
Taschenbuch Elektrotechnik

Herausgegeben von

Prof. Dr. sc. techn. Dr. techn. h. c. Eugen Philippow

Band 3

**Bauelemente und Bausteine
der Informationstechnik**

Teil II

3., stark bearbeitete Auflage



VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

3 Integrierte Schaltungen

| | |
|--|-----|
| 3.1 Allgemeines | 520 |
| <i>von Eberhart Köhler</i> | |
| 3.1.1 Wesensmerkmale. Begriffsbestimmungen | 520 |
| 3.1.2 Zusammenhang zwischen Zuverlässigkeit und Integrationsgrad | 522 |
| 3.1.3 Kostengrundgesetz der Mikroelektronik | 522 |
| 3.2 Dünnschichtschaltungen | 524 |
| <i>von Eberhart Köhler</i> | |
| 3.2.1 Bauelemente für Dünnschichtschaltungen | 524 |
| 3.2.1.1 Eigenschaften der Substrate | 524 |
| 3.2.1.2 Dünnschichtwiderstände | 524 |
| Grundlagen der Stromleitung in dünnen Schichten – Kenngrößen von Dünnschichtwiderständen | |
| 3.2.1.3 Dünnschichtkondensatoren | 528 |
| 3.2.1.4 Dünnschichtinduktivitäten | 529 |
| 3.2.1.5 Verbindungsleitungen | 529 |
| 3.2.1.6 Systeme mit verteilten Parametern | 529 |
| 3.2.1.7 Aktive Bauelemente | 531 |
| 3.2.2 Entwurf und Herstellung von Dünnschichtschaltungen | 531 |
| 3.2.2.1 Entwurfsschritte | 531 |
| 3.2.2.2 Herstellungsschritte | 531 |
| 3.3 Dickschichtschaltungen | 531 |
| <i>von Eberhart Köhler</i> | |
| 3.3.1 Substrate | 531 |
| 3.3.2 Dickschichtbauelemente | 532 |
| 3.4 Festkörperschaltungen | 532 |
| <i>von Eberhart Köhler</i> | |
| 3.4.1 Allgemeines | 532 |
| 3.4.2 Silicium-Bipolarschaltungen | 533 |
| 3.4.2.1 Elemente in Bipolarschaltungen. Rechnerunterstützung beim Entwurf integrierter Elemente | 533 |
| Integrierte Bipolartransistoren – Integrierte Dioden – Integrierte Widerstände – Integrierte Kondensatoren | |
| 3.4.2.2 Grundsaltungen in digitalen Bipolarschaltungen | 540 |
| TTL-Technik – I ² L-Technik – ECL-Technik | |
| 3.4.2.3 Analoge Schaltungen | 546 |
| 3.4.3 Unipolarschaltungen | 548 |
| 3.4.3.1 Elemente in Unipolarschaltungen | 548 |
| Integrierte MOS-Transistoren | |

| | | |
|------------------|--|------------|
| 3.4.3.2 | Grundsaltungen in digitalen MOS-Schaltungen | 552 |
| | P-Kanal-Hochvolttechnik – PMOS-Niedervolttechniken – N-Kanal-Technik – MOS-Inverter-Vergleich – Ablauf der N-Silicon-Gate-Technologie – Komplementärkanaltechnik (CMOS-Technik) – Weitere MOS-Inverter – MOS-Verknüpfungsschaltungen – GaAs-Inverter und -Gatter – CCD-Technik | |
| 3.4.4 | Speicherschaltungen | 564 |
| 3.4.4.1 | Allgemeines | 564 |
| 3.4.4.2 | Schreib-Lese-Speicher Schieberegister – RAM | 566 |
| 3.4.4.3 | Nur-Lese-Speicher | 567 |
| 3.4.4.4 | Umprogrammierbare nichtflüchtige Speicher (EPROM und EEPROM) | 568 |
| 3.4.5 | Entwurf integrierter Schaltungen (Übersicht) | 568 |
| 3.5 | Zellenarray- und Standardzellenschaltungen von <i>Gerd Scarbata</i> | 570 |
| 3.5.1 | Allgemeines | 571 |
| 3.5.1.1 | Entwurf kundenspezifischer Schaltungen auf der Basis vorgefertigter Zellenarrays | 572 |
| 3.5.1.2 | Entwurf kundenspezifischer Schaltungen auf der Basis definierter Standardzellen | 573 |
| 3.5.2 | Technologie für Zellenarrays und Standardzellen | 574 |
| 3.5.3 | Struktur der Zellenarrays und Standardzellen | 578 |
| 3.5.3.1 | Gatearrays Basiszellen – Peripheriezellen | 578 |
| 3.5.3.2 | Zellenarrays für digitale und analoge Anwendungen | 584 |
| 3.5.3.3 | Standardzellen | 585 |
| 3.5.4 | Zellenarray- und Standardzellenangebot | 586 |
| 3.5.4.1 | Zellenarrayangebot | 587 |
| 3.5.4.2 | Standardzellenangebot | 589 |
| 3.5.5 | CAD-Ablauf für kundenspezifische Zellenschaltungen | 589 |
| 3.5.5.1 | Anforderungen an die CAD-Software Bereitstellung der Eingabedaten – Schaltungseditierung – (Pre-Layout-)Simulation – Layoutentwurf – (Post-Layout-)Simulation – Layoutverifikation | 591 |
| 3.5.5.2 | CAD-Hardware | 593 |
| Literatur | | 594 |

