

Inhalt

1.	Darstellung von Signalen im Frequenz- und Zeitbereich	1
1.1.	Grundgesetze des elektrischen Stromkreises	1
1.1.1.	Elektrischer Strom — OHMSches Gesetz	1
1.1.2.	KIRCHHOFFSche Regeln	3
1.1.3.	Ersatzspannungsquelle und Ersatzstromquelle	6
1.1.4.	Anpassung	7
1.2.	Komplexe Darstellung elektrischer Größen	9
1.2.1.	Die Zeitfunktion harmonischer Wechselspannungen und Wechselströme	9
1.2.2.	Symbolische (komplexe) Schreibweise	10
1.2.3.	Komplexer Widerstand	11
1.2.4.	Zeigerdiagramm	13
1.2.5.	Ortskurve	15
1.2.6.	Übertragungsfunktion	19
1.3.	Signale und Spektren	20
1.3.1.	FOURIER-Transformation	20
1.3.2.	Entstehung höherer Harmonischer	27
1.3.3.	Modulation	28
1.3.4.	Das Einschaltproblem	31
1.3.4.1.	Sprungantwort und Stoßantwort	31
1.3.4.2.	Lösung des Einschaltproblems bei bekannter Übergangsfunktion	34
1.3.4.3.	LAPLACE-Transformation	37
1.3.5.	Abtasttheoreme und Pulsmodulation	43
1.3.5.1.	Abtasttheorem der Spektralfunktion	43
1.3.5.2.	Verschiebungssatz	45
1.3.5.3.	Abtasttheorem der Zeitfunktion	46
1.3.5.4.	Pulsmodulation	47
2.	Schaltungen mit passiven Bauelementen	50
2.1.	Passive Bauelemente	50
2.1.1.	Widerstände	52
2.1.1.1.	Festwiderstände	54
2.1.1.2.	Veränderbare Widerstände	54
2.1.1.3.	Thermische Belastbarkeit	55
2.1.1.4.	Rauschen	56
2.1.1.5.	Temperaturabhängige Widerstände	57
2.1.1.6.	Spannungsabhängige Widerstände	59
2.1.2.	Kondensatoren	60
2.1.2.1.	Kapazität und Dielektrizitätskonstante	60

2.1.2.2.	Ersatzschaltung des realen Kondensators	62
2.1.2.3.	Festkondensatoren	63
2.1.2.4.	Veränderbare Kondensatoren	65
2.1.3.	Induktivitäten	65
2.1.3.1.	Selbstinduktion und Gegeninduktion	65
2.1.3.2.	Aufbau und Eigenschaften von Induktivitäten	66
2.1.3.3.	Induktivität mit Luftspalt	69
2.1.3.4.	Transformator	71
2.2.	Lineare passive Netzwerke	74
2.2.1.	Siebschaltungen	74
2.2.1.1.	Hochpaß	75
2.2.1.2.	Tiefpaß	76
2.2.1.3.	BODE-Diagramm	77
2.2.1.4.	Übertragung von Rechteckspannungen	79
2.2.1.5.	Bandpaß und Bandsperre	84
2.2.2.	Phasenschieber	86
2.2.3.	Schwingkreise	88
2.2.3.1.	Serienschwingkreis	88
2.2.3.2.	Parallelschwingkreis	90
2.2.3.3.	Parallelschwingkreis mit Spulenverlusten	92
2.2.3.4.	Der nichtstationäre Zustand	92
2.2.3.5.	Gekoppelte Schwingkreise	94
2.3.	Vierpole	96
2.3.1.	Vierpolgleichungen und ihre Matrixdarstellung	96
2.3.2.	Zusammenschalten von Vierpolen	99
2.3.3.	Übertragungsfunktionen und Wellenwiderstand	101
2.3.4.	Vierpolersatzstrukturen	103
3.	Leitungen	106
3.1.	Vorgänge auf Leitungen	106
3.1.1.	Leitungsgleichungen und Wellenparameter	107
3.1.2.	Ausbreitungsgeschwindigkeit	109
3.1.3.	Reflexionsfaktor und Stehwellenverhältnis	111
3.1.4.	Impedanztransformation	112
3.2.	Anwendungen von Leitungen	116
3.2.1.	Anpassung	117
3.2.2.	Leitungen als Resonatoren	119
3.2.3.	Schaltverhalten von Leitungen	120
3.3.	Spezielle Leitungen	123
3.3.1.	Paralleldrahtleitung	123
3.3.2.	Koaxialleitung	123
3.3.3.	Hohlleiter	124
4.	Halbleiterbauelemente	127
4.1.	Grundlagen	127
4.1.1.	Bändermodell und Besetzungswahrscheinlichkeit	127
4.1.2.	Eigenleitung	130
4.1.3.	Störstellenleitung	133

