

# INHALTSVERZEICHNIS

1. Geschichte und Einleitung . . . . .	1
1.1. Vorgeschichte der elektronischen Digitalsysteme . . . . .	3
1.2. Baukastenprinzip . . . . .	4
1.3. Dioden . . . . .	5
1.4. Transistoren . . . . .	6
1.5. Integrierte Schaltungen . . . . .	7
1.6. Feldeffekt-Transistoren . . . . .	8
1.7. Sonstige Bauelemente und Kreise für Digitalschaltungen . . . . .	9
1.8. BOOLEsche Algebra . . . . .	10
1.9. Bauelemente und Schaltungen für die Speicherung einzelner binärer Ziffern . . . . .	13
1.10. Digitale Massenspeicher . . . . .	16
1.11. Magnettrommeln und Scheiben . . . . .	19
1.12. Verzögerungsleitungen . . . . .	20
1.13. Elektrostatische Speicherung . . . . .	21
1.14. Magnetkernspeicher . . . . .	23
1.15. Magnetschichtspeicher . . . . .	24
1.16. Speichereinheiten aus logischen Einzelbausteinen . . . . .	25
1.17. Kapazität, Geschwindigkeit und Kosten verschiedener Speicher- methoden . . . . .	25
1.18. Semipermanente Speicher oder Auslesespeicher . . . . .	26
1.19. Assoziative Speicher . . . . .	27
1.20. Zuverlässigkeit . . . . .	28
2. Diodenschaltkreise und Torschaltungen . . . . .	29
2.1. Kurze Beschreibung der Halbleiterdiode und ihrer Entwicklung . . . . .	29
2.2. Schnelle Dioden . . . . .	30
2.3. Die Beziehungen zwischen den Dioden und anderen Schalt- elementen . . . . .	31
2.4. Die spannungsgesteuerte UND- bzw. ODER-Diодengrund- schaltungen . . . . .	32
2.5. Logische Glieder aus 2 Stufen (UND-ODER) . . . . .	35
2.6. Logische Schaltungen mit 3 Stufen (ODER-UND-ODER) . . . . .	38
2.7. Logische Schaltungen mit 4 Stufen (UND-ODER-UND-ODER) . . . . .	41
2.8. UND-UND- und ODER-ODER-Schaltungen . . . . .	44
2.9. Betrachtungen hinsichtlich des Abschlußlastwiderstandes . . . . .	45
2.10. Zusammenfassende Bemerkungen über spannungsgesteuerte lo- gische Schaltungen mit Dioden . . . . .	45

2.11. Diodenschaltungen für Impulssignale . . . . .	46
2.12. Eine Variante der UND- und ODER-Grundglieder . . . . .	47
2.13. Dioden-Torschaltungen . . . . .	47
2.14. Stromgesteuerte logische Glieder mit Dioden — Erste Form . .	51
2.15. Stromgesteuerte logische Glieder mit Dioden — Zweite Form . .	54
2.16. Dioden-Matrizen . . . . .	57
Literatur zu Kapitel 2 . . . . .	60
 3. Transistorschaltkreise. . . . .	 61
3.1. Der Einfluß der integrierten Schaltungstechnik . . . . .	62
3.2. Das Symbol für einen Transistor . . . . .	63
3.3. Einige andere Vereinbarungen, die in diesem Kapitel verwendet werden . . . . .	64
3.4. Einige grundlegende Betrachtungen hinsichtlich der Schaltge- schwindigkeit . . . . .	65
3.5. Schaltungen der direkt gekoppelten Transistorlogik (DCTL) . .	68
3.6. Einige Betrachtungen zum Entwurf von DCTL-Schaltungen . .	71
3.7. Betrachtungen zum logischen Entwurf von DCTL-Schaltungen .	72
3.8. Gemeinsame Endpunkte als Störungsquellen in DCTL-Schaltun- gen und in anderen Arten von logischen Schaltungen . . . . .	75