4 Elementarbausteine der Informationstechnik

4.1 Analoge Elemente der Informationstechnik 599

4.1.1 Verstärker 599
 von *Georg Freiburger, Günter Fuchs, Alois Rehn und Günter Rösel*

4.1.1.1 Verstärkerprinzipien 599
 Verstärker ohne Laufzeiteffekte – Rückkopplungsprinzip

4.1.1.2 Grundsaltungen mit Steuerbauelementen im Kleinsignalbetrieb 601
 Betriebskenngrößen nichtgegengekoppelter Grundsaltungen – Gegengekoppelte Grundsaltungen – Erweiterte Grundsaltungen im Kleinsignalbetrieb

4.1.1.3 Mikrowellenverstärker 615
 Transistorverstärker – Röhrenverstärker – Phononenverstärker – Molekularverstärker – Parametrische Verstärker

4.1.1.4 Schmalbandige Kleinsignalverstärker für Wechselspannungen 630
 Innere Rückkopplung – Neutralisation – Selektivverstärker mit diskreten aktiven Bauelementen – Selektivverstärker mit integrierten Schaltungen

4.1.1.5 Mehrstufige breitbandige Kleinsignalverstärker für Wechselspannungen .. 634
 RC-gekoppelte Verstärker – Bandpaßverstärker – Kettenverstärker – Differenzverstärker

4.1.1.6 Gleichspannungsverstärker 649
 Direkte Kopplung – Kopplung mit linearen Widerständen – Kopplung mit nichtlinearen Widerständen

4.1.1.7 Integrierte Kleinsignalverstärker 651
 Gleichspannungsgesteuerte Einstellung der Verstärkung

4.1.1.8 Zerhackerstabilisierte Verstärker 652
 Modulation der Meßgröße – Breitbandige zerhackerstabilisierte Gleichspannungsverstärker

4.1.1.9 Lineare Großsignalverstärker 653
 Kenngrößen – Kühlung – Betriebsarten – Eintaktverstärker – Gegentaktverstärker mit gleichkanaligen Transistoren – Gegentaktverstärker mit komplementären Transistoren – Gegentaktverstärker mit quasikomplementärer Endstufe – Brückenschaltungen

4.1.1.10 Integrierte Großsignalverstärker 663

4.1.1.11 Senderverstärker 663

4.1.1.12 Nichtlineare Großsignalverstärker 664

4.1.2 Operationsverstärker 665
 von *Volkmar Seidel*

4.1.2.1 Aufbau 667
 Differenzverstärkerstufen – Koppelschaltungen – Konstantstromquellen – Ausgangsstufen

4.1.2.2 Eigenschaften und Kenngrößen 670
 Statisches Verhalten – Temperaturverhalten – Frequenzverhalten – Rauschverhalten – Netzwerktheoretische Beschreibung des Operationsverstärkers

4.1.2.3 Anwendung von Operationsverstärkern 678
 Lineare Schaltungen mit Operationsverstärkern – Nichtlineare Schaltungen mit Operationsverstärkern

