

Inhaltsverzeichnis

Gastvorwort	17
Vorwort	19
Einleitung	23
Kapitel 1 Grundlagen	27
1.1 Einführung.....	28
1.1.1 Elektrostatisches Feld	29
1.1.2 Elektrisches Strömungsfeld.....	30
1.1.3 Definition der Einheiten	30
1.1.4 Rechnen mit Gleichgrößen	31
1.1.5 Rechnen mit Wechselgrößen	48
1.1.6 Betrachtung von Vierpolen	63
1.2 Passive Netzwerke	66
1.2.1 Tiefpass	66
1.2.2 Hochpass	75
1.2.3 Bandpass	80
1.2.4 Bandsperre	83
1.2.5 Schwingkreise.....	88
1.2.6 Computerunterstützte Betrachtung passiver Netzwerke	92
Zusammenfassung	93
Kapitel 2 Halbleiter	95
2.1 Einführung.....	96
2.2 Aufbau von Halbleitermaterialien.....	98
2.2.1 Atommodell – Bändermodell.....	98

2.2.2	Undotierte Halbleiter – Eigenleitung	101
2.2.3	Dotierte Halbleiter – Störstellenleitung	104
2.3	pn-Übergang	107
2.3.1	pn-Übergang ohne äußere Spannung	107
2.3.2	pn-Übergang mit äußerer Spannung	110
2.3.3	Durchbruchsmechanismen	111
	Zusammenfassung	113
Kapitel 3	Halbleiterdioden	115
3.1	Siliziumdiode	116
3.2	Arten von Halbleiterdioden	121
3.2.1	Schaltdioden	121
3.2.2	Z-Dioden	122
3.2.3	Kapazitätsdioden	124
3.2.4	Leuchtdioden und Fotodioden	124
3.3	Schaltungsbeispiele mit Halbleiterdioden	126
3.3.1	Gleichrichterschaltungen	129
3.3.2	Kleinstnetzgeräte für 230 V ~	142
3.3.3	Spannungsverdoppler	146
	Zusammenfassung	149
Kapitel 4	Transistoren	151
4.1	Einführung	152
4.2	Bipolartransistor	155
4.2.1	Aufbau und Funktion	155
4.2.2	Betriebszustände des bipolaren Transistors	160
4.2.3	Modell und Kennlinien	162
4.2.4	Temperaturverhalten	173
4.3	Sperschicht-Feldeffekttransistor	173

4.3.1	Kennlinien	177
4.3.2	Temperaturverhalten	179
4.4	MOS-Feldeffekttransistoren	180
4.5	Einstufige Transistorverstärker	188
4.5.1	Einstellung und Stabilisierung des Arbeitspunktes	188
4.5.2	Transistorgrundschaltungen im Vergleich	200
4.6	Stromquellen und Stromsenken.....	211
4.6.1	Stromsenke mit Bipolartransistor.....	211
4.6.2	Stromsenke mit MOSFET	215
4.7	Stromspiegel	219
4.7.1	Einfacher Stromspiegel	219
4.7.2	Stromspiegel mit Kaskode	221
4.7.3	Wilson-Stromspiegel	222
4.8	Differenzverstärker	224
4.8.1	Gleichtaktaussteuerung.....	225
4.8.2	Gegentaktaussteuerung	227
4.8.3	Gleichtaktunterdrückung	228
4.8.4	Weitere Kennwerte	228
	Zusammenfassung	230
Kapitel 5	Operationsverstärker	231
5.1	Idealer Operationsverstärker	233
5.1.1	Prinzip der Gegenkopplung	235
5.2	Realer Operationsverstärker	237
5.2.1	Aufbau	237
5.2.2	Frequenzgang	240
5.2.3	Frequenzgangkorrektur	241
5.2.4	Spezifikationen	243

5.3	Grundsaltungen mit Operationsverstärkern.....	248
5.3.1	Nicht invertierender Verstärker.....	248
5.3.2	Invertierender Verstärker	249
5.3.3	Subtrahierverstärker	254
5.3.4	Instrumentierungsverstärker.....	256
5.3.5	Stabilität von Operationsverstärkerschaltungen	257
5.3.6	Differenzierer	262
5.3.7	Integrator	263
5.3.8	Differenzintegrator	265
5.3.9	Stromsenke	266
5.4	Komparatoren.....	271
	Zusammenfassung	272
Kapitel 6	Spannungsversorgung	273
6.1	Einführung.....	275
6.2	Referenzspannungsquellen.....	276
6.2.1	Spannungsstabilisierung mit Dioden	277
6.2.2	Bandgap-Referenz	278
6.2.3	Buried-Zener-Referenz	280
6.3	Lineare Spannungsregler.....	280
6.3.1	Festspannungsregler.....	282
6.3.2	Festspannungsregler mit geringer Drop Out Voltage	283
6.3.3	Spannungsregler mit einstellbarer Ausgangsspannung	284
6.4	Schaltregler	285
6.4.1	Abwärtswandler.....	285
6.4.2	Aufwärtswandler	288
6.4.3	Invertierender Wandler.....	289
	Zusammenfassung	291

