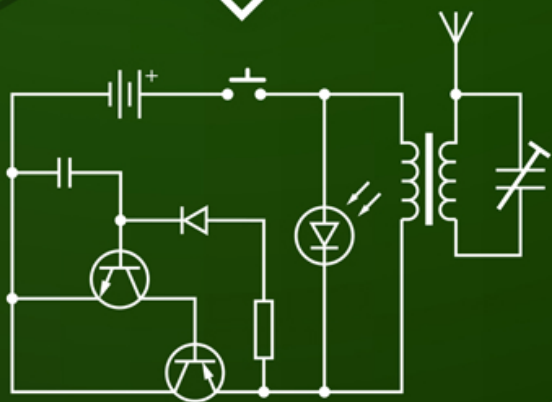


FRANZIS

SAMMELBAND zur professionellen Schaltungstechnik

Band 1 bis 7



Über 2.800 erprobte Schaltungen
aus der Elektronik

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Alle Angaben in diesem Buch wurden vom Autor mit größter Sorgfalt erarbeitet bzw. zusammengestellt und unter Einschaltung wirksamer Kontrollmaßnahmen reproduziert. Trotzdem sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Der Verlag und der Autor sehen sich deshalb gezwungen, darauf hinzuweisen, dass sie weder eine Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen, die auf fehlerhafte Angaben zurückgehen, übernehmen können. Für die Mitteilung etwaiger Fehler sind Verlag und Autor jederzeit dankbar. Internetadressen oder Versionsnummern stellen den bei Redaktionsschluss verfügbaren Informationsstand dar. Verlag und Autor übernehmen keinerlei Verantwortung oder Haftung für Veränderungen, die sich aus nicht von ihnen zu vertretenden Umständen ergeben. Evtl. beigefügte oder zum Download angebotene Dateien und Informationen dienen ausschließlich der nicht gewerblichen Nutzung. Eine gewerbliche Nutzung ist nur mit Zustimmung des Lizenzinhabers möglich.

© 2018 Franzis Verlag GmbH, 85540 Haar bei München

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Das Erstellen und Verbreiten von Kopien auf Papier, auf Datenträgern oder im Internet, insbesondere als PDF, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlags gestattet und wird widrigenfalls strafrechtlich verfolgt.

Die meisten Produktbezeichnungen von Hard- und Software sowie Firmennamen und Firmenlogos, die in diesem Werk genannt werden, sind in der Regel gleichzeitig auch eingetragene Warenzeichen und sollten als solche betrachtet werden. Der Verlag folgt bei den Produktbezeichnungen im Wesentlichen den Schreibweisen der Hersteller.

Autor: Frank Sichla

ISBN 978-3-645-39007-1

INHALTSÜBERSICHT

Band 1: 300 neue professionelle Schaltungen	PDF-S. 4
Band 2: 301 neue professionelle Schaltungen	PDF-S. 395
Band 3: 302 neue professionelle Schaltungen	PDF-S. 788
Band 4: Standardschaltungen der Digital- und Analogtechnik	PDF-S. 1264
Band 5: Schaltungssammlung LEDs, LCDs und Lasertechnik	PDF-S. 1572
Band 6: Schaltungssammlung Mikrocontroller und USB	PDF-S. 1922
Band 7: Schaltungssammlung Mess- und Prüftechnik	PDF-S. 2299

Band 1:

300 neue professionelle Schaltungen

**Applikationsschaltungen für
Praxis, Labor und Studium**

Vorwort

Auch dieser Band „Professionelle Schaltungstechnik“ ist kein Buch für Theoretiker, sondern eins für Praktiker, die für einen bestimmten Anwendungsfall eine Schaltung suchen, die sich schnell und mit wenig Aufwand realisieren lässt.

Da es sich in der Regel um einfache Systeme handelt, wurde bewusst auf einen alle Einzelheiten erklärenden Begleittext verzichtet. Der geübte Praktiker dürfte durchaus in der Lage sein, die Funktion zu durchschauen. Es wird also nur das beschrieben und erklärt, was unbedingt nötig ist, um mit der jeweiligen Schaltung arbeiten zu können.


Es werden nur moderne und hochwertige Bauelemente eingesetzt, deren Beschaffung nicht so schwierig ist, wie man vielleicht zunächst annehmen mag. Die Standardbauteile können Sie bei jedem Elektronikhändler bekommen. Die MOS-Bausteine bekommen Sie in reicher Auswahl, z. B. bei Reichelt-Elektronik, Postfach 10 40, 26358 Wilhelmshaven. Spezial-ICs, MOS-Transistoren, Optohalbleiter sowie einige der eingesetzten Relais können Sie zum Beispiel über die Firma Conrad-Electronic GmbH, Klaus-Conrad-Straße 1, 92240 Hirschau, beziehen. Bezüglich der SDS-Relais wenden Sie sich bitte an die Firma NAIS/SDS-Matsushita Automation Controlls, Deutschland GmbH, Rudolf-Diesel-Ring 2, 83607 Holzkirchen. Wenn Sie bei diesem Hersteller direkt kaufen wollen, bedenken Sie bitte, dass Sie Mindestmengen abnehmen müssen.

Viele Bauelemente können Sie auch über die Distributoren der Hersteller oder deren Halbleiter-Service beziehen. Hier schaffen Sie mit einigen Telefonaten Klarheit. Auch in den Katalogen vieler Versandhändler findet sich so manches interessante Bauelement! Zum Schluss sei noch erklärt, warum das Buch keine Platinen-Layouts enthält.

Erstens würde der Anwender damit auf eine bestimmte Form und Größe der Leiterplatte festgelegt, was der Erfahrung nach absoluter Unsinn ist, denn dafür dann ein passendes Gehäuse zu finden ist fast unmöglich und endet dann meist in einer abenteuerlichen Improvisation.

Zweitens ist der Anwender gezwungen, sich die vorgegebenen Bauteilegrößen in Bezug auf Widerstände und Kondensatoren zu beschaffen. Das kann durchaus Zeit, Geld und Mühe kosten.

Drittens ist der Anwender gezwungen, sich die vorgesehenen Relais zu besorgen. Selbst wenn man gleichwertige oder gar bessere Relais zur Verfügung hat, kann man diese dann meist nicht anwenden. Die richtige Reihenfolge bei der Erstellung eines ordentlichen Gerätes sieht so aus:



Material für die Schaltung zusammenstellen.

Passendes Gehäuse beschaffen.

Platine für diesen Gehäusotyp anfertigen.

Bestücken und einbauen.

Übrigens, viele Schaltungen sind so klein und einfach, dass man sie auf einem Stück Loch-rasterplatte aufbauen kann.

Inhalt

1	Einfache Ampelsteuerung	15
2	Automatische Hausnummernbeleuchtung	16
3	Mittels Drucksensor gesteuerter Tonfrequenzgenerator	18
4	Druckabhängiger Schalter	19
5	Alarmgeber mit Drucksensor	20
6	Selbsthaltender Wechselschalter	21
7	Zeitgeber mit getrennt einstellbarer Anzug- und Abfallverzögerung und optischer Betriebsanzeige	22
8	Hellschalter als Alarmgeber	24
9	Rotlicht-Kontrolleur	25
10	Programm-Ende-Melder für Waschmaschinen mit Drehwahlschalter	26
11	Zündflammenüberwachung mit Alarm für Kombithermen (Gas-Etagenheizung)	28
12	Schaltzusatz für Quarz- und Funkuhren	30
13	Signaltongenerator für Programm-Ende-Melder	32
14	Mini-Netzteil	33
15	Pulsierende LED	34
16	Verzögerter Schalter	35
17	Zeitgeber	36
18	Verbesserter Zeitgeber mit UJT	37
19	Wechselblinker mit „Vibrato“	38
20	Taktoszillator mit Optokoppler als Ausgangsstufe	39
21	Doppellaufflicht	40
22	Zuverlässiger Hochlast-Stromstoßschalter mit Thyristor-Flip-Flop	42
23	Flexibler Zeitschalter mit Zeitwahl per Starttaster	44
24	Baustellenblitzer	47
25	Selbsthaltender, zeitgesteuerter Signalgeber	48
26	Akustischer Melder mit Tonhöhen- und Laufzeitprogrammierung	49
27	„Piepomat“ für Nostalgiker	50
28	Akustischer Signalgeber, Typ „Ohrenquäler“	52
29	Verpolungsschutzschaltung	53
30	Automatikschalter von Netzteil auf Batterie	54
31	Weich einschaltender Halogen-Timer mit Abschaltvorwarnung	56
32	Optischer Türmelder	58
33	Kleinlampe mit digitaler Dimmung	60
34	Hochempfindlicher Schaltverstärker mit Zeitfunktion	62

35	Stromsparender Reflexschalter mit einstellbarer Ausgangsimpulsbreite	63
36	„Supereinfacher“ verzögerter Schalter	64
37	Verzögerter Einschalter mit Halbleiter-Relais	65
38	Toggle-Zeitgeber und Flip-Flop mit XR2240	66
39	Notlicht bei Lampenausfall	68
40	Impulsspeicher	69
41	Lichtgesteuerter Zeitschalter	70
42	Fotoelektrischer Fernschalter	72
43	Taschenlampen-Fernsteuerung	74
44	Blitzblinker	75
45	Dunkelschalter	76
46	Hochspannungs-LED	77
47	Multivibrator mit verzögert durchschaltenden Ausgängen	78
48	Verzögert durchschaltender Multivibrator aus Schmitt-Triggern	79
49	Batterieversorgter „Multivibrator“ bzw. Messstellenumschalter	80
50	Impulsgesteuerter Alarmgeber mit Laufzeitbegrenzung	81
51	Wasser-Melder	82
52	4060 als steuerbarer Zeitgeber	83
53	„Leerlauf“-Abschalter für Fernsehgerät etc.	84
54	Steuern von 24 Volt-Relais an 12 Volt Betriebsspannung	86
55	„One-Shot“-Relais	87
56	Einschaltzeitbegrenzer	88
57	Stromverbrauchsanzeige	89
58	Ein-Transistor-Taktgenerator	90
59	Signalgeber mit zeitlich begrenzter Laufzeit	91
60	Relais als Signaltongebener	92
61	Reservelampe	93
62	Hochspannungspulser	94
63	Zeitgeber für Akkubetrieb	95
64	NE555 – „digitalisiert“	96
65	ICM7555 als digitalisierter Toggle-Timer	98
66	Bewegungs-Detektor	99
67	Klein-Netzteil für Bewegungs-Detektor	100
68	Impulsgenerator/Baustellenblinker	100
69	Elektronischer Türklopfer, Typ „Hammerwerk“	101
70	Stromstoßschalter	102
71	Alarm-Melder mit Leistungsschalter	103
72	Optischer und akustischer Melder mit Relais-Schaltstufe	104
73	Lichtzeilensteuerung	105
74	Sirenenschaltung	106
75	Akustischer Melder mit Selbsthaltung	106
76	Warntongebener	107

77	555 im Zyklusbetrieb	108
78	Fotoelektrisch kontrollierter Zeitgeber	109
79	High-Tech-Dämmerungsblinker	110
80	Manuell getriggert Nachbrenner für Autoscheinwerfer	111
81	Nachbrenner für Autoscheinwerfer	112
82	Handgestarteter Nachbrenner ohne Ruhestromaufnahme	114
83	ICM7555-Timer mit ungewöhnlicher Beschaltung	115
84	Zeitschalter für Batteriebetrieb	116
85	Schaltverstärker für Bimetall-Blinklampen	117
86	Zeitgeber für professionelle Anwendungen	118
87	Warnlampen-Funktionskontrolle	120
88	Bewegungsmelder	121
89	Automatisches Türsignal	122
90	Power-Flip-Flop	123
91	Entweder-Oder-Leistungsschalter	124
92	„Hauptlast hat Vorrang“ Schalter	125
93	Lastvorrangschalter mit MOS-Fet	126
94	„Nur so“-Blinker	127
95	Mit Hallelement geschaltete Steckdose	128
96	Mit Hallschalter gesteuerte Steckdose mit bistabilem Relais	129
97	Hochleistungswahlschalter 1 aus 4 (Tastenaggregat)	130
98	4-Kanal-Wahlschalter	132
99	Vereinfachter Tastwahlschalter	133
100	3-fach Lampenwahlschalter	134
101	Fenster/Heizkörper-Koordinator	136
102	Weichblinker für Alarm- und Meldeanwendungen	137
103	Lichteffektschaltung	138
104	Ablaufsteuerung	139
105	Optischer Bewegungsmelder	140
106	Einfacher Bewegungsmelder	141
107	Stromstoß-Relais in Sparschaltung	142
108	Stromstoß-Relais mit Ruheanzeige per LED	143
109	Weichschalter für Halogenlampen	144
110	Schaltverstärker mit Zeitfunktion	145
111	Verzögerter Einschalter	146
112	555-Timer mit Nachtriggerfunktion	147
113	ICM 7555 mit Nachtriggerfunktion	148
114	Alarmanlage	149
115	Monoflop	150
116	Nachtriggerbares Monoflop	151
117	Flipflop	152
118	Verzögerter Mehrfachschalter	153

119	Wahlschalter 1 aus 4	154
120	Dreifachschalter	156
121	Sicherungs-Defekt-Anzeige	157
122	Elektronischer Windrichtungsanzeiger	158
123	Acht Klingeln an einer Leitung/Kodierte Hausklingelanlage	160
124	Zeitbezogenes Herunterstufen der Helligkeit von Halogenlampen	163
125	Zeitlicht mit helligkeitsvermindertem Nachlauf	164
126	Nachlaufendes Zeitlicht	165
127	Automatischer Abschalter für Fernsehgerät, Radio etc.	166
128	Lichtschalter mit zeitbezogenem Herunterstufen der Lampenhelligkeit	167
129	IR-Fernsteuerempfänger mit digitaler Schaltanzeige	168
130	IR-Handsender	169
131	Ein Leuchtsegment fährt Karussell	170
132	Analog-Blink-Lichtband	171
133	Analoges Lichtband, abbauend	172
134	Zeitgeber mit Count-Down-Anzeige	173
135	5-facher, serieller Lastschalter	174
136	Dämmerungsdimmer	175
137	Nachtriggerbarer Zeitgeber mit Abschaltvorwarnung	176
138.1	Flurlichtzeitschalter mit Abdimmeffekt zur Abschaltwarnung	177
138.2	Steuermodul	179
139	Einfacher Signalgeber	181
140	Nullspannungs-Lichtschalter	182
141	Einfachst-Netzblinker	183
142	ICM7555 als Generator mit getrennt einstellbarer Frequenz und Impulsbreite	184
143	IR-Reflexschalter	185
144	IR-Reflex-Zeitschalter	187
145	Türklingel „Krawallopieps“	188
146	Umschaltransistor	190
147	Kontrollschaltung	191
148	Parallel-Zeitschalter	192
149	Nachlaufzeitschalter	194
150	Einfache Lichtbandsteuerung	196
151	Lichteffektschaltung mit Binärzähler	197
152	Haustür-Zeitlicht	198
153	IR-Sender	199
154	IR-Empfänger	200
155	Zeitschalter für IR-Empfänger	201
156	Universalempfänger für IR-Fernsteuerung	202
157	Automatik-Türgong mit Passiv-IR-Detektor	203
158	Automatisches Nachtlicht	204
159	LED-Blitzer	205