4.1.2.4 Moderne Formen und Entwicklungstendenzen 682

4.1.3 Schwingungserzeuger 684
 von *Rainer Kohlschmidt und Günter Fuchs*

4.1.3.1 Definition, Funktionsprinzipien 684

4.1.3.2 Kleinsignaloszillatoren 685

4.1.3.3 Impulsoszillatoren 689
 Sperrschwinger – Astabiler Multivibrator

4.1.3.4 Schwingungserzeuger für sehr hohe Frequenzen 690
 Transistoroszillatoren – Gunnoszillatoren – Impattoszillatoren – Röhrenoszillatoren – AOW-Verzögerungsleitungsoszillatoren

4.1.4 Modulatoren und Demulatoren 699
 von *Harald Thomass und Rainer Kohlschmidt*

4.1.4.1 Definition, Funktionsprinzipien 699

4.1.4.2 Modulatoren und Demulatoren für sinusförmigen Träger und kontinuierliche Nachricht 700
 Amplitudenmodulatoren – Amplitudendemulatoren – Winkelmodulatoren – Winkel-demulatoren

4.1.4.3 Modulatoren und Demulatoren für sinusförmigen Träger und diskrete Nachricht 720
 Amplitudentastung – Frequenzastung – Phasentastung

4.1.4.4 Impulsförmige diskontinuierliche Träger (Zeitmultiplexsysteme), kontinuierliche Nachricht 723
 Pulsamplitudenmodulation – Pulsdauermodulation – Pulsstapmodulation

4.1.4.5 Impulsförmige diskontinuierliche Träger, diskontinuierliche Nachricht (Pulsmodulation) 731
 Abtastung – Quantisierung – Kodierung – Leitungskodierung – Regenerierung von PCM-Signalen

4.1.5 Mischer 734
 von *Günter Fuchs*

4.1.5.1 Begriffe, Anwendung, Kenngrößen 734

4.1.5.2 Mischung mit Halbleiterdioden 737
 Elektrische Eigenschaften von Halbleiterdioden – Mischung durch die Strom-Spannungs-Kennlinie der Diode – Mischung durch die Kapazitäts-Spannungs-Kennlinie der Diode

4.1.5.3 Mischung mit Transistoren 746
 Mischung mit bipolaren Transistoren – Mischung mit unipolaren Transistoren

4.1.6 Frequenzwandler 749
 von *Jürgen Beuthner*

4.1.6.1 Frequenzwandler mit einfacher Fremdsignalaussteuerung 750
 Frequenzvervielfacher – Frequenzteiler

4.1.6.2 Frequenzwandler mit doppelter oder mehrfacher Fremdsignalaussteuerung 767

4.1.7 Schallspeicher 771
 von *Manfred Siakkou*

4.1.7.1 Schallplatte 771
 Aufzeichnung – Abtastung

4.1.7.2 Tonfilm 775
 Lichtton – Magnettonrandspur – Magnetfilm

4.1.7.3 Audioband 778
 Aufzeichnungsprinzip, Magnetkopf – Wechselstromvormagnetisierung – Wiedergabefrequenzgang – Standardisierung, Elektroakustische Parameter – Frequenzgangentzerrung – Rauschminderung

4.1.7.4 Videoband 786

4.1.7.5 Digitalaudioband 787
 Ton-PCM auf Videorecordern – Ton-PCM-Recorder

4.1.7.6 Magnetspeichermaterialien 791
 Magnetbandbestandteile und -eigenschaften – Bandrauschen – Magnetkopfmaterialien und -eigenschaften

