecke	62
3.5.5	Besondere Geraden, Strecken und Kreise	62
3.5.6	Flächensätze im rechtwinkligen Dreieck	64
3.6	Vierecke	66
3.6.1	Allgemeine Vierecke	66
3.6.2	Trapeze	66
3.6.3	Parallelogramme	67

3.6.4	Rhomben	67
3.6.5	Rechtecke	67
3.6.6	Quadrate	68
3.6.7	Drachen	68
3.6.8	Sehnenvierecke	68
3.6.9	Tangentenvierecke	69
3.7	Reguläre n -Ecke	69
3.8	Polygone	70
3.9	Kreise	71
3.9.1	Definitionen	71
3.9.2	Kreissectoren	71
3.9.3	Kreissegmente	72
3.9.4	Kreise und Geraden	72
3.9.5	Bogenmaß	72
3.10	Symmetrie	73
3.10.1	Punktsymmetrie	73
3.10.2	Achsensymmetrie	73
3.11	Ähnlichkeit	73
3.11.1	Zentrische Streckung	73
3.11.2	Strahlensätze	74
3.11.3	Ähnliche Figuren	74
4	Stereometrie	77
4.1	Prismen	78
4.1.1	Allgemeine Prismen	78
4.1.2	Parallelepiped und Würfel	78
4.2	Zylinder	79
4.2.1	Allgemeine Zylinder	79
4.2.2	Gerade Kreiszylinder	79
4.2.3	Hohlzylinder	80
4.3	Pyramiden	80
4.3.1	Allgemeine Pyramiden	80
4.3.2	Gerade quadratische Pyramiden	80
4.4	Kegel	81
4.4.1	Allgemeine Kegel	81
4.4.2	Gerade Kreiskegel	82
4.5	Cavalieri'sches Prinzip	82
4.6	Kugeln	82
4.6.1	Definitionen	82
4.6.2	Kugelsegmente	83
4.6.3	Kugelsektoren	83
4.6.4	Kugelschichten	83
5	Funktionen	85
5.1	Definition und Darstellungen von Funktionen	86
5.1.1	Definitionen	86
5.1.2	Funktionsgleichung	86
5.1.3	Graph einer Funktion	87
5.1.4	Wertetabelle einer Funktion	87
5.2	Verhalten von Funktionen	88
5.2.1	Monotone Funktionen	88
5.2.2	Symmetrische Funktionen	88

5.2.3	Beschränkte Funktionen	89
5.2.4	Injektive Funktionen	89
5.2.5	Surjektive Funktionen	89
5.2.6	Bijektive Funktionen	90
5.2.7	Periodische Funktionen	90
5.2.8	Umkehrfunktionen	90
5.2.9	Reelle und komplexe Funktionen	91
5.3	Einteilung der elementaren Funktionen	91
5.4	Ganze rationale Funktionen	93
5.4.1	Konstante Funktionen	93
5.4.2	Lineare Funktionen	93
5.4.3	Quadratische Funktionen	95
5.4.4	Kubische Funktionen	99
5.4.5	Ganze rationale Funktionen n -ten Grades	100
5.4.6	Horner-Schema	101
5.5	Gebrochene rationale Funktionen	102
5.5.1	Nullstellen, Pole, Asymptoten	102
5.5.2	Partialbruchzerlegung	105
5.6	Irrationale Funktionen	106
5.7	Transzendente Funktionen	108
5.7.1	Exponentialfunktionen	108
5.7.2	Logarithmusfunktionen	109
6	Trigonometrie	111
6.1	Definition der trigonometrischen Funktionen	112
6.2	Trigonometrische Funktionen für beliebige Winkel	113
6.3	Beziehungen für den gleichen Winkel	114
6.4	Graphen der trigonometrischen Funktionen	114
6.5	Reduktionsformeln	116
6.6	Additionstheoreme	116
6.7	Sinussatz und Kosinussatz	117
6.8	Arkusfunktionen	118
7	Analytische Geometrie	121
7.1	Koordinatensysteme	122
7.1.1	Kartesisches Koordinatensystem der Ebene	122
7.1.2	Polarkoordinatensystem der Ebene	122
7.1.3	Zusammenhang zwischen kartesischen und Polarkoordinaten	123
7.1.4	Kartesisches Koordinatensystem des Raums	124
7.2	Geraden	124
7.2.1	Geradengleichungen	124
7.2.2	Abstände	127
7.3	Kreise	128
7.3.1	Kreisgleichungen	128
7.3.2	Berechnung von Kreisen	129
7.4	Kugeln	130
7.5	Kegelschnitte	130
7.5.1	Ellipsen	132
7.5.2	Hyperbeln	133

7.5.3	Parabeln	135
7.5.4	Anwendungen	136
7.6	Vektoren	137
7.6.1	Definitionen	137
7.6.2	Multiplikation eines Vektors mit einem Skalar	138
7.6.3	Addition und Subtraktion zweier Vektoren	138
7.6.4	Komponentendarstellung von Vektoren in der Ebene	139
7.6.5	Komponentendarstellung von Vektoren im Raum	139
7.6.6	Skalarprodukt	140
7.6.7	Vektorprodukt	141
7.6.8	Spatprodukt	141
8	Differential- und Integralrechnung	143
8.1	Folgen	144
8.1.1	Grundbegriffe	144
8.1.2	Arithmetische Folgen	144
8.1.3	Geometrische Folgen	145
8.1.4	Grenzwert einer Folge	145
8.1.5	Einige Grenzwerte	146
8.1.6	Divergente Folgen	146
8.2	Reihen	146
8.2.1	Definitionen	146
8.2.2	Arithmetische Reihen	148
8.2.3	Geometrische Reihen	148
8.2.4	Harmonische Reihen	149
8.2.5	Alternierende Reihen	149
8.3	Grenzwerte von Funktionen	150
8.3.1	Grenzwert an einer endlichen Stelle	150
8.3.2	Einseitige Grenzwerte	150
8.3.3	Grenzwert im Unendlichen	151
8.3.4	Rechenregeln für Grenzwerte	151
8.3.5	Unbestimmte Ausdrücke	152
8.3.6	Stetigkeit einer Funktion	152
8.3.7	Unstetigkeitsstellen	153
8.4	Ableitung einer Funktion	153
8.4.1	Definitionen	153
8.4.2	Differentiationsregeln	154
8.4.3	Höhere Ableitungen	157
8.4.4	Ableitungen einiger algebraischer Funktionen	157
8.4.5	Ableitungen einiger transzendenter Funktionen	157
8.4.6	Sekanten und Tangenten	159
8.4.7	Extremwerte von Funktionen	160
8.4.8	Krümmungsverhalten von Funktionen	161
8.4.9	Wendepunkte von Funktionen	161
8.4.10	Kurvendiskussion	162
8.4.11	Anwendungsbeispiele	163
8.4.12	Näherungsverfahren zur Nullstellenbestimmung	163
8.5	Integralrechnung	165
8.5.1	Unbestimmtes Integral	165
8.5.2	Integrationsregeln	165
8.5.3	Unbestimmte Integrale einiger algebraischer Funktionen	168
8.5.4	Unbestimmte Integrale einiger transzendenter Funktionen	169
8.5.5	Bestimmtes Integral	169
8.5.6	Hauptsatz der Differential- und Integralrechnung	170
8.5.7	Eigenschaften des bestimmten Integrals	170
8.5.8	Einige Anwendungen der Integralrechnung	172