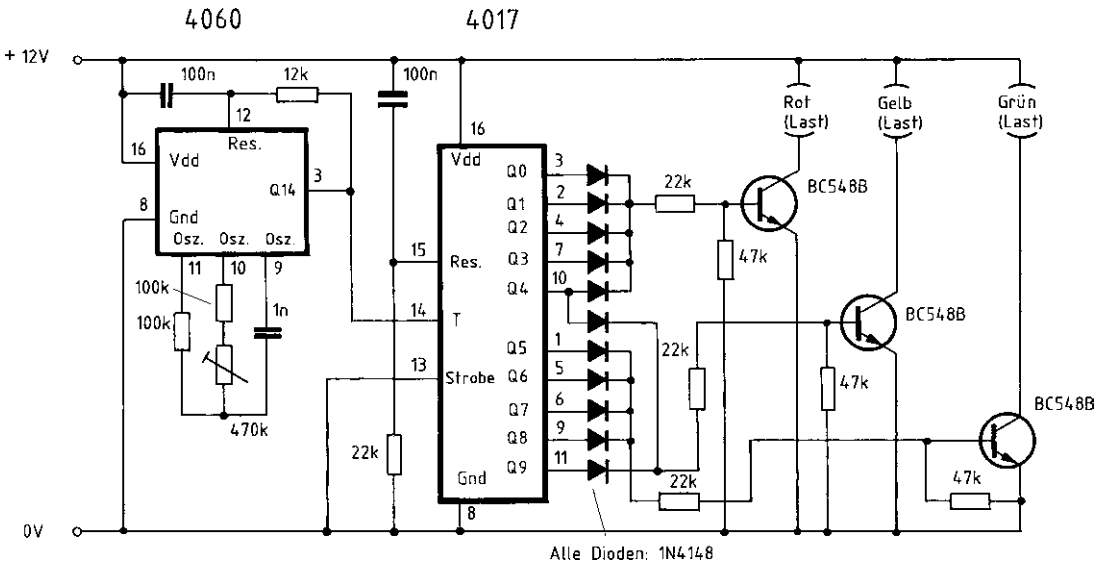
160	Wechselspannungsfernsteuerung	206
161	Netz-Sicherungs-Überwachung	207
162	Togglebarer Zeitschalter	208
163	Kurzzeitgeber ohne Ruhestromaufnahme	210
164	Drahtgebundene Steuerung von zwei Netzlasten	211
165	Doppelklingel	212
166	Dämmerungsschalter mit Hochlastrelais	214
167	Timer „ohne“ Ruhestrom	215
168	Pendellichtbandsteuerung	216
169	Sensorschalter	218
170	Zeitschalter mit Sensorsteuerung	219
171	Lauflicht mit Arbeitsmoduseinstellung	220
172	Doppelpendellauflicht	222
173	8-Kanal-Pendellauflicht	224
174	Steuerteil für 10-Kanal-Lauflicht	225
175	Signalgenerator	226
176	Zeitgesteuerte Sirenschaltung	227
177	Besuchermelder	228
178	Verzögerter Doppelschalter	230
179	Serieller „Halogen-Schalter“	232
180	8-Minuten-Timer mit Count-Down und Nachtriggerfunktion	233
181	Steuerschaltung für 16 mm Duo-LED	235
182	Einschaltstrombegrenzer für 6 Volt Halogenlampe	236
183	Einschaltstrombegrenzer für Halogenlampe 12 V/20 W	237
184	Weichschalter mit Abschaltverzögerung für Halogenlampe	238
185	Automatischer Serienschalter	239
186	Serieller Schalter mit Zeitfunktion	240
187	Ministromversorgung ohne Trafo	242
188	Halogen-Dimmer	243
189	„Weichschalter“ für 230-Volt Glühbirnen	244
190	Lichtband mit auf- und abbauendes Lauflicht	245
191	Einfacher Kurzzeitschalter für hohe Last	246
192	Verbesserter Kurzzeitgeber mit Diac	247
193	Überhitzungsschutz für Kleinst-Transformatoren	248
194	Und hier die „Toto-Zahlen“	249
195	Digitaler Zähler	250
196	Supereinfacher, zuverlässiger Zeitgeber	251
197	Schalteraggregat	252
198	Helligkeitsabhängiger Tongenerator	255
199	Automatische Helligkeitsanpassung einer 20 Watt Halogenbirne:	256
200	Reflex-Taste:	257
201	Kontrollschaltung mit Reflexkoppler	258

202	Wechselblinker mit UJT und bistabilem Relais	260
203	Rechts-Links-Schieberegister mit Ausgangsselektion	261
204	Digitaler Stufendimmer für Halogenlampe mit Rechts-Links-Schieberegister	262
205	4-stufiger Dimmer für Glühbirnen von 40–100 Watt mit Rechts-Links-Schieberegister 40194	264
206	Lampenschieber	266
207	Notlichtumschalter	267
208	Automatische Reservelampe	268
209	Phasenverpolungsschutzschaltung	271
210	Selbsthaltendes Halbleiter-Relais	270
211	Doppelschalter	273
212	Spannungsabhängiger Schalter	274
213	Blinkende Glimmlampe	275
214	Verzögerter Einschalter mit Count-Down	276
215.1	Mini-Fernsteuersender	278
215.2	Fernsteuersender, Variante 2	279
216	Mini-Fernsteuerempfänger	280
217	Haustürschlüssel-Empfänger	281
218	IR-Reflexschalter	282
219	Stromversorgung für IR-Reflexschalter	283
220	Reflexlichtschranke	284
221	Richtungsabhängige Lichtschranke	285
222	2. Variante der richtungsabhängigen Lichtschranke	287
223	Postmelder	288
224	Briefkasten-Kontrolleur	289
225	Hochleistungs-Blitzblinker	290
226	Impulsschalter für Akku-Lampe	291
227	230 V-Blink-LED	292
228	Leistungs-Zeitschalter mit Diac und „Eltako“	293
229	Unterspannungsanzeige für Batteriegeräte	294
230	Spannungsregler von 11–14,5 auf 9 Volt	295
231	Zeitschalter mit Spannungsdetektor IC ICL8212	296
232	Solar-Laderegler einfachster Bauart	297
233	Grenzspannungsschalter	298
234	Kontaktloser Schalter „Marke-Eigenbau“	299
235	Türüberwachung mit Hallschalter und Piezo	300
236	„Schubladen-Kontrolleur“	301
237	Kontaktlose Taste mit Hallschalter	302
238	Sicherheitsschloss, Typ: „Russisch-Roulette“	303
239	Verzögerter Einschalter	305
240	Sicherungsüberwachung	306
241	Wechselschalter für mit Leuchtstoffröhren bestückte Lichtreklame-Displays	307

242	Verzögerter Einschalter mit extrem langer Vorlaufzeit	308
243	5-Minuten-Timer	309
244	30-Sekunden-Einschaltverzögerung	311
245	Verzögerter Einschalter mit 4060	312
246	Verzögerter Einschalter	313
247	Zeitschaltverstärker für Quarz- bzw. Funkuhren	315
248	Schaltmodul für Funkuhr	316
249	Langzeitverzögerer	318
250.1	Stunden-Timer mit Count-down und Abschaltvorwarnung	319
250.2	Stunden-Timer mit Count-down und Abschaltvorwarnung	320
251	Betriebskontrolle für LötKolben	321
252	Alarm/Meldeblinker	322
253	Netzbetrieb von Niedrigspannungslampen	323
254	Automatisches Nachtlicht	324
255	Dämmerungsschalter, Version 2	325
256	Selektiver Schalter	326
257	Entweder-Oder-Schalter	327
258	Kurzzeitbeleuchter	328
259	Netz-Lampenausfallmelder	329
260	Nachtlicht für Flure, Gänge, Treppen etc.	330
261	Einschaltfernmelder mit Fernabschaltmöglichkeit	331
262	Richtungsempfindliche Lichtschranke	332
263	Akustische Sicherungsüberwachung	334
264	Sensorschalter für Batteriebetrieb	335
265.1	16-Kanal-Lauflicht mit Ausgangsprogrammierung	336
265.2	16-Kanal-Lauflicht mit Ausgangsprogrammierung	337
266	Folgeschalter/Kontrollschalter	338
267	Power-Flip-Flop	339
268	Automatischer Zweitschalter	340
269	Zeit- und Spannungsbegrenztes Einschalten von Messgeräten	341
270	Dämmerungsschalter mit fünf seriell gesteuerten Ausgängen	342
271	Dämmerungsschalter mit fünf Ausgängen	343
272	Spannungsgesteuerter Schalter/Solarladeregler	344
273	Lichtgesteuerter Dreistufenschalter	345
274	Grenzspannungsschalter/Tiefentladeschutzschalter	346
275	10-Minuten-Timer mit Toggle-Funktion und Count-Down	348
276.1	Drahtgebundene Fernsteuerung mit Spannungsstufenauswertung	350
276.2	Drahtgebundene Fernsteuerung mit Spannungsstufenauswertung	351
276.3	Drahtgebundene Fernsteuerung mit Spannungsstufenauswertung	352
276.3	Drahtgebundene Fernsteuerung mit Spannungsstufenauswertung	353
277	9-Kanal-Drahtfernsteuerung	354
278	Unterbrechender Umschalter	357

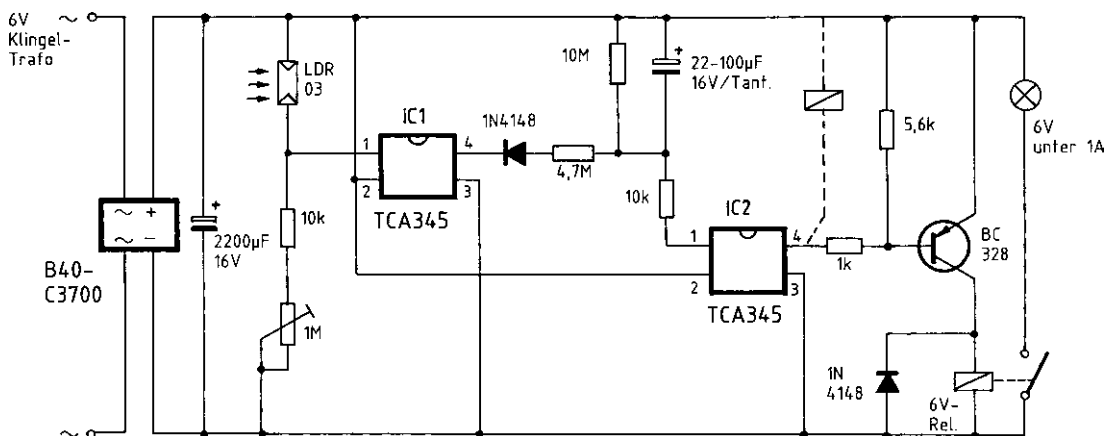
279	Unterbrechender Umschalter mit N-Kanal-Ausgangstransistoren.	358
280	BIP-MOS-Schalter selbstgemacht	359
281	Türklingel „Dudel-Deluxe“ mit Lichtspiel	360
282	Selbstleitender MOS-Fet vom Typ BSS229 als Spannungsregler	361
283	12-Volt-Relais an 24 Volt über Fet-Spannungsregler	362
284	Konstantstromquelle für Low-Current-LEDs	363
285	Konstantstromquelle für 12-Volt Relais	364
286	Ansteuerung bistabiler Relais über Spezial-Optokoppler	365
287	Automatische Leuchtstärkeregelung mit OPL100	366
288	Nachlaufpiepser	367
289	PC921 steuert BUZ11	368
290	Elektronischer Schlüssel	369
291	Elektronisches Schloss	370
292	Thyristor-Flip-Flop	372
293	Impulsspeicher	373
294	IR-Fernsteuerempfänger mit Störsignalunterdrückung	374
295	IR-Fernsteuersender	375
296	Stromversorgung für IR-Fernsteuerempfänger	376
297	IR-Fernsteuerempfänger mit Zeitfunktion	377
298	IR-Fernsteuerempfänger mit erhöhter Zuverlässigkeit	378
299	IR Fernsteuerempfänger mit Stromstoß-Relais	379
300	Drahtgebundene Fernsteuerung/Sender	380
301	Erster Empfänger der drahtgebundenen Fernsteuerung	381
302	Zweiter Empfänger der drahtgebundenen Fernsteuerung und Stromversorgung	382
303	Mini-Dimmer für Halogen-Lampen	383
304	15 kHz-Start-Stop-Oszillator mit Power-Ausgang	384
305	Zeitbezogenes Herunterstufen der Lampenhelligkeit	385
306	Netzausfallerinnerung	386
	Anhang	387

1 Einfache Ampelsteuerung



Diese Schaltung, die für Modellbauanwendungen entwickelt wurde, simuliert über 3 Leuchtdioden oder Kleinglühbirnen, ziemlich perfekt eine Verkehrsampel. Die eigentliche Ablaufsteuerung bildet der 4017, mit der die Ausgänge entkoppelnden Diodenmatrix und den drei Schalttransistoren. Der Teiler-Baustein 4060 dient hier als einstellbarer Taktgeber für den 4017. Wenn Sie Low-Current-LEDs einsetzen, ist die Stromaufnahme so niedrig, dass sogar Batteriespeisung in Frage kommt. Sie können aber auch mittels Relais oder Halbleiter-Relais Glühbirnen ansteuern.

2 Automatische Hausnummernbeleuchtung

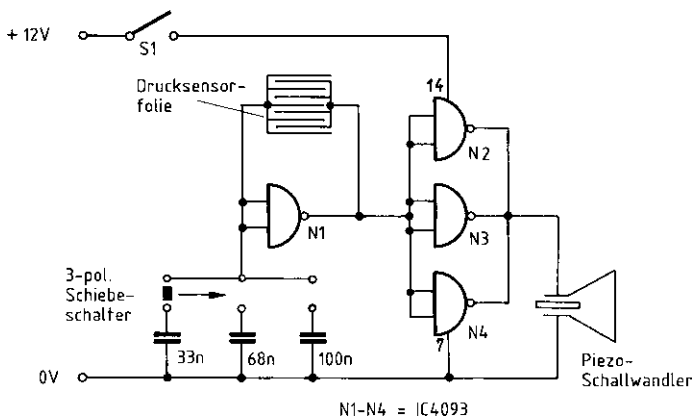


Diese kleine Schaltung ermöglicht es Ihnen, sich eine beleuchtete Hausnummer „aufzubauen“. Das ist durchaus kein unnötiger Luxus, sondern sehr nützlich. Das Ein- und Ausschalten der Beleuchtung geschieht hier selbstverständlich automatisch über folgende Funktionen: IC1 bildet zusammen mit dem LDR und den Widerständen einen einstellbaren Dämmerungsschalter. Solange ausreichend Licht auf den LDR fällt, ist er niederohmig und der Eingang Pin 1 des IC1 liegt an positivem Speisepotenzial. Somit ist der Ausgang Pin 4 hochohmig. Bei Einbrechen der Dunkelheit steigt der Widerstand des LDR langsam soweit, dass irgendwann die Ansprechschwelle des TCA345 unterschritten wird und sein Eingang nun „negativ“ wird. Mit dem Trimmer können Sie diesen Zeitpunkt beeinflussen. Jetzt schaltet der Ausgang Pin 4 durch und es gelangt negatives Potenzial über die Diode und den 4,7 MOhm-Widerstand auf den Tantal-Elko und lädt ihn langsam auf. Wenn Sie einen 22 µF-Elko einsetzen, dann ist dieser nach etwa 2 Minuten soweit aufgeladen, dass die Schaltschwelle des zweiten TCA345 überschritten wird und nun über Ausgang Pin 4 der Transistor durchgeschaltet wird. Das Relais zieht an und die Glühbirne brennt. In der Morgendämmerung fällt nun wieder Licht auf den LDR, und wenn es hell genug ist, wird er wieder so niederohmig, dass der Eingang von IC1 wieder auf „Plus“ liegt und somit der Ausgang sperrt. Da nun kein Ladeerhaltungsstrom mehr in den Elko fließt, wird seine Ladung über den 10 MOhm-Parallelwiderstand abgebaut. Auch jetzt wird noch etwa 2 Minuten die Schaltschwelle des TCA345 unterschritten, was zu seinem Abschalten führt. Nun sperrt auch der Transistor wieder und das Relais fällt ab, die Glühbirne geht aus. In diesem Zustand nimmt die gesamte Schaltung nur etwa 3 mA auf. Sicher werden Sie sich jetzt wie viele Leser fragen: Wozu die Ein- und Ausschaltverzögerung? Diese wurde ganz bewusst so lange gewählt, damit kurzzeitige Verdunkelungen des LDR, z. B. durch Wolken, nicht zum Ein- und Ausschalten der Beleuchtung führen. Ähnlich verhält es sich mit der Ausschaltverzögerung, die verhindert, dass vorbeifahrende Autos mit ihren Scheinwerfern die Beleuchtung abschalten. Wenn Ihnen die Verzögerung durch einen 22 µF-Elko zu gering ist, nehmen Sie einen von 33 µF oder 47 µF.