4.1.7.7 Digitalschallplatte 797

4.1.8 Schallwandler 798
 von *Dietrich Orth, Norbert Schneider und Gottfried Schroth*

4.1.8.1 Elektroakustische Wandlerprinzipien 799
 Elektromechanische Wandler – Mechanisch-akustische Wandler

| | | |
|---------|--|-----|
| 4.1.8.2 | Schallaufnehmer (Mikrofone) | 806 |
| | Kenngrößen – Elektrodynamische Mikrofone – Elektrostatische Mikrofone – Piezoelektrische Mikrofone – Kontaktmikrofone | |
| 4.1.8.3 | Schallstrahler (Lautsprecher) | 814 |
| | Kenngrößen – Elektrodynamische Lautsprecher – Elektrostatische Lautsprecher – Piezoelektrische Lautsprecher – Lautsprecherkombinationen – Frequenzweichen – Lautsprechergehäuse. Schallführungen – Lautsprecheranordnungen – Kopfhörer | |
| 4.1.9 | Aktive RC-Filter | 829 |
| | von <i>Volkmar Seidel</i> | |
| 4.1.9.1 | Einführung | 829 |
| 4.1.9.2 | Aktive lineare Netzwerke | 831 |
| | Aktive Elemente – Übersetzervierpole – Empfindlichkeiten – Analyse aktiver Netzwerke | |
| 4.1.9.3 | Elemente der Theorie passiver Netzwerke | 836 |
| | LC-Reaktanzfiltermodell – Approximation – Frequenztransformation – Eigenschaften passiver RC-Netzwerke | |
| 4.1.9.4 | Kaskadenrealisierung | 841 |
| | Überblick – Filterbausteine 2. Grades mit einem Verstärker – Zwei- und Dreiverstärkerschaltungen – Praktische Probleme und Anwendungen | |
| 4.1.9.5 | Direkte Realisierung | 852 |
| | Überblick – Realer Antoniou-Impedanzkonverter – LC-Strukturen und ihre Umsetzung | |
| 4.1.9.6 | Realisierung mit mehrfach rückgekoppelten Schaltungen | 856 |
| | Überblick – Entwurf mit Zustandsgleichungen – Follow-the-leader-Struktur – Leapfrog-Schaltung | |
| 4.1.9.7 | Vergleich der Realisierungsverfahren | 859 |
| 4.1.9.8 | Zusammenfassung und Ausblick | 862 |
| 4.2 | Digitale Elemente der Informationstechnik | 865 |
| | von <i>Michael Roth</i> und <i>Veronika Sauer</i> | |
| 4.2.1 | Transistor als Schalter | 865 |
| 4.2.1.1 | Kennlinien und Ersatzschaltungen | 865 |
| 4.2.1.2 | Schaltverhalten bei statischer Last | 866 |
| 4.2.1.3 | Schaltverhalten bei dynamischer Last | 867 |
| | Idealisiertes Schaltverhalten – Schaltverläufe im Ausgangskennlinienfeld | |
| 4.2.2 | Analyse kritischer Schaltzustände | 870 |
| 4.2.2.1 | Einführung | 870 |
| 4.2.2.2 | Analyse der kritischen Schaltbedingungen am einfachen Transistorschalter | 871 |
| 4.2.3 | Kombinatorische Schaltungen | 872 |
| 4.2.3.1 | Diodenschaltungen | 872 |
| 4.2.3.2 | Bipolarschaltungen | 874 |
| | DCTL-Schaltungen – RTL-Schaltungen – DTL- und DZTL-Schaltungen – TTL-Schaltungen – I ² L-Schaltungen – ECL-Schaltungen | |
| 4.2.3.3 | Statische Unipolarschaltungen | 881 |
| | Einkanal-MOS-Schaltungen – CMOS-Schaltungen | |
| 4.2.3.4 | Vergleich der Schaltungsfamilien | 884 |
| 4.2.4 | Sequentielle Schaltungen | 885 |
| 4.2.4.1 | RS-Flipflop | 885 |
| | Modifikationen des RS-Flipflops – Getakteter RS-Flipflop | |
| 4.2.4.2 | JK-Flipflop | 887 |
| 4.2.4.3 | D- und DV-Flipflop | 888 |
| 4.2.4.4 | T-Flipflop | 889 |
| 4.2.5 | Bedingt stabile und astabile Multivibratoren und Schmitt-Trigger | 890 |
| 4.2.5.1 | Monostabile Multivibratoren | 890 |
| | Grundsaltungen mit Bipolartransistoren – TTL-Monoflop – Genauer Operationsverstärker-Monoflop – Monostabiler Multivibrator mit Zeitgeberschaltung | |