3.9. Widerstands-Transistor-Logikschaltungen (RTL) . . . . .	76
3.10. Einige Betrachtungen zum elektrischen Entwurf von RTL- Schaltungen . . . . .	78
3.11. Die Verwendung von NOR-Bausteinen am Beispiel eines Voll- addierers . . . . .	80
3.12. RTL-Schaltungen mit einer Schwelle größer als Eins . . . . .	82
3.13. RCTL-Schaltungen (Widerstands-Kondensator-Transistor-Logik)	84
3.14. DTL-Schaltungen (Dioden-Transistor-Logik) . . . . .	86
3.15. Emitterfolger aus logischen Schaltungen . . . . .	90
3.16. Emitterfolger aus DTL-NAND-Schaltungen . . . . .	94
3.17. Stromgesteuerte Transistor-Logik . . . . .	96
3.18. TTL-Schaltungen (Transistor-Transistor-Logik) . . . . .	102
3.19. Vielfachemitter-Transistoren in TTL- und stromgesteuerten Schaltungen . . . . .	104
3.20. Ein binärer Volladdierer unter Verwendung von UND-ODER- NICHT-Bausteinen (NAND-Bausteinen mit gemeinsamen Kol- lektoranschlüssen) . . . . .	105
3.21. Mehrfachtransistor-Invertor-Verstärker . . . . .	106
3.22. Über die Verwendung von Impulsen in logischen Schaltungen mit Transistoren . . . . .	112
3.23. Asynchrone Folgeschaltungen . . . . .	117
3.24. Ein anderes Beispiel für ein asynchrones System . . . . .	119
3.25. Steuerimpuls-Schaltungen für Transistor-Flip-Flop . . . . .	120
3.26. Schalten von Flip-Flops durch Signale, die keine Taktimpulse sind . . . . .	124
3.27. Symmetrischer Flip-Flop . . . . .	125
3.28. Direkt gekoppelte Flip-Flops . . . . .	129
3.29. J-K-Flip-Flop-Schaltungen . . . . .	132

3.30. Die Verwendung direkt gekoppelter J-K-Flip-Flops im Dezimalzähler . . . . .	135
3.31. Direkt gekoppelte Schieberegisterschaltungen . . . . .	136
3.32. Astabile und monostabile Schaltungen . . . . .	138
3.33. Der SCHMITT-Trigger . . . . .	141
3.34. Logische Glieder mit komplementären Transistoren — Erste Form . . . . .	143
3.35. Komplementäre Schaltungen — Zweite Form . . . . .	147
3.36. Komplementäre Schaltungen — Dritte Form . . . . .	149
3.37. Komplementäre Schaltungen — Vierte Form . . . . .	150
3.38. Komplementäre Schaltungen kleinster Leistung . . . . .	151
3.39. Parasitäre Schwingungen . . . . .	153
Literatur zu Kapitel 3 . . . . .	154
4. Magnetkernspeicher . . . . .	163
4.1. Grundprinzipien der zweidimensionalen Koinzidenzstrom-Auswahl . . . . .	164
4.2. Ausführlichere Betrachtungen der Hystereseschleife . . . . .	167
4.3. Störungen im Koinzidenzstromfeld . . . . .	169
4.4. Kenngrößen und technische Daten für den Entwurf ringförmiger Ferritkerne . . . . .	171
4.5. Arten und mögliche Verbesserungen von Leseleitungsfigurationen . . . . .	175
4.6. Anordnungen zur Vergrößerung des Auswahlverhältnisses mit zweidimensionaler Koinzidenzstrom-Auswahl . . . . .	177
4.7. Dreidimensionale Koinzidenzstromfelder . . . . .	179
4.8. Pakete zweidimensionaler Felder für wortorientierte Speicherung . . . . .	183