2 Automatische Hausnummernbeleuchtung (Fortsetzung)

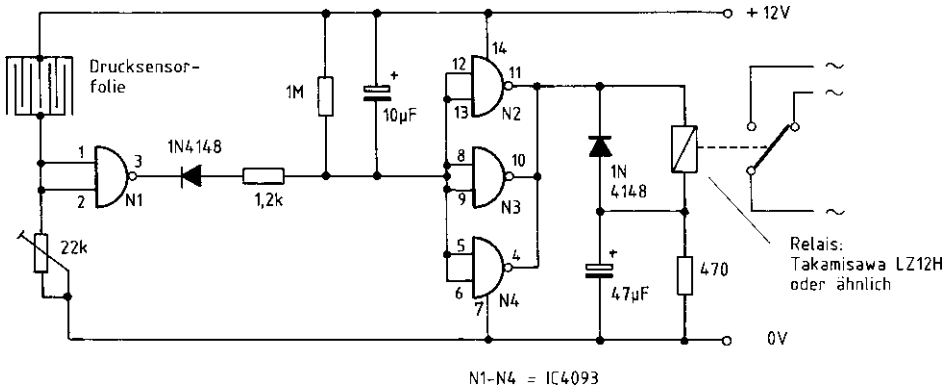
Ein weiterer Punkt, der einige Leser erstaunen wird, ist der Einsatz eines Relais als Lastschalter, wo es doch scheinbar nahe liegt, die Glühbirne direkt mit einem Transistor zu steuern. Auch hier wurde mit Vorbedacht das Relais gewählt, weil es durchaus Vorteile bringt. Erstens sind Sie in der Wahl der Glühbirne viel freier und zweitens muss ein Relais nicht gekühlt werden. Wenn Sie ein empfindliches Relais einsetzen, dann können Sie es direkt über den Ausgangs-Pin 4 von IC2 steuern, und zwar so, wie strichliert gezeigt. Das Relais darf dann aber darauf keinen Fall mehr als 70 mA-Spulenstrom ziehen. Versorgen können Sie das gesamte System mit einem 6 Volt-Klingeltrafo, der etwa 1 – 1,5 A liefern können muss.

3 Mittels Drucksensor gesteuerter Tonfrequenzgenerator



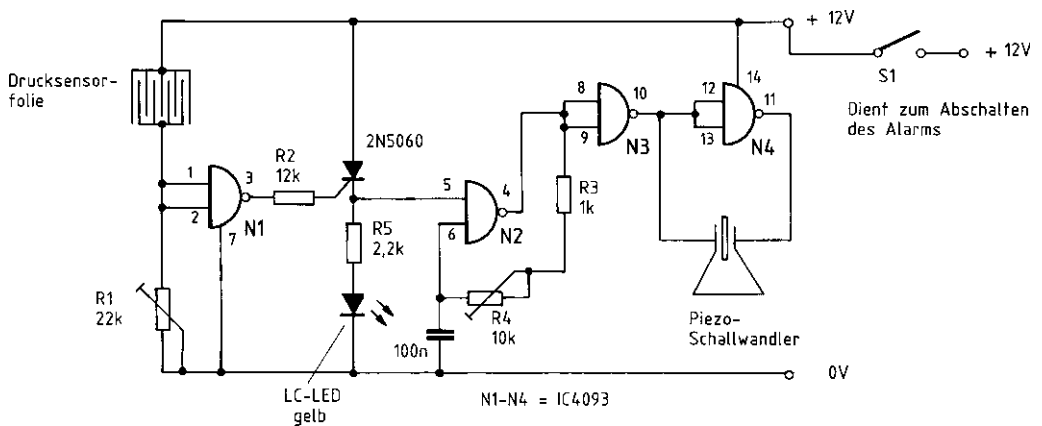
Diese etwas eigentümlich anmutende Schaltung ist verblüffend und vielseitig einsetzbar. Die Generatorschaltung selbst ist altbekannt und wird deshalb hier nicht weiter erklärt. Das Besondere an dieser Schaltung ist der Drucksensor in Folienform, den Sie bei Fa. Conrad beziehen können. Diese Folie verändert ihren Eigenwiderstand unter Druck, und zwar von weit über 20 MOhm im unbelasteten Zustand, hin zu etwa 2 kOhm unter kräftigem Druck, z. B. mit dem Finger. Da dieser veränderliche Widerstand im Rückkopplungsweig des Generators liegt, führt das zu einer Veränderung der Ausgangsfrequenz, und zwar derart, dass die Frequenz immer höher wird bei steigendem Druck. Anstelle des Piezoschallwandlers können Sie natürlich auch einen MOS-Fet ansteuern und über diesen einen Lautsprecher. Diese Schaltung können Sie zum Beispiel als originelle Türklingel einsetzen, oder als Toneffektgenerator, auf Gewicht reagierenden Alarmgeber, oder denken Sie sich doch selber was aus!

4 Druckabhängiger Schalter



Diese Schaltung wurde entwickelt als Teil einer halbautomatischen Abfüllanlage. Der Foliendrucksensor ist dabei Teil einer Art „Wiegevorrichtung“, auf die der zu füllende Behälter gestellt wird. Über ein Magnetventil wird nun z. B. Wasser in den Behälter gelassen. Ist ein bestimmtes Gewicht erreicht, ist der Widerstand der Drucksensorfolie also kleiner als der des Trimmerwiderstandes, dann kippt N1 und lädt den 10 µF-Elko. Die Gatter N2/N3/N4 schalten ebenfalls um und das Relais zieht an, was dazu führt, dass dem Magnetventil der Betriebsstrom entzogen wird und es somit sperrt. Damit nun der volle Behälter gegen einen leeren ausgetauscht werden kann, bleibt das Relais noch etwa 10 Sekunden angezogen, wofür der 10 µF-Elko sorgt. Wenn Sie den 1 MOhm-Widerstand durch einen Trimmer ersetzen, dann können Sie die Abfallverzögerung den jeweiligen Bedürfnissen anpassen. Wenn das Relais abfällt, dann bekommt das Magnetventil wieder Strom und öffnet. Zu der gesamten Anlage gehören natürlich noch verschiedene Sicherheitssysteme, zum Beispiel um ein Öffnen des Magnetventils zu verhindern, wenn kein Behälter auf dem Sensor steht. Die Ansprechschwelle der Schaltung lässt sich mit dem 22 kOhm-Trimmer innerhalb gewissen Grenzen beeinflussen. Noch einige Bemerkungen zu den Treibergattern und zum Relais: Die drei parallel geschalteten Gatter können zwar bei 12 V-Betriebsspannung rund 36 mA liefern, dennoch sollten Sie das Relais wie gezeigt in Sparschaltung betreiben um den Strom auf ein akzeptables Maß zu reduzieren. Der Anzugstrom des Relais liegt bei 30 mA, der Haltestrom bei rund 15 mA, und das auch nur für die Einschaltzeit, denn so bald das Relais abgefallen ist, geht die Stromaufnahme der Schaltung innerhalb von etwa 10 Sekunden auf Null. Ein Ein- und Ausschalter ist somit nicht zwingend nötig.

5 Alarmgeber mit Drucksensor



Dieses kleine Gerät wurde entwickelt, um zu verhindern, dass Ausstellungsstücke auf einer Messe entwendet werden. Dazu muss das zu sichernde Gerät auf den Foliensensor gestellt werden und die Betriebsspannung eingeschaltet werden. Mit R1 lässt sich die richtige Empfindlichkeit einstellen. Der Thyristor darf also nicht gezündet sein. Nimmt nun jemand den Gegenstand vom Sensor, dann wird dieser hochohmig und die Eingänge von Gatter 1 liegen über R1 an Null, was zum Umkippen seines Ausgangs führt. Jetzt bekommt der Thyristor positives Zündpotenzial und schaltet durch. Die LED leuchtet und ihr Strom hält den Thyristor durchgeschaltet. Damit wird auch Steuereingang 5 von Gatter N2 positiv und dieses arbeitet im Zusammenspiel mit R3/R4 und dem 100 nF-Kondensator als Tongenerator für den Piezoschallwandler, der über die Ausgänge der beiden Treibergatter N3 und N4 mit dem Signal beaufschlagt wird. Diese Art der Beschaltung bringt eine enorme Lautstärke, und sorgt so dafür, dass das Personal aufmerksam wird und nach dem Rechten sieht. Mit R4 lässt sich der Oszillator auf die Resonanzfrequenz des Piezos einstellen. Der Ton wird dann so schrill, dass alle Zahnprothesen in der Nähe schwingen. Dieser Effekt und ein missbilligender oder strafender Blick des Personals haben einen durchaus erzieherischen Wert. Apropos, auch wenn der Piezo kreischt, dass Brillengläser springen, die Stromaufnahme der Schaltung bleibt bei 10 mA.

Band 2:
301 neue
professionelle
Schaltungen

Applikationsschaltungen für
Praxis, Labor und Studium

Inhalt

1.	Abtast-/Halte-Schaltungen (Sample And Hold)	15
1.1	Zwei Anstiegszeiten	16
1.2	Abtastverstärker	17
1.3	Verfolgen und Halten	18
1.4	256 8-Bit Abtasten/Speichern	19
1.5	Sample and Hold nichtinvertierend	20
1.6	Sample and Hold digital	21
1.7	Sample and Hold analog	22
1.8	Neutralisation im Bereich von $\pm 7,5$ V	23
1.9	Sample and Hold nichtinvertierend	24
1.10	Zeitgesteuertes Abtasten der Anstiegsflanke	25
1.11	256 Pegel Hold	26
1.12	Verfolgen und Halten bis 4 kHz	27
1.13	Sample and Hold	28
1.14	15 V nur eine Versorgungsspannung	29
1.15	Sample and Hold mit FET-Operationsverstärker	30
1.16	Sample and Hold mit kleiner Drift	31
1.17	Schneller Sample and Hold	32
1.18	JFET Sample and Hold	33
1.19	Sample and Hold/Pulsbewerter	34
1.20	Driftreduzierung durch Rückkopplung	36
1.21	Abgeleitetes Abtasten der Anstiegsflanke	37
1.22	Sample and Hold invertierend	38
1.23	Ausschalten von Spannungsspitzen	39
1.24	Sample and Hold mit einstellbarem Offset	40
2.	Signalgenerator-Schaltungen	41
2.1	Geführter Generator	42
2.2	Kalibrierer für 25 kHz	43
2.3	455 kHz zum ZF-Abgleich	44
2.4	Universeller Test-Oszillator	45
2.5	Generator/Kalibrierer fürs Labor	46
2.6	Bandkanten-Markierer	47
2.7	Sinus/Cosinus-Oszillator	48

2.8	Schwingungsform-Synthesizer	49
2.9	30-kHz-Markengenerator für 2 m FM	50
2.10	Frequenz Normal	51
2.11	100-kHz-Quarz	52
2.12	15 Hz bis 40 kHz in vier Bereichen	53
2.13	Präzisions-4,5-MHz-FM für die Fernseher-ZF	54
2.14	Radiofrequenzen in 6 Bereichen	55
2.15	30 Hz bis 100 kHz	56
2.16	Empfänger-Kalibrierer im 2-m-Band	57
2.17	Abgleich-Oszillator	58
2.18	FM-Signal-Generator oder Wobbler	59
2.19	1296 MHz	60
2.20	AM, FM und Kipposzillator	61
2.21	1-kHz-Rechteck	62
2.22	600 kHz bis 12 MHz	63
2.23	TTL-Quarz-Kalibrierer	64
2.24	Fünf-Punkte-Standard	65
2.25	Harmonische-Generator von 6 – 36 MHz	66
2.26	100-kHz-Kalibrierer	67
2.27	Empfänger-Prüfer	68
2.28	CMOS-Markengenerator	69
2.29	5 MHz Standard	70
2.30	50 MHz mit Abschwächer	71
2.31	Gepulster Markierer	72
2.32	Universeller Signalgenerator	73
2.33	Netzwerktester	74
2.34	1-MHz-Quarz-Kalibrierer	75
2.35	NF- und HF-Frequenzen aus 1 MHz	76
2.36	Sekundärer Standard	78
2.37	1 Hz bis 1 MHz	79
2.38	1 – 10 MHz Quarz	80
2.39	2-MHz-Standard mit Teilern	81
2.40	1 – 10 Hz Sinus	82
2.41	455 kHz frequenzmoduliert	83
2.42	HF/VHF-Markengenerator	84
3.	Einseitenband-(SSB-) Schaltungen	85
3.1	Produkt-detektor	86
3.2	SSB-Strom-Mittelwert-Messgerät	87
3.3	SSB-Monitor	88
3.4	Sprachprozessor	89
3.5	Off-Air-Monitor	89

3.6	Seitenband-Mischer	90
3.7	Weicher Begrenzer	90
3.8	3 – 30-MHz-Quadratur-Phasenschieber	91
3.9	Vorverstärker mit Begrenzer	91
3.10	Kompressor und Former in der Vorstufe	92
3.11	660 und 1000 Hz zum Testen von SSB	93
3.12	Quarz-Schwebungssumme (BFO)	94
3.13	Spike-Begrenzer	94
3.14	SSB-Detektor	95
3.15	Zweitton-Bursts	96
3.16	Träger-Oszillator	97
3.17	90°-Phasenschieber mit Brücken	98
3.18	SSB/Dauerstrich-Demodulator	99
3.19	Aktiver Breitband-Phasenschieber	100
3.20	MOSFET-Produkt-detektor	101
3.21	20-Meter-Direkt-Umwandlung	102
3.22	Logarithmischer Begrenzer	104
3.23	Seitenband-Wähler	105
3.24	Begrenzer	106
3.25	Filter als SSB-Generator	107
3.26	Zweitton-Tester	108
3.27	Nicht abgestimmter doppelt abgeglicherer Mischer	109
3.28	Produkt-detektor mit nur einer Versorgungsspannung	110
3.29	10-MHz-Produkt-detektor	111
3.30	SSB-Detektor durch Phasenabgleich	112
4.	Sirenen-Schaltungen	113
4.1	10-W-Auto-Alarmsirene	114
4.2	Tiefton-Sirene	115
4.3	Sirene	116
4.4	Feuersirene verwendet Blitzer	116
4.5	Feuersirene	117
4.6	Polizeisirene	118
4.7	Variable Frequenz und Rate	119
4.8	Schreihals	120
4.9	Variabler Ton durch VCO (Spannungsgesteuerter Oszillator)	121
4.10	Laute Fahrradsirene	122
4.11	Polizei-Warnalarm	123
4.12	Justierbare Sirene	124
4.13	Polizeisirene verwendet Blitzer	125
4.14	Tragbare Spielzeugsirene	126
4.15	Manuell Steuerbare Sirene	127