| | | |
|---------|---|-----|
| 4.2.5.2 | Astabile Multivibratoren | 893 |
| | Grundsaltung mit Bipolartransistoren – Astabiler Multivibrator mit TTL-Schaltungen – Astabiler Multivibrator mit Operationsverstärker – Astabiler Multivibrator mit Zeitgeber-schaltung – Quarz-Taktgenerator | |
| 4.2.5.3 | Schmitt-Trigger | 896 |
| | Schmitt-Trigger mit Bipolartransistoren – TTL-Schmitt-Trigger – Schmitt-Trigger mit Operationsverstärker | |
| 4.2.6 | Mittelintegrierte Schaltungen | 899 |
| 4.2.6.1 | Multiplexer und Demultiplexer | 899 |
| 4.2.6.2 | Zähler und Teiler | 901 |
| | Zähler – Teiler – Anzeige des Zählerstandes | |
| 4.2.6.3 | Schieberegister | 908 |
| 4.3 | Analog-Digital und Digital-Analog-Umsetzer | 909 |
| 4.3.1 | AD-Umsetzung und ihre Fehlereinflüsse | 909 |
| | von <i>Hans Rudolph</i> | |
| 4.3.1.1 | Vorgänge bei der AD-Umsetzung | 909 |
| 4.3.1.2 | Abtastung und ihre Effekte | 910 |
| 4.3.1.3 | Quantisierung und ihre Effekte | 911 |
| | Definitionen – Deterministische Quantisierungsfehlerabschätzung – Statistische Quantisierungsfehlerabschätzung | |
| 4.3.2 | DA-Umsetzung mit Analogsignalrekonstruktion | 920 |
| | von <i>Hans Rudolph</i> | |
| 4.3.2.1 | Zur Notwendigkeit der Analogsignalrekonstruktion | 920 |
| 4.3.2.2 | Analogsignalrekonstruktion in signaltheoretischer Sicht | 920 |
| 4.3.2.3 | Signalextrapolatoren ohne Rückkopplung | 921 |
| | Analytische Lösungsansätze und Dimensionierung – Prinzip der technischen Realisierung – Spezielle Signalextrapolatoren – Dynamische Eigenschaften | |
| 4.3.2.4 | Signalextrapolatoren mit Rückkopplung | 931 |
| | Analytischer Lösungsansatz und Dimensionierung – Prinzip der technischen Realisierung – Dynamische Eigenschaften | |
| 4.3.3 | Schaltungen für Digital-Analog- und Analog-Digital-Umsetzer | 934 |
| | von <i>Norbert Hirt</i> und <i>Michael Roth</i> | |
| 4.3.3.1 | Definitionen | 935 |
| | Digital-Analog-Umsetzer – Analog-Digital-Umsetzer | |
| 4.3.3.2 | Statische Kenngrößen von DA- und AD-Umsetzern | 936 |
| 4.3.3.3 | Dynamische Kenngrößen von DA- und AD-Umsetzern | 936 |
| 4.3.3.4 | Klassifizierung der DA- und AD-Umsetzverfahren | 937 |
| | Digital-Analog-Umsetzung – Analog-Digital-Umsetzung | |
| 4.3.3.5 | DA-Umsetzer-Module und -Elemente | 941 |
| | Parallel-DA-Umsetzer – Indirekte DA-Umsetzer | |
| 4.3.3.6 | AD-Umsetzer-Module und -Elemente | 942 |
| | Parallel-AD-Umsetzer – Stufen-AD-Umsetzer – Parallel-Serien-AD-Umsetzer – Erweiterte Serien-AD-Umsetzer – Serien-AD-Umsetzer | |
| 4.3.3.7 | DA- und AD-Umsetzer als Interfacemodule für Mikrorechner | 949 |
| | DA- und AD-Umsetzer-Interfacemodule – Datenerfassungsmodule | |

Literatur

4.1 Analoge Elemente der Informationstechnik

4.1.1 Verstärker

4.1.1.1 Verstärkerprinzipien

[4.1] [4.2]

Verstärker ohne Laufzeiteffekte. Verstärker finden überall dort Anwendung, wo eine vorgegebene Eingangsgröße (Strom, Spannung, Leistung) in eine entsprechende Ausgangsgröße