4.9. Der Arbeitszyklus des Speichers und Betrachtungen zur Wortspeicherung . . . . .	186
4.10. Verschiedene Abarten der Koinzidenzstromspeicherverfahren . . . . .	189
4.11. Externe Wortwahl . . . . .	190
4.12. Das Zweidraht-Speicherfeld . . . . .	194
4.13. $2\frac{1}{2}$ -D-Speicher . . . . .	195
4.14. Die Verwendung von zwei Kernen für die Speicherung eines Bits . . . . .	197
4.15. Kernwicklungsmodelle für Speicher mit zwei Kernen pro Bit und externer Wortwahl . . . . .	198
4.16. Weitere Gesichtspunkte, spezielle Abschlußarten von Kernwindungen hinsichtlich ihrer Eigenschaften als Übertragungsleitung . . . . .	199
4.17. Halbgeschaltete Magnetkerne . . . . .	203
4.18. Zerstörungsfreies Impulslesen . . . . .	204
4.19. Lochplatten . . . . .	205
4.20. Mehrlochkerne . . . . .	206
4.21. Der Transfluxor . . . . .	206
4.22. Ein Transfluxor-Speicherfeld . . . . .	208
4.23. Tropfenform-Transfluxor . . . . .	209
4.24. BIAX-Element . . . . .	211
4.25. BIAX-Feld . . . . .	212
4.26. Die Zweidraht-BIAX-Speicheranordnung . . . . .	215

4.27. Der Twistor . . . . .	216
4.28. Andere semipermanente Speichermethoden (Auslesespeicher) . .	218
4.29. Andere nichttringförmige Kernstrukturen . . . . .	222
4.30. Draht-Speicherelemente . . . . .	222
4.31. Waffeleisen-Struktur . . . . .	223
4.32. Felder aus Drähten, in Ferritblöcken eingebettet . . . . .	225
4.33. Geflochtene Drahtspeicher . . . . .	226
4.34. Geflochtene Koinzidenzstromspeicher . . . . .	229
4.35. Ebenen Magnetschichtspeicher . . . . .	230
4.36. Grundsätzliche Betrachtungen zur Geometrie und Arbeitsweise ebener Magnetschichtspeicher . . . . .	232
4.37. Treiber- und Leseverstärkerschaltungen . . . . .	236
4.38. Magnetische Matrix-Schalter . . . . .	240
4.39. Magnetische Lastverteiler-Matrixschalter . . . . .	243
Literatur zu Kapitel 4 . . . . .	244
5. Magnetflächenspeicher . . . . .	257
5.1. Historische Entwicklung . . . . .	258
5.2. Gesichtspunkte für die Gestaltung des Magnetkopfes . . . . .	259
5.3. Polspitzenform für den praktischen Betrieb . . . . .	261
5.4. Kopfmateriale . . . . .	263
5.5. Der Schwebekopf . . . . .	263
5.6. Einige Betrachtungen zur Speicheroberfläche . . . . .	265
5.7. RZ-Aufzeichnung . . . . .	267
5.8. NRZ-Aufzeichnung . . . . .	268
5.9. Zeitsteuerungsprobleme beim NRZ-Verfahren . . . . .	271
5.10. Aufzeichnungs-Methode basierend auf Phasenverschiebung oder Frequenzverdopplung . . . . .	272
5.11. Gewinnung der gespeicherten Zahlen aus dem Ausgangssignal, das mit Phasenverschiebung oder Frequenzverdopplung aufge- zeichnet wurde . . . . .	273
5.12. Ein Vergleich der Aufzeichnungsmethoden . . . . .	276
5.13. Impulsverschmälerung . . . . .	277
5.14. Störgeräuschbeseitigung . . . . .	280
5.15. Betrachtung der Magnetflächenspur als digitale Datenübertra- gungsleitung . . . . .	281
5.16. Magnetscheiben . . . . .	284
5.17. Schreiben einer Taktspur auf einer Scheibe oder Trommel . . .	286
