

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	<b>7</b>
<b>1 Messgeräte für die Grundsaltungen der Elektronik</b> .....	<b>9</b>
1.1 Multimeter .....	12
1.1.1 Messung eines Gleichstromes .....	14
1.1.2 Messung einer Wechselspannung .....	14
1.1.3 Messung eines ohm'schen Widerstandes .....	15
1.1.4 Messung des Dezibelwertes .....	18
1.1.5 Multimeter-Definitionen .....	19
1.2 Funktionsgenerator .....	20
1.3 Zweikanal-Oszilloskop .....	23
1.4 Definitionen von Spannungen und Strömen .....	27
1.4.1 Effektivwerte .....	28
1.4.2 Arithmetischer Mittelwert .....	30
1.4.3 Brummspannung .....	34
<b>2 Schaltungen mit Dioden</b> .....	<b>35</b>
2.1 Arbeiten mit Dioden .....	37
2.1.1 Statischer und dynamischer Innenwiderstand .....	38
2.1.2 Aufbau von Datenblättern .....	40
2.1.3 Einweggleichrichter .....	41
2.1.4 Einweggleichrichter zur Leistungsreduzierung .....	44
2.1.5 Einweggleichrichter mit Ladekondensator .....	45
2.1.6 Brückengleichrichter .....	48
2.1.7 Brückengleichrichter mit Ladekondensator .....	49
2.2 Dioden als elektronischer Schalter .....	50
2.2.1 Dioden als Polwechsler .....	51
2.2.2 Dioden als Entkoppler .....	53
2.2.3 Freilaufdiode .....	54
2.3 Digitale Verknüpfungen mit Dioden .....	57
2.3.1 ODER-Glied .....	59
2.3.2 UND-Glied .....	61
2.4 Dioden als Spannungsbegrenzer .....	62
2.4.1 Begrenzerschaltung mit Dioden .....	63
2.4.2 Impulsformung .....	64
2.5 Z-Diode .....	65
2.5.1 Kennlinie der Z-Diode .....	66
2.5.2 Messschaltung mit Z-Dioden .....	69
2.5.3 Stabilisierungsschaltung mit Z-Dioden .....	70
2.5.4 Nullpunktunterdrückung .....	74
2.5.5 Z-Diode als Brummsiebung .....	75
2.6 Leuchtdioden (LED) .....	76
2.6.1 Kontrolllampe mit LED .....	78
2.6.2 Schutzschaltungen mit Kontroll-LED .....	79
2.6.3 7-Segment-Anzeige .....	81
2.6.4 Bar-Anzeige .....	83
2.7 Optokoppler .....	84