8.6	Funktionenreihen	174
8.6.1	Definitionen	174
8.6.2	Potenzreihen	175
8.6.3	Fourier-Reihen	177
9	Anhang	183
9.1	Symbole und Bezeichnungsweisen	184
9.2	Das griechische Alphabet	185
Teil II Physik		
10	Einführung	189
10.1	Physikalische Größen	190
10.1.1	Skalare	190
10.1.2	Vektoren	190
10.2	SI-System	190
11	Mechanik	193
11.1	Kinematik des Massenpunktes	194
11.1.1	Eindimensionale Bewegungen	194
11.1.2	Zusammengesetzte Bewegungen	196
11.1.3	Kreisbewegung	197
11.2	Dynamik	199
11.2.1	Newton'sche Axiome	199
11.2.2	Kraft	199
11.2.3	Impuls	201
11.2.4	Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad und Energie	203
11.2.5	Stoßprozesse	205
11.2.6	Rotation	206
11.2.7	Gravitation	209
11.3	Elastische Verformung fester Körper	210
11.4	Mechanik der ruhenden Flüssigkeiten und Gase	210
11.4.1	Druck	210
11.4.2	Kompressibilität	210
11.4.3	Volumenausdehnung	211
11.4.4	Hydrostatischer Druck in Flüssigkeiten	211
11.4.5	Schweredruck in Gasen	211
11.4.6	Auftrieb	211
11.5	Hydrodynamik	212
11.5.1	Kontinuitätsgleichung	212
11.5.2	Bernoulli-Gleichung	212
11.5.3	Innere Reibung	212
12	Thermodynamik	213
12.1	Grundbegriffe	214
12.2	Temperatur	214
12.2.1	Einheiten	214
12.2.2	Temperaturmessung	214
12.3	Thermische Ausdehnung	214
12.3.1	Feste Stoffe	215
12.3.2	Flüssigkeiten	215
12.3.3	Gase	215

12.4	Ideale Gase	216
12.4.1	Allgemeine Zustandsgleichung idealer Gase	216
12.4.2	Kinetische Gastheorie	216
12.4.3	Wärmeenergie	217
12.4.4	Zustandsänderungen idealer Gase	217
12.4.5	Kreisprozesse	218
12.5	Wärmeübertragung	219
12.5.1	Wärmeleitung	219
12.5.2	Wärmeströmung	219
12.5.3	Wärmestrahlung	219
13	Schwingungen	221
13.1	Freie ungedämpfte harmonische Schwingungen	222
13.2	Gedämpfte Schwingungen	223
13.3	Erzwungene Schwingungen	223
13.4	Überlagerung harmonischer Schwingungen	224
13.4.1	Schwingungsrichtung parallel zueinander	224
13.4.2	Schwingungsrichtung senkrecht zueinander	225
14	Wellen	227
14.1	Harmonische Wellen	228
14.1.1	Ausbreitung	228
14.1.2	Interferenz	229
14.2	Huygens'sches Prinzip	230
14.2.1	Reflexion	230
14.2.2	Brechung	230
14.2.3	Beugung	231
14.3	Dopplereffekt	231
15	Akustik	233
15.1	Schallausbreitung	234
15.2	Reflexion, Transmission, Absorption	234
15.3	Ultraschall	235
16	Optik	237
16.1	Eigenschaften des Lichtes	238
16.2	Geometrische Optik	238
16.2.1	Reflexion des Lichtes	238
16.2.2	Brechungsgesetz	240
16.2.3	Optische Geräte	243
16.3	Wellenoptik	246
16.3.1	Interferenz	246
16.3.2	Beugung	246
16.4	Photometrie	248
16.4.1	Strahlungsphysikalische Größen	248
16.4.2	Lichttechnische Größen	250
16.5	Licht als Korpuskel	251
	Literatur	252

17	Anhang	253
17.1	Physikalische Größen und Einheiten	254
17.2	Zahlenwerte physikalischer Größen	254
 Teil III Werkstoffkunde		
18	Stoffe	257
18.1	Eigenschaften der Stoffe	258
18.2	Atombau und Periodensystem	258
18.3	Aufbau der festen Körper	260
18.4	Chemische Grundzusammenhänge	262
18.5	Elektrochemie	264
19	Elektrische Leitfähigkeit	267
19.1	Leitungsmechanismus	268
19.2	Isolator	268
19.3	Halbleiter	269
19.4	Normalleiter	269
19.5	Supraleiter	270
19.6	Halleffekt	270
20	Elektrische Leiter	273
20.1	Normalleiter	274
20.2	Halbleiter	274
20.3	Supraleiter	276
21	Magnetische Leitfähigkeit	279
21.1	Modellvorstellung	280
21.2	Verhalten von Materie im Magnetfeld	280
21.3	Magnetisierung	281
21.4	Magnetisierungskurve	282
21.5	Permeabilität	283
22	Magnetika	285
22.1	Metalloxide (Ferrite)	286
22.2	Weichmagnetika	286
22.3	Hartmagnetika (Dauermagnete)	290
23	Dielektrische Eigenschaften	293
23.1	Modellvorstellungen zur dielektrischen Polarisierung	294
23.2	Dielektrische Materialeinteilung	295
23.3	Elektrische Materialeinteilung	295

24	Dielektrika	297
24.1	Natürliche anorganische Dielektrika	298
24.2	Natürliche organische Dielektrika	299
24.3	Künstliche anorganische Dielektrika	299
24.4	Künstliche organische Dielektrika	300
24.5	Silikone	301
	Literatur	301
 Teil IV Grundlagen der Elektrotechnik		
25	Grundbegriffe	305
25.1	Aufbau der Atome	306
25.2	Ladungsträger	306
25.3	Spannung	306
25.4	Strom	306
25.4.1	Bewegung von Ladungsträgern	306
25.4.2	Stromstärke	307
25.4.3	Stromdichte	307
25.5	Das Ohm'sche Gesetz	307
25.6	Spezifischer Widerstand, Leitfähigkeit	307
25.7	Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes von Metallen	308
26	Der Gleichstromkreis	311
26.1	Zählpfeilsysteme	312
26.2	Kirchhoff'sche Gesetze	312
26.2.1	Knotenregel	312
26.2.2	Maschenregel	312
26.3	Schaltung von Widerständen	313
26.3.1	Reihenschaltung	313
26.3.2	Parallelschaltung	313
26.3.3	Stern-Dreieck Umwandlung	314
26.3.4	Messbereichserweiterung	315
26.4	Reale Spannungsquelle	315
26.4.1	Kombination von Spannungsquellen	316
26.5	Ersatzstromquelle	316
26.6	Netzwerkberechnung	317
26.6.1	Gemischte Schaltungen	317
26.6.2	Überlagerungsverfahren	318
26.6.3	Ersatzspannungsquelle	318
26.6.4	Nichtlineare Gleichstromkreise	319
26.7	Energie, Leistung, Wirkungsgrad	320
26.7.1	Leistungsanpassung	320
26.7.2	Leistungsverlust auf Leitungen	321
26.7.3	Wirkungsgrad	321
26.7.4	Umwandlung elektrischer Energie	321

27	Das Elektrische Feld	323
27.1	Grundgrößen	324
27.1.1	Kräfte zwischen Ladungen	324
27.1.2	Feldstärke	324
27.1.3	Feldlinien	325
27.1.4	Potential, Spannung	325
27.1.5	Äquipotentiallinien	326
27.1.6	Elektrischer Fluss	326
27.1.7	Energie geladener Teilchen im elektrischen Feld	326
27.2	Materie im elektrischen Feld	326
27.2.1	Leiter	327
27.2.2	Nichtleiter	327
27.3	Kondensatoren	327
27.3.1	Kapazität	327
27.3.2	Schaltungen mit Kondensatoren	329
27.3.3	Energie des elektrostatischen Feldes	331
27.3.4	Laden und Entladen eines Kondensators	331
27.3.5	RC-Reihenschaltung	333
28	Das Magnetische Feld	335
28.1	Feldlinien	336
28.1.1	Dauermagnet	336
28.1.2	Stromdurchflossene Leiter	336
28.1.3	Stromdurchflossene Spule	336
28.1.4	Magnetfeld der Erde	337
28.2	Magnetische Grundgrößen	337
28.2.1	Feldstärke	337
28.2.2	Fluss, Flussdichte	340
28.3	Kräfte im Magnetfeld	341
28.3.1	Kräfte auf bewegliche Ladungsträger	341
28.3.2	Stromdurchflossener Leiter	341
28.3.3	Magnetisches Moment	342
28.3.4	Kräfte zwischen zwei parallelen Leitern	342
28.3.5	Hall-Effekt	343
28.4	Energie des Magnetfeldes	344
28.5	Materie im Magnetfeld	344
28.5.1	Diamagnetismus	345
28.5.2	Paramagnetismus	345
28.5.3	Ferromagnetismus	346
28.5.4	Antiferromagnetismus	348
28.5.5	Ferrimagnetismus	348
28.6	Magnetische Kreise	348
28.6.1	Magnetische Spannung	348
28.6.2	Magnetischer Widerstand	349
28.6.3	Unverzweigte Kreise	349
28.6.4	Verzweigte Kreise	351
29	Induktion	353
29.1	Induktion bei Änderung der Fläche	354
29.2	Induktion bei Änderung des Magnetfeldes	355
29.3	Die Induktivität einer Spule	356
29.3.1	Selbstinduktion	356
29.3.2	Gegeninduktion	357