5.18. Magnetbänder . . . . .	288
5.19. Weitere Eigenschaften der Magnetbandtransportgeräte . . . .	291
Literatur zu Kapitel 5 . . . . .	293
6. Magnetkernschaltkreise . . . . .	299
6.1. Schaltsysteme aus Ringkernen . . . . .	300
6.2. Zweitakt-Magnetkernschieberegister . . . . .	301
6.3. Magnetkernschieberegisterschaltungen mit verzögernder Kopp- lungsschaltung . . . . .	305



6.4. Von Schieberegistern ausgeführte Schaltfunktionen . . . . .	307
6.5. Magnetkern-Transistor-Schaltkreise . . . . .	308
6.6. Gegentakt-Magnetkern-Schieberegister . . . . .	309
6.7. Die für Schaltfunktionen angepaßte Gegentaktschaltung . . . . .	311
6.8. Mehrlochkerne . . . . .	313
6.9. Schaltungen mit symmetrischen Mehrlochkernen . . . . .	313
6.10. MAD-Technik . . . . .	315
6.11. Mehrlochkerne und Schaltkreise . . . . .	318
6.12. Parametrons . . . . .	322
6.13. Mit Parametrons ausführbare Schaltfunktionen . . . . .	324
6.14. Dünnfilm — Parametron . . . . .	326
6.15. Andere Dünnfilm-Magnetschaltssysteme . . . . .	326
6.16. Magnetische Resonanzschaltungen mit Eisenkernspule . . . . .	327
Literatur zu Kapitel 6 . . . . .	328
7. Supraleitende Bauelemente und Schaltungen . . . . .	333
7.1. Kreuzfilm-Kryotron . . . . .	335
7.2. Parallelfilm-Kryotron . . . . .	338
7.3. Arbeitsgeschwindigkeit von Kryotrons . . . . .	340
7.4. Kryotron-Grundschaltkreise . . . . .	343
7.5. Die Minimisierung der Kryotronzahl in einem Schaltkreis . . . . .	346
7.6. Kryotron-Binäradder . . . . .	348
7.7. Kryotron-Speicher . . . . .	350
7.8. Kryotron-Speicher, die nur ein Kryotron pro gespeichertes Bit erfordern . . . . .	351
7.9. Die Crowe-Zelle . . . . .	353
7.10. Speicher aus supraleitendem homogenem Film . . . . .	354
7.11. Supraleitende assoziative Speicher . . . . .	357
Literatur zu Kapitel 7 . . . . .	359
8. Logische Glieder und Speicher mit Tunneldioden . . . . .	365
8.1. Diodenkennlinien und bistabile Grundschaltungen . . . . .	366
8.2. Grundauführung eines Tunneldiodenschieberegisters . . . . .	368
8.3. Kapazitiv gekoppelte Drei-Diodenschaltung . . . . .	370
8.4. Symmetrische Tunneldiodenschaltung . . . . .	372
8.5. Zweitakt-Tunneldiodenschaltungen . . . . .	375
8.6. Rückwärtsdiode . . . . .	377
8.7. Schaltungen mit Tunneldioden und Transistoren . . . . .	377
8.8. Koinzidenzstrom-Speicher mit Tunneldioden . . . . .	378
8.9. Tunneldioden-Speicherschaltungen mit äußerer Wortwahl . . . . .	380
8.10. Matrixspeicherschaltungen mit in Serie geschalteten Tunneldioden . . . . .	382
Literatur zu Kapitel 8 . . . . .	383
9. Bauelemente und Schaltungen zum dezimalen Zählen . . . . .	387
9.1. Doppelimpuls-Zählröhre . . . . .	388
9.2. Arbeitsweise von gasgefüllten Zweiphasen-Zählrohren . . . . .	390

9.3.	Das Trochotron . . . . .	390
9.4.	Zählplanordnungen mit mehreren Dekaden . . . . .	392
9.5.	Binärzähler . . . . .	394
9.6.	Ringzählerschaltungen . . . . .	395
