

Inhaltsverzeichnis

0.	Einleitung	
1.	Elektrotechnische Grundlagen	
1.1.	Stationäre Ströme	4
1.1.1.	Bewegungen der Elektronen	4
	Elektronengas • Stromtransport • Stromstärke, Stromdichte • Mikro-Ohmsches Gesetz • Strömungsfeld	
1.1.2.	Ohmscher Widerstand	9
	Ohmsches Gesetz • Zusammenschaltung von Widerständen • Widerstandsnetzwerke	
1.1.3.	Strom-Spannungs-Quellen	12
	Wesen der Spannungsquelle • Wesen der Stromquelle • Zweipole • Nutzbare Spannung • Anpassungen • Verlauf der Leistungsanpassung	
1.1.4.	Vermischte Stromkreise	16
	Ersatzspannungsquellen • Überlagerungsgesetz • Maschenregel • Knotenregel	
1.1.5.	Vierpole.	18
1.1.6.	Technische Widerstände	21
1.1.7.	Technische Spannungsquellen	26
	Chemische Grundlagen • Primärelemente • Sekundärelemente	
1.2.	Magnetostatik	35
1.2.1.	Ursachen des Magnetismus	35
1.2.2.	Feldgrößen	39
1.2.3.	Hysteresekurve	40
1.2.4.	Permeabilitäten	41
1.2.5.	Magnetischer Kreis	42
1.2.6.	Energieprodukt	42
1.2.7.	Kreis mit Luftspalt	44
1.2.8.	Kraftwirkungen	45
1.2.9.	Magnetische Werkstoffe	46
1.3.	Elektrostatik	49
1.3.1.	Isolierstoffe	51

1.4.	Wechselstrom	52
1.4.1.	Definition	52
1.4.2.	Periodische Wechselströme	52
1.4.3.	Harmonische Schwingung	53
1.4.4.	Zusammenschaltung von Wechselquellen	54
1.4.5.	Drehstromnetz	55
1.4.6.	FOURIER-Analyse	56
1.4.7.	Beschreibung von Schwingungen	58
1.4.8.	Entstehung von Oberwellen und Gleichrichtung	60
1.4.9.	Messung von Wechselgrößen	63
1.5.	Grundbauelemente	66
1.5.1.	Definition	66
1.5.2.	Einschaltvorgänge	67
1.5.3.	Rechteckströme	69
1.5.4.	Harmonische Ströme	71
1.5.5.	Technische Kapazitäten	72
	Allgemeines • Keramische Kondensatoren • Folienkondensatoren • Elektrolytkondensatoren (Elko) • Vergleiche und Ergänzungen	
1.5.6.	Technische Induktivitäten	80
	Grundlagen • Blechkernspulen • Ferritkernspulen • Offene Spulen	
1.6.	Transformatoren und Übertrager	88
1.6.1.	Gegeninduktivität	88
1.6.2.	Idealer Transformator	90
1.6.3.	Verbessertes Ersatzschaltbild	91
1.6.4.	Frequenzgang	92
1.6.5.	Leistungstransformator	93
1.6.6.	Spartransformator	93
1.6.7.	Variometer	94
2.	Lineare Wechselstromschaltungen	
2.1.	Einführung	95
2.2.	Einfache Zweipole	96
2.2.1.	Grundbauelemente	96
2.2.2.	Reihenschwingkreis	97
2.2.3.	Einschwingvorgänge	99
2.2.4.	Pole und Nullstellen	101
2.2.5.	Kreisdiagramm	102
2.2.6.	Relative Bandbreite	103
2.2.7.	Ergänzungen zu realen Bauelementen	105