29.3.3	Energie im Magnetfeld einer Spule	358
29.3.4	Ein- und Ausschaltvorgänge	358
29.3.5	Zusammenschalten von Induktivitäten	359
30	Wechselstrom	361
30.1	Grundbegriffe des Wechselstroms	362
30.1.1	Erzeugung einer sinusförmigen Wechselspannung	362
30.1.2	Phasenverschiebung	363
30.1.3	Effektivwert	363
30.1.4	Darstellungsarten	363
30.2	Grundschaltelemente im Wechselstromkreis	364
30.2.1	Ohm'scher Widerstand	364
30.2.2	Kapazität	365
30.2.3	Spule	365
30.3	Schaltungen von Wechselstromwiderständen	367
30.3.1	Reihenschaltung von Wechselstromwiderständen	367
30.3.2	Parallelschaltung von Wechselstromwiderständen	371
30.3.3	Gemischte Schaltungen	374
30.4	Passive Filter	376
30.4.1	Hochpassschaltung mit RC- und RL-Glied	376
30.4.2	Tiefpassschaltung mit RC- und RL-Glied	377
30.4.3	Bandpassschaltung	377
30.5	Schwingkreise	378
30.5.1	Reihenresonanz	378
30.5.2	Parallelresonanz	379
30.6	Leistung und Arbeit im Wechselstromkreis	379
30.6.1	Leistung und Arbeit bei Phasengleichheit von Spannung und Strom	379
30.6.2	Leistung und Arbeit bei Phasenverschiebung von Spannung und Strom	379
30.6.3	Leistung in komplexer Schreibweise	381
30.6.4	Leistungsfaktor	381
31	Drehstrom	383
31.1	Erzeugung von mehrphasigem Wechselstrom	384
31.2	Phasenverkettung	384
31.2.1	Sternschaltung	384
31.2.2	Dreieckschaltung	385
31.3	Leistung des Dreiphasenstroms	386
31.4	Das unsymmetrische Dreiphasensystem	387
31.4.1	Das unsymmetrische Dreileiternetz	387
31.4.2	Das unsymmetrische Vierleiternetz	388
	Literatur	389
 Teil V Elektronik		
32	Leitungsmechanismen bei Halbleitern, pn-Übergang	393
32.1	Einführung in die Halbleiterphysik	394
32.2	Der pn-Übergang	396

33	Dioden	397
33.1	Kennlinien	398
33.2	Kenndaten und Grenzwerte	399
33.3	Kennzeichnung von Halbleiter-Bauelementen	401
33.4	Diodenarten	402
33.4.1	Kapazitätsdioden	403
33.4.2	Schalterdioden	404
33.4.3	Schottky-Dioden	404
33.4.4	Gleichrichter-Dioden	405
33.4.5	Z-Dioden	405
33.5	Anwendungsschaltungen	406
33.5.1	Begrenzerschaltungen	406
33.5.2	Gleichrichter	408
33.5.3	Spannungsvervielfacher	412
33.5.4	Diode als Konstantspannungsquelle (Z-Diode)	413
34	Mehrschichtdioden und -trioden	415
34.1	Vierschichtdioden	416
34.2	Thyristoren	417
34.3	Diac	420
34.4	Triac	421
34.5	Schutz der Dioden und Trioden	421
34.6	Zündmethoden	422
35	Transistoren	425
35.1	Bipolare Transistoren	426
35.1.1	Transistoreffekt	426
35.1.2	Transistorkennlinien	427
35.1.3	Kenn- und Grenzwerte des Transistors	429
35.2	Feldeffekttransistoren (FET)	432
35.2.1	Aufbau und Wirkungsweise des Sperrschicht-FET	432
35.2.2	Aufbau und Wirkungsweise des MOSFET	433
35.2.3	Kennlinien von FET	434
35.2.4	Kennwerte von FET	436
36	Besondere Halbleiter-Bauelemente	441
36.1	Unijunction-Transistor (Doppelbasisdiode)	442
36.2	Darlington-Transistor	443
36.3	VMOS-Transistoren	444
36.4	SIPMOS-Transistoren	444
36.5	IGBT	446
37	Analoge Verstärker	449
37.1	Bipolarer Transistor als Verstärker	450
37.1.1	Grundsaltungen	451
37.1.2	Arbeitspunktstabilisierung	454
37.1.3	Emitterschaltungen	457
37.1.4	Kollektorschaltungen	460
37.1.5	Basisschaltung	461

37.2	Feldeffekt-Transistor als Verstärker	461
37.2.1	Arbeitspunkteinstellung und -stabilisierung	462
37.2.2	Grundsaltungen von FET	464
37.2.3	Weitere Anwendungen	469
37.3	Mehrstufige Verstärker	470
38	Endstufen	477
38.1	Betriebsarten	478
38.2	Schaltungen	478
39	Operationsverstärker	485
39.1	Einführung	486
39.2	Differenzverstärker	486
39.3	Grundlagen des OP	487
39.4	Operationsverstärker als Verstärker	489
39.4.1	Verstärker mit frequenzunabhängiger Gegenkopplung	489
39.4.2	Verstärker mit frequenzabhängiger Gegenkopplung	492
39.4.3	OP als Leistungsverstärker	494
39.4.4	Aktive Filterschaltungen	495
40	Elektronische Schalter, Kippstufen	499
40.1	Transistor als Schalter	500
40.2	Kippschaltungen mit Transistoren	503
40.2.1	Bistabile Kippstufe	503
40.2.2	Monostabile Kippstufe	504
40.2.3	Astabile Kippstufe	505
40.2.4	Triggerschaltungen	505
40.3	Operationsverstärker als Schalter	507
40.4	Kippschaltungen mit Operationsverstärker	507
40.4.1	Triggerschaltungen mit Operationsverstärker	507
40.4.2	Astabile Kippstufe mit Operationsverstärker	509
40.4.3	Monostabile Kippstufe mit Operationsverstärker	509
40.4.4	Bistabile Kippstufe mit Operationsverstärker	510
40.5	Zeitgeber 555	510
40.6	Trigger TCA 345 A	511
41	Oszillatoren	513
41.1	Allgemeines	514
41.2	Sinusgeneratoren (RC-Oszillatoren)	514
41.3	Funktionsgeneratoren	516
42	Schaltungstechniken	519
42.1	Integrierte Schaltungen	520
42.2	SMD-Technik	522
43	Optoelektronik	525
43.1	Grundsätzliche Überlegungen	526
43.2	Optoelektronische Bauelemente	526
43.2.1	Fotowiderstand (LDR – light dependent resistor)	526

	43.2.2 Fotodiode und Fotoelement	529
	43.2.3 Fototransistoren	531
	43.2.4 Lumineszenzioden und Flüssigkristalle	532
	43.3 Anzeigeeinheiten	533
	43.4 Signalübertragung mit Optokoppler	535
	43.5 Faseroptische Übertragungsmittel	535
44	Analog-Digital-Wandler	537
	44.1 Grundlagen	538
	44.2 Spannungs-Frequenz-Wandler	538
	44.3 Sägezahnverfahren	538
	44.4 Dual-Slope-Verfahren	539
	44.5 Flash-Wandler	539
	44.6 Wandler nach dem Wägeverfahren	540
	44.7 Integrierte Wandler	540
45	Digital-Analog-Wandler	541
	45.1 Grundlagen	542
	45.2 D/A-Wandler-Varianten	542
	45.3 Integrierte Wandler	543
 Teil VI Technische Kommunikation/Technisches Zeichnen		
46	Grundlagen der zeichnerischen Darstellung	547
	46.1 Zeichengeräte	548
	46.2 Normen für Technische Zeichnungen	548
	46.3 Normteile und Konstruktionselemente	549
	46.4 Nutzen der Normung	559
47	Schaltungsunterlagen	561
	47.1 Schaltzeichen nach DIN	564
	47.2 Elektrische Betriebsmittel	566
	47.3 Schaltungsunterlagen der Energietechnik	566
	47.4 Schaltungsunterlagen der Elektronik	571
	47.4.1 Allgemeines	571
	47.4.2 Schaltzeichen nach DIN 40900 Teil 12 Binäre Elemente	571
	47.4.3 Entwurf von Schaltungen	574
	47.5 Projektierung	575
48	Schaltungssynthese und -analyse	577
	48.1 Beispiele aus der Elektrotechnik	578
	48.2 Beispiele aus der Elektronik	578