4.2.	Bauelemente mit homogenem Halbleiter	136
4.2.1.	Halbleiterthermoelement	136
4.2.2.	Fotowiderstand	137
4.2.3.	HALL-Generator	137
4.2.4.	GUNN-Diode	139
4.3.	<i>pn</i> -Übergang	140
4.3.1.	Verhältnisse am stromlosen <i>pn</i> -Übergang	140
4.3.2.	Berechnung der Diffusionsspannung	142
4.3.3.	Sperrschichtweite	144
4.3.4.	Stromdurchflossener <i>pn</i> -Übergang	146
4.3.5.	Berechnung der Strom-Spannungs-Kennlinie.	149
4.3.6.	Reale Diodenkennlinie	152
4.3.7.	Ersatzschaltung einer Diode	155
4.3.8.	Übergangsverhalten	157
4.4.	Halbleiterdioden	158
4.4.1.	Gleichrichtung	158
4.4.1.1.	Gleichrichtergrundschaltungen	159
4.4.1.2.	Gleichrichter mit Ladekondensator	161
4.4.1.3.	Spannungsvervielfacher	162
4.4.1.4.	Gleichrichtung bei hohen Frequenzen und Schalteranwendungen	163
4.4.1.5.	Technische Ausführungsformen von Gleichrichterdiode	164
4.4.2.	Z-Dioden	166
4.4.3.	Kapazitätsdioden	168
4.4.4.	Tunneldioden	169
4.4.5.	Fotodioden	172
4.4.6.	Lumineszenzdioden	173
4.4.7.	Metall-Halbleiter-Übergang	174
4.4.8.	Spezialdioden	176
4.4.8.1.	Speicherschaltodiode.	176
4.4.8.2.	Lawinenlaufzeitdiode	177
4.4.8.3.	<i>pin</i> -Diode	177
4.5.	Bipolartransistor	178
4.5.1.	Wirkungsweise des Transistors	178
4.5.2.	Transistorgrundschaltungen und ihre Gleichstromkenngrößen	180
4.5.3.	Beschreibung der Kleinsignaleigenschaften	181
4.5.3.1.	Beschreibung des Transistors durch Vierpolparameter.	182
4.5.3.2.	Transistorkennlinien	184
4.5.3.3.	Physikalische Ersatzschaltung des Transistors in Emitterschaltung für tiefe Frequenzen	185
4.5.3.4.	Transistorkapazitäten — die vollständige Ersatzschaltung	187
4.5.3.5.	Frequenzabhängigkeit der Stromverstärkung	188
4.5.4.	Der Transistor als Verstärker — die allgemeinen Kleinsignalbetriebs-eigen-schaften	190
4.5.4.1.	Betriebsstromverstärkung	191
4.5.4.2.	Betriebsspannungsverstärkung	191
4.5.4.3.	Betriebseingangswiderstand	192
4.5.4.4.	Betriebsausgangswiderstand	192
4.5.5.	Übergangsverhalten	194