4.16	Sirene mit Stummschaltung	128
4.17	Sirenen-Chip mit 10 V	129
5.	Squelch-Schaltungen (Rauschsperre)	131
5.1	NF-Rauschsperre	132
5.2	Vom Träger betätigter Schalter	133
5.3	NF-Rauschsperre	134
5.4	Digitaler CTCSS-Oszillator	135
5.5	3-W-Klasse-A/B-Verstärker	136
5.6	NF-Rauschsperre	136
5.7	Stiller COR (vom Träger geschaltetes Relais)	137
5.8	Steuerton-Dekoder	138
5.9	Squelch mit einer Röhre	139
5.10	Squelch-Adapter	140
5.11	Squelch	141
5.12	100-Hz-CTCSS-Oszillator	142
5.13	Rauschunterdrückung	143
5.14	Squelch	144
6.	Treppenspannungsgeneratoren	145
6.1	Sechs-Stufen-FBAS	146
6.2	Treppenspannungssignal mit drei Operationsverstärkern	147
6.3	Stufen für Kurvenmonitor	148
6.4	48 Hz 12 Stufen	149
6.5	4 – 400 Hz bipolar	150
6.6	Sieben Stufen	151
6.7	Konverter vom Typ Zähler	152
6.8	Negatives Triggern	153
6.9	Stufengenerator	154
6.10	Rechteck in Stufenumwandlung	155
6.11	Stufen-Funktionsgenerator	156
6.13	256 negative Stufen	157
6.12	Pulszüge bilden Treppenspannung	158
6.14	Grauskala-Testgenerator	159
7.	Stereo-Schaltungen	161
7.1	Aktiver Klangregler	162
7.2	FM-Rauschunterdrückung	163
7.3	Atmosphäre durch rückwärtige Kanäle	164
7.4	Ultra-rauscharmer Vorverstärker	165
7.5	Stereo-FM-Demodulator	166
7.6	Vorverstärker mit 53 dB	167

7.7	Vorverstärker mit Klangregelung	168
7.8	Aktive Mittelbereichs-Klangregelung	169
7.9	Summe und Differenz	170
7.10	Balance- und Lautstärkeregelung	171
7.11	Stereo-Hall	172
7.12	Hallverstärkung	174
7.13	Aktiver Klangregler durch Rückkopplung	175
7.14	Phasenabgleich für Lautsprecher	176
7.15	FM-Demodulator	177
7.16	PLL-Dekoder	178
7.17	PLL-Stereo-FM-Demodulator	179
7.18	Billiger Stereo-Plattenspieler	180
7.19	Kopfhörerverstärker	181
7.20	FM-Zisch-Begrenzer	182
7.21	Vorverstärker mit Klangregelung	183
7.22	Nichtinvertierender Leistungsverstärker	184
7.23	Invertierender Leistungsverstärker	185
8.	Ablenk-Schaltungen	187
8.1	Ablenkung mit 15 Bereichen	188
8.2	Bidirektionaler Sägezahn	189
8.3	Linearer Sägezahn	190
8.4	Ablenk-Sägezahn	191
8.5	Einfachster Ablenk-Generator	192
8.6	Logikgesteuerte Sägezahn-Geschwindigkeit	192
8.7	Spannungsgesteuerter Sägezahn mit 0,2 bis 20.000 Hz	193
8.8	Justierbarer nichtlinearer Sägezahn	194
8.9	Schneller Rücklauf 2-V-Sägezahn	195
8.10	Sägezahn mit 30 Hz	196
8.11	Sägezahn mit 20 Hz bis 100 KHz	197
8.12	Komplementärer Sägezahn	198
8.13	Lineare/logarithmische Ablenkung	199
8.14	Spannungsgesteuerter Sägezahn	200
8.15	Exponentieller Sägezahn	201
8.16	Digitaler Sägezahn	202
8.17	10,7-MHz-Ablenk-Generator	203
8.18	Variabler Start/Stopp	204
8.19	Digitaler Sägezahn	205
8.20	Sägezahn aus 10 V	206
8.21	Ultralineare Ablenkung	207

9.	Schaltanwendungen	209
9.1	Schnell Ein/Aus	210
9.2	Transformator-Ansteuerung für Schalttransistor	210
9.3	Differenz-Analogschalter	211
9.4	Analog mit hoher Umschaltrate	212
9.5	Zweipoliger FET-Umschalter	212
9.6	Vierkanal-Umschalter	213
9.7	Video-Schalter	214
9.8	Schalter mit Ferrit-Kernen	214
9.9	Einpoliger Umschalter mit Speicher-Flipflop	215
9.10	FET-Analogschalter	216
9.11	Schaltender Operationsverstärker	217
9.12	Schutz für Analogschalter	217
9.13	Diamond-Brücken-Analogschalter	218
9.14	Einpoliger Umschalter für Wechselspannung	219
9.15	Schaltende Operationsverstärker mit einer Versorgungsspannung	220
9.16	Logikgesteuerter Analogschalter	221
9.17	Nichtflüchtiges Latch	222
9.18	Kapazitiv angekoppelter Treiber für einen Schalttransistor	223
9.19	Synchronisiertes Schalten	224
9.20	Negativer einpoliger Umschalter	224
9.21	Zweipoliger Umschalter mit FET	225
9.22	Zwei-Funktionen-Schalter	226
9.23	Analogschalter für 80 Veff	227
10.	Schaltregler-Schaltungen	229
10.1	Schaltregler 5 – 24 Schaltregler	230
10.2	5 V/10 A geschaltet	231
10.3	5 V geschaltet mit fester Aus-Zeit	232
10.4	5 V bei 1 A	233
10.5	Variable Ein-Zeit	234
10.6	-10 V geschaltet	235
10.7	5 V/40 A/20 kHz im Schaltmodus	236
10.8	Aufwärtsregler 5 V auf 15 V	237
10.9	Variable Schaltfrequenz	238
10.10	-5-V-Sperrwandler	239
10.11	Steuerung für Schaltregler	240
10.12	Positive Hochspannung geschaltet	241
10.13	-5 V/3 A geschaltet	242
10.14	24 V auf 5 V reduziert	243
10.15	5 V auf 200 V Schaltregler	244
10.16	+10 V geschaltet	245

10.17	Batterieregler	246
10.18	Gegentakt-Ausgang	247
10.19	5 V geschaltet	248
10.20	150 W geschaltet	249
10.21	5 kW geschaltet	250
10.22	+12 V und +15 V aus 4–24 V	251
10.23	-5 V aus höherer Spannung	252
10.24	6 V für einen Rechner	253
10.25	10 V/100 mA geschaltet	254
10.26	+12 V und +15 V aus 5 V	255
10.27	3,3 kW geschaltet	256
10.28	4,5 – 30 V/6 A geschaltet	258
10.29	+12 V nach -15 V transformiert	259
10.30	Höhere Spannung negativ geschaltet	260
10.31	-12 V/300 mA aus -48 V	261
10.32	Leistungsschalter für Schaltregler	262
10.33	+5 V nach -15 V	263
10.34	15 V aus 7,5 – 30 V	264
10.35	24 V/2 A aus 12 V	265
10.36	+/-15 V nachgeführt	266
10.37	5 V geschaltet	267
10.38	Schaltregler mit Mehrfach-Ausgängen	268
10.39	5 V/10 A geschaltet	269
10.40	24-V-/3-A-Schaltmodus	270
10.41	250V / 3A	271
10.42	-5 V geschaltet	272
10.43	28 V/100 W	273
10.44	Symmetrie-Korrektur	274
10.45	50 V/1 kW	275
10.46	Höhere Spannung positiv schaltend	276
10.47	24 V/3 A für Kabelfernsehsysteme	277
11.	Tonband-Schaltungen	279
11.1	Digitale Aufnahmen mit Kassetten	280
11.2	Lösch-/Vormagnetisierungszosillator	281
11.3	Kassetten-Vorverstärker	281
11.4	Kassetten-Interface	282
11.5	Kassetten-Dateien-Update	283
11.6	Auslesen von Kassettendaten	284
11.7	Kopfhörerverstärker	285
11.8	NAB- (National Association of Broadcasters) Wiedergabe-Vorverstärker	286

11.9	Kassetten-Interface	286
11.10	CW und RTTY auf Kassetten	287
11.11	Kopieren von Kassettenprogrammen	288
11.12	Schnell einschaltender Wiedergabe-Vorverstärker	289
11.13	Abspielen von CW und RTTY	290
11.14	Wiedergabeverstärker	291
11.15	Morsen vom Band	292
11.16	Kopftreiber für Digitalkassetten	293
11.17	Aufnahmeverstärker	294
11.18	Aufnahmeverstärker	295
11.19	Wiedergabe-Vorverstärker	295
11.20	Mikrofon-Vorverstärker	296
11.21	Wiedergabe von Impulszügen	297
11.22	Von der Information gesteuerter Rekorder	298
11.23	Stereo-Bandabspielgerät	299
11.24	Bedienungsfreier Rekorder	300
11.25	Interface für Audio-Kassetten	301
11.26	Vorverstärker für Digitalkassette	302
11.27	300-Baud-Bit-Boffer-Sender	303
11.28	Wiedergabe-Vorverstärker für vier Geschwindigkeiten	304
11.29	Kassetten-Interface mit ACIA (asynchronous communication interface adapter)	305
11.30	300-Baud-Bit-Boffer-Empfänger	306
11.31	Ultra-rauscharmer Wiedergabe-Vorverstärker	307
11.32	Kassettenaufnahme/-wiedergabe	308
11.33	Automatische Bereichserweiterung	310
11.34	FSK-Generator für Kassettendaten	312
11.35	12-V-Wiedergabe-Vorverstärker	313
11.36	AVC und VOX	314
11.37	NAB-Vorverstärker	315
11.38	Wiedergabe von Kassettendaten	316
11.39	FSK-Detektor für auf Kassetten gespeicherte Daten	317
11.40	FM zum Messen	318
12.	Telefon-Schaltungen	321
12.1	Wählton-Generator	322
12.2	Tastenton-Encoder	323
12.3	Klingelsimulator	324
12.4	Stabiler Encoder	325
12.5	Tastenimpuls-Generator	326
12.6	Ferngespräch-Killer	328
12.7	PLL-Einton-Decoder	329

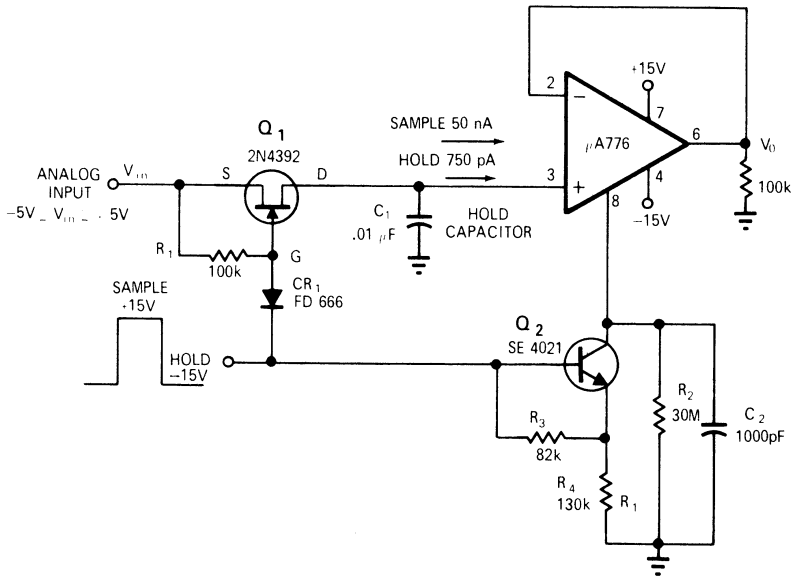
12.8	Zweitton-Signaltechnik	330
12.9	Einton-Decoder	331
12.10	Anrufzähler	332
12.11	Tastenton-Encoder	333
12.12	Tastenton-Treiber für Lautsprecher	334
12.13	Autopatch-Trennung	335
12.14	Tastenton-Sperrfilter	336
12.15	Belegt-Signal-Generator	337
12.16	Drucktasten/Wählscheiben-Wandler	338
12.17	Tastenton-Encoder	339
12.18	45-kHz-Tiefpassfilter mit variablen Modi	339
12.19	Tastenton-Decoder	340
12.20	PLL-Tastenton-Decoder	342
12.21	Ton-Encoder	343
12.22	Einton-Signalisierung	344
12.23	Mobiler Autopatch	345
12.24	Tastenton-IC	346
12.25	Zweitton-Encoder	347
12.26	Vier-Nummern-Wähler	348
12.27	Tastenton-Wähler	349
12.28	Klingelsignal-Detektor	350
12.29	Tastenton-Encoder mit einem IC	351
13.	Fernseher-Schaltungen	353
13.1	Quarz-VFO-Synchronisationsgenerator	354
13.2	NF-Frequenz-Phasenschieber	355
13.3	SSTV Ablenkungstreiber	356
13.4	25-MHz-Video-Vorverstärker	357
13.5	Rauscharmer UHF-Vorverstärker	358
13.6	Fernseher-Ausschalter mit Warnpiepser	359
13.7	Chroma-Prozessor	360
13.8	Composite Farbsignalgenerator	362
13.9	SSTV Vertikal-SYNC-Anzeige	363
13.10	Linearer Verstärker	363
13.11	Synchroner Videodetektor	364
13.12	Komparator trennt SYNC-Impulse	365
13.13	Video-Modulator	365
13.14	VHF-Tuner mit Kapazitätsdiode	366
13.15	Oszilloskop als TV-Monitor	367
13.16	Sound-Subsystem	368
13.17	ATV-Rufgenerator	369
13.18	SYNC-Trenner	370

13.19	Klangverbesserung für Fernseher	371
13.20	Ablenkung für SSTV-Monitor	372
13.21	Allzweck-Video-Schalter	373
13.22	Farbbalkengenerator	374
13.23	Linearer FET-Modulator	375
13.24	Infrarotsender für den Fernsehton	376
13.25	Variable Verzögerung bis zu 7 μ s	377
13.26	AFT-Subsystem	378
13.27	RGB-Ausgang	379
13.28	Digitale Leitungswahlschalter	380
13.29	Vertikal-SYNC-Trenner	381
13.30	Chroma-System	382
13.31	Modulator/Multiplizierer	383
13.32	Mikroprozessor-SSTV-Interface	384
13.33	ZF-Sound-Subsystem	385
13.34	S-förmige Rampe	386
13.35	Horizontalsystem für 19" Farbe	387
13.36	Hochfrequenz-Modulator	388
13.37	Videoschalter für 2 Kameras	389
13.38	Verschachtelte SYNC	390
	Anhang	393
	Lieferanten-Verzeichnis	394

1. Abtast-/Halte- Schaltungen (Sample And Hold)

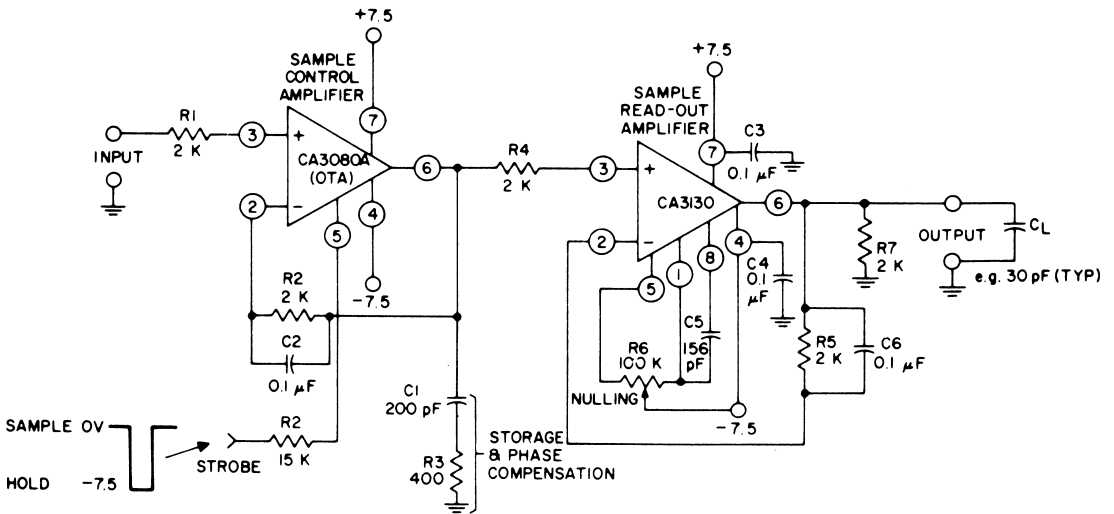
Methoden zum Abtasten und Halten analoger Signale, eingeschlossen digitale Auswahl des Abtastpegels und Langzeitspeicherung von Signalen in digitaler Form als Ersatz für Speicheroszilloskope.