Kapitel 7	Allgemeine Digitaltechnik	293
7.1	Einführung.....	295
7.2	Kontinuierliche und diskrete Signale	295
7.3	Elektrische Darstellung von zweiwertigen Variablen	297
7.3.1	Signalpegel, Schwellspannung und Störabstände	299
7.3.2	Störbeeinflussung der Signalpegel	301
7.3.3	Schalter	303
7.3.4	Dynamisches Verhalten von zweiwertigen Signalen	305
	Zusammenfassung	307
Kapitel 8	Kombinatorische Logik	309
8.1	Einführung.....	310
8.2	Logische Grundfunktionen.....	312
8.3	Abgeleitete Funktionen	314
8.4	Schaltalgebra und Rechenregeln	316
8.5	NAND-NOR-Technik.....	318
8.5.1	Logische Grundfunktionen mit NAND bzw. NOR.....	318
8.5.2	Umwandlung einer logischen Funktion in NAND- bzw. NOR-Verknüpfungen	320
	Zusammenfassung	321
Kapitel 9	Logische Funktionen mit MOS-Transistoren: CMOS	323
9.1	Einführung.....	325
9.2	CMOS.....	327
9.2.1	Inverter	327
9.2.2	Logische Funktionen	332
9.2.3	Leistungsaufnahme	340
9.3	Physikalischer Aufbau von CMOS-Schaltungen.....	343

9.3.1	Latch-Up	344
9.3.2	Schutzstruktur	345
9.4	Transmissionsgatter	347
9.4.1	Logikschaltungen mit Transmissionsgattern	350
	Zusammenfassung	352
Kapitel 10	Logische Funktionen mit bipolaren Elementen	353
10.1	Logik mit Dioden und Bipolartransistoren	354
10.2	Transistor Transistor Logic (TTL)	357
10.3	Andere Logikfamilien mit bipolaren Elementen.....	360
	Zusammenfassung	360
Kapitel 11	Kippstufen	361
11.1	Bistabile Kippstufen	363
11.1.1	Flip-Flops	363
11.1.2	Schmitt-Trigger	373
11.2	Monostabile Kippstufen.....	378
11.2.1	Monoflops mit sehr kurzer Eigenzeit	379
11.2.2	Monoflops mit langer Eigenzeit.....	381
11.3	Astabile Kippstufen	382
11.3.1	Ringoszillator	383
11.3.2	Relaxationsoszillator	384
	Zusammenfassung	386
Kapitel 12	Oszillatorschaltungen	387
12.1	Einführung.....	388
12.1.1	Amplituden- und Phasenbedingung.....	389
12.2	RC-Oszillatoren	390
12.2.1	Wien-Robinson-Oszillator	390

12.3	LC-Oszillatoren	393
12.3.1	CMOS-Inverter als Oszillator	393
12.3.2	Emittergekoppelter Oszillator	394
12.4	Quarzoszillatoren	396
12.4.1	Schwingquarz	396
12.4.2	Pierce-Oszillator	399
12.5	Phase Locked Loop (PLL)	400
	Zusammenfassung	404
Kapitel 13	Digitale Schnittstellen	405
13.1	Einführung.....	407
13.2	Kommunikation zwischen Geräten.....	408
13.2.1	RS-232 oder EIA/TIA-232	408
13.2.2	Standards bei Schnittstellen (Hardware).....	414
13.2.3	CAN	415
13.2.4	Ethernet	417
13.2.5	USB	418
13.3	Kommunikation zwischen Modulen	418
13.3.1	Synchrone Serielle Schnittstelle.....	419
13.3.2	Inter Integrated Circuit Bus (I ² C-Bus).....	420
13.3.3	UART und CAN-Bus	422
13.4	Potentialtrennung	423
13.4.1	Optokoppler.....	424
13.4.2	Magnetkoppler	426
	Zusammenfassung	427
Kapitel 14	Analog/Digital- und Digital/Analog-Umsetzung	429
14.1	Einführung.....	431
14.2	Kennlinien	432

14.2.1	Der ideale ADC	432
14.2.2	Der ideale DAC	433
14.3	Statische Fehler	434
14.3.1	Offset-Fehler	434
14.3.2	Verstärkungsfehler	436
14.3.3	Differentielle Nichtlinearität	437
14.3.4	Integrale Nichtlinearität	439
14.4	Eigenschaften und Fehler bei dynamischen Signalen	442
14.4.1	Aperturfehler	442
14.4.2	Aliasing	444
14.4.3	Spurious Free Dynamic Range	448
14.5	Lineares Modell der Quantisierung	448
14.5.1	Signal-Rausch-Verhältnis	450
	Zusammenfassung	451
Kapitel 15 Digital/Analog-Umsetzer		453
15.1	Einführung	455
15.2	Addition gleicher Größen	456
15.2.1	Addition gleicher Ströme	456
15.2.2	Addition gleicher Spannungen	458
15.2.3	Digitales Potenziometer	460
15.3	Addition dual gewichteter Größen	461
15.3.1	Spannungssummierung	461
15.3.2	Stromsummierung	462
15.4	R-2R-Leiternetzwerk	462
15.4.1	R-2R-Leiternetzwerk als Stromteiler	463
15.4.2	R-2R-Leiternetzwerk als Spannungsteiler	464
15.5	Tastverhältnisumsetzung	466