Inhaltsverzeichnis	XI	
2.3.	Komplexe Spannungsteiler	106
2.3.1.	Einfache frequenzselektive Teiler	106
2.3.2.	Schwingungskreisspannungsteiler	108
2.3.3.	Frequenzunabhängige Teiler	109
2.3.4.	<i>RC</i> -Siebglieder	109
2.3.5.	Brückenschaltungen	112
2.4.	Systemtheorie	116
2.4.1.	Allgemein komplexe Frequenzen	116
2.4.2.	Allgemeine Systeme	116
2.4.3.	Pol-Nullstellen-Plan	118
2.4.4.	Einteilung der Systeme	119
2.4.5.	Potentialanalogien	120
2.4.6.	Zulässige Zweipolfunktionen	121
2.5.	Theorie der Filter	123
2.5.1.	Allgemeine Einführung	123
2.5.2.	Wellenparametertheorie	124
2.5.3.	Betriebsparametertheorie	129
	Potenzfilter • TSCHEBYSCHEFF-Filter • CAUER-Filter und Vergleiche • HF-Bandfilter	
3.	Grundlagen der Halbleiterbauelemente	
3.1.	Eigenschaften von Halbleitermaterialien	137
3.1.1.	Bändermodell	137
3.1.2.	Leitungsmechanismen	139
3.1.3.	Leiter, Halbleiter, Isolatoren	141
3.1.4.	FERMI-Verteilung	141
3.1.5.	Zustandsdichte	143
3.1.6.	Leitungsmechanismen	147
3.2.	Der <i>pn</i>-Übergang	149
3.2.1.	Stromloser <i>pn</i> -Übergang	149
3.2.2.	Stromdurchflossener <i>pn</i> -Übergang	152
3.2.3.	Durchlaßbetrieb	153
3.2.4.	Sperrbetrieb	154
3.2.5.	Raumladekapazität	156
3.2.6.	ZENER- und Avalanche-Effekt	156
3.2.7.	Trägheit von <i>pn</i> -Übergängen	158
3.2.8.	<i>psn</i> -Struktur	159
3.2.9.	Metall-Halbleiter-Kontakte	160

3.3.	Feldeffekttransistoren	161
3.3.1.	Sperrsicht-FET	163
3.3.2.	MOSFET	165
3.3.3.	Bändermodell beim MOSFET	167
3.3.4.	Anreicherungs- und Verarmungstyp	167
3.3.5.	Einfluß der Substratspannung und punch-through	169
3.3.6.	Theorie der Ladungssteuerung	170
3.3.7.	Kleinsignalverhalten und Ersatzschaltbild	171
3.3.8.	Potentialtopfmodell	173
3.4.	Bipolartransistoren	174
3.4.1.	Grundmodell	174
3.4.2.	Mathematisches Modell	176
3.4.3.	Die vier Betriebszustände	178
3.4.4.	Physikalisches Modell	178
3.4.5.	Effektive Basisweite und punch-through	179
3.4.6.	Kennlinien	180
3.4.7.	Kleinsignalparameter	181
4.	Technologiegrundlagen	
4.1.	Reinstsilicium und Einkristalle	185
4.1.1.	Herstellung des Rohsiliciums	185
4.1.2.	Physikalische Reinigung	186
4.1.3.	Herstellung von Einkristallen	187
4.1.4.	Herstellung der Scheiben	190
4.2.	Oberflächenschichten	193
4.2.1.	Epitaxie	193
4.2.2.	Diffusion	194
4.2.3.	Isolierschichten	196
4.2.4.	Metallschichten	198
4.2.5.	Ionenimplantation	199
4.2.6.	Vergleich der Dotierungstechniken	201
4.3.	Strukturierung	202
4.3.1.	Fotolithografie	202
4.3.2.	Standardmethode für Masken	204
4.3.3.	Leicht abgewandelte Techniken	205
4.3.4.	Elektronenstrahlolithografie	206
4.3.5.	Röntgenstrahlolithografie	208
4.3.6.	Zu physikalischen Grenzen	208

4.4.	Epitaxie-Planartechnik	208
4.4.1.	Strukturierung eines bipolaren Transistors	209
4.4.2.	Strukturierung eines MOSFET	211
4.5.	Herstellen der Bauelemente	212
4.5.1.	Übergang zu den Chips	212
4.5.2.	Gehäuseeinbau	213
4.5.3.	Drahtbonden	214
4.5.4.	Plastverkapselung	215
5.	Bauelemente — Eigenschaften und Grundschaltungen	
5.1.	Halbleiterwiderstände	217
5.1.1.	Halbleitermaterial	217
5.1.2.	FET-Widerstände	220
5.1.3.	Heißleiter	220
5.1.4.	Kalteiter	223
5.1.5.	Varistoren	224
5.2.	Kapazitäten	225
5.3.	Induktivitäten	227
5.4.	Dioden	228
5.4.1.	Bauarten	230
5.4.2.	Kennlinien und Daten	232
5.4.3.	Grundlagen der Gleichrichtung	234
5.4.4.	Gleichrichterschaltungen	236
5.4.5.	Stabilisation von Spannungen	239
5.4.6.	Spannungsbegrenzung	240
5.4.7.	Demodulation von Amplitudenmodulation	241
5.4.8.	Zwei Frequenzen an nichtlinearer Kennlinie	241
5.4.9.	Ringmodulator	243
5.5.	Feldeffekttransistoren	247
5.5.1.	Verstärkung und Ersatzschaltbilder	249
5.5.2.	Arbeitspunkt und Arbeitskennlinie	250
5.5.3.	RC-Verstärker	251
5.5.4.	Güte	254
5.5.5.	Arbeitskennlinie bei komplexem Arbeitswiderstand	255
5.5.6.	Resonanz- und Breitbandverstärker	256
5.5.7.	Kettenverstärker	257
5.5.8.	Technologien spezieller FET	258