<b>3 Verstärkerschaltungen</b> . . . . .	<b>89</b>
3.1 Transistorverstärker . . . . .	90
3.1.1 Kleinsignalverstärker . . . . .	93
3.1.2 Thermische Arbeitspunktstabilisierung . . . . .	96
3.1.3 Emitterschaltung . . . . .	100
3.1.4 Einstufiger Verstärker . . . . .	102
3.1.5 Kollektorschaltung . . . . .	103
3.1.6 Mehrstufige Verstärker . . . . .	105
3.1.7 Direkte Gleichstromkopplung . . . . .	106
3.1.8 Zweistufiger Verstärker . . . . .	108
3.1.9 Zweistufiger Verstärker mit Gegenkopplung . . . . .	111
3.2 Leistungsverstärker . . . . .	117
3.2.1 Leistungsverstärker im A-Betrieb . . . . .	117
3.2.2 Leistungsverstärker im B-Betrieb . . . . .	125
3.2.3 Leistungsverstärker im AB-Betrieb . . . . .	127
3.3 Wechselstromeigenschaften von Verstärkern . . . . .	130
3.3.1 Emitterschaltung . . . . .	133
3.3.2 Frequenzverhalten der Emitterschaltung . . . . .	137
3.3.3 Ansteuerung mit Rechtecksignalen . . . . .	141
3.3.4 Gegenkopplung bei der Emitterschaltung . . . . .	145
3.3.5 Ausgangswiderstand bei Stromgegenkopplung . . . . .	150
3.4 Verstärker mit Feldeffekttransistoren . . . . .	159
3.4.1 FET-Sourceschaltung . . . . .	161
3.4.2 Wechselstromgegenkopplung . . . . .	164
3.5 Differenzverstärker als Gleichspannungsverstärker . . . . .	166
3.5.1 Arbeitsweise eines Differenzverstärkers . . . . .	167
3.5.2 Brückenspannungsverstärker . . . . .	169
3.5.3 Differenzverstärker mit einem Ausgang . . . . .	170
3.5.4 Interne Gegenkopplung . . . . .	173
3.5.5 Spannungsverstärkung von Differenzverstärkern . . . . .	176
3.6 Operationsverstärker . . . . .	178
3.6.1 Grundprinzip und Kennwerte . . . . .	179
3.6.2 Kenndaten eines Operationsverstärkers . . . . .	182
3.6.3 Übertragungskennlinie . . . . .	183
3.6.4 Komparator . . . . .	184
3.6.5 Invertierender Operationsverstärker (Umkehrverstärker) . . . . .	187
3.6.6 Invertierender Verstärkerbetrieb . . . . .	187
3.6.7 Nicht invertierender Operationsverstärker . . . . .	190
3.6.8 Kompensation von Störgrößen . . . . .	193
3.6.9 Wechselspannungsverstärker . . . . .	196
3.6.10 Operationsverstärker mit Leistungsstufe . . . . .	198
3.6.11 Umkehrverstärker mit nicht linearen Bauelementen im Rückkopplungsweig. . . . .	201
3.6.12 Addierer (Invertierender Addierer) . . . . .	203
3.6.13 Subtrahierer (Differenzverstärker) . . . . .	205
3.6.14 Integrator mit frequenzabhängiger Gegenkopplung . . . . .	208
3.6.15 Differenzierer . . . . .	210

---

<b>4</b>	<b>Transistor als elektronischer Schalter</b>	<b>213</b>
4.1	Arbeitsweise einer Transistorschaltstufe	214
4.1.1	Übersteuerter Transistorbetrieb	215
4.1.2	Zeitliches Schaltverhalten des Transistors	217
4.1.3	Verlustleistung eines Transistors	220
4.2	Transistorschalter mit komplementären Transistoren	224
4.2.1	Berechnungsbeispiel eines einfachen Transistorschalters	225
4.2.2	Störspannungsabstand beim Transistorschaltverstärker	226
4.2.3	Übersteuerungsfaktor	228
4.3	Kippschaltungen	230
4.3.1	Bistabile Kippschaltung	230
4.3.2	RS-Flipflop mit statischen Eingängen	232
4.3.5	Signalpegel und Logikzustände	235
4.3.4	Schaltsymbol	237
4.3.3	Kippschaltung mit Vorzugslage	238
4.3.6	Verbessertes RS-Flipflop	238
4.3.7	Flipflop mit dynamischen Eingängen	239
4.3.8	Flipflops mit dynamischen Eingängen und Vorbereitungseingängen	241
4.3.9	Symbol für RS-Kippglieder	246
4.3.10	T-Kippglied (Binärteiler)	247
4.3.11	T-Kippglied als Frequenzteiler	249
4.3.12	JK-Kippglieder mit Flankensteuerung	249
4.3.13	Kippglieder mit statischer und dynamischer Steuerung	254
4.4	Monostabile Kippschaltung	254
4.4.1	Arbeitsweise eines Monoflops	255
4.4.2	Flankensteuerung bei einem Monoflop	257
4.4.3	Monoflop mit Vorbereitungssignal	259
4.4.4	Schaltsymbol	260
4.4.5	Erholzeit eines Monoflops	262
4.4.6	Anwendungsbeispiele	263
4.5	Astabile Kippschaltung (Multivibrator)	264
4.5.1	Grundsaltung einer astabilen Kippschaltung	264
4.5.2	Multivibrator mit Operationsverstärker	268
4.5.3	Multivibrator für positive Rechteckspannungen	272
4.5.4	Frequenzeinstellung	275
4.5.5	Einstellung des Impuls-Pausen-Verhältnisses	277
4.5.6	Anwendungs- und Dimensionierungsbeispiel	279
<b>5</b>	<b>Signalgeneratoren</b>	<b>281</b>
5.1	Generator und Oszillator	282
5.1.1	Rechteckgeneratoren mit Transistoren (astabile Kippschaltung)	282
5.1.2	Astabile Kippstufe mit Operationsverstärkern	283
5.2	Sägezahngenerator	285
5.2.1	Prinzip der Sägezahnspannung	285
5.2.2	Einfacher Sägezahngenerator mit Unijunktions transistor	286
5.2.3	Sägezahngenerator mit UJT und Konstantstromquelle	288
5.2.4	Erzeugung von Sägezahnspannungen mit Integratoren	289
5.2.5	Integrator mit Operationsverstärker	291