4.5.6.	Temperaturabhängigkeit des Transistors	195
4.5.7.	Grenzwerte	196
4.6.	Feldeffekttransistoren (FET)	197
4.6.1.	Übersicht über die FET-Typen	197
4.6.2.	Sperrschicht-FET	198
4.6.2.1.	Aufbau und Wirkungsweise	198
4.6.2.2.	Kennlinien	199
4.6.3.	Isolierschicht-FET	200
4.6.3.1.	Aufbau und Wirkungsweise	200
4.6.3.2.	Kennlinien	202
4.6.4.	Ersatzschaltung und Vierpoldarstellung der FET	203
4.6.5.	MISFET-Tetrode	203
4.7.	Thyristor	204
4.7.1.	Aufbau und Wirkungsweise	204
4.7.2.	Dynamische Eigenschaften	206
4.7.3.	Thyristoranwendungen	208
5.	Analogschaltungen	209
5.1.	Transistor-Kleinsignalverstärker	209
5.1.1.	Emitterschaltung	209
5.1.1.1.	Ausgangskennlinien und Arbeitsgerade	210
5.1.1.2.	Einstellung des Arbeitspunktes	211
5.1.1.3.	Vollständige Emitterschaltung und ihre Ersatzschaltung für niedrige Frequenzen	214
5.1.1.4.	Die Betriebsgrößen der Emitterschaltung	215
5.1.1.5.	Emitterschaltung bei sehr tiefen Frequenzen	217
5.1.1.5.1.	Einfluß des Emittterkondensators	218
5.1.1.5.2.	Einfluß der Koppelkondensatoren	219
5.1.1.5.3.	Dimensionierung der vollständigen Emitterschaltung	220
5.1.1.6.	Emitterschaltung bei hohen Frequenzen	221
5.1.2.	Basisschaltung	222
5.1.2.1.	Vollständige Basisschaltung und ihre Ersatzschaltung	222
5.1.2.2.	Die Betriebsgrößen der Basisschaltung	223
5.1.3.	Kollektorschaltung	224
5.1.3.1.	Vollständige Kollektorschaltung und ihre Ersatzschaltung	224
5.1.3.2.	Die Betriebsgrößen der Kollektorschaltung	225
5.1.3.3.	Bootstrapschaltung	226
5.1.4.	Mehrstufige Verstärkerschaltungen	227
5.1.4.1.	RC-Verstärker in Kettenschaltung	227
5.1.4.2.	DARLINGTON-Schaltung	228
5.1.5.	Differenzverstärker	230
5.1.5.1.	Ersatzschaltung und Betriebseigenschaften	231
5.1.5.2.	Differenzverstärker mit Konstantstromquelle im Emittterkreis	233
5.1.5.3.	Offsetverhalten	234
5.2.	Transistor-Großsignalverstärker	235
5.2.1.	Leistungsverstärker	235
5.2.1.1.	A-Verstärker	236
5.2.1.2.	Gegentakt-B-Verstärker	237
5.2.2.	Transistor als Schalter	239