5.6.	Bipolartransistor	262
5.6.1.	Die drei Schaltungen	262
5.6.2.	Betriebswerte	264
5.6.3.	Kennlinien und Arbeitspunkt	267
	Näherungsbetriebswerte • Arbeitspunkt im Kennlinienfeld • Einstellung des Arbeitspunktes	
5.6.4.	Ersatzschaltbilder	269
	Vielzahl der Ersatzschaltbilder • Frequenzgang	
5.6.5.	Transistortechnologien	272
	Einteilungen • Isoliertechnologien • Struktur der <i>pn</i> -Übergänge • Flächenstruktur	
5.7.	Grenzdaten	279
5.7.1.	Rauschen	281
	Allgemeine Grundlagen • Rauschursachen • Rauschkennzahlen • Diode • FET • Bipolarer Transistor	
5.7.2.	Restströme	287
	Restströme des bipolaren Transistors • Temperatureinflüsse	
5.7.3.	Minimalabmessungen	289
5.7.4.	Beseitigung äußerer Störungen	291
	Erdung • Schirmung • Symmetrierung • Netzstörungen	
5.7.5.	Obere Grenzen, Schaltverhalten	295
	Spannungsgrenzen • Schaltverhalten • Schalten von Blindlast • Zweiter Durchbruch • Sicherer Arbeitsbereich	
5.7.6.	Wärmeableitung	300
	Thermische Grundlagen • Elektrische Analogie • Beispiele für Wärmewiderstände • Wärmeleitrohr • Impulswärmewiderstand • Thermische Stabilität	
5.7.7.	Leistungsgrenzen	311
6.	Bauelemente spezieller Gebiete	
6.0.	Überblick	312
6.1.	Optoelektronik	314
6.1.1.	Lichttechnische Größen und allgemeine Grundlagen	314
	Maßeinheiten • Schwarzer Strahler • Farbmehr • Optische Darstellungen • Ergonomische Grundlagen	
6.1.2.	Halbleiter-Fotoempfänger	325
	Allgemeine Grundlagen • Detektivität • Einteilung der Fotoeffekte • Fotowiderstände • Fotoclemente • Fotodioden • Weitere Fotoempfänger	
6.1.3.	Leucht- und Laserdioden	334
	Grundlagen der Lumineszenzdioden • Aufbau und Daten von Lumineszenzdioden • Laserprinzip • Halbleiterlaser	
6.1.4.	Optokoppler und Lichtschranken	346

Inhaltsverzeichnis	XV
6.1.5. Bauelemente mit Ladungskopplung	347
Drei- und Zweiphasenbetrieb • Verluste, Grenzen und Anwendungen • Lichtsensoren	
6.1.6. Flüssigkristalle	353
Aufbau und Arbeitsweise von TN-Zellen • Fluoreszenzaktiviertes Display	
6.1.7. Weitere Anzeigetechniken	361
Lumineszenzzenellen • Elektrochemische Anzeigen • Ferroelektrische Keramik • Magnetische Anzeigen	
6.1.8. Vergleich von Anzeigen	365
6.1.9. Lichtleitfasern	366
Dämpfung • Typen von Fasern	
6.2. Vakuumelektronik	370
6.2.1. Grundlagen	372
Emission von Elektronen • Fotoemission • Thermoemission • Ströme einer Röhre • Bewegung und Ablenkung von Elektronen • Leuchtstoffe	
6.2.2. Lichtempfindliche Röhren	386
Fotozellen und SEV • Bildwandler, Bildverstärker • Bildlaufnahmeröhren	
6.2.3. Anzeige- und Bildröhren.	390
Digitron (Fluoreszenzanzeigeröhre) • Oszillographenröhre • Sichtspeicher- röhre • Bildröhre • Farbbildröhre	
6.2.4. Plasmabauelemente.	400
Grundlagen • Ziffernanzeigeröhren und Plasmapanels	
6.3. Mechano- und Akustoelektronik	404
6.3.1. Überblick	404
6.3.2. Relais	406
6.3.3. Meßinstrumente	410
Drehspulinstrument • Dynamometer • Dreheiseninstrument • Elektrostatische Instrumente • Zungenfrequenzmesser • Registrierinstrumente, XY-Schreiber und Plotter	
6.3.4. Wandler, Resonanzen und Filter	413
Magnetostraktion • Piezoeffekt • Mechanische Resonanzen, Quarze • Mechanische Filter	
6.3.5. Oberflächenwellen (OFW)	428
Eigenschaften von OFW-Filtern • Bauelemente mit OFW	
6.4. Leistungselektronik	432
6.4.1. Geschichtliche Entwicklung und Anwendungsbereiche	432
6.4.2. Vierschichtdiode als Grundlage	435
6.4.3. Thyristor	437
6.4.4. Familie der Thyristorbauelemente	439
6.4.5. Sonderbauelemente für Thyristoren	441
6.4.6. Ausgewählte Schaltungen	444
6.4.7. Vergleich mit anderen Leistungsbauelementen	445