5 Elementarbausteine der Mikrorechentchnik

| | |
|--|------|
| 5.1 Bussysteme und -elemente | 971 |
| von <i>Gunter Roche</i> und <i>Michael Roth</i> | |
| 5.1.1 Allgemeine Busarchitekturen | 971 |
| 5.1.2 Ausgewählte Mikrorechnerbussysteme | 972 |
| 5.1.2.1 Multibus I | 972 |
| 5.1.2.2 Multibus II | 973 |
| 5.1.2.3 Z-Bus | 976 |
| 5.1.2.4 VME-Bus | 978 |
| 5.1.3 Elemente der Bussystemtechnik | 980 |
| 5.1.3.1 Busarbitr | 980 |
| 5.1.3.2 Buscontroller | 981 |
| 5.1.3.3 Bustreiber und -puffer | 982 |
| 5.2 Speicherbausteine | 983 |
| von <i>Dietrich Rhein</i> | |
| 5.2.1 Aufgaben, Kenngrößen und Klassifizierung der digitalen Speicher | 983 |
| 5.2.1.1 Aufgaben und Einsatz digitaler Speicher | 983 |
| 5.2.1.2 Kenngrößen digitaler Speicher | 984 |
| 5.2.1.3 Klassifizierung und Typen digitaler Speicherelemente und Speicher | 986 |
| Klassifizierung – Physikalische Eigenschaften der Speicher – Speichertypen | |
| 5.2.1.4 Theoretische Grundlagen der Speichertechnik | 988 |
| 5.2.2 Halbleiter-Operativspeicher (RAM) | 988 |
| 5.2.2.1 Übersicht | 988 |
| 5.2.2.2 Statische MOS-RAMs | 989 |
| Speicherzellen – Speicher-IS – Bauformen, Eigenschaften, Tendenzen | |
| 5.2.2.3 Dynamische MOS-RAMs | 994 |
| Speicherzellen – Speicher-IS mit Dreitransistorzellen – Speicher-IS mit Eintransistorzellen – Weitere Erhöhung des Integrationsgrades | |
| 5.2.2.4 Bipolare Halbleiter-RAMs | 1001 |
| Speicherzellen – Speicher-IS | |
| 5.2.2.5 GaAs-Speicher | 1004 |
| 5.2.3 Halbleiter-Festwertspeicher (ROM) | 1004 |
| 5.2.3.1 Typen | 1004 |
| 5.2.3.2 Realisierung | 1005 |
| 5.2.4 Sonstige Halbleiterspeicher | 1008 |
| 5.2.4.1 CCD-Speicher mit zyklischem Zugriff | 1008 |
| 5.2.4.2 Speicher mit Gunnelementen und Glashalbleitern | 1009 |
| 5.2.5 Mikromagnetische Speicher | 1009 |
| 5.2.5.1 Allgemeines | 1009 |
| 5.2.5.2 Grundlegende Strukturelemente der ZMD-Speicher | 1010 |
| Domänenentransport in Registerstrukturen – Erzeugung und Vernichtung von Domänen – Detektorelemente – Torelemente | |