5.3.	Rückkopplung	242
5.3.1.	Gegenkopplung	243
5.3.1.1.	Stabilisierung der Betriebsgrößen	244
5.3.1.2.	Vergrößerung der Bandbreite	244
5.3.1.3.	Die gegengekoppelte Emitterschaltung	245
5.3.1.4.	Die Kollektorschaltung als gegengekoppelte Schaltung	250
5.3.2.	Mitkopplung	251
5.3.2.1.	Die Selbsterregungsbedingung	251
5.3.2.2.	Harmonische Oszillatoren	252
5.3.2.3.	Kippgeneratoren	254
5.4.	Schaltungen mit Feldeffekttransistoren	255
5.4.1.	Einstellung des Arbeitspunktes	255
5.4.2.	FET-Grundsaltungen	257
5.4.2.1.	Sourceschaltung	257
5.4.2.2.	Drainschaltung	258
5.5.	Integrierte Analogschaltungen	260
5.5.1.	Operationsverstärker (OV)	261
5.5.1.1.	Eigenschaften des idealen OV	261
5.5.1.2.	Der ideale OV als Spannungsverstärker	262
5.5.1.3.	Kenngößen und Grenzwerte realer OV	264
5.5.1.4.	Einfluß der Eigenschaften eines realen OV	266
5.5.1.4.1.	Einfluß der endlichen Leerlaufverstärkung	266
5.5.1.4.2.	Einfluß des endlichen Eingangswiderstandes	267
5.5.1.4.3.	Einfluß des Ausgangswiderstandes	268
5.5.1.4.4.	Eingangs- und Ausgangswiderstand der Schaltung	268
5.5.1.4.5.	Der reale nichtinvertierende Verstärker	269
5.5.1.4.6.	Kompensation der Offsetgrößen	270
5.5.1.5.	Anwendungsbeispiele	271
5.5.1.5.1.	Analoge Rechenschaltungen	272
5.5.1.5.2.	Mittelwertbildner	275
5.5.1.5.3.	Impedanzwandler	276
5.5.1.5.4.	Gleichrichter	277
5.5.1.5.5.	Komparator	278
5.5.1.5.6.	Signalgeneratoren	281
5.5.2.	Multiplizierer	282
5.5.2.1.	Logarithmier-Delogarithmier-Multiplizierer	283
5.5.2.2.	Multiplizierer mit veränderlicher Steilheit	283
5.5.2.3.	Anwendungsbeispiele	284
5.5.2.3.1.	Analoge Rechenschaltungen	284
5.5.2.3.2.	Regelbarer Verstärker	285
5.5.2.3.3.	Effektivwertmesser	285
5.5.3.	Integrierte Spannungsregler	286
6.	Digitalschaltungen	289
6.1.	Grundlagen und logische Grundgesetze	289
6.1.1.	Digitale und analoge Signale	289
6.1.2.	Zahlensysteme	290
6.1.3.	Codierung	291
6.1.4.	BOOLEsche Algebra	292

6.1.4.1.	Logische Operationen	293
6.1.4.2.	Rechenregeln	295
6.1.4.3.	Schaltalgebra	299
6.1.4.4.	Minimierung	300
6.1.5.	Logische Grundfunktionen	303
6.1.5.1.	Einstellige Grundfunktionen	303
6.1.5.2.	Zweistellige Grundfunktionen	304
6.2.	Schaltkreissysteme	307
6.2.1.	Charakteristische Kenngrößen	307
6.2.2.	Dioden-Transistor-Logik (DTL)	309
6.2.3.	Transistor-Transistor-Logik (TTL)	310
6.2.4.	Emittergekoppelte Logik (ECL)	311
6.2.5.	Integrierte Injektionslogik (I ² L)	313
6.2.6.	MOS-Logikschaltungen	314
6.2.7.	Vergleich der Schaltkreissysteme	315
6.3.	Grundelemente und Schaltungen der Digitaltechnik	317
6.3.1.	Rechenschaltungen	317
6.3.1.1.	Binäraddition	318
6.3.1.2.	Binärsubtraktion	320
6.3.1.3.	Binärmultiplikation und Binärdivision	322
6.3.2.	Astabiler Multivibrator	323
6.3.3.	Univibrator	324
6.3.4.	SCHMITT-Trigger	325
6.3.5.	Speicher	326
6.3.5.1.	Flipflopgrundschaltungen	327
6.3.5.2.	Master-Slave-Flipflop (MS-Flipflop)	329
6.3.5.3.	Schieberegister	330
6.3.5.4.	Zähler	331
6.3.5.5.	Dynamische Speicher	333
6.3.5.6.	CCD-Speicher	333
6.3.5.7.	Speicherorganisation	334
6.3.6.	Codeumsetzer	335
6.3.7.	Multiplexer	337
6.3.8.	Signalumsetzer	338
6.3.8.1.	Digital/Analog-Umsetzer	338
6.3.8.2.	Analog/Digital-Umsetzer	339
7.	Verzeichnisse	342
7.1.	Häufig verwendete Formelzeichen und Symbole	342
7.2.	Ergänzende und weiterführende Literatur	346
7.3.	Sachverzeichnis	349