6.5.	Sensoren	446
6.5.1.	Überblick	446
6.5.2.	Magnetische Sensoren	448
	HALL-Effekt • Feldplatte • Magnetdioden • WIEGAND-Sensor	
6.5.3.	Dehnungsmeßstreifen (DMS)	453
6.5.4.	Tasten	454
6.6.	Mikrowellenbauelemente	456
6.6.1.	Tunneldioden	456
6.6.2.	Backwarddioden	457
6.7.	Tieftemperaturelektronik	458
7.	Analoge Schaltungen	
7.1.	Rückkopplung	461
7.1.1.	Phasenreine Rückkopplung	463
	Kennwerte • Änderungen im Kennlinienfeld • Negativer Innenwiderstand • Verstärkung und Stabilität • Nichtlinearitäten	
7.1.2.	Frequenzabhängige Rückkopplungen	470
	Frequenzselektive Verstärker • Schwingungserzeugung • Grenzen der Gegenkopplung	
7.1.3.	Pendelrückkopplung	474
7.1.4.	Elektronisch erzeugte Bauelemente	475
	Elektronische Eingangswiderstände • Elektronische Ausgangswiderstände • Impedanzkonverter, Gyrator • Vollständigkeit der passiven Bauelemente	
7.1.5.	Zusammenfassung	480
7.2.	Modulationen	481
7.2.1.	Stetige Modulationen	482
	Amplitudenmodulation • Frequenz- und Phasenmodulation	
7.2.2.	Pulsmodulationen	486
7.2.3.	Quantisierte Signale	488
7.3.	Einfache Analogschaltungen	489
7.3.0.	Allgemeiner Überblick	489
7.3.1.	Einstufige Schaltungen	490
	Einstufiger Verstärker • Konstant-Stromquellen • Konstant-Spannungsquellen und Siebung • Einstellbare Z-Diode und Umkehrung von NTC-Widerständen	
7.3.2.	Mehrstufige Gleichstromverstärker	498
	DARLINGTON-Transistoren • Kaskodeverstärker • WHITE-Folger und ähnliche Schaltungen • Schaltungen mit großer Verstärkung • Stabiler Innenwiderstand Null	
7.3.3.	Differenzverstärker	504
	Einführung • Grundschaltung • Gleichphasiger Ausgang • Schaltungsvarianten • NORTON-Verstärker	

