

Inhaltsverzeichnis

Geleitwort	XI
Vorwort	XIII
1. Einleitung und Überblick	1
2. Physikalische Grundlagen der Elektronik	5
2.1. Elektrizität und elektrischer Strom	5
2.1.1. Statische Elektrizität	5
2.1.2. Elektrische Ladung	6
2.1.3. Das elektrische Feld – elektrisches Potential	8
2.1.4. Elektrizität und Atombau	11
2.1.5. Leiter und Isolatoren	13
2.1.6. Bewegung freier Ladungsträger	14
2.2. Magnetismus – ein Überblick	17
2.2.1. Permanent- und Elektromagnete	17
2.2.2. Magnetische Kräfte – das magnetische Feld	17
2.2.3. Induktionsgesetz	20
2.3. Der Gleichstromkreis	21
2.3.1. Darstellung von Stromkreisen – Schaltzeichen	21
2.3.2. Ohmsches Gesetz und ohmscher Widerstand	22
2.3.3. Kirchhoffsche Regeln	27
2.3.4. Messung von Spannung, Strom und Widerstand	34
2.3.5. Kondensatoren – Energiespeicher im Gleichstromkreis	37
2.3.6. Spulen – magnetische Energiespeicher im Gleichstromkreis	45
2.4. Wechselstrom	48
2.4.1. Erzeugung und Darstellung von Wechselstrom	48
2.4.2. Widerstände im Wechselstromkreis	54
2.4.3. Zusammenschaltung von Widerständen im Wechselstromkreis	57
2.4.4. Schwingkreise	60
2.4.5. Transformatoren	64
2.4.6. Ideale versus reale Bauelemente	66
2.5. Fragen und Aufgaben	68

3. Grundlagen elektrischer Netzwerke	71
3.1. Vorbemerkungen und Überblick	71
3.2. Lineare Zweipol-Netze	73
3.2.1. Berechnung linearer Zweipol-Netze	73
3.2.2. Lineare Zweipol-Netze – Beispiele und Anwendungen	76
3.3. Vierpole und Zweitore	82
3.4. Leitungen	86
3.5. Fragen und Aufgaben	90
4. Halbleiter und Halbleiterbauelemente	93
4.1. Abgrenzung der Halbleiter	93
4.2. Halbleitermaterialien	94
4.3. Ausgewählte festkörperphysikalische Grundlagen	98
4.3.1. Struktur fester Körper	98
4.3.2. Zur Leitfähigkeit im Festkörper	102
4.3.3. Leitfähigkeit im Halbleiter	106
4.3.4. Einige Materialdaten und Ergänzungen	111
4.4. Grundstrukturen von Halbleiterbauelementen	113
4.4.1. Übersicht	113
4.4.2. pn-Übergang	114
4.4.3. MOS-Kapazität und Feldeffekt	118
4.5. Halbleiterbauelemente	120
4.5.1. Bauelemente mit homogenem Halbleiter	121
4.5.2. Dioden – Bauelemente mit einem pn-Übergang	123
4.5.3. Bipolartransistoren – Bauelemente mit zwei pn-Übergängen	126
4.5.4. MOS-Feldeffekttransistoren	131
4.5.5. Sperrschicht-Feldeffekt-Transistoren (JFET)	134
4.5.6. Halbleiterbauelemente – Stand und Entwicklungstrends	136
4.6. Fragen und Aufgaben	138
5. Signal und Information	141
5.1. Abgrenzung und Begriffsbestimmungen	141
5.2. Nutz- und Störsignale	144
5.3. Analoge und digitale Signale	147
5.4. Darstellungen von Signalen	149
5.4.1. Darstellung analoger Signale	149
5.4.2. Darstellung digitaler Signale	152
5.5. Fragen und Aufgaben	155
6. Analogschaltungen	157
6.1. Filter	157
6.1.1. Frequenzfilter – Filtercharakteristiken	158
6.1.2. RC-Tiefpass	160
6.1.3. RC-Hochpass	162
6.1.4. Begrenzer – Amplitudenfilter mit Dioden	164