49	CAD-Technik	581
49.1	Allgemeines	582
49.2	Hardware und Software	582
49.3	Erstellen von Schaltplänen	582
49.4	Erstellen von Layouts	582
49.5	Anwendungen in der Elektronik	586
49.6	Auswahl von CAD-Systemen	586
 Teil VII Datentechnik		
50	Digitaltechnik	589
50.1	Grundbegriffe der Digitaltechnik	590
50.2	Logische Grundsaltungen	590
50.2.1	Grundverknüpfungen	590
50.2.2	Realisierungsmöglichkeiten logischer Verknüpfungen	591
50.3	Schaltalgebra	593
50.3.1	Allgemeines	593
50.3.2	Normalform einer binären Funktion	594
50.4	Zahlensysteme in der Digital- und Datenverarbeitung	602
50.4.1	Dualsystem Synthese	602
50.4.2	Hexadezimalsystem	603
50.4.3	Rechnen mit Dualzahlen	603
50.4.4	Zahlen in Rechenanlagen	603
50.5	Codes	606
50.5.1	Allgemeines	606
50.5.2	Binär-Code	606
50.5.3	BCD-Code	606
50.5.4	Gray-Code	607
50.5.5	Codierung alphanumerischer Zeichen	608
50.5.6	Fehlererkennung und Redundanz	608
50.6	Digitale Grundsaltungen	611
50.6.1	Allgemeines	611
50.6.2	Schaltnetze	611
50.6.3	Schaltwerke	617
50.6.4	Sondersaltungen	629
51	Integrierte Schaltkreise der Digitaltechnik	633
51.1	Allgemeines	634
51.2	Umgang mit integrierten Schaltungen	634
51.3	Daten und Begriffe der Logikschaltungen	634
51.3.1	Grenz- und Kenndaten	634
51.3.2	Pegel	635
51.3.3	Störsicherheit	635
51.3.4	Lasteinheit	635
51.3.5	Temperaturbereich	636
51.3.6	Gatterlaufzeit	636
51.3.7	Verlustleistung	637
51.4	TTL-Familie	637
51.4.1	Eigenschaften und Kenndaten	637

51.4.2	Standard-TTL	638
51.4.3	Schaltungen mit 3-state	640
51.4.4	Schottky-TTL und Low-Power-Schottky	641
51.5	Emittergekoppelte Logik	641
51.6	Integrierte MOS-Schaltungen	642
51.6.1	NMOS- und PMOS-Technik	642
51.6.2	CMOS-Inverter	642
51.7	Interfaceschaltungen	646
51.8	Anwendungsspezifische integrierte Schaltungen	647
51.8.1	Allgemeines	647
51.8.2	Kundenspezifische IC's	647
51.8.3	Programmierbare Logikbausteine	648
51.9	Gehäuse	659
52	Mikrocomputertechnik	661
52.1	Komponenten eines Mikrocomputers	662
52.2	Mikroprozessoren	662
52.2.1	Allgemeines	662
52.2.2	Architektur	662
52.2.3	Übersicht gängiger Mikroprozessoren	664
52.2.4	8-Bit-Mikroprozessoren	664
52.2.5	16-Bit-Prozessoren	672
52.3	Halbleiterspeicher	676
52.3.1	Allgemeines	676
52.3.2	Kenndaten und Technologie	676
52.3.3	Bedeutung der Anschlüsse	677
52.3.4	Organisation und Aufbau	677
52.3.5	Zeitverhalten	679
52.3.6	Speichertypen	680
52.3.7	Speichererweiterung	687
52.3.8	Zentralspeicher	689
52.4	Peripheriebausteine	689
52.4.1	Allgemeines	689
52.4.2	BUS-Treiber	690
52.4.3	Einfache E-/A-Bausteine für den parallelen Betrieb	690
52.4.4	Programmierbare Schnittstellenbausteine	692
52.4.5	Zeitgeberbausteine	696
52.4.6	Programmierbarer E/A-Baustein mit Speicher und Zeitgeber	699
52.4.7	Eingabe-Ausgabe-Bausteine für den seriellen Betrieb	702
52.4.8	Bausteine mit Sonderfunktionen	705
52.5	Mikrocontroller	708
52.5.1	Allgemeines	708
52.5.2	8-Bit-Mikrocontroller	709
52.5.3	16-Bit-Mikrocontroller	715
52.6	Maschinensprache	718
52.6.1	Allgemeines	718
52.6.2	Maschinencode	718
52.6.3	Befehlsaufbau	719
52.6.4	Befehlsdarstellung	719
52.6.5	Befehle	720
52.6.6	Befehlszyklus und Befehlszeiten	723
52.7	Befehlsvorrat	726
52.8	Hinweise zur Programmierung und Programmbeispiele	726

53	Computertechnik	729
53.1	Komponenten eines Computers	730
53.2	Massenspeicher	730
53.2.1	Magnetplatten	730
53.2.2	CD-ROM- und CD-Laufwerk	735
53.3	Eingabegeräte	736
53.3.1	Tastatur	736
53.3.2	Maus	736
53.4	Ausgabegeräte	736
53.4.1	Datensichtgeräte	736
53.4.2	Drucker	740
54	Programmiertechnik	741
54.1	Programmiersprachen	742
54.1.1	Assembler	742
54.1.2	ADA	742
54.1.3	ALGOL	743
54.1.4	BASIC	743
54.1.5	C	743
54.1.6	FORTRAN	743
54.1.7	PASCAL	743
54.1.8	PL/M	744
54.2	Grundlagen der Programmierung	744
54.2.1	Interpreter	744
54.2.2	Compiler	744
54.2.3	Editor	744
54.2.4	Integrierte Entwicklungsumgebung	744
54.2.5	Methoden der Programmentwicklung	745
54.2.6	Problembeschreibung	745
54.2.7	Top-Down-Methode	745
54.2.8	Bottom-Up-Methode	745
54.2.9	Bewertung der Methoden	746
54.2.10	Programm-Test	746
55	Datenkommunikation	747
55.1	Einführung	748
55.1.1	Warum Datenkommunikation?	748
55.1.2	Geschichte der Datenkommunikation	748
55.2	Computernetzwerke	749
55.2.1	Peer-to-Peer-Netz	749
55.2.2	Client/Server-Netz	749
55.3	Einteilung von Netzwerken	750
55.3.1	Ausdehnung	750
55.3.2	Dienstarten und Verbindungen	750
55.3.3	Basisband – Breitband	751
55.3.4	FDM – DWDM – TDM	751
55.4	Netzwerk-Topologien	752
55.4.1	Sternnetz	752
55.4.2	Busnetz	752
55.4.3	Ringnetz	753
55.4.4	Baumnetz	753
55.4.5	Vollverbindung	753
55.4.6	Mischformen	753
55.4.7	Sonderformen	754

55.5	Das OSI-Referenzmodell	754
55.5.1	Aufteilen langer Nachrichten	754
55.5.2	Schicht 0: Übertragungsmedien	756
55.5.3	Schicht 1: Bitübertragung	758
55.5.4	Schicht 2: Datensicherung	760
55.5.5	Schicht 3: Vermittlung	762
55.5.6	Schicht 4: Transport	766
55.5.7	Aufgaben der Schichten 5–7	768
55.6	Industrial Ethernet	769
	Literatur	769