7.3.4.	Grundschaltungen für IC	509
	Prinzipien der analogen IC • Stromspiegel • Potentialverschiebestufen • Spannungsquellen	
7.3.5.	Weitere Stromquellen	514
7.3.6.	Transmissionsgatter, Multiplexer, Sample-hold	515
7.3.7.	Oszillatorschaltungen	516
	Sinusoszillatoren • Rechteckgeneratoren • Sägezahn- bzw. Dreieckgeneratoren	
7.3.8.	Impulsschaltungen	521
	Überblick • Monostabiler Multivibrator • Begrenzer, Komparator, SCHMITT-Trigger • Pulslängenmodulator	
7.4.	Ausgangsstufen und Leistungsverstärker	526
7.4.1.	Allgemeine Grundlagen	526
	Grenzen der Ausgangsarbeitsfläche • Bedeutung der Ausgangsfläche • Leistungsumsatz	
7.4.2.	Endstufe mit nur einem Transistor	528
	Optimaler Arbeitswiderstand • Kollektor- und Emitterschaltung • Leistungsbilanzen • Verschiedene Betriebsfälle • Induktiv überbrückter Arbeitswiderstand • Gleitende Arbeitspunktverlagerung	
7.4.3.	Gegentaktendstufen	534
	Prinzip; Gegentakt-A-Betrieb • Idealer B-Betrieb • Grafische Dimensionierung • Übernahmeverzerrungen; AB-Betrieb • Verzerrungen bei Gegentaktschaltungen • Nichtsinusförmige Steuersignale	
7.4.4.	Praktischer Aufbau von Gegentaktendstufen	540
	Einstellung des Ruhestromes • Steuerstufen • Mittenspannung der Endstufe • Quasikomplementäre Endstufen • Schutzschaltungen	
7.4.5.	Ausgewählte integrierte Endstufen	545
	A 211 D • A 210 D bzw. K • MDA 2010 bzw. MDA 2020	
7.4.6.	Weitere Prinzipien	551
	C-Endstufe • D-Verstärker • Umschaltung zwischen zwei Endstufen • Spezielle Transistorverzerrungen	
7.5.	Operationsverstärker	564
7.5.1.	Einführung	554
	Zur Geschichte • Der ideale Operationsverstärker	
7.5.2.	A 109	555
	Die Innenschaltung • Layout • Statische Kenndaten und Eigenschaften	
7.5.3.	Frequenzgang und -korrektur	559
	Äußere Beschaltung • Äußere Beschaltung mit R , C , R • Innere Korrektur • Sprungantwort • Optimale Anschaltung der Korrekturglieder • Slew-Rate • Beispiel A 109	
7.5.4.	Ausgewählte Operationsverstärker	564
	$\mu A 741/748/777$ • Programmierbare Typen B 176 D, B 177 D und $\mu A 776$ • Maskenprogrammierbare Typen • BIFET-Operationsverstärker	
7.5.5.	Die beiden Grundschaltungen des Operationsverstärkers	569
7.5.6.	Einfache lineare Schaltungen	573

7.5.7.	Nichtlineare Schaltungen	574
	Logarithmische und exponentielle Verstärker • Funktionsgeneratoren mit Beispiel für Sinus • Multiplikatoren • Gleichrichterschaltungen • Ringmodulatorschaltungen • Begrenzer, Komparator und SCHMITT-Trigger • Modulations- bzw. Chopperverstärker • Multivibratoren und Funktionsgeneratoren	
7.5.8.	Aktive Filter	586
	Einsverstärker • Angefachte Einsverstärkerschaltungen • Mit invertierendem Verstärker • Allpässe und Breitbandphasenschieber	
7.6.	Stabilisierte Stromversorgungen	591
7.6.1.	Grundprinzipien	591
	Kenngrößen • Störwertaufschaltungen	
7.6.2.	Spannungsregler	594
7.6.3.	Schutzschaltungen	596
7.6.4.	Integrierte Schaltkreise	598
	Spannungsregler MAA 723 • Festspannungsregler MA 78XX	
7.6.5.	Stromregler	603
7.6.6.	Geschaltete Stromversorgungen	604
	Allgemeine Grundlagen • Prinzip des Durchflußwandlers • Prinzip des Sperrwandlers • Weitere Prinzipien • Vor- und Nachteile • Eisenloser Gleichspannungswandler • Integrierte Ansteuerschaltkreise	
7.7.	Ausgewählte Gebiete zur Meßtechnik	610
7.7.1.	Grundlagen des Messens	610
	Grundbegriffe • Meßkette • Maßeinheiten • Logarithmische Maße • Meßmethoden • Dem Messen verwandte Methoden	
7.7.2.	Einfache Meßschaltungen	616
	Messung von Gleichwerten • Korrektur des Rückwirkungsfehlers • Widerstandsmessung • Wechselstrommessung und Vielfachinstrumente • Meßverstärker	
7.7.3.	Ausgewählte komplexe Meßschaltungen	624
	Allgemeines Meßprinzip • Frequenzbereichfilterung • Beispiele aus der Audio-technik • Trägerfrequenzverfahren und phasenempfindlicher Gleichrichter • Periodische Eingangssignale und Akkumulation • Auto- und Kreuzkorrelation • Phasenregelkreis (PLL) • Impulsverdichtung	
7.7.4.	Oszillographentechnik	630
	Ellipsenauswertung • Untersuchung von Nichtlinearitäten • Prinzipaufbau von Oszilloskopen • Beispiel: gedämpfte Schwingung • Dreidimensionale Oszillographie • Mehrstrahl-, Sampling- und Projektionsoszilloskop • Digital- und Speicheroszilloskop	
7.7.5.	Meßwert- und Datenspeicherung	637
	Magnetbandspeicherung • Folienspeicher, Floppy disc	
7.8.	Ladung verschiebende Schaltungen	639
7.8.1.	Eimerkettenspeicher	641
7.8.2.	Ladung rückwärts, Information vorwärts	641
7.8.3.	Störeinflüsse	643
7.8.4.	FET-Eimerkette	643