6.2.	Gleichrichter	165
6.3.	Verstärker	168
6.3.1.	Verstärker als Vierpol	169
6.3.2.	Rückkopplung	169
6.3.3.	Transistor-Kleinsignalverstärker	171
6.3.4.	Direkt gekoppelte Verstärker	176
6.4.	Operationsverstärker	179
6.4.1.	Eigenschaften, Kenngrößen und Übertragungsfunktion	179
6.4.2.	Berechnung von Operationsverstärker-Schaltungen	182
6.4.3.	Lineare Grundschaltungen mit Operationsverstärkern	184
6.4.4.	Nichtlineare Schaltungen mit Operationsverstärkern	189
6.5.	Schwingungserzeugung – Oszillatoren	192
6.6.	Digital steuerbare Analogschaltungen	196
6.6.1.	Analogschalter und Analog-Multiplexer	196
6.6.2.	Programmierbare Verstärker	198
6.7.	Fragen und Aufgaben	200
7.	Digitale Schaltungstechnik	203
7.1.	Grundlagen	204
7.1.1.	Digitale Signale und Digitalisierung	204
7.1.2.	Mathematische Beschreibung	209
7.2.	Logikklassen	214
7.2.1.	Schaltnetze, Kombinatorische Digitalschaltungen	215
7.2.2.	Schaltwerke, Sequentielle Digitalschaltungen	222
7.3.	Realisierung digitaler Schaltungen	230
7.3.1.	Schalter, Relais und Röhren	232
7.3.2.	Der Transistor als Schalter	233
7.3.3.	FET als Schalter	242
7.3.4.	Pass-Transistor Logik und differentielle Logik	255
7.4.	Busse und Digitale Ausgangsschaltungen	257
7.4.1.	Busse	257
7.4.2.	Open-Collector, Open-Drain Schaltungen und Wired Logic	259
7.4.3.	Tri-State	262
7.4.4.	Transmission Gate	264
7.5.	Zielarchitekturen	265
7.5.1.	ASIC	265
7.5.2.	PLD	266
7.6.	Fragen und Aufgaben	269
8.	Kombinatorische und sequentielle Digitalschaltungen	273
8.1.	Übersicht	273
8.2.	Kombinatorische Grundschaltungen	273
8.2.1.	Multiplexer und Demultiplexer	274
8.2.2.	Kodierer, Dekodierer und Codeumsetzer	275
8.2.3.	Halb- und Volladdierer, Addiererschaltungen	278

8.2.4. Komparator	281
8.2.5. Arithmetisch-Logische Einheit – ALU	283
8.3. Sequentielle Schaltungen	284
8.3.1. Flip-Flop	284
8.3.2. Taktunabhängige Flip-Flops	287
8.3.3. Taktpiegelgesteuerte Flip-Flops und Latches	292
8.3.4. Einflankengesteuerte Flip-Flops	296
8.3.5. Master-Slave Flip-Flops	299
8.3.6. Register	305
8.3.7. Zähler- und Teilerschaltungen	311
8.3.8. Digitale Kippschaltung	322
8.4. Halbleiter-Speicherschaltungen	324
8.4.1. Übersicht der Speichertechnologien	324
8.4.2. Speicherorganisation	326
8.4.3. RAM-Speicherzellen	328
8.4.4. Festwertspeicher	333
8.4.5. EEPROM-/Flash-Speicher	334
8.5. Fragen und Aufgaben	338
 9. Sensorik	 341
9.1. Lebewesen und technische Systeme	341
9.1.1. Unsere Sinne und Sinnesorgane – Sensoren, eine Gegenüberstellung	342
9.1.2. Effektoren und Aktoren – eine Gegenüberstellung	343
9.1.3. Sensoren und Aktoren im Prozess	344
9.2. Effekte und Prinzipien zur Realisierung von Sensoren	345
9.2.1. Abbildung nichtelektrischer Größen auf elektrische Größen	346
9.2.2. Sensorelement – Sensor – Sensorsystem	347
9.2.3. Die weitere Gliederung	349
9.3. Sensoren mit beweglichen Komponenten	350
9.3.1. Potentiometrische (resistive) Sensoren	350
9.3.2. Kapazitive Sensoren	352
9.3.3. Induktive Sensoren	354
9.4. Temperatursensoren	355
9.4.1. Widerstandsthermometer	355
9.4.2. Thermoelektrischer Effekt und Thermolelemente	358
9.5. Optische Sensoren	359
9.6. Chemische Sensoren und Biosensoren	363
9.6.1. Metalloxid-Gassensoren	364
9.6.2. Leitfähigkeitssensoren	366
9.6.3. Biosensoren	368
9.7. Sensoren aus der Sicht des Anwenders	369
9.8. Fragen und Aufgaben	370