Teil VIII Automatisierungstechnik

56	Einführung	773
57	Automatisierungsgeräte	775
58	Grundzüge der SPS-Norm IEC 61131-3	779
58.1	Programmorganisationskonzept	780
58.2	Deklaration von FB- und FC-Bausteinen	780
58.3	Variablen	782
58.4	Programmiersprachen	784
59	Programmstrukturen	787
59.1	Lineares Programm	788
59.2	Gegliedertes Programm	788
59.3	Parametrierbares Programm	788
60	Eingabe- und Ausgabesignale	789
60.1	Binäre Signale	790
60.2	Digitale Signale	790
60.3	Analoge Signale	790
61	Eingabe-/Ausgabebaugruppen	791
62	Verknüpfungssteuerungen	793
62.1	Logische Grundverknüpfungen in verschiedenen Darstellungen	794
62.2	Zusammengesetzte logische Grundverknüpfungen	794
62.3	Schließer- und Öffnerkontakte, Drahtbruchsicherheit, Erdschlussgefahr	794
62.4	Speicherfunktionen	795
62.5	Flankenauswertung	797
62.6	Darstellung und Eigenschaften elektropneumatischer Stellglieder	797
62.7	Regeln für das Umsetzen von Schützsaltungen in SPS-Programme	798
62.8	Zeitfunktionen	799
62.9	Zählerfunktionen	799
62.10	Vergleichsfunktionen	800
62.11	MOVE-Funktion	801
62.12	EN/ENO-Mechanismus	801

63	Aufruf und Wertübergaben zwischen Bausteinen nach IEC 61131-3	803
63.1	Aufrufhierarchie der Bausteine P, FB und FC	804
63.2	Aufruf von Funktionsbausteinen in FBS	804
63.3	Aufruf von Funktionsbausteinen in AWL	804
63.4	Aufruf von Funktionen in AWL	805
64	Ablaufsteuerung	807
64.1	Ablauf-Funktionsplan	808
64.2	Grafische Darstellung von Ablaufsteuerungsfunktionen	808
64.3	Betriebsartenteil und Bedienfeld	811
65	Kommunikation in Automatisierungssystemen	813
65.1	Bussysteme	814
65.2	PROFINET – Offener Industrial Ethernet Standard	815
65.3	OPC-Technologie	816
66	Steuerungssicherheit	817
66.1	Europäische Richtlinien und Sicherheitsnormen	818
66.2	Sicherheitsbegriff	818
67	Regelungstechnische Grundbegriffe der Automatisierungstechnik	821
67.1	Unterschied zwischen Steuern und Regeln, regelungstechnische Größen	822
67.2	Regler-Technologien	823
68	Regelstrecken	825
68.1	Beispiele für Regelstrecken	826
68.2	Beschreibungsmittel zur Darstellung von Regelstreckeneigenschaften	826
69	Regler	831
69.1	P-Regler, P-Regelfunktion	832
69.2	I-Regler, I-Regelfunktion	834
69.3	PI-Regler, PI-Regelfunktion	834
69.4	PID-Regler, PID-Regelfunktion	834
69.5	Vergleich der verschiedenen Reglertypen	835
69.6	PID-Reglerbaustein für digitale Abtastregelung	835
69.7	SPS als kontinuierlicher PID-Abtastregler	836
69.8	Digitaler Schrittreger mit PI-Verhalten	837
69.9	Zweipunktreger, Zweipunkt-Regelfunktion	838
69.10	Regelgüte	838
	Literatur	839
 Teil IX Regelungstechnik		
70	Einführung	843

71	Strukturbild und Übertragungsglieder	847
71.1	Strukturbild	848
71.2	Übertragungsglieder	848
71.3	Klassifikation von Übertragungsgliedern	849
71.3.1	Statische und dynamische Übertragungsglieder	849
71.3.2	Lineare und nichtlineare Übertragungsglieder	849
71.3.3	Zeitinvariante und zeitvariante Übertragungsglieder	849
71.3.4	Kausale und akausale Übertragungsglieder	849
71.4	Beschreibung von Übertragungsgliedern um einen Arbeitspunkt	849
71.4.1	Arbeitspunkt eines Übertragungsgliedes	849
71.4.2	Linearisierung um den Arbeitspunkt	850
71.5	Impulsantwort und Sprungantwort einfacher Übertragungsglieder	850
71.5.1	P-Glied	850
71.5.2	I-Glied	851
71.5.3	D-Glied	851
71.5.4	TZ-Glied	851
71.5.5	PT_1 -Glied	851
71.5.6	PT_2 -Glied	851
72	Übertragungsverhalten linearer, zeitinvarianter Übertragungsglieder	853
72.1	Übertragungsfunktion	854
72.2	Frequenzgangfunktion	854
72.3	Frequenzkennlinien elementarer Übertragungsfunktionen	855
72.3.1	Verstärkungsfaktor	855
72.3.2	Integrierer	855
72.3.3	Differenzierer	855
72.3.4	Reeller Pol	855
72.3.5	Reelle Nullstelle	856
72.3.6	Konjugiert komplexes Polpaar	856
72.3.7	Konjugiert komplexes Nullstellenpaar	857
72.3.8	Totzeit	857
72.3.9	Allpass erster Ordnung	858
72.3.10	Allpass zweiter Ordnung	858
73	Stabilität	859
73.1	Definition der Stabilität	860
73.1.1	Asymptotische Stabilität	860
73.1.2	BIBO-Stabilität	860
73.2	Stabilitätskriterien	860
73.2.1	Grundlegendes Stabilitätskriterium	860
73.2.2	Hurwitz-Kriterium	861
73.2.3	Nyquist-Kriterium	862
73.2.4	Phasenreserve und Amplitudenreserve	862
74	Entwurf von Regelkreisen	865
74.1	Forderungen an die Regelung	866
74.1.1	Stabilität	866
74.1.2	Stationäre Genauigkeit	866
74.1.3	Hinreichende Dämpfung	867
74.1.4	Hinreichende Schnelligkeit	867
74.2	Reglertypen	867
74.2.1	Standardregler	867

74.2.2	Korrekturglieder	868
74.3	Faustregeln für die Wahl der Reglerstruktur und der Reglerparameter	869
74.4	Reglerentwurf mit dem Frequenzkennlinienverfahren	870
74.4.1	Entwurf eines PI-Reglers für ein Verzögerungssystem	870
74.4.2	Reglerentwurf für eine doppelt integrierende Strecke	870
74.5	Einstellregeln bei speziellen Regelstrecken	871
74.5.1	Betragsoptimum	871
74.5.2	Symmetrisches Optimum	872
	Literatur	872
 Teil X Messtechnik		
75	Grundlagen und Grundbegriffe der Messtechnik	875
75.1	Begriffe	876
75.2	Einheiten	876
75.3	Messabweichung, Messfehler	877
75.3.1	Systematische Abweichungen	877
75.3.2	Zufällige Abweichungen	877
75.3.3	Arithmetischer Mittelwert, Erwartungswert	878
75.3.4	Standardabweichung	878
75.4	Abweichungsfortpflanzung, Fehlerfortpflanzung	879
75.5	Fehlerangaben von Messgeräten	881
75.5.1	Analog anzeigende Messgeräte	881
75.5.2	Digital anzeigende Messgeräte	881
75.6	Arithmetischer Mittelwert und Effektivwert von Wechselgrößen	882
75.7	Häufigkeitsverteilung, Vertrauensbereich	882
75.8	Bearbeitung und Auswertung von Messwerten	883
76	Analog anzeigende Messgeräte	885
76.1	Grundlagen	886
76.2	Drehspul-Messwerk	886
76.3	Dreheisen-Messwerk	887
76.4	Elektrodynamisches Messwerk	887
76.5	Symbole und Instrumentenbeschriftungen	888
77	Oszilloskop	889
77.1	Übersicht	890
77.2	Aufbau eines Oszilloskopes	890
77.3	Zusatzeinrichtungen	892
78	Schreibende Messgeräte	895
78.1	Betriebsarten	896
78.2	Schreibstiftauslenkung	896