5.2.6	Dreieck-Rechteck-Generator . . . . .	293
5.2.7	Sperrschwinger . . . . .	294
5.3	Sinusgenerator . . . . .	296
5.3.1	Prinzip der Mitkopplung . . . . .	297
5.3.2	LC-Oszillatoren . . . . .	301
5.3.2.1	Meißner-Oszillator . . . . .	301
5.3.2.2	Colpitts-Oszillator . . . . .	303
5.3.2.3	Hartley-Oszillator . . . . .	304
5.3.3	Sinusgeneratoren mit RC-Gliedern. . . . .	305
5.3.4	Phasenschiebergenerator . . . . .	307
5.3.5	Sinusgenerator mit Wien-Robinson-Brücke. . . . .	309
5.3.6	Wiengenerator mit zweistufigem Transistorverstärker. . . . .	312
5.3.7	Sinusgenerator mit Wien-Robinson-Brücke. . . . .	313
5.4	Oszillatoren mit Quarz . . . . .	314
5.4.1	Eigenschaften von Quarzen. . . . .	315
5.4.2	Operationsverstärker und Quarz . . . . .	317
5.4.3	Quarzoszillatoren mit TTL-Schaltkreisen. . . . .	318
5.4.4	Quarzoszillatoren mit Transistoren. . . . .	320
<b>6</b>	<b>Impulsformer mit Schmitt-Trigger und Komparator . . . . .</b>	<b>321</b>
6.1	Schmitt-Trigger . . . . .	321
6.1.1	Einfacher Schmitt-Trigger . . . . .	322
6.1.2	Emittergekoppelter Schmitt-Trigger . . . . .	322
6.1.3	Schmitt-Trigger als Rechteckimpulsformer . . . . .	326
6.1.4	Schmitt-Trigger mit FET-Eingang . . . . .	328
6.1.5	Schmitt-Trigger mit Spannungs-Mitkopplung. . . . .	328
6.1.6	Schmitt-Trigger mit einstellbaren Triggerpegeln . . . . .	332
6.2	Schaltungsbeispiele. . . . .	335
6.2.1	Dämmerungsschalter . . . . .	335
6.2.2	Temperaturüberwachung . . . . .	335
6.2.3	Symbol des Schmitt-Triggers . . . . .	336
6.2.4	Schmitt-Trigger mit Operationsverstärker . . . . .	336
6.3	Nicht invertierender Schmitt-Trigger mit Operationsverstärker. . . . .	339
6.4	TTL-Schmitt-Trigger 74132 . . . . .	342
6.4.1	Rechteckgenerator mit CMOS-NICHT-Gattern . . . . .	345
6.5	Begrenzerschaltungen . . . . .	347
6.5.1	Amplitudenbegrenzer mit Dioden. . . . .	347
6.5.2	Amplitudenbegrenzer mit Z-Dioden . . . . .	349
6.5.3	Amplitudenbegrenzer mit Transistoren. . . . .	350
6.6	Differenzier- und Integrierschaltungen . . . . .	350
6.6.1	Differentiation mit RC-Gliedern . . . . .	352
6.6.2	Differentiator mit Operationsverstärker . . . . .	354
6.6.3	Integrierglieder . . . . .	354
6.6.4	Integrator mit Operationsverstärker . . . . .	355