9.7.	Dezimalzähler aus fünfstufigen Schieberegistern . . . . .	397
9.8.	Dezimalzähler aus vierstufigen Schieberegistern . . . . .	398
9.9.	Dezimalzähler, die aus einem modifizierten Binärzähler bestehen . . . . .	399
9.10.	Dezimalzähler aus speziellen logischen Netzwerken . . . . .	402
9.11.	Biquinäre Zähler . . . . .	404
9.12.	Dezimalzähler aus <i>J-K</i> -Flip-Flops . . . . .	407
	Literatur zu Kapitel 9 . . . . .	410
10.	Spezielle digitale Bauelemente und Schaltungen . . . . .	413
10.1.	Verzögerungsleitungen . . . . .	413
10.2.	Elektrische Verzögerungsleitungen . . . . .	416
10.3.	Magnetostriktive Verzögerungsleitungen . . . . .	418
10.4.	Verzögerungsleitungen aus Quarz und Glas . . . . .	423
10.5.	Verzögerungsleitungen aus metallischen Strängen . . . . .	426
10.6.	Metalloxyd-Feldeffekttransistoren (MOS-FET) . . . . .	427
10.7.	Digitale Schaltungen mit MOS-Transistoren . . . . .	430
10.8.	Ferroelektrische Bauelemente . . . . .	433
10.9.	Digitale Mikrowellen-Bauelemente . . . . .	434
10.10.	Optische digitale Bauelemente . . . . .	434
10.11.	Fotografische Auslesespeicher . . . . .	435
10.12.	Kapazitäts-Auslesespeicher . . . . .	436
10.13.	Andere Formen von Auslesespeichern . . . . .	439
10.14.	Digitale Strömungselemente . . . . .	439
10.15.	Andere digitale Bauelemente und Schaltungen . . . . .	440
	Literatur zu Kapitel 10 . . . . .	440
11.	Analog-Digital-Umsetzung . . . . .	449
11.1.	Anwendungen der Analog-Digital-Umsetzung . . . . .	450
11.2.	Spannungsgesteuerte Digital-Analog-Umsetzer aus Widerständen und Schaltern . . . . .	453
11.3.	Stromgesteuerte Digital-Analog-Umsetzer aus Widerständen und Schaltern . . . . .	455
11.4.	Operationsverstärker und ihre Verwendung in Digital-Analog-Umsetzern . . . . .	458
11.5.	Die Methode der Kondensatorentladung zur Digital-Analog-Umsetzung . . . . .	461
11.6.	Dezimale Digital-Analog-Umsetzerschaltungen . . . . .	462
11.7.	Schaltungen zum Abtasten und Speichern . . . . .	464
11.8.	Analog-Digital-Umsetzung mit Digital-Analog-Umsetzern . . . . .	466
11.9.	Komparatorschaltungen . . . . .	468
11.10.	AD-Kaskadenumsetzer . . . . .	471
11.11.	Einstufiger AD-Umsetzer . . . . .	473
11.12.	Gestaffelter Kaskadenumsetzer mit serieller Signalbearbeitung . . . . .	473

11.13. AD-Umsetzer mit GRAY-Kode . . . . .	476
11.14. Parallele und serienparallele Analog-Digital-Umsetzer . . . . .	480
11.15. AD-Umsetzer nach dem Sägezahnprinzip . . . . .	483
11.16. AD-Umsetzung durch Frequenzmodulation . . . . .	484
11.17. AD-Umsetzer mit Katodenstrahlröhre . . . . .	485
11.18. Andere Methoden zur AD-Umsetzung . . . . .	486
11.19. Dezimale AD-Umsetzung . . . . .	486
11.20. Erreichbare Genauigkeit bei der elektronischen AD-Umsetzung	487
11.21. Kodescheiben . . . . .	488
Literatur zu Kapitel 11 . . . . .	490
Zusätzliche Literatur . . . . .	497
Sachverzeichnis . . . . .	499