79	Digital anzeigende Messgeräte	897
79.1	Digitalvoltmeter	898
79.2	Digitalmultimeter	898
79.3	Messung von Kapazitäten, Frequenzen und Stromverstärkungen	899
79.4	Messung von Temperaturen	899
80	Messverfahren zur Messung elektrischer Größen	901
80.1	Messung von Gleichspannungen	902
80.1.1	Analog anzeigende Spannungsmessgeräte	902
80.1.2	Digital anzeigende Spannungsmessgeräte	902
80.1.3	Messabweichung durch den Innenwiderstand des Spannungsmessers	902
80.1.4	Spannungsmessung mit dem Kompensator	903
80.2	Messung von Gleichströmen	903
80.2.1	Analog anzeigende Strommessgeräte	903
80.2.2	Digital anzeigende Strommessgeräte	903
80.2.3	Messabweichung durch den Innenwiderstand des Strommessers	904
80.3	Messbereichserweiterung	904
80.3.1	Spannungsmessung	904
80.3.2	Strommessung	904
80.4	Messung von Wechselspannungen	904
80.4.1	Analog anzeigende Wechselspannungsmessgeräte	904
80.4.2	Digital anzeigende Wechselspannungsmessgeräte	905
80.5	Messung von Wechselströmen	906
80.5.1	Analog anzeigende Wechselstrommessgeräte	906
80.5.2	Digital anzeigende Wechselstrommessgeräte	906
80.6	Widerstands- und Impedanzmessung	906
80.6.1	Gleichstrom-Messbrücken zur Widerstandsmessung	906
80.6.2	Wechselstrom-Messbrücken zur Widerstands- und Impedanzmessung	909
80.6.3	Vergleich mit bekanntem Widerstand – Spannungsvergleich	910
80.6.4	Messung von Strom und Spannung	910
80.6.5	Widerstandsmessung mit analogen Multimetern	911
80.7	Leistungsmessung	911
80.7.1	Wirkleistungsmessung	912
80.7.2	Blindleistungsmessung	914
80.7.3	Scheinleistungsmessung	915
80.7.4	Messbereichserweiterung bei der Leistungsmessung	915
80.7.5	Leistungsfaktormessung	915
80.8	Messung der Arbeit	916
80.9	Messung von L , C , Gütefaktor und Verlustfaktor	917
80.9.1	Messung von $ Z_L $ oder $ Z_C $	917
80.9.2	Messung von Z_L , Z_C , Gütefaktor und Verlustfaktor	917
80.10	Messung magnetischer Größen	918
80.10.1	Magnetischer Fluss	918
80.10.2	Magnetische Flussdichte	919
80.10.3	Magnetische Feldstärke	919
80.10.4	Permeabilität	920

81	Messverfahren zur Messung nichtelektrischer Größen	921
81.1	Messaufnehmer	923
81.1.1	Ohm'sche Aufnehmer	923
81.1.2	Kapazitive Aufnehmer	924
81.1.3	Induktive Aufnehmer	925
81.1.4	Optische Aufnehmer	925
81.1.5	Ladungsliefernde Aufnehmer	926
81.1.6	Thermische Aufnehmer	927
81.1.7	Chemische Aufnehmer	929
81.1.8	Aufnehmer zur Messung von Gaskonzentrationen allgemein	929
81.2	Messverfahren	930
81.2.1	Kraftmessung mit Dehnungsmessstreifen (DMS)	930
81.2.2	Füllstandsmessung und Messung der Foliendicke	933
81.2.3	Drehzahlmessung	934
81.2.4	Durchflussmessung	935
81.2.5	Zeit- und Frequenzmessung	937
81.2.6	Weg- und Winkelmessung	938
81.2.7	Beschleunigungsmessung	939
82	Messdatenaufbereitung	943
82.1	Verringerung der Störeinflüsse von außen	944
82.2	Messverstärker	945
83	Bussysteme für die Messtechnik	947
83.1	Grundbegriffe	948
83.2	IEC-Bus	948
83.3	DIN-Messbus	949
83.4	Aktuator-Sensor-Interface (ASI)	949
83.5	CAN-BUS	952
83.6	USB-Übertragung	952
83.7	LAN (Local Area Network)	952
84	Probleme bei der Digitalisierung analoger Messwerte	953
84.1	Fehler bei der Digitalisierung	954
84.2	Signal-Quantisierungs-Geräuschabstand	954
84.3	Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses	955
84.4	Abtast-Halte-Glied	955
84.5	Aliasing	955
84.6	Erfassung von Momentanwerten	956
85	PC-gestützte Messverfahren und Messsignalanalyse	957
85.1	Statistische Verfahren zur Messsignalauswertung	958
85.2	Graphische Darstellung	958
85.3	Ermittlung von Kenngrößen, Klassierung	959
85.4	Messsignalanalyse	959
85.4.1	Verfahren	959
85.4.2	Anwendungen	960
85.5	Automatisierung von Messabläufen	960
	Literatur	960

Teil XI Energietechnik

86	Elektrische Maschinen	963
86.1	Transformatoren	964
86.1.1	Aufgaben eines Transformators	964
86.1.2	Bauteile eines Transformators	964
86.1.3	Wirkungsweise eines Einphasen-Transformators	965
86.1.4	Aufbau und Schaltung von Drehstrom-Transformatoren	970
86.1.5	Parallelschalten von Transformatoren	971
86.1.6	Transformatorschutz	972
86.1.7	Überlastung von Transformatoren	972
86.1.8	Aufstellen von Transformatoren	973
86.1.9	Sondertransformatoren	973
86.1.10	Messwandler	975
86.2	Drehstrommaschinen	976
86.2.1	Die Drehstromasynchronmaschine	976
86.2.2	Linearmotor	985
86.2.3	Drehstromsynchronmaschinen	985
86.3	Einphasen-Asynchronmotoren	988
86.3.1	Einsträngiger Motor	988
86.3.2	Zweisträngiger Motor	988
86.3.3	Kondensatormotor	988
86.3.4	Spaltpolmotor	989
86.4	Drehstrommotor im Einphasenbetrieb	989
86.5	Sonderbauformen	989
86.5.1	Schrittmotor	989
86.5.2	Servomotor	990
86.6	Gleichstrommaschinen	991
86.6.1	Aufbau und Wirkungsweise	991
86.6.2	Betriebsverhalten von Gleichstrommaschinen	992
86.6.3	Betriebsverhalten von Gleichstromgeneratoren	997
86.6.4	Gleichstrommaschine am Wechsel- oder Drehstromnetz	998
86.6.5	Universalmotor	1001
86.7	Auswahl von Motoren	1001
86.7.1	Auswahl unter Berücksichtigung der Normen	1001
	Literatur	1007
87	Elektrische Energieversorgung	1009
87.1	Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen	1010
87.1.1	Einführung	1010
87.1.2	Gesetzliche Rahmenbedingungen	1010
87.1.3	Struktur der Elektrizitätswirtschaft	1010
87.1.4	Vertragsbeziehungen und Energiehandel	1012
87.2	Elektrische Energieerzeugung	1013
87.2.1	Elektrischer Energieverbrauch	1013
87.2.2	Anteile an der Stromerzeugung und Kraftwerksleistung	1014
87.2.3	Überblick und Klassifizierung von Kraftwerksarten	1015
87.2.4	Fossil befeuerte Kraftwerke	1015
87.2.5	Regenerative Kraftwerke	1022
87.3	Elektrische Energieübertragung und Energieverteilung	1034
87.3.1	Spannungssysteme	1034
87.3.2	Aufbau und Betrieb von Energieversorgungsnetzen	1035
87.3.3	Frequenzregelung	1036