1.1 Zwei Anstiegszeiten



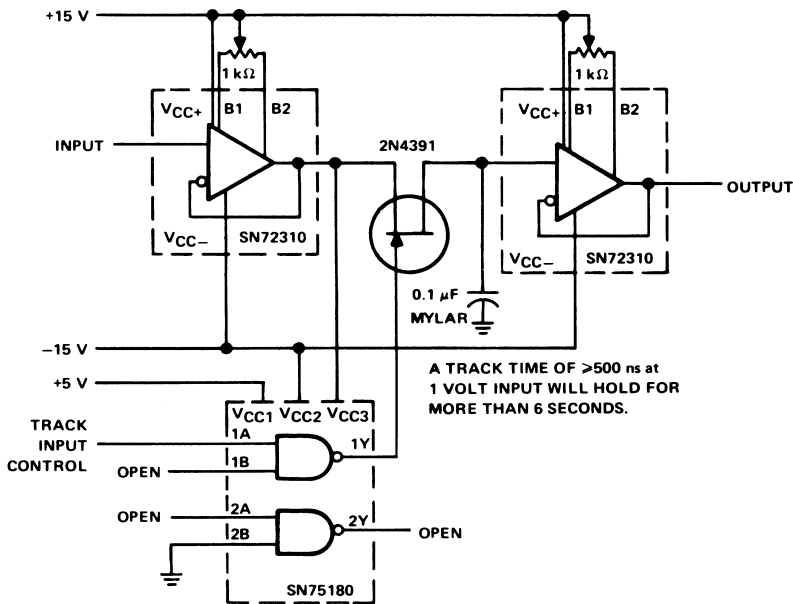
Die Kosten für eine Sample-and-Hold-Schaltung lassen sich reduzieren, wenn man die hohe Anstiegsgeschwindigkeit nur während des Abtastens benützt. Der programmierbare Operationsverstärker $\mu A776$ erlaubt die Umschaltung von schnellem Anstieg mit 50 nA Eingangsnulstrom in den Haltemodus, der nur noch 750 pA benötigt. Der Ausgang wird etwa 2 s stabil gehalten, was die Schaltung besonders geeignet für digitale Anzeige macht.

1.2 Abtastverstärker



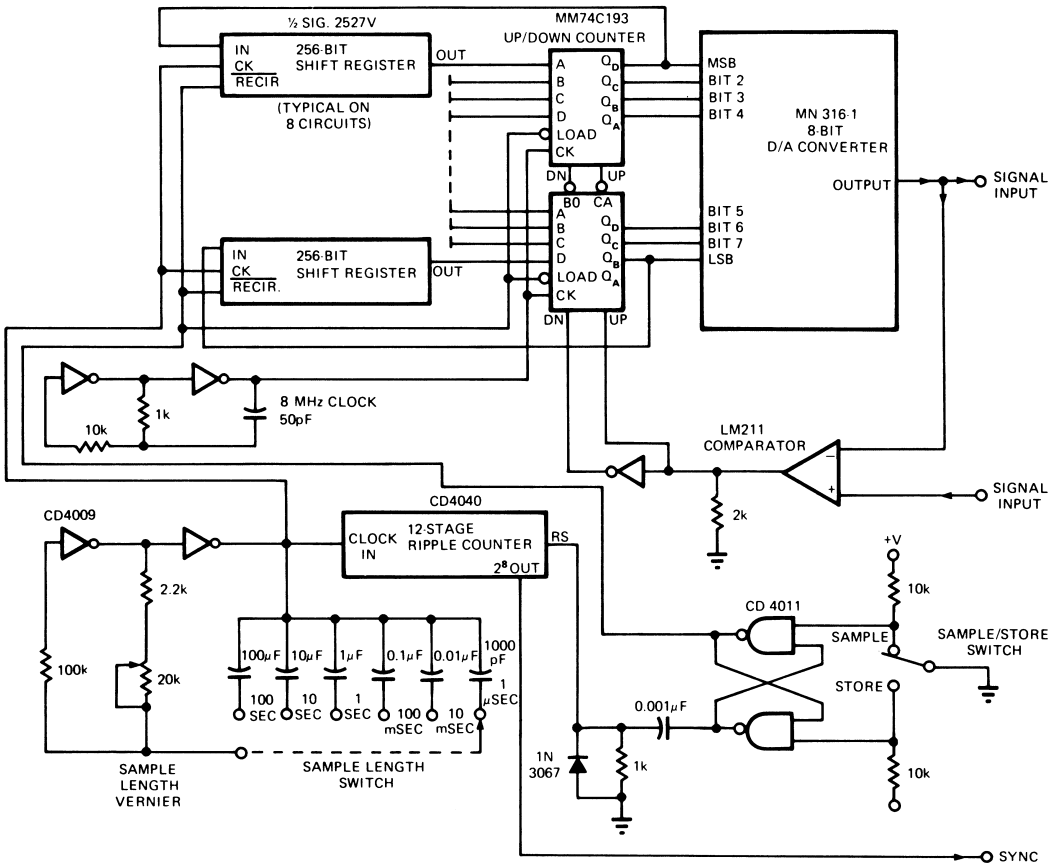
Der Transkonduktanz-Operationsverstärker RCA3080A speist den CA3130 für die Verstärkung des abgetasteten Signals. Die Eingangsspannung wird während der Dauer des Abtastimpulses übernommen und zum Auslesen bereitgehalten.

1.3 Verfolgen und Halten



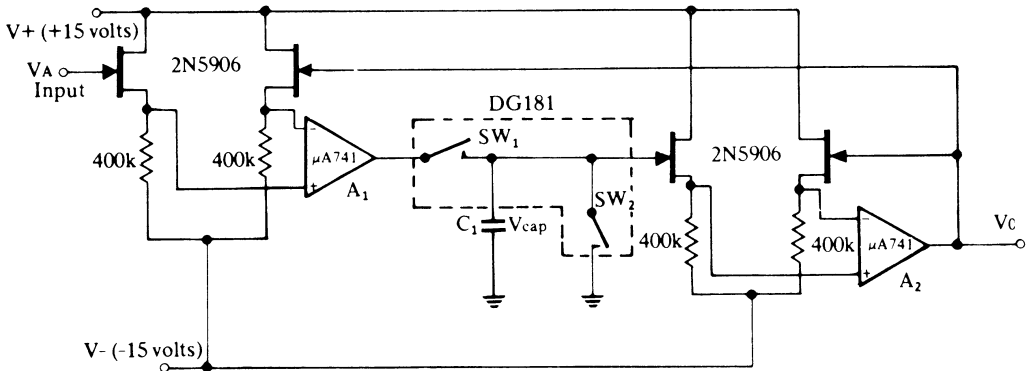
Wenn der Track-Eingang 0,8 V oder weniger beträgt, hält das Gatter im SN75180 den Source-Drain-Pfad des Transistors 2N4391 geschlossen und das Eingangssignal trifft unverändert auf den Ausgang. Steigt die Steuerspannung auf 2 V, öffnet das Gate den Pfad durch den Transistor und die Signalspannung wird in diesem Augenblick in dem 0,1- μ F-Kondensator am Ausgang festgehalten. Die Abtastzeit ist größer als 500 ns, mit einer Haltezeit von über 6 s. Die Schaltung verwendet zwei breitbandige Spannungsfolger-Operationsverstärker.

1.4 256 8-Bit Abtasten/Speichern



Einen kostengünstigen Ersatz für ein Speicheroszilloskop kann man dazu verwenden analoge Variable zur Sprachsynthese, Transienten-Analyse und zerstörendem Test von Bauteilen zu studieren. Die Schaltung ist im Grunde ein verfolgender A/D-Wandler, dessen Ausgang in ein Schieberegister läuft, das 256 x 8-Bit-Daten auffangen kann. Der getrennte Taktgenerator für das Schieberegister, dessen Ausgang auf einen 12-stufigen Asynchronzähler läuft, ist stufenlos einstellbar zwischen 250 kHz bis hinunter zu 4 s/Takt. Bei 250 kHz speichert das Register 1 ms des Eingangssignals.

1.5 Sample and Hold nichtinvertierend



Die gepaarten FETs ergeben einen hohen Eingangswiderstand gegenüber dem Eingangssignal von mehr als $10^{12} \Omega$, während der Ausgangswiderstand $< 12 k\Omega$ ist. Der Operationsverstärker A_1 wirkt als Puffer und erlaubt C_1 sich schnell zu laden. Der Analogschalter DG181 begrenzt den Leckstrom in oder aus dem Kondensator C_1 , während SW ein schnelles Rücksetzen der Kondensatorspannung auf 0 ermöglicht. Ein gleichartiges Paar FETs ermöglicht eine Ausgangsspannung proportional zur Abtastspannung.

Band 3:

302 neue

professionelle

Schaltungen

**Applikationsschaltungen für
Praxis, Labor und Studium**

Inhalt

1.	Temperaturregler-Schaltungen	19
1.1	Kochplattenregler	20
1.2	Dosierender Regler	21
1.3	Ofenregelung	22
1.4	75 – 250°-Ofenregelung	23
1.5	Zweipunktregler für Heizer	24
1.6	Siliziumdioden-Sensor	25
1.7	Proportionaler Herdregler	26
1.8	0,001 °C Genauigkeit	27
1.9	Zeitproportionale Regelung	28
1.10	Differenz auf 10 °F	29
1.11	Regler für Quarzofen	30
1.12	Phasenanschnittgesteuerter Thyristor-Regler	31
1.13	Schalter mit geringer Verlustleistung	32
1.14	Thermoelement mit Nulldurchgangsschalter	33
1.15	Regler für Raumheizung	34
1.16	75 °C für Quarzofen	35
1.17	0,000075 °C Badregler	36
1.18	EMI-freie Phasensteuerung für Heizer	38
1.19	Geber für thermische Zyklen	39
1.20	Detektor für Temperaturdifferenz	40
1.21	0,0000033 °C chopperstabilisierter Ofenregler	41
1.22	PTC-Brücke	42
1.23	Vorausschauender Regler	43
1.24	Übersteuerungskompensation	44
1.25	Quarzofen	45
1.26	0,01-°C-Regler mit Operationsverstärker-Komparator	45
2.	Temperaturmess-Schaltungen	46
2.1	Verstärker für Thermoelement	47
2.2	70 – 80 °C Thermometer	47
2.3	Transistorsensor	48
2.4	-125 °C bis +200 °C mit 1° Genauigkeit	48
2.5	PTC-Thermometer	49

2.6	5-stelliges Thermometer	50
2.7	4 Thermoelemente gemultiplext	51
2.8	Monitor mit rot/grün-LED	52
2.9	0 – 100 °F liefert 0 – 1 kHz am Ausgang	52
2.10	Null Unterdrückung	53
2.11	Temperatur/Frequenz-Wandler	54
2.12	IC für Differenzial-Thermoelement	55
2.13	Temperaturwandler-Interface	56
2.14	Integrator für Heizenergie	57
2.15	Verstärker für Thermoelement	58
2.16	Temperatur/Frequenz-Wandler	59
2.17	0,1 °C Präzision	60
2.18	PTC-gesteuerter Timer	61
2.19	Digitales Thermometer	62
2.20	Vollkommen linearer Diodensensor	63
2.21	Differenzthermometer	64
2.22	Transistorsensor	65
2.23	0 – 100 °C mit 1° Genauigkeit	66
2.24	Messung der absoluten Temperatur	66
2.25	Thermometer	67
2.26	Temperatur-/Pulsbreite	68
2.27	Heiß/Kalt-Messinstrument	68
2.28	Sensor mit gepaarten Transistoren	69
2.29	Messgerät für das Kältegefühl im Wind	70
2.30	125 – 470 °K ergibt 125 – 470 Hz	71
2.31	Positionssensor	72
2.32	U/f- und f/U-Wandler für ein digitales Schalttafel-Instrument	73
2.33	Anemometer	74
2.34	Kleinstleistungs-Thermometer	75
2.35	Temperatur/Frequenz-Wandler	76
2.36	Differenztemperatur-Sensor	77
2.37	Multiplexer für Thermoelemente	78
2.38	Brückensensor	79
2.39	Fahrenheit/Celsius-LED-Thermometer	80
2.40	Spannungsreferenz-Thermometer	81
2.41	Nachgeführte Temperatur der Abschirmung	82
2.42	0 – 100 °C mit 0,15° Genauigkeit	83
2.43	U/f-Wandler für Messumformer	84
2.44	+/-1 °K Genauigkeit von -55 bis +125 °C	86
3.	Test-Schaltungen	87
3.1	JFET-Kennlinienschreiber	88

3.2	NF-Signal-Injektor	89
3.3	Transistor-/Dioden-Tester	90
3.4	Test von Dioden mit einem Oszilloskop	91
3.5	Dioden-Kennlinien-Schreiber	91
3.6	Quarztester	92
3.7	Tester für gekapselte Spulen	92
3.8	Signal-Injektor	93
3.9	Testoszillator für Transistoren	93
3.10	Paaren von Operationsverstärkern	94
3.11	Leckstrom von Dioden und FETs	95
3.12	HF-Transistor-Tester	96
3.13	Transistor-Tester mit nur einem Operationsverstärker	97
3.14	Programmierbarer IC-Tester	98
3.15	Tester für Audioleitungen	99
3.16	Hochgenauer Kennlinien-Schreiber	100
3.17	IC-Test-Clip	102
3.18	Transistor-Pin-Sucher	103
3.19	Transistor-Kennlinien-Schreiber	104
3.20	Quarztester im Taschenformat	105
3.21	Diodentester	106
3.22	Stabivolt-Tester	106
3.23	Tragbarer Quarztester	107
3.24	Transistor-Durchbruchtester	108
3.25	Spitzenleistungsmessgerät	109
3.26	TTL-Tester	110
3.27	Tester für Bandpassfilter	111
3.28	Frequenz-Wobbler	112
3.29	Transistortester	113
3.30	Digitaler Pseudo-Zufallsgenerator	114
3.31	Induktivitätsmesser	115
3.32	Tester für Stromversorgungen	116
3.33	Quarztester	116
3.36	Transistor- und Diodentester	117
3.35	Einschwingverhalten von geregelten Versorgungen	118
3.36	FET-Tester	119
3.37	Kennlinien-Schreiber	120
3.38	Impedanz-Messgerät	121
3.39	Diodentester	122
3.40	Tragbarer Transistortester	123
3.41	NF-Signalverfolger	124
3.42	Tester für Leistungsdioden	124
3.43	TTL-GO/NO-GO-Tester	125