7.9.	Nichtklassische Filter	644
7.9.1.	Abgrenzung und Überblick	644
7.9.2.	Grundlagen der Verzweigungsnetzwerke	646
7.9.3.	Grundgleichungen	647
7.9.4.	Prinzip der Abtastfilter	647
7.9.5.	Beschreibung mittels z -Transformation	649
7.9.6.	Beispiel: CCD-Filter	651
7.9.7.	SC-Filter	651
7.9.8.	Grober Vergleich der Filtertypen	653
8.	Digitale Schaltungen	
8.1.	Kodes und Zahlendarstellungen	654
8.1.1.	Zum Begriffspaar analog — digital	654
	Analogie, analog • Kontinuierlich, stetig • Diskret • Quantisiert • Digital, dual, binär • Struktur der Begriffe • Vorteile analoger und digitaler Technik	
8.1.2.	Zahlensysteme	659
8.1.3.	Bezeichnungsaufwand	660
8.1.4.	Kodierungen	661
	BCD-Zahlen • Tetradeenkodes • Kodeeigenschaften • Prüfbare Kodes • Fehler-korrigierende Kodes • Byte, Kbyte • Zahlen mit Vorzeichen • Gleitkomma-zahlen • Kodierung von Buchstaben, Befehlen usw.	
8.2.	Kombinatorische Schaltungen	668
8.2.1.	Mathematische Grundlagen	669
	Aussagenlogik • Abstrakte Algebra • Mengentheorie	
8.2.2.	BOOLEsche Algebra	672
	Mögliche Funktionen • Vielzahl der Darstellungsformen • Mögliche Grundfunktionen • Höherstellige Funktionen • Schwellenwertlogik • Rechenregeln • Normalformen • Minimierung • Schaltungen mit mehreren Ausgängen	
8.2.3.	Prinzipien technischer Realisierungen	683
	Diodenschaltungen • Transistor als Negator • Positive und negative Logik • Pegelbereiche und Fan-out • Innere und äußere Logik	
8.2.4.	TTL-Technik	688
	Die typische Eingangsstufe • Ausgangsstufe der Standard-TTL • Kennwerte der Standard-TTL • Weitere Ausgangsstufen • Teilschaltungen zur Verbesserung • Schaltzeit-Leistungsprodukt; TTL-Familien	
8.2.5.	ECL-Technik	698
8.2.6.	I ² L-Technik	700
	Das Wirkprinzip • Logische Verknüpfungen • Injektionsquellen • Schaltzeiten und Injektorstromstärke • Weiterentwicklungen	
8.2.7.	MOS-Techniken	704
	p - und n -MOS-Technik • Prinzipieller Aufbau der Gatter und Logik • CMOS-Schaltungen • CMOS-Technologien • SOS-Technik	

8.2.8.	Ausgewählte Beispiele	709
	Koder — Dekoder • BCD-7-Segment-Dekoder • Multiplexer — Demultiplexer • Vergleicher • Adder • Arithmetisch-logische Einheiten: ALU • Programmierbare Felder: PLA	
8.2.9.	Ergänzungen und Vergleiche	721
	Kontaktprellen • Hazards • Entwicklungsgeschichte und Vergleich	
8.3.	Speicherschaltungen	723
8.3.1.	Allgemeine Grundlagen	723
	Speicherfunktionen • Eigenschaften von Speichern	
8.3.2.	Organisationsformen	730
8.3.3.	Bipolare Speicher	732
	Latch, Speicherzelle • Statisches RAM, 16 bit, Typ D 181 • 1 ² L-Speicher • Weitere Speicherzellen, minimaler Strom	
8.3.4.	MOS-Speicher	738
	Statische Speicherzellen • Statischer (1 K × 1 bit)-MOS-Speicher 2102 • Ein VMOS-(2 K × 8 bit)-Speicher • Absenkung der Verlustleistung bei statischen RAM • Dynamische Speicherzellen • Dynamisches 16-K-RAM U256 D bzw. 4116 • Entwicklung zu hohen Kapazitäten, Redundanz • Soft-Errors	
8.3.5.	Programmierbare Speicher — Festwertspeicher	749
	Überblick, Definition • ROM • PROM • Floating gate = FG • EEPROM • E ² PROM • EAROM bzw. MNOS • NVRAM	
8.3.6.	Umlaufspeicher	757
	CCD-Speicher • Bubbles	
8.3.7.	Assoziativspeicher	761
	Grundprinzip • Typische assoziative Speicherzellen • Assoziative Festwertspeicher	
8.3.8.	Kellerspeicher	764
8.4.	Grundlagen sequentieller Schaltungen	765
8.4.1.	Zwei Modelle zur Analyse	765
	Erstes Versuchsgerät • MEALY- und MOORE-Automat	
8.4.2.	Beschreibungsmethoden	768
8.4.3.	PETRI-Netze	769
8.4.4.	Formale Beschreibung	771
8.4.5.	Typen von Automaten	772
8.4.6.	Beispiel: Steuerung für ein Magnetbandgerät	773
8.4.7.	Entwurfsprinzipien	775
8.4.8.	Fehler: Race und Rückkopplungshazards	776
8.5.	Einfache sequentielle Schaltungen	777
8.5.1.	Impulsschaltungen	777
8.5.2.	Flipflop	779
	Funktionen von FF • Universelles FF, D-FF und T-FF • Anzahl der möglichen FF • Takt- und Vorbereitungseingang • JK-FF • Master-Slave-FF • Realisierte Beispiele für DV-FF und JK-MS-FF	