87.3.4	Spannungsregelung	1038
87.3.5	Herausforderungen bei einer Energieversorgung mit fluktuierender Erzeugung	1045
87.4	Elektrische Betriebsmittel	1053
87.4.1	Freileitungen	1053
87.4.2	Kabel	1063
87.4.3	Schaltanlagen	1068
87.4.4	Netzformen und Schutz auf der Niederspannungsebene	1071
	Literatur	1074
88	Elektrische Energieanwendung	1075
88.1	Kompensationsanlagen	1076
88.2	Beleuchtungsanlagen	1077
88.2.1	Grundgrößen der Lichttechnik	1078
88.2.2	Lichtquellen	1078
88.2.3	Glühlampen	1078
88.2.4	Leuchtstofflampen	1079
88.2.5	Entladungslampen	1079
88.2.6	Leuchten	1079
88.2.7	Berechnung von Beleuchtungsanlagen	1080
	Literatur	1081
Teil XII Leistungselektronik		
89	Halbleiter in der Leistungselektronik	1085
90	Leistungshalbleiter	1087
90.1	Halbleiterdioden	1088
90.1.1	Aufbau, statisches Verhalten, Kenngrößen, Grenzwerte	1088
90.1.2	Dynamisches Verhalten, TSE	1088
90.1.3	Verlustleistung	1089
90.1.4	Bauarten	1089
90.1.5	Schutzschaltungen, TSE-Beschaltung	1090
90.1.6	Sicherungen	1090
90.1.7	Zusammenschaltung von Dioden	1090
90.2	Bipolartransistoren	1091
90.2.1	Aufbau, statisches Verhalten, Kenngrößen, Grenzwerte, SOAR	1092
90.2.2	Dynamisches Verhalten	1093
90.2.3	Verlustleistung	1095
90.2.4	Bauarten	1095
90.2.5	Schutzschaltungen	1096
90.2.6	Parallelschaltung von bipolaren Transistoren	1096
90.2.7	Anwendungen	1097
90.3	Feldeffekttransistoren	1097
90.3.1	Aufbau, statisches Verhalten, Kenngrößen, Grenzwerte	1097
90.3.2	Dynamisches Verhalten	1098
90.3.3	Verlustleistung	1100
90.3.4	Schutzschaltungen	1100
90.3.5	Zusammenschaltung von Feldeffekttransistoren	1100
90.4	IGBT-Transistoren	1100
90.4.1	Aufbau von IGBT-Transistoren	1101
90.4.2	BIMOS-Schaltstufe	1101
90.5	Thyristoren	1101

90.5.1	Aufbau, statisches Verhalten, Kenngrößen, Grenzwerte	1101
90.5.2	Dynamisches Verhalten	1103
90.5.3	Verlustleistung	1104
90.5.4	Schutzschaltungen	1104
90.5.5	Zusammenschaltung von Thyristoren	1105
90.5.6	Löschen von Thyristoren	1105
90.5.7	Einsatz in kritischen Anwendungsfällen	1106
90.5.8	Spezielle Bauarten von Thyristoren	1106
91	Einsatz von Leistungshalbleitern als Schalter	1109
91.1	Schalter allgemein	1110
91.2	Halbleiter-Relais	1111
91.3	Halbleiterkühlung	1112
91.3.1	Grundlagen, statisches Verhalten	1112
91.3.2	Dynamisches Verhalten	1114
91.4	Ansteuerschaltungen	1115
91.4.1	Ansteuerschaltungen allgemein	1115
91.4.2	Ansteuersignale für Bipolartransistoren	1116
91.4.3	Ansteuersignale für Feldeffekttransistoren und IGBT	1117
91.4.4	Ansteuersignale für Thyristoren	1118
91.4.5	Ansteuersignale für GTO-Thyristoren	1119
91.5	Schutzschaltungen	1120
91.5.1	Überspannungsschutz	1120
91.5.2	Überstromschutz	1122
 Teil XIII Nachrichtentechnik		
92	Grundlagen der Nachrichtenübertragung	1127
92.1	Prinzip der elektrischen Nachrichtenübertragung	1128
92.2	Aufgaben der Nachrichtentechnik	1129
92.3	Grundbegriffe	1129
92.4	Nachricht, Information und Signal	1130
92.4.1	Informationsgehalt	1130
92.4.2	Signale in der Nachrichtentechnik	1130
92.4.3	Entropie	1131
92.4.4	Redundanz	1131
92.4.5	Informationsfluss	1132
92.4.6	Kanalkapazität, Dynamik	1132
92.4.7	Nachrichtenquader	1132
92.4.8	Signale im Zeitbereich: Analog, digital, kontinuierlich, diskret	1133
92.4.9	Signale im Frequenzbereich	1133
92.4.10	Abtasttheorem von Shannon	1138
92.4.11	Zufällige (stochastische) Signale	1138
92.4.12	Verzerrungen	1141
92.5	Kenngrößen der Übertragungsstrecke	1143
92.5.1	Dämpfungsfaktor	1143
92.5.2	Übertragungsfaktor	1143
92.5.3	Dämpfungsmaß	1144
92.5.4	Übertragungsmaß, Verstärkungsmaß	1144
92.5.5	Pegel	1144

93	Zweitore, Vierpole	1147
93.1	Zweitor allgemein	1148
93.1.1	Grundlagen	1148
93.1.2	Zweitorgleichungen, Zusammenschaltung von Zweitoren	1148
93.1.3	Bestimmung der Zweitorparameter	1149
93.1.4	Elementarzweitore	1150
93.1.5	Betriebskenngrößen	1151
93.2	Spezielle Zweitore	1155
93.2.1	Übertragungssymmetrische (reziproke) Zweitore	1155
93.2.2	Widerstandssymmetrische Zweitore	1156
93.2.3	Längssymmetrische Zweitore	1156
93.2.4	Rückwirkungsfreie Zweitore	1156
93.3	Wellenparameter passiver Zweitore	1157
93.3.1	Allgemeine passive Zweitore	1157
93.3.2	Längssymmetrische passive Zweitore	1157
93.3.3	Wellenwiderstand bei passiven längssymmetrischen Zweitoren	1158
93.3.4	Übertragungsmaß bei passiven längssymmetrischen Zweitoren	1158
93.3.5	Spezielle Zweitore	1159
94	Leitungen	1161
94.1	Leitungsbeläge und Leitungsgleichungen	1162
94.2	Leitung mit sinusförmigen Spannungen und Strömen	1163
94.2.1	Allgemeine Lösung	1163
94.2.2	Wellenwiderstand	1164
94.2.3	Ausbreitungskoeffizient	1164
94.2.4	Verlustlose Leitung	1164
94.2.5	Lösung mit Zeigerdarstellung	1164
94.2.6	Unendlich lange Leitung	1165
94.2.7	Anpassung	1165
94.2.8	Phasengeschwindigkeit, Gruppengeschwindigkeit	1165
94.3	Leitung mit sinusförmigen Spannungen und Strömen und beliebiger Abschlussimpedanz Z_e	1166
94.3.1	Reflexionsfaktor, Übertragungsfaktor	1166
94.3.2	Eingangsimpedanz	1167
94.3.3	Verzerrungsfreie Leitung	1167
94.3.4	Leitung als Vierpol	1168
94.4	Verlustlose Leitung	1169
94.4.1	Eigenschaften	1169
94.4.2	Wanderwellen bei Reflexion am Leitungsein- und -ausgang	1169
94.4.3	Elektrisch lange Leitung	1170
94.4.4	Leitung als Transformator	1170
94.4.5	Stehende Wellen	1171
94.4.6	Kettenleiter	1171
94.4.7	Wellenfilter	1171
94.4.8	Filterentwurf	1172
94.4.9	Dielektrische Filter	1175
94.5	Daten von Leitungen	1177
94.6	Hochfrequenzleitungen	1177
94.6.1	Hochfrequenz-Koaxialkabel	1177
94.6.2	Hohlleiter	1179
94.6.3	Streifenleitungen	1182
94.7	s -Parameter	1184
94.7.1	Signalflussdiagramm	1184
94.7.2	Leistungsverstärkung	1186