3.44	Tester für Stromversorgungen	126
3.45	Dynamische Last	126
3.46	Tester für Quad-Operationsverstärker	127
3.47	Operationsverstärker-Tester	128
3.48	Transistortester	129
3.49	Temperaturkoeffizienten-Computer	130
3.50	IN-CIRCUIT-Tester	131
3.51	NF-Signalverfolger	132
3.52	Tester auf Popcorn-Störungen	133
3.53	Transistortester	134
3.54	Amperemeter für gedruckte Leiterbahnen	135
4.	Timer-Schaltungen	137
4.1	Zeit-Komparator	138
4.2	Halbleiter-Ausschaltverzögerung	139
4.3	Wiederholter Zyklus	139
4.4	Geräte-Timer	140
4.5	10-min-Verzögerung	141
4.6	10-h-FET	142
4.7	Ausschalter fürs Radio	142
4.8	10-min-Timer mit Kennung	143
4.9	Voreinstellbarer analoger Timer	144
4.10	Eier-Timer mit blitzender LED	144
4.11	Ausschalter fürs Transistorradio	145
4.12	1,5-min-Verzögerung	146
4.13	10 s mit 1,5-V-Versorgung	146
4.14	Kaskadierter Timer	147
4.15	Batterie-Abschaltung	148
4.16	Reset-Modus	149
4.17	Timer zieht minimalen Strom	150
4.18	Timer-Sequenz	151
4.19	Stabiler Timer mit vier Transistoren	152
4.20	Timer-Sequenz	153
4.21	Verzögerung mit langer Ausschaltzeit	154
4.22	10-s-Timer	155
4.23	10-h-Verzögerung	156
4.24	Kaskade mit automatischem Retriggern	156
4.25	Zeitverzögerung verwendet IC mit Leistungstransistor	157
4.26	t/U-Wandler	157
4.27	1 s mit hoher Präzision	158
4.28	30 s nicht nachtriggerbar	159
4.29	Batterie-Schoner	160

4.30	4 h Timer-Sequenz	161
4.31	Timer für 1 Jahr	162
4.32	Mikrosekunden bis Stunden	163
4.33	1 h mit Zyklus-Ende-Schalter	164
4.34	Stoppuhr	165
4.35	Sprech-Timer	166
4.36	90 s Sprechzeit-Warnung	167
4.37	0,5333 – 136 s mit der Genauigkeit der Netzfrequenz	168
4.38	Timer-Sequenz	169
4.39	Ereignisregister	170
4.40	10 min mit Blinken	171
4.41	Ausfallsicherer Timer für Züge	172
4.42	Ein- oder Ausschaltsteuerung	173
4.43	Mikrosekunden bis Stunden	174
4.44	0 – 5 min Verzögerung	175
4.45	0 – 10 min mit 1 s Genauigkeit	176
4.46	Lange Intervalle mit kleinen Cs	177
4.47	Programm-Timer	178
4.48	Haushalt-Timer mit 1 h	179
4.49	Timer mit 10 Intervallen	180
4.50	2 – 5 min gestartete Verzögerung	181
4.51	Daumenrad-Einstellung bis 99 min	182
4.52	Batterieschonender Timer	183
4.53	Test-Sequenz	184
4.54	10-min-Timer	185
4.55	10 s bis 10 min	186
4.56	Unijunction/Thyristor-Timer	187
4.57	Ausfallsicherer Licht-Timer	188
4.58	4-h-Steuerung für einen Triac	189
4.59	3 min bis 4 h	190
4.60	Lange Verzögerung mit Monostabiler 555	191
4.61	FET-Timer mit Relais	192
4.62	Über 1 min	193
4.63	Digitale Fernprogrammierung des Timers	194
4.64	1 min mit einem Transistor-Array	195
4.65	Zwei unabhängige Verzögerungen	196
4.66	Timer mit Speicher	197
4.67	Timer mit dreistufiger Sequenz	198
4.68	Digitale Stoppuhr	199
5.	Schaltungen für Berührungsschalter	201
5.1	Bistabiler Berührungsschalter	202

5.2	Entprellung für einen Berührungsschalter	202
5.3	Justierbare Chancen für die Lotterie	203
5.4	Bistabiler Schalter	204
5.5	Berührungsschalter	204
5.6	Berührungsschalter	205
5.7	Dateneingabe	205
5.8	Berührungsplatte mit Relais	206
5.9	Speichernder Berührungsschalter	206
5.10	Logikschalter	207
5.11	Näherungsschalter	207
5.12	Steuerung für TV-Spiele	208
5.13	Knobeln mit Münzen	209
5.14	Berührungsschalter verwendet Timer	210
5.15	Steuerung für Analogsignale	211
5.16	Berührungstaster	212
5.17	Durch Berührung gesteuertes Relais	213
5.18	FM-Tuning mit Berührungstastern	214
5.19	Automatisches Ausschalten	215
5.20	Keyboard ohne Kontakte	216
5.21	Berührungsschalter	217
5.22	Näherungsschalter	218
5.23	Berührungsschalter für Musik-Keyboard	218
5.24	Entprellung eines Berührungsschalters	219
5.25	Berührungsschalter	220
6.	Transceiver-Schaltungen	221
6.1	Sprachgesteuertes Gatter	222
6.2	3,5-W-Sender	223
6.3	Anpassung eines Mikrofons mit niedriger Impedanz	224
6.4	TR-Schalter mit Diode	224
6.5	Piepser für das Ende des Sendens	225
6.6	Scannender Adapter	226
6.7	TR-Schalter mit 4 Dioden	227
6.8	Abstimmhilfe	228
6.9	Bilateraler Verstärker	229
6.10	VOX für SSB	230
6.11	Unijunction-Transistor-getriggerte Klemmschaltung (crowbar)	231
6.12	Zusätzliche 15W	232
6.13	9-MHz-Quarz	232
6.14	10-Kanal-Scanner	233
6.15	Frequenzverdreifachung auf 1267,2 MHz	234
6.16	2 – 23 MHz nicht abgestimmter Tuner	235

6.17	12-V-Klemmschaltung (crowbar)	235
6.18	4-Kanal-VHF-FM-Scanner	236
6.19	TR-Steuerung	237
6.20	422,4-MHz-Leistungsverstärker	238
6.21	5 MHz +/- 500 kHz	239
6.22	14-MHz-VFO mit Verdoppler	240
6.23	6,545 – 6,845-MHz-VFO	241
6.24	VFO für 2 Meter und alle Kanäle	242
6.25	422,4-MHz-Quarz-Oszillator	243
6.26	Doppelt abgestimmter Mischer	244
6.27	VFO für 5 – 5,55 MHz	245
6.28	Silbengesteuerte VOX	246
6.29	Sendermischer	248
6.30	TR-Schalter	249
6.31	Kompensator für die Aufwärm-Drift	250
6.32	7 – 7,1-MHz-VFO	251
6.33	500-kHz-Scan auf 2-m-Band	252
6.34	Kohlemikrofon für den mobilen Einsatz	253
6.35	Scanner mit Rücksuche	254
6.36	Hochgeschwindigkeits-VOX	255
6.37	3 – 3,5-MHz-Tuner mit Kapazitätsdioden	256
6.38	TR-Schalter	257
6.39	Scanner für das 2-m-Band	258
6.40	TR-Schalter mit PIN-Diode	260
6.41	Fernbedientes Tuning	261
6.42	Scanner	262
6.43	76,25 und 81,6 MHz	263
6.44	Scanner für das 2-m-Band	264
6.45	HF-abtastender TR-Schalter	265
6.46	Markengenerator	266
7.	Sender-Schaltungen	
7.1	Transistor für Oszillator- und ZF-Röhren	268
7.2	3 KV bei 2 kW	269
7.3	5-W-FET-Sender	270
7.4	144 MHz Kleinleistung	270
7.5	4 W linear	271
7.6	250 mW für 40 m CW	272
7.7	2 – 30 MHz 140 W linear	274
7.8	1,4 W linear für 7 und 14 MHz	275
7.9	¼-W-CW-Sender	276
7.10	2 m QRP	277

7.11	10 W auf 2 m	277
7.12	80 W linear für mobiles SSB	278
7.13	20-m-VFO	279
7.14	30-mW-/25-MHz-Verstärker	279
7.15	80-m-CW für QRP	280
7.16	143 – 156-MHz-/80-W-Verstärker	281
7.17	420 – 450 MHz 100 W linear	282
7.18	Transistoren für Treiberröhren	283
7.19	10 V temperaturstabilisiert	284
7.20	432 – 450 MHz	285
7.21	Verstärkte Zenerdiode	286
7.22	10 W auf 2 m	287
7.23	2 – 30 MHz 300 W linear	288
7.24	2-m-Leistungsverstärker	289
7.25	160 W linear SSB	290
7.26	VMOS 8-W-Breitband	291
7.27	10-W-Marineband	292
7.28	HF-Wattmeter	293
7.29	20-MHz-Telefon	294
7.30	1,8 – 1,9-MHz-VFO	295
7.31	60 W linear für 432 MHz	296
7.32	144 – 175-MHz-/80-W-Einzelstufe FM mobil	297
7.33	80 W auf 2 m	298
7.34	1-W-Exciter für 7 und 14 MHz	299
7.35	300 W linear mit Halbleitern	300
7.36	500 mW auf 180 kHz	301
7.37	2,5-W-Flugzeug-AM-Sender	302
7.38	7 W für QRP	303
7.39	Messung der Spitzenleistung	304
7.40	450 – 470 MHz bei 25 W	305
7.41	40-m-CW	306
7.42	175 MHz 80 W mobil FM	307
7.43	100 W linear für 432 MHz	308
7.44	VFO für 7 und 14 MHz	309
7.45	10 W bei 450 MHz	310
7.46	VMOS 5-W-Breitband	310
7.47	1200-W-PEP-Leistungsverstärker	311
7.48	450 – 470 MHz bei 10 W	312
7.49	1 kW Gitter an Masse	313
7.50	5 W bei 80 oder 40 m	314
7.51	2-m-FM-Exciter	315
7.52	2 W für 20-m-CW	316

7.53	50-W-Gegentakt	317
7.54	10 W für 220 MHz	318
7.55	1 W bei 175 kHz	319
7.56	140 – 180 MHz bei 30 W	320
7.57	400 W im Gegentakt	321
7.58	1,6 – 30-MHz-/20-W-Treiber mit hoher Verstärkung	322
7.59	1 – 2 MHz	323
7.60	Transistoren für NF-Röhren	324
7.61	15-W-Leistungsverstärker für 400 MHz	325
7.62	PTT Latch	326
7.63	Transistoren für Mischer- und Gleichrichterröhren	327
7.64	35 W Klasse D auf 40, 80 oder 160 m	328
7.65	80-m-VFO	329
7.66	1 kW auf 2 m	330
7.67	21 – 21,5 MHz mit VFO	331
7.68	Bias-Schalter	332
7.69	2 – 30-MHz-SSB-Treiber	333
7.70	50 W HF	334
7.71	16 – 30-MHz-/20-W-Lineartreiber	335
7.72	40-m-/3,5-W-Verstärker	336
8.	Spannungsgesteuerte Oszillator-Schaltungen	337
8.1	Starre 90°-Ausgänge	338
8.2	Fern-Feinabstimmung	339
8.3	100:1-Frequenzbereich	340
8.4	Schnelles Synchronisieren	341
8.5	Linearer VCO	342
8.6	Einschalt-Steuerung	343
8.7	Linearer VCO	344
8.8	1-kHz-VCO	345
8.9	0 – 10 kHz mit 0 – 10-V-Steuerung	345
8.10	Exponentieller VCO	346
8.11	Abstimmung durch Reaktanz-Schalten	347
8.12	Spannungsgesteuerter Quarz	348
8.13	VCO-Treiber mit hoher Anstiegsgeschwindigkeit	349
8.14	52 MHz mit FM VVC	350
8.15	1,5 – 2 kHz Sinus	350
8.16	Einfacher VCO-Treiber	351
8.17	Lineare Ausgangsrampe	352
8.18	Verdoppelung des Steuerbereichs	353
8.19	Quadratur-Oszillator mit Multiplizierern	354

9.	Spannungspegel-Detektor-Schaltungen	355
9.1	Ausfallsicheres TTL-Interface	356
9.2	12-V-Monitor	356
9.3	4 – 8-V-Fenster	357
9.4	Unterspannungs-Alarm	358
9.5	Alarm bei Ausfall der Versorgungsspannung	358
9.6	Überspannungs-Alarm	359
9.7	Mehrfachkanal-Alarm	360
9.8	LED-Spannungsüberwachung	361
9.9	VCO erfasst Spannungsgrenzen	362
9.10	Spannung außerhalb der Grenzen	363
9.11	Detektor für positive Spitzen	363
9.12	Alarm bei niedriger Spannung	364
9.13	Spitzen- und Tiefpunktdetektor	364
9.14	Nullpunkt mit Überspannungsschutz	365
9.15	Nulldetektor mit Hysterese	366
9.16	Gepufferter Spitzendetektor	367
9.17	Nulldurchgangsdetektor mit logarithmischem Verstärker	368
9.18	Fensterdetektor	369
9.19	Programmierbarer Spitzendetektor von 0 bis +/-10 V	370
9.20	Detektor für zwei Grenzen	371
9.21	Spannungspegel-Latch	372
9.22	Pegelanzeige	373
9.23	5-V-Spitzen bis zu 2 MHz	373
9.24	Eine LED zeigt den Signalpegel an	374
9.25	Spannungsmonitor	375
9.26	Nulldurchgangsdetektor für das Wechselspannungsnetz	376
9.27	555 Trigger	376
9.28	Augenblicklicher Endwert	377
9.29	Alarm bei niedriger Spannung	378
9.30	Alarm für den Gefrierschrank	379
9.31	+/-1,5- bis +/-7,5-V-Schwelle	380
9.32	Fensterdetektor	381
9.33	Nulldurchgangsdetektor	382
10.	Spannungsmess-Schaltungen	383
10.1	Eingang mit 1 Teraohm	384
10.2	Voltmeter mit Balkenanzeige	385
10.3	Detektor für positive Spitzen	386
10.4	Elektrometer	386
10.5	FET-Millivoltmeter	387
10.6	AC-Voltmeter mit erweitertem Bereich	388