8.5.3.	Frequenzteiler	785
	Asynchrone Frequenzteiler • Synchrone Frequenzteiler	
8.5.4.	Zählerschaltungen	788
	Grundprinzip • Ringzähler • JOHNSON-Zähler • Dualzähler • BCD-Zähler	
8.5.5.	Register	794
	Überblick • Pufferregister • Betriebsarten statischer Schieberegister • Beispiele statischer Schieberegister • Realisierungstechniken • Quasistatische Register • Dynamische Register • Erzeugung pseudozufälliger Folgen	
8.5.6.	Einfache Rechnerschaltungen	802
	Vielfalt der Schaltungen für eine Funktion • Register für Rechenschaltungen • Addition mit Schieberegister • Multiplikation und Division mit 2 • Multiplikation: Beispiel	
8.5.7.	Zur Datenübertragung	806
	Handshake-Prinzip • Bussysteme	
8.6.	Mikrorechentechnik	808
8.6.1.	Einführung und Abgrenzung	808
	Mikroelektronik, -rechner, -prozessor • Anwendung der Rechentechnik • Klassischer Rechenautomat • Ablauf einer Rechnung • Hard- und Software • Größeneinteilung von Rechnern • Grenzen der Rechentechnik • Zur Geschichte der Rechentechnik	
8.6.2.	Mikroprozessoren	824
	Zusammenwirken mit anderen Baugruppen • Innerer Aufbau • Gewinnung und Aufteilung des Befehlswortes: Befehlstypen • Transportbefehle • ALU-Befehle • Ein-, Ausgabe • Steuerbefehle • Adressierungstypen • Registeranordnungen und -typen	
8.6.3.	U 880—Z 80	843
	Aufbau der Hardware • Zeitverhalten • Verschiedene Darstellungen des Befehlssatzes • Alphabetische Ordnung der Befehlsguppen • Ordnung nach Befehlsguppen • Ordnung nach Hex-Kode • Zusätzliche Befehle	
8.6.4.	Interrupt-Prinzipien	863
	Einfaches Interrupt • Mehrfache Interrupts • Realisierungstechniken • Interrupt-System des U 880	
8.6.5.	Peripherieschaltungen	867
	PIO U 855 • SIO U 856 • CTC U 857 • U 880-DMA • Arithmetikprozessoren • Tastatur- und Anzeigenschlüsse • Fernseh-Interface • Speicher-Interface	
8.6.6.	Bedeutung der Informationen	885
8.6.7.	Geschichte der Mikroprozessoren	886
	Vom 4004 zum Z 80 und 6502 • Marktanteile und Tendenzen	
8.7.	Standard-Busse; Standard-Interface	888
8.7.1.	Überblick	888
8.7.2.	Kettenförmiges System SI 1.2	891
8.7.3.	Sternförmige Systeme	892
	Sif 1000 • S-100-Bus; IEEE 696 • Weitere Mikrorechnerbusse	
8.7.4.	Linienförmige Systeme	893
	IEC-Bus • SI 2.2; SIAL • CAMAC	