10. Analog-Digital- und Digital-Analog-Wandler	373
10.1. Einleitung	373
10.2. Wandlernennlinien	376
10.2.1. Digital-Analog-Wandler-Kennlinien	377
10.2.2. Analog-Digital-Wandler-Kennlinien	379
10.3. DAC-Wandlerprinzipien	381
10.3.1. DAC nach dem Parallelverfahren	382
10.3.2. DAC nach dem Wägeverfahren	383
10.3.3. DAC nach dem Zählverfahren	385
10.4. ADC-Wandlerprinzipien	386
10.4.1. ADC nach dem Parallelverfahren	387
10.4.2. ADC nach dem Wägeverfahren	388
10.4.3. ADC nach dem Zählverfahren	389
10.4.4. ADC nach dem interpolativen Sigma-Delta-Verfahren ($\Sigma\Delta$)	392
10.5. Hilfsschaltungen	394
10.5.1. Analoge Hilfsschaltungen	394
10.5.2. Digitale Hilfsschaltungen und Schnittstellen	397
10.6. Fragen und Aufgaben	400
11. Mikrocontroller	403
11.1. Begriff und Wurzeln	403
11.2. Mikroprozessor, SoC und Mikrocontroller	407
11.3. Informationsverarbeitung im Mikrocontroller	410
11.4. Mikrocontroller – einige Hardware-Aspekte	413
11.4.1. Prozessorkern (CPU)	413
11.4.2. Das Bussystem	415
11.4.3. Havard- vs. von Neumann-Architektur	416
11.4.4. Input-Output-Module	417
11.4.5. Hilfsschaltungen	419
11.5. Programmiermodell und -Software	422
11.6. Entwicklungswerzeuge für Mikrocontroller	423
11.7. MSP430 – Einblicke in eine Mikrocontrollerfamilie	425
11.7.1. MSP430 – Hardware, Komponenten und Ausbaustufen	427
11.7.2. MSP430 – Software	439
11.7.3. MSP430 – Entwicklungsumgebung	442
11.7.4. MSP430 – ein kleines Projekt	444
11.8. Fragen und Aufgaben	458
A. Anhang	461
A.1. Häufig verwendete Formelzeichen	461
A.2. Physikalische Grundlagen, Ergänzungen	464
A.2.1. Physikalische Größen und Einheiten	464
A.2.2. Ausgewählte physikalische Naturkonstanten	467
A.2.3. Zur Definition von Ampere, Volt und Ohm	468

A.2.4. Licht und seine Wechselwirkungen	470
A.2.5. Periodensystem der Elemente	474
A.3. Mathematische Werkzeuge, Ergänzungen	476
A.3.1. Vektoren	476
A.3.2. Komplexe Zahlen und Funktionen	478
A.3.3. Differentialgleichungen	481
A.4. Ergänzungen zu passiven Bauelementen	487
A.4.1. E-Reihen	487
A.4.2. Leiter und Isolatoren – elektrische Eigenschaften	488
A.5. Kodierung von Informationen	489
A.5.1. Maßeinheit	489
A.5.2. Kodierung von Zahlen	491
A.5.3. Kodierung von Zeichen	492
A.6. Digitale Gatter	495
A.6.1. Unäre Operation	495
A.6.2. Binäre Operationen	495
A.6.3. Weitere Gatter	499
A.6.4. Übersicht Flip-Flops	500
A.7. Historisches	503
A.7.1. Von der Entdeckung der Glühemission bis zur Entdeckung des Transistoreffektes	503
A.7.2. Von der Entdeckung der Halbleiterelemente bis zum Mikroprozessor	504
A.7.3. Zeittafel zur Geschichte der Computertechnik	505
 Englische Fachbegriffe	507
 Literaturverzeichnis	511
 Stichwortverzeichnis	517