10.7	AC/DC-Konverter	388
10.8	Netzspannungsmonitor	389
10.9	Zenerdiode schützt Messinstrument	389
10.10	4½-stelliges Volt-/Ohmmeter	390
10.11	Absolutwerte	391
10.12	Netzspannungsmonitor	391
10.13	20-VDC-FET-Voltmeter	392
10.14	IC modernisiert Röhrenvoltmeter	393
10.15	Großbereichs-Messsonde	394
10.16	Verstärker mit kalibrierter Verstärkung	395
10.17	Überlast am Messgerät	396
10.18	Voltmeter für Spitze/Spitze	397
10.19	Detektor für wahren Effektivwert	398
10.20	DC-Voltmeter	399
10.21	IC-Millivoltmeter	400
10.22	2 – 10 V _{ss} wahrer Effektivwert bis 600 kHz	401
10.23	AC-Spitzen	402
10.24	Differenzeingang mit massebezogenem Ausgang	403
10.25	Spitzen und Täler einer Wellenform	404
10.26	Abgestimmtes Voltmeter	405
10.27	Differenzeingänge mit hoher Impedanz	406
10.28	DC-Voltmeter mit Operationsverstärker	407
10.29	AC-Millivoltmeter	408
10.30	Spitzen anzeigender HF-Tastkopf für DC-Voltmeter	409
10.31	10-Bereichs-DC-Voltmeter	410
10.32	Elektrometer mit Operationsverstärker	411
10.33	Absolutwerte	412
10.34	Hörbares Voltmeter	413
10.35	IC für digitales Voltmeter treibt ein Messgerät	414
10.36	Polaritätsanzeige für ein Digitalvoltmeter	415
10.37	0 – 2-V-Digitalvoltmeter	416
10.38	Null-Anzeige	417
10.39	Präzisions-Signalgleichrichter	417
10.40	8-Kanal-3½-stelliges computergestütztes Digitalvoltmeter	418
10.41	Zeitmarken für Streifenschreiber	419
10.42	3½-stelliges Digitalvoltmeter	420
10.43	Präzisions-Gleichrichter	421
10.44	DC-Voltmeter mit abgeglichenen FETs	422
10.45	2 2/3-stelliges Voltmeter	423
10.46	FET-Voltmeter	424
10.47	Verstärker für Messgerät	425
10.48	U/f-Wandler	426

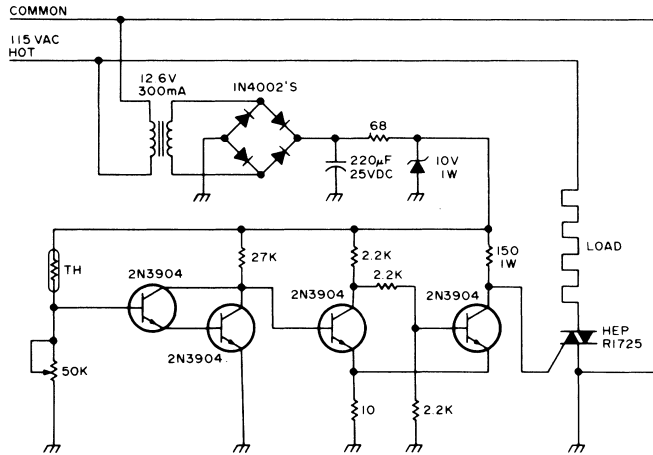
10.49	Elektroskop	427
10.50	Hohe Eingangsimpedanz	428
10.51	FET-Voltmeter	429
10.52	Null-Voltmeter	430
10.53	Polaritätsanzeige	431
10.54	4½-stelliges Messgerät	432
10.55	AC-Differenzsignale	433
10.56	Voltmeter für 0 – 200 MHz	434
10.57	Polaritäts-Messgerät für das Netz	435
10.58	3¾-stelliges Messgerät	436
10.59	FET-Voltmeter	437
10.60	FET-AC-Voltmeter	438
10.61	Automatische Polaritäts-Umschaltung	439
11.	Spannungsreferenz-Schaltungen	441
11.1	Variable Referenz	442
11.2	1,5 – 12 V vier Ausgänge	443
11.3	Regelung auf 0,005 %	444
11.4	+/-5 V mit einem Operationsverstärker	444
11.5	Von -6,9 V bis +6,9 V variabel	445
11.6	Einstellbare Referenz	445
11.7	Präzisions-Band-Gap-Referenz	446
11.8	+5, +15 und +25 V	447
11.9	0 – 10,000 V in 100-µV-Stufen	448
11.10	Selbststabilisierende Zenerdiode	449
11.11	5 V bei 7,5 mA	449
11.12	+15 V bei 100 mA	450
11.13	10 V aus einer Standardzelle	451
11.14	10-V-Micropower	452
11.15	3,4 V strahlungsgehärtet	452
11.16	+10,000 V	453
11.17	Gepufferte 10 V	454
11.18	10 V hoher Präzision	455
11.19	Variable 2,5 – 10 V	456
11.20	-6,6 V mit 741er Operationsverstärker	456
11.21	+6,6 V bei 5 mA	457
11.22	+10, +20 und +30 V	457
11.23	1 V mit hoher Präzision	458
11.24	+6,6 V mit 741er Operationsverstärker	459
11.25	Niedrige Drift und Micropower	460
11.26	6,5-V-Referenz	461
11.27	10 V mit Temperatur-Kompensations-Trimmung	462

11.28	10 V mit mäßiger Drift	462
11.29	+/-2,5 V	463
11.30	Ersatz für eine 1,01-V-Standardzelle	464
11.31	+/-7 V Referenz	465
11.32	+15 V mit hoher Präzision	466
11.33	5 V aus 15 V	467
11.34	10,000 V mit Zenerdiode	468
11.35	0 – 6,6 V bei 5 mA	468
11.36	Operationsverstärker als mV-Referenz	469
11.37	Großer Eingangsspannungsbereich	469
11.38	+8,2 V	470
11.39	Aufwärtsskalierung	470
11.40	+10 V mit Bootstrap-Operationsverstärker	471
	Anhang	473
	Lieferanten-Verzeichnis	474

1. Temperaturregler-Schaltungen

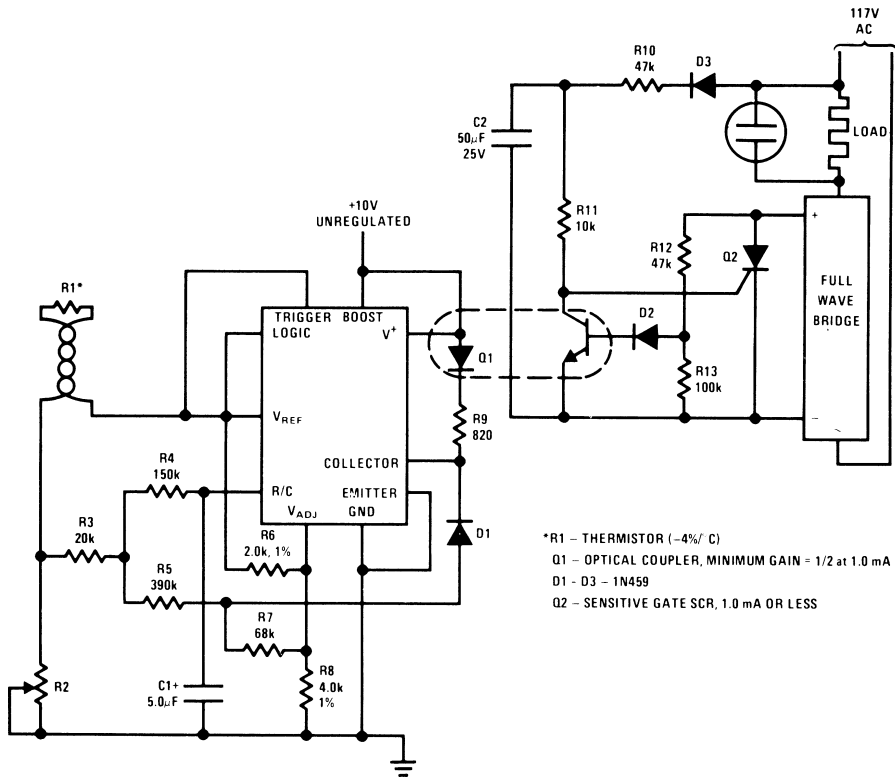
Eine Vielzahl von Schaltungen halten die Temperatur auf einem gewünschten Sollwert mit einer Genauigkeit von bis zu $0,0000033\text{ }^{\circ}\text{C}$. Besondere Kennzeichen schließen die Kompensation von überschießender Temperatur, vorausschauende Regelung, Differenzregelung und dosierende Regelung ein.

1.1 Kochplattenregler



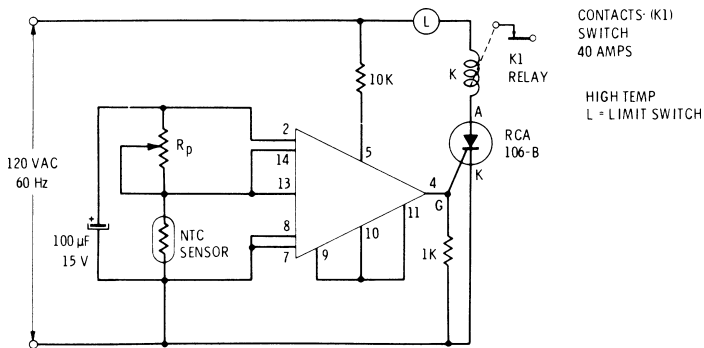
Verwendet einen PTC Modell K600A von Allied Electronics eingebaut in eine langsam kochende Platte, um die ideale Kochtemperatur einzuhalten. Das Potentiometer kann justiert werden, um die Triggerung für den Zweipunktregler des Heizelementes des Kochers zu erhalten.

1.2 Dosierender Regler



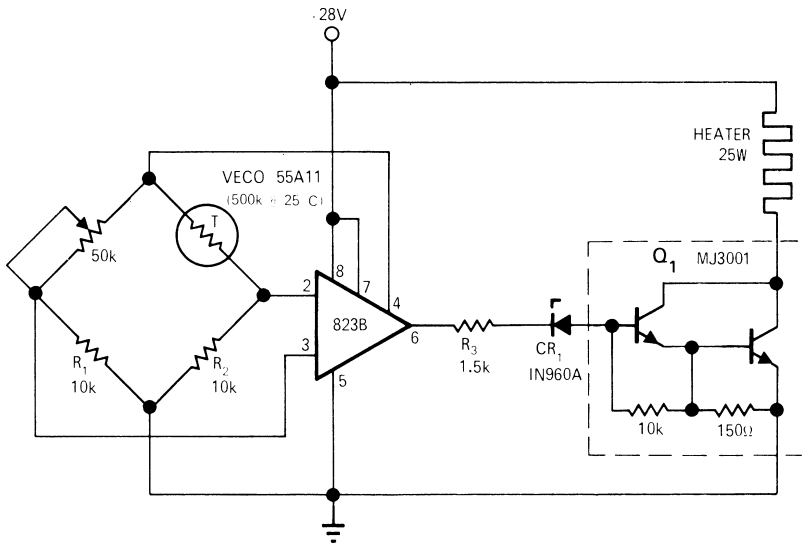
Der Timer LM122 von National wird als dosierender Temperaturregler mit optischer Trennung und synchronisiertem Nulldurchgang verwendet. Mit der Einstellung von R_2 wird die von dem PTC R_1 zu regelnde Temperatur vorgegeben. Der Thyristor Q_2 wird so gewählt, dass er die Last schalten kann. D_3 ist für 200 V ausgelegt. R_{12} , R_{13} und D_2 realisieren die Eigenschaft des synchronen Nulldurchgangs.

1.3 Ofenregelung



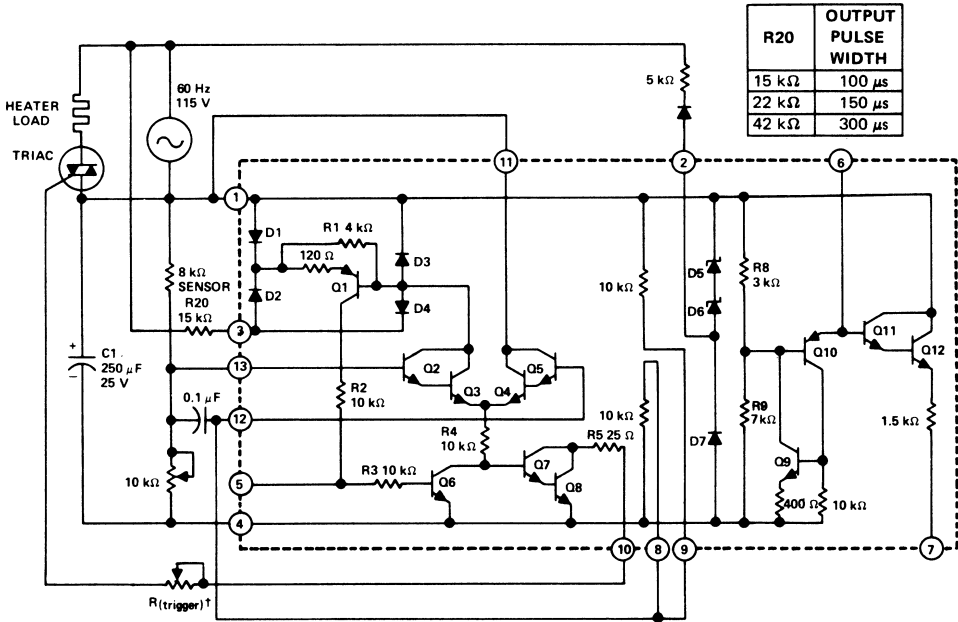
Die einfache Schaltung mit dem RCA CA3059 Nulldurchgangsschalter regelt die Ein- und Aus-Intervalle eines Thyristors für kleine Ströme, der die Relaispule in einem Elektro- oder Gasofen steuert. Der Messwiderstand hat einen negativen Temperaturkoeffizienten. R_p wird auf die gewünschte Temperatur eingestellt.

1.4 75 – 250°-Ofenregelung



Bewirkt eine proportionale Temperaturregelung eines kleinen Ofens innerhalb 1°C über den Temperaturbereich. Verwendet einen Spannungsregler 823B, der aus derselben 28-V-Quelle wie der Ofen versorgt wird. Das Potentiometer für die Vorgabe der Temperatur sollte ein 10-Gang-Drahtpotentiometer sein. Der Leistungstransistor Q_1 arbeitet in der Sättigung oder in der Nähe davon, damit ist kein Kühlkörper notwendig.

1.5 Zweipunktregler für Heizer



Verwendet wird der Nulldurchgangsschalter SN72440 von Texas Instruments der den Triac triggert und im Zusammenspiel mit dem 8-k Ω -Messwiderstand die Heizung nach den Erfordernissen ein- und ausschaltet. Durch die Wirkung des Differenzverstärkers und der Widerstandsbrücke im IC wird ein Ausgangsimpuls pro Durchgang in der Netzspannung unterdrückt oder erlaubt. Die Breite des Ausgangspulses an Pin 10 wird vom Trigger-Potentiometer geregelt, wie in der Tabelle dargestellt, und sollte so verändert werden, dass sie den Trigger-Eigenschaften des verwendeten Triacs angepasst ist.