| | | |
|------------|--|-------------|
| 5.2.5.3 | Besonderheiten der Technologie und Aufbau von ZMD-Speicher-IS | 1012 |
| 5.2.5.4 | Organisation und Aufbau von ZMD-Speicher-IS | 1012 |
| 5.2.5.5 | Schaltungsfamilien für den Aufbau von ZMD-Speichern | 1014 |
| 5.2.5.6 | Weiterentwicklung integrierter magnetischer Speicher | 1015 |
| 5.2.6 | Magnetische Operativspeicher | 1016 |
| 5.2.6.1 | Eigenschaften der Rechteckferrit-Speicherkerne | 1016 |
| 5.2.6.2 | Aufbau der Ferritkernspeicher | 1018 |
| | 3D-Speicher – 2½D-Speicher – 2D-Speicher – Vergleich der Kernspeicherorganisationsformen | |
| 5.2.6.3 | Magnetische Dünnschicht-Matrixspeicher | 1022 |
| 5.2.7 | Josephsonspeicher | 1022 |
| 5.3 | Mikroprozessoren | 1022 |
| | von <i>Klaus-Dieter Geidel</i> und <i>Michael Roth</i> | |
| 5.3.1 | Architektur von Mikroprozessoren | 1023 |
| 5.3.1.1 | Mikroprogrammsteuerung | 1027 |
| 5.3.1.2 | Klassifizierung von Mikroprozessoren | 1031 |
| 5.3.1.3 | Realisierungskonzepte | 1032 |
| | Befehlsverarbeitungsprinzipien – Speicherorganisation – Interrupts und Traps – Busabgabesteuerung – Multiprozessorsystemunterstützung | |
| 5.3.2 | Architekturbeschreibung von 8-bit-Prozessoren | 1042 |
| 5.3.2.1 | Mikroprozessorschaltungsfamilie Z80 | 1043 |
| | Z80-CPU – Befehlsbeschreibung des Z80 | |
| 5.3.2.2 | Einchip-Mikroprozessor Z8 | 1056 |
| 5.3.3 | Architekturbeschreibung von 16-bit-Prozessoren | 1069 |
| 5.3.3.1 | Mikroprozessorschaltungsfamilie 8086 | 1069 |
| | 8086-CPU – Buscontroller 8288 – Busarbitr 8289 – Taktgenerator 8284 – Dynamischer RAM-Controller 8202 – 8086-Systeme | |
| 5.3.3.2 | Mikroprozessorschaltungsfamilie Z8000 | 1092 |
| | Z8000-CPU – Speicherverwaltungseinheit Z8010 – Virtuelle Speicher-CPU Z8003/4 – Seitensteuernde Speicherverwaltungseinheit Z8015 – DMA-Controller Z8016 – Serieller Schnittstellen-Controller Z8030 – Z8000-FIO und Z8000-FIFO | |
| 5.3.3.3 | Mikroprozessorschaltungsfamilie iAPX286 | 1108 |
| 5.3.4 | Architekturbeschreibung von 32-bit-Prozessoren | 1111 |
| 5.3.4.1 | Mikroprozessorschaltungsfamilie iAPX432 | 1111 |
| 5.3.4.2 | Mikroprozessorschaltungsfamilie Z80000 | 1114 |
| 5.3.5 | Spezialprozessoren | 1115 |
| 5.3.5.1 | Arithmetikprozessoren | 1115 |
| | Arithmetikprozessor 8087 – Arithmetiksaltungen der Computerserie HP1000 | |
| 5.3.5.2 | E/A-Prozessoren | 1118 |
| | E/A-Prozessor 8089 – Mikrocontroller 8096 | |
| 5.3.5.3 | Signalprozessoren | 1121 |
| 5.3.5.4 | Bildschirmprozessoren (CRT-Controller) | 1122 |
| 5.4 | Interface-Systemelemente | 1124 |
| | von <i>Wolfgang Fengler</i> und <i>Michael Roth</i> | |
| 5.4.1 | Parallele Interfaceelemente | 1125 |
| 5.4.1.1 | Eingabebtor | 1126 |
| 5.4.1.2 | Ausgabebtor | 1126 |
| 5.4.1.3 | Programmierbare parallele Eingabe/Ausgabe-Schaltungen | 1126 |

| | | |
|------------------|---|-------------|
| 5.4.2 | Serielle Interfaceelemente | 1131 |
| 5.4.2.1 | Asynchrone Datenübertragung | 1131 |
| 5.4.2.2 | Synchrone Datenübertragung | 1131 |
| 5.4.2.3 | Programmierbare serielle Eingabe/Ausgabe-Schaltungen | 1133 |
| 5.4.3 | Zähler-Zeitgeber-Schaltungen | 1137 |
| 5.4.4 | Elemente für spezielle Interfacefunktionen | 1139 |
| 5.4.4.1 | Tastatur- und Anzeigesteuerung | 1139 |
| 5.4.4.2 | Bildschirmsteuerung | 1140 |
| 5.4.4.3 | Kassetteninterfacesteuerung | 1143 |
| 5.4.4.4 | Floppy-Disk-Steuerung | 1144 |
| 5.4.4.5 | Matrixdruckersteuerung | 1148 |
| 5.4.4.6 | GPIB-(IEC-Bus-)Steuerung | 1149 |
| 5.4.5 | Interruptsteuerung | 1153 |
| 5.4.5.1 | Interruptsteuerungsschaltungen | 1153 |
| 5.4.5.2 | Dezentrale Interruptsteuerung | 1154 |
| 5.4.6 | Direkter Speicherzugriff | 1156 |
| 5.4.7 | Universelle Interfaceprozessoren | 1157 |
| 5.5 | Programmschaltungen | 1158 |
| | <i>von Ilka Philippow und Michael Roth</i> | |
| 5.5.1 | Programmschaltungs-Systemtechnik | 1159 |
| 5.5.2 | ROM-Programmschaltungen | 1160 |
| 5.5.3 | System-Programmschaltungen | 1161 |
| 5.5.4 | Kundenspezifische Programmschaltungen | 1165 |
| | PLA, FPLA – Lineare Arrays – Gatearrays – Standardzellen – Voll-Kundenschaltungen | |
| Literatur | | 1170 |