15.5.1	Digitale Pulsweitenmodulation	466
15.5.2	Tiefpassfilter.....	468
15.6	Multiplizierender DAC.....	470
15.7	Auswahl von DACs	470
	Zusammenfassung	471
Kapitel 16	Analog/Digital-Umsetzer	473
16.1	Einführung.....	475
16.2	Parallelverfahren und Kaskadenumsetzer	477
16.2.1	Parallelumsetzer.....	478
16.2.2	Kaskadenumsetzer	479
16.2.3	Kaskadenumsetzer mit Fehlerkorrektur.....	481
16.2.4	Pipelined ADC	483
16.3	Wägeverfahren	485
16.3.1	Prinzip des Wägeverfahrens	485
16.3.2	Wägeverfahren mit SC-Prinzip.....	488
16.4	Integrierende Verfahren und Zählverfahren	490
16.4.1	Eigenschaften der Mittelwertbildung bei integrierenden Verfahren	490
16.4.2	Zweirampenverfahren	492
16.4.3	Spannungs/Frequenz-Umsetzer	495
16.4.4	Ladungsausgleichsintegrator	497
16.4.5	$\Sigma\Delta$ -ADCs (Sigma-Delta-ADCs)	500
16.5	Auswahl von ADCs	504
	Zusammenfassung	506
Kapitel 17	Beschaltung von A/D- und D/A-Umsetzern	507
17.1	Analoge Pegelumsetzung.....	509
17.1.1	Ausgänge von DACs	511

17.1.2	Eingänge von ADCs	512
17.2	Tiefpassfilter	514
17.2.1	Übertragungsfunktion eines Tiefpassfilters	515
17.2.2	Passive RC-Filter	516
17.2.3	Filter mit Einfachmitkopplung (Sallen-Key)	517
17.2.4	Filter mit Mehrfachgegenkopplung	522
17.2.5	Filtercharakteristika	524
17.2.6	Filterkoeffizienten	528
17.3	Sample&Hold-Eingänge	529
17.4	Differentielle ADC-Eingänge	532
17.4.1	Erweiterung zu einem Tiefpassfilter	535
	Zusammenfassung	537
Kapitel 18	Anwendungsspezifische mikroelektronische Schaltungen	539
18.1	Einführung.....	541
18.2	Grundlagen der Mikroelektronik	543
18.2.1	Herstellungstechnologien.....	544
18.2.2	Integrierte passive Bauelemente	549
18.2.3	Integrierte aktive Bauelemente	554
18.2.4	Matching von Bauelementen	567
18.2.5	MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)	569
18.2.6	Chipfertigung und Chipgehäuse	570
18.3	ASIC-Topologien	574
18.4	Entwurfsablauf.....	581
18.5	Entwurfsschritte	584
18.6	Entwurfswerkzeuge	586
18.6.1	Schaltplaneingabe	586
18.6.2	Hardware-Beschreibungssprachen.....	587

18.6.3	Simulation	590
18.6.4	Schaltungssynthese	596
18.6.5	Layout-Erstellung	599
18.6.6	Backannotation, Fertigungsüberleitung.....	600
18.6.7	Test und Design for Test	602
18.7	Thermometerdesign unter Verwendung von ASICs	606
	Zusammenfassung	607
Kapitel 19	Elektromagnetische Verträglichkeit elektronischer Systeme	609
19.1	Einführung.....	610
19.1.1	Begriffsdefinitionen	611
19.1.2	Störquellen	614
19.1.3	Betrachtung der Störgrößen im Frequenz- und Zeitbereich	615
19.1.4	Störkopplung.....	619
19.2	Prüf- und Messtechnik	639
19.2.1	Prüfung der Störfestigkeit	640
19.2.2	Messung der Störaussendung.....	656
19.3	EMV-gerechtes Gerätedesign	663
19.3.1	Filter-Maßnahmen	664
19.3.2	Schaltungstechnische Maßnahmen	677
19.3.3	Layout-Maßnahmen	688
19.4	CE-Kennzeichnung und relevante Normen.....	692
19.4.1	Grundlagen der CE-Kennzeichnung	692
	Zusammenfassung	699
Kapitel 20	Thermometer	701
20.1	Sensor	703
20.1.1	Sensorauswahl	703

20.1.2	Signalgröße und benötigte Auflösung.....	705
20.2	Sensorinterface	709
20.2.1	Zweileiter-Anschluss	709
20.2.2	Vierleiter-Anschluss	710
20.2.3	Dreileiter-Anschluss.....	714
20.2.4	Realisierung des Sensorinterfaces	715
20.3	Analog/Digital-Umsetzung	717
20.3.1	Realisierung des A/D-Umsetzers.....	721
20.3.2	Überlegungen zur Dimensionierung	725
20.3.3	Berechnung der Temperatur	730
	Zusammenfassung	732
	Literatur	733
	Index	737