Band 4: Standard- schaltungen

der Digital- und Analogtechnik

Inhalt

1	Grundsätzliche Betrachtungen	21
1.1	Widerstände	21
1.2	Kondensatoren	24
1.3	Halbleiter	27
1.3.1	Diode	27
1.3.2	Zenerdiode	27
1.3.3	LEDs	28
1.3.4	Transistoren	28
1.3.5	Integrierte Schaltungen	28
1.3.6	Aufbau von Schaltungen	30
2	Integrierte digitale Schaltungen	31
2.1	Binäres Zahlensystem	31
2.2	Logische Gatter	31
3	Integrierte Schaltungen mit MOS-/CMOS-Technologie	33
3.1	Betriebsbedingungen für CMOS	33
3.2	Vorsichtsmaßnahmen im Umgang mit CMOS	34
3.3	Ansteuerung von CMOS	35
3.4	CMOS-Fehlersuche	38
3.5	4-fach-NAND-Gate 4011	38
3.5.1	2-fach-NAND-Gate	39
3.5.2	Inverter	39
3.5.3	AND-Gate	39
3.5.4	OR-Gate	40
3.5.5	AND-OR-Gate	40
3.5.6	NOR-Gate	40

3.5.7	4-fach-NAND-Gate	41
3.5.8	EXOR-Gate	41
3.5.9	EXNOR-Gate	41
3.5.10	Steuerbarer Rechteckoszillator	42
3.5.11	Einfacher Rechteckoszillator	42
3.5.12	Steuerbarer Blinker	42
3.5.13	Erhöhte Ausgangsleistung	43
3.5.14	Berührungsschalter	43
3.5.15	Monostabiler Berührungsschalter	44
3.6	4-fach-NOR-Gate 4001	44
3.6.1	Prellfreier Schalter	45
3.6.2	Steuerbarer Tongenerator	45
3.6.3	RS-Flip-Flop	46
3.6.4	Erhöhte Ausgangsleistung	46
3.6.5	LED-Blinker	47
3.6.6	OR-Gate	47
3.7	4-fach-AND-Gate 4081	48
3.7.1	AND-Gate-Puffer	48
3.7.2	NAND-Gate	49
3.7.3	NOR-Gate	49
3.7.4	4-Input-NAND-Gate	49
3.7.5	4-Input-AND-Gate	50
3.7.6	AND-OR-Invert-Gate	50
3.7.7	Steuerbares Gatter	51
3.8	4-fach-EXOR-Gate 4070	51
3.8.1	1-Bit-Komparator	52
3.8.2	4-Bit-Komparator	52
3.8.3	Steuerbarer Inverter	53
3.8.4	Binärer Volladdierer	53
3.8.5	Phasendetektor	54
3.8.6	Exclusive-NOR	54
3.8.7	Exclusive-OR mit 8 Eingängen	55
3.8.8	Exclusive-OR mit 3 Eingängen	55
3.8.9	Oszillator 10 MHz	55
3.8.10	Rechteckgenerator	56
3.9	6-fach-Inverter-Puffer 4049	56
3.9.1	Taktimpulsgenerator	57
3.9.2	Phasenschieber-Oszillator	57
3.9.3	Prellfreier Schalter	57

3.9.4	Dreieck/Rechteck-Wellenform-Generator	58
3.9.5	Rechteck-Generator	58
3.9.6	Linearer 10-fach-Verstärker	59
3.10	6-fach-Puffer nicht invertierend 4050	59
3.10.1	Signalverteiler	60
3.10.2	Ausgangspuffer	60
3.10.3	Logik-Tastkopf	60
3.10.4	Ausgangspuffer für hohe Leistung	61
3.10.5	CMOS-zu-CMOS-Interface $V_{DD1} > V_{DD2}$	61
3.10.6	CMOS-zu-TTL/LS-Interface $V_{DD} > V_{CC}$	61
3.11	2-faches 4-Input-NAND-Gate 4012	62
3.11.1	2x2-Input-NAND mit Enable	62
3.11.2	1-aus-4-Decoder	63
3.11.3	BCD-Decoder für Dezimal 0	64
3.11.4	BCD-Decoder für Dezimal 1	64
3.11.5	BCD-Decoder für Dezimal 9	65
3.12	3-faches 3-Input-NAND-Gate 4023	65
3.12.1	OR-Gate mit 6 Eingängen	66
3.12.2	OR-Gate mit 9 Eingängen	66
3.12.3	Dezimal-zu-BCD-Konverter	67
3.12.4	1-aus-4-Decoder	68
3.13	4-fach bilateraler Schalter 4066	69
3.13.1	Datenbusverbinder	69
3.13.2	Datenselektor 1 aus 4	70
3.13.3	Einfacher D/A-Wandler	70
3.13.4	Programmierbarer Funktionsgenerator	71
3.13.5	Verstärker mit programmierbarer Verstärkung	72
3.14	1024x1-Bit-Static-RAM 2102L	72
3.14.1	Adressierschaltung für 2102L	73
3.14.2	Manuelle/Programmierbare Adressierung	74
3.14.3	Single I/O-Port	75
3.14.4	Kaskadierung von 2102L-RAMs	75
3.15	1024x4-Bit-Static-RAM 2114L/4045	76
3.15.1	Adressansteuerung für 2114L	76
3.15.2	1024-Nibble-Dateneingabe	77
3.16	2-fach-D-Flip-Flop 4013	78
3.16.1	1-aus-4-Sequenzner	79
3.16.2	Teiler : 2	79

3.16.3	Modulo-8-Zähler	80
3.16.4	4-Bit-Seriell-IN/OUT, Parallel-OUT-Shift-Register	80
3.17	2-fach-JK-Flip-Flop 4027	81
3.17.1	Teiler : 2	81
3.17.2	Teiler : 3	82
3.17.3	Teiler : 4	82
3.17.4	Teiler : 5	82
3.17.5	4-Bit-Seriell-IN/OUT, Parallel-OUT-Shift-Register	83
3.18	4-fach-Latch 4042	83
3.18.1	4-Bit-Datenspeicher	84
3.18.2	Treppenstufengenerator	84
3.19	2-fach-One-Shot 4528	85
3.19.1	Positives One-Shot	85
3.19.2	Impulsverzögerung	86
3.19.3	Pulsierender Tongenerator	86
3.20	14-stufiger Binärzähler 4020	87
3.20.1	14-Bit-Binärzähler	87
3.20.2	Treppenstufengenerator	88
3.21	2-fach-BCD-Zähler 4518	88
3.21.1	Kaskadierter BCD-Zähler	89
3.21.2	BCD-Tastaturcodierer	89
3.22	Dekadischer Zähler/Teiler 4017	90
3.22.1	Zufallszahlgenerator 1..10	90
3.22.2	Zähler bis N mit Halt	90
3.22.3	Zähler bis N mit Wiederholung	91
3.22.4	Zähler 0...99	91
3.22.5	BCD-Tastatur-Encoder	92
3.22.6	Frequenzteiler	92
3.23	3-stelliger BCD-Zähler 14553	93
3.23.1	3-stelliger Ereignis-Zähler	93
3.23.2	Ansteuerung für 6-stelligen Frequenzzähler	94
3.23.3	6-stelliger Zähler	94
3.24	BCD-zu-Dezimal-Decoder 4028	95
3.24.1	0...9-Sekundenzähler	96
3.24.2	Zähler bis N mit Wiederholung	96
3.24.3	1-aus-8-Decoder	97
3.24.4	Zähler bis N mit Halt	97

3.25	BCD-zu-7-Segment-Latch/-Decoder/-Treiber 4511	98
3.25.1	Steuerbarer Anzeigen-Blinker	98
3.25.2	Dezimalzähler	99
3.26	8-stufiges Schieberegister 4021	99
3.26.1	Parallel-Seriell-Konverter	100
3.26.2	8-stufige Verzögerungsleitung	100
3.26.3	Pseudo-Zufallsgenerator	101
3.27	Analog-Multiplexer 4051	101
3.27.1	1-aus-8-Multiplexer	102
3.27.2	1-aus-8-Datenwahlschalter (Demultiplexer)	102
3.27.3	Tonsequenzer	103
3.28	60-Hz-Zeitbasis MM5369	103
3.28.1	60-Hz-Zeitbasis	104
3.28.2	10-Hz-Zeitbasis	104
3.28.3	1-Hz-Zeitbasis	104
3.28.4	Digitale Stoppuhr	105
3.29	Rausch-Generator S2688 / MM5837N	105
3.29.1	Quelle für weißes Rauschen	106
3.29.2	Quelle für rosa Rauschen	106
3.29.3	0/1-Zufallsgenerator	106
3.29.4	Simulation Federteppich-Trommel (Snare)	107
4	Integrierte Schaltungen mit TTL-/LS-Technologie	108
4.1	Einführung	108
4.2	Betriebsbedingungen für TTL/LS	108
4.3	Zusammenschalten von TTL und LS	109
4.4	TTL-/LS-Fehlersuche	109
4.5	4-fach-NAND-Gate 7400 / 74LS00	109
4.5.1	Control-Gate	110
4.5.2	Inverter	110
4.5.3	AND-Gate	110
4.5.4	OR-Gate	110
4.5.5	AND-OR-Gate	111
4.5.6	NOR-Gate	111
4.5.7	4-Input-NAND-Gate	111

4.5.8	EXCLUSIVE-OR-Gate	112
4.5.9	EXCLUSIVE-NOR-Gate	112
4.5.10	Halbaddierer	112
4.5.11	D-Flip-Flop	113
4.5.12	RS-Latch	113
4.5.13	Gated RS-Latch	114
4.5.14	LED-Blinker	114
4.5.15	Tasten-Entprellung	115
4.5.16	NAND mit 8 Eingängen	115
4.5.17	HEX-Decoder für die Zahl 9	116
4.5.18	Anonymer Stimmzähler	116
4.6	4-fach-AND-Gate 7408 / 74LS08	117
4.6.1	AND-Gate-Puffer	117
4.6.2	NAND-Gate	117
4.6.3	NOR-Gate	118
4.6.4	NAND-Gate mit 4 Eingängen	118
4.6.5	AND-Gate mit 4 Eingängen	118
4.6.6	AND-OR-Invert-Gate	119
4.6.7	Digitale Torschaltung	119
4.7	4-fach-OR-Gate 74LS32	119
4.7.1	AND-OR-Gate	120
4.7.2	NOR-Gate	120
4.7.3	NAND-Gate	120
4.7.4	Datenselektor mit 2 Eingängen	121
4.8	4-fach-NOR-Gate 7402 / 74LS02	121
4.8.1	EXCLUSIVE-OR-Gate	122
4.8.2	RS-Latch	122
4.8.3	NOR-Gate mit 4 Eingängen	122
4.8.4	AND-Gate	123
4.8.5	OR-Gate	123
4.8.6	Monostabile Kippstufe (Mono)	123
4.9	2-fach-NAND-Gate mit 4 Eingängen 74LS20	124
4.9.1	HEX/BCD-Decoder	124
4.9.2	Dezimal-zu-BCD-Codierer	125
4.10	3-fach-NOR-Gate mit 3 Eingängen 74LS27	125
4.10.1	Gated RS-Latch	126
4.10.2	Datenselektor mit 3 Eingängen	126
4.10.3	OR-Gate mit 3 Eingängen	127

4.11 NAND-Gate mit 8 Eingängen 74LS30	127
4.11.1 8-Bit-Decoder	128
4.11.2 Anonymer Abstimmdecoder	129
4.11.3 Programmierbares NAND-Gate	130
4.12 2-fach-AND-OR-Gate 74LS51	130
4.12.1 Latch mit Enable-Input	131
4.12.2 AND-OR-Input	131
4.12.3 1-aus-2-Datenselektor für 4-Bit-Worte	132
4.13 2-fach-NAND-Schmitt-Trigger 74LS13	132
4.13.1 Steuerbarer Schwellen-Detektor	133
4.13.2 Lichtimpuls-Empfänger	133
4.13.3 Steuerbarer Oszillator	133
4.13.4 Steuerbarer LED-Blinker	134
4.14 8-fach-Inverter 7404 / 74LS04	134
4.14.1 Prellfreier Schalter	135
4.14.2 Audio-Oszillator	135
4.14.3 Universeller Expander	136
4.14.4 1-aus-2-Demultiplexer	136
4.15 6-fach-Bustreiber mit Tri-State 74LS367	137
4.15.1 Tri-State-Ausgang für TTL	137
4.15.2 1-aus-2-Datenselektor für 1-Bit	138
4.15.3 1-aus-2-Datenselektor für 2-Bit	138
4.15.4 Bidirektionaler Datenbus	139
4.16 6-fach-Bustreiber mit Tri-State 74LS368	140
4.16.1 Steuerbarer LED-Blinker	140
4.16.2 Bidirektionaler Datenbus	141
4.16.3 Steuerbarer Tongenerator	141
4.16.4 Prellfreier Schalter	142
4.17 2x4-Bit-Komparator 74LS85	142
4.17.1 8-Bit-Komparator	143
4.17.2 Binäres High-Low-Spiel	143
4.18 BCD-zu-Dezimal-Decoder 7441	144
4.18.1 1-aus-10-decodierter Zähler	144
4.18.2 10-Noten-Tongenerator	145
4.19 BCD-zu-7-Segment-Decoder-Treiber 7447/74LS47	145
4.19.1 Manuell schaltbare Anzeige	146
4.19.2 0...9-Sekunden/Minuten-Timer	146
4.19.3 Display-Blinker	147

4.20	BCD-zu-7-Segment-Decoder-Treiber 7448/74LS48	147
4.20.1	Display-Dimmer	148
4.20.2	2-stelliger Zähler 00...99	148
4.21	3-auf-8-Leitungsdecoder/-demultiplexer 74LS138	149
4.21.1	1-aus-8-Demultiplexer	149
4.21.2	2-bis-8-stufiger Sequenzer	150
4.22	1-aus-16-Decoder/-Demultiplexer 74LS154	150
4.22.1	1-aus-16-Demultiplexer	151
4.22.2	Lauflicht	151
4.23	4-Bit-1-aus-2-Datenselektor 74LS157	152
4.23.1	Erweiterung für 7-Segment-Display	152
4.23.2	Bus-Selector	153
4.23.3	Datensortierer	153
4.24	1-aus-8-Datenselektor/-Multiplexer 74LS151	154
4.24.1	Programmierbares Gate	154
4.24.2	1-Bit-Mustergenerator	155
4.24.3	8-fach-Keyboard-Encoder	155
4.25	2-fach monostabiler Multivibrator 74LS123	156
4.25.1	Grundsaltung eines monostabilen Multivibrators	156
4.25.2	Impulsausfalldetektor	157
4.25.3	Tonstufengenerator	157
4.26	2-fach-D-Flip-Flop 74LS74	158
4.26.1	2-Bit-Datenregister	158
4.26.2	Phasendetektor	159
4.26.3	Wellenform-Auffrischer	159
4.26.4	Teiler : 2	159
4.27	2-fach-JK-Flip-Flop 74LS73	159
4.27.1	Teiler : 2	160
4.27.2	Teiler : 3	160
4.27.3	Teiler : 4	161
4.28	2-fach-JK-Flip-Flop 74LS76	161
4.28.1	4-Bit-Schieberegister mit Parallel-Ausgang	162
4.28.2	4-Bit-Binärzähler (aufwärts)	162
4.29	4-fach-Latch 74LS75	163
4.29.1	4-Bit-Daten-Latch	163
4.29.2	Dezimaler Zähler	164

4.30	4-fach-D-Flip-Flop 74LS175	164
4.30.1	4-Bit-Datenregister	165
4.30.2	Modulo-8-Zähler	165
4.30.3	Schieberegister Seriell/Parallel	165
4.31	Dekadischer BCD-Zähler 74LS90	166
4.31.1	Teiler : 5	166
4.31.2	Teiler : 6	166
4.31.3	Teiler : 7	166
4.31.4	Teiler : 8	166
4.31.5	Teiler : 9	167
4.31.6	Teiler : 10	167
4.32	Dekadischer BCD-Zähler 74LS196	167
4.32.1	Dekadischer Zähler	168
4.32.2	4-Bit-Latch	168
4.32.