8.7.5.	Serielle Systeme	901
	V.24 und RS 232 • PDV-Bus • HP-IL-Bus	
8.7.6.	Vergleich von Bussen	908
8.8.	Software	908
8.8.1.	Allgemeine Grundlagen der Programmierung	908
	Effizienz und Top-down • Strukturierte Programmierung und deren Grundelemente • Verzweigungen • Schleifen • Datenstrukturierung • Unterprogramme	
8.8.2.	Einteilung der Software	914
	Beispielprogramm Addition • Arten von Programmen	
8.8.3.	Maschinennahe Programmierung	917
	Assembler • Testhilfen	
8.8.4.	Grundsoftware	920
8.8.5.	Höhere Programmiersprachen	921
	Compiler und Interpreter • Verschiedene Programmiersprachen	
8.8.6.	Programmieren auf anderen Rechnern	924
8.8.7.	Zusammenfassung	925
8.9.	Speicherschaltungen und Sonderrechner	926
8.9.1.	Systematik digitaler Schaltungen; Anwendungen des Mikroprozessors	926
8.9.2.	Mikroprogrammierung	926
8.9.3.	Gegenseitige Ersetzbarkeit binärer Schaltungen	928
8.9.4.	Kundenwunschschaltungen	930
8.9.5.	Vergleich von Anwendungen	932
8.9.6.	Taschenrechner	934
8.9.7.	Spezialrechner	936
	Problemstellung • Pipelining • Feldrechner • Baumstruktur • Parallelität auf höherer Ebene	

9. Spezielle Gebiete

9.1.	Digital-Analog-Wandler	940
9.1.1.	Schalterprinzip	941
9.1.2.	Prinzip der Kondensatorentladung	942
9.1.3.	Impulsdauerprinzip	943
9.1.4.	Multiplizierende DA-Wandler	944
9.2.	Analog-Digital-Wandler	944
9.2.1.	Grundlagen	944
9.2.2.	AD- mit DA-Wandlern	945
9.2.3.	Direkte Wandlung	946
9.2.4.	Wegumsetzer	947
9.2.5.	Wandler auf Zeitbasis	947

9.2.6.	Wandler mittels Spannungs-Frequenz-Wandler	948
9.2.7.	Wägeprinzip	949
9.2.8.	Prinzip der Ladungsübertragung	950
9.2.9.	Vergleich von ADU	951
9.3.	Digitalfilter	952
9.3.1.	Prinzip	952
9.3.2.	Beispiel	953
9.3.3.	Vor- und Nachteile	954
9.3.4.	Signalprozessor 2920	955
9.4.	Sondertechnologien	958
9.4.1.	Überblick	958
9.4.2.	Substrate	964
9.4.3.	Spezialbauelemente	965
	Überblick und Standardmethoden • Beam-lead • TFT	
9.4.4.	Dickschichttechnik	968
	Pastensysteme • Herstellungsprozeß • Eigenschaften der hergestellten Bau- elemente	
9.4.5.	Dünnschichttechnik	971
	Aufdampftechnik • Sputtern • NiCr-System • Tantalsystem	
9.4.6.	Abgleich von R und C	973
9.4.7.	Kapselung der Schaltungen	974
9.4.8.	Vergleich mit anderen Techniken	975
9.4.9.	Bedeutung diskreter Bauelemente	975
9.5.	Zuverlässigkeit	976
9.5.1.	Problembereich	976
9.5.2.	Grundlagen	977
	Fehlerverteilung, Ausfallrate • Bauteile und Systeme • Wartung und Reserve	
9.5.3.	Ursachen und Einflüsse	982
	Analyse der Ursachen • Auswirkungen äußerer Einflüsse • Betriebsbelas- tungen	
9.5.4.	Werte der Ausfallrate	987
9.5.5.	Zeitraffende Methoden und Frühauftäufe	989
9.5.6.	Strahlung, EMV, EMP	990
	Korpuskel- und γ -Strahlung • EMV • Geschichte des EMP • Wirkungsmecha- nismus des EMP • Schutz gegen EMP	
9.5.7.	Software	994
	Einteilung möglicher Fehler • Qualitätsmerkmale • Zuverlässigkeit	
9.6.	Einige Grundlagen der Informationstheorie	997
9.6.1.	Kanalmodell	997

9.6.2.	Entropie	998
	Gleichverteilung • Unterschiedliche Wahrscheinlichkeiten • Eine anschauliche Herleitung • Verlauf von $-p \ln p$ • Binäre Quelle • Ternäre Quelle • Kontinuierliche Quelle • Verbundentropie	
9.6.3.	Abläufe in der Zeit	1005
	Abtasttheorem • Kanalkapazität • Information und Energie	
10.	Verzeichnisse	
10.1.	Bücherverzeichnis	1008
10.2.	Abkürzungsverzeichnis	1020
10.3.	Verzeichnis der Bauelemente	1024
10.4.	Sachwortverzeichnis	1025