94.8	Kreisdiagramm	1186
94.8.1	Doppel-Kreisdiagramm	1189
94.8.2	s-Parameter im Kreisdiagramm	1190
95	Antennen	1193
95.1	Grundlagen	1194
95.2	Kenngößen	1196
95.3	Ausführungsformen von Antennen	1198
95.3.1	Vertikalantenne	1198
95.3.2	Rahmenantenne	1198
95.3.3	Ferritantenne	1198
95.3.4	$\lambda/2$ -Dipol, $\lambda/2$ -Faltdipol	1199
95.3.5	Breitbanddipol	1199
95.3.6	Gruppenstrahler	1199
95.3.7	Yagi-Antenne	1199
95.3.8	Langdrahtantenne	1200
95.3.9	Rohrschlitzstrahler	1200
95.3.10	Parabolantenne	1200
95.4	Wellenausbreitung	1200
95.4.1	Boden- und Raumwelle	1200
95.4.2	Erdatmosphäre	1201
95.4.3	Wellenausbreitung im Plasma	1201
95.4.4	Wellenausbreitung im Bereich 30 kHz bis 30 GHz	1202
96	Modulation	1203
96.1	Übersicht	1204
96.2	Sinusträger – mit Analogsignal moduliert	1204
96.2.1	Amplitudenmodulation (AM)	1205
96.2.2	Sonderformen der Amplitudenmodulation	1209
96.2.3	Technische Ausführung der Amplitudenmodulation	1210
96.2.4	Winkelmodulation	1211
96.3	Sinusträger – mit Digitalsignal moduliert	1217
96.3.1	Amplitudenumtastung (ASK)	1217
96.3.2	Frequenzumtastung (FSK)	1218
96.3.3	Phasenumtastung (PSK)	1218
96.4	Pulsträger uncodiert	1221
96.4.1	Pulsamplitudenmodulation (PAM)	1221
96.4.2	Pulsfrequenz- und Pulsphasenmodulation (PFM, PPM)	1222
96.4.3	Pulsdauermodulation (PDM)	1223
96.4.4	Pulscodemodulation (PCM)	1224
97	Filter	1229
97.1	Einfache passive R-C-Filter	1230
97.1.1	Allgemeines	1230
97.1.2	Passive R-C-Filter	1231
97.2	Weitere Ausführungsformen	1235
97.2.1	Quarzfilter, keramische Filter	1235
97.2.2	Digitale Filter	1236
97.2.3	Filter mit geschalteten Kondensatoren, SC-Filter	1237
97.3	Allgemeiner Filterentwurf	1238
97.3.1	Allgemeine Eigenschaften und Entwurfskriterien	1238
97.3.2	Tiefpassfilter	1240
97.3.3	Filtertransformationen	1242
97.3.4	Besondere Filterschaltungen	1244

98	Empfängerschaltungstechnik	1245
98.1	Geradeausempfänger	1246
98.2	Überlagerungsempfänger	1246
98.3	Automatische Verstärkungsregelung (AVR)	1246
98.4	Weitere Schaltungskonzepte	1247
99	Ton- und Bildübertragung	1249
99.1	Rundfunk-Stereoübertragung	1250
99.2	Digitale Farbfernsehtechnik	1251
100	Mehrfachübertragung – Multiplexverfahren	1257
100.1	Zeitmultiplexverfahren	1258
100.1.1	Analoge Signalübertragung	1258
100.1.2	Digital codierte Signalübertragung	1259
100.2	Frequenzmultiplexverfahren	1259
100.3	Raummultiplexverfahren	1260
101	Richtfunktechnik	1261
102	Nachrichtenübertragung über Satellit	1265
103	Nachrichtenübertragung über Lichtwellenleiter (LWL)	1269
103.1	Physikalische Grundlagen	1270
103.2	Grundmodelle von Lichtwellenleitern	1271
103.2.1	Mehrmoden-Stufenindex mit Totalreflexion	1271
103.2.2	Mehrmoden-Gradientenindex	1271
103.2.3	Einmoden-Stufenindex	1272
103.3	Technische Ausführung von Lichtwellenleitern	1273
103.4	Lichtsender	1274
103.5	Lichtempfänger	1274
103.6	Verbinden von Lichtleitern	1275
103.7	Optische Schalter	1275
104	Funkmesstechnik	1277
104.1	Radar	1278
104.1.1	Grundlagen, Kenngrößen	1278
104.1.2	Daten von Radaranlagen	1280
104.2	Funkortungssystem OMEGA	1280
104.3	GPS – Global Positioning System	1280
105	Elektroakustische Wandler	1283
105.1	Definitionen, Kenngrößen	1284
105.2	Schallempfänger	1285
105.2.1	Kenngrößen für Mikrofone	1285
105.2.2	Mikrofonsysteme	1286
105.2.3	Daten und Eigenschaften verschiedener Mikrofonsysteme	1288
105.3	Schallsender	1289
105.3.1	Lautsprecher- und Hörer-Systeme	1289
105.3.2	Kenngrößen, Daten	1290

106	Vermittlungstechnik	1293
106.1	Grundbegriffe	1294
106.2	Vermittlung	1294
106.3	Verkehrstheorie	1295
106.4	Endgerät	1296
107	Kommunikations- und Datennetze	1299
107.1	Strukturen lokaler Kommunikations- und Datennetze	1300
107.2	Öffentliche Kommunikations- und Datensysteme	1300
107.2.1	Einführung	1300
107.2.2	ISDN	1301
107.3	Öffentliche Funknetze	1305
107.3.1	Mobilfunk mit GSM-Technik	1305
107.3.2	Mobilfunk mit UMTS-Technik	1306
107.4	Private Funknetze	1307
107.4.1	Schnurlostelefone	1307
107.4.2	Bluetooth	1307
107.4.3	WLAN	1308
108	Optimierte Nachrichten- und Datenübertragung	1309
108.1	Codierung	1310
108.1.1	Quellencodierung	1310
108.1.2	Kanalcodierung	1312
108.2	Optimalfilter	1316
108.3	Anwendung der Korrelation bei gestörten Signalen	1317
108.4	Verschlüsselung von Daten	1318
108.5	Fensterung	1321
	Literatur	1322
 Teil XIV Signal- und Systemtheorie		
109	Einführung	1327
109.1	Darstellung in der Zeit- und in der Frequenzebene	1328
109.2	Hinweise zur Anwendung	1329
110	Grundbegriffe	1331
111	Periodische nichtsinusförmige zeitkontinuierliche Signale	1333
111.1	Reelle und komplexe Fourierreihe	1334
111.2	Beispiele und Anwendungen	1335
112	Nichtperiodische zeitkontinuierliche Signale	1339
112.1	Fouriertransformation	1340
112.1.1	Transformationsregeln	1340
112.1.2	Eigenschaften	1341
112.1.3	Korrespondenztabelle	1341
112.1.4	Beispiele	1342
112.2	Laplacetransformation	1343

112.2.1 Einführung	.1343
112.2.2 Transformation	.1343
112.2.3 Sätze zur Laplacetransformation	.1344
112.2.4 Anwendung der Laplacetransformation bei bekanntem $H(s)$.1345
112.2.5 Bestimmung von $H(s)$.1346
112.2.6 Beispiele	.1347
113 Spezielle Signale	.1355
113.1 Stoßfunktion, δ -Funktion, Dirac-Impuls	.1356
113.2 Sprungfunktion $\sigma(t)$.1356
113.3 Verknüpfung von σ - und δ -Funktion	.1357
113.4 Harmonische Schwingungen	.1357
114 Leistung	.1359
115 Faltungsintegral	.1363
116 Abtasttheorem	.1367
117 Nichtkontinuierliche (zeitdiskrete) Signale	.1369
117.1 Diskrete Fouriertransformation (DFT)	.1370
117.2 Schnelle Fouriertransformation (FFT)	.1371
117.3 z -Transformation	.1372
118 Zufällige Signale	.1375
118.1 Grundbegriffe und Kenngrößen	.1376
118.2 Verteilungen	.1379
118.2.1 Binomialverteilung	.1379
118.2.2 Poissonverteilung	.1379
118.2.3 Normalverteilung, Gaußverteilung	.1380
118.3 Rauschen	.1381
118.4 Signalerkennung bei gestörter Übertragung	.1382
118.4.1 Erkennen versteckter Periodizitäten	.1382
118.4.2 Signalerkennung allgemein	.1382
118.4.3 Signalangepasste Filter (matched filter)	.1382
Literatur	.1383
Sachverzeichnis	.1385

Handbuch Elektrotechnik

Grundlagen und Anwendungen für Elektrotechniker

Plaßmann, W.; Schulz, D. (Hrsg.)

2016, XXXVII, 1392 S. 1924 Abb.,

ISBN: 978-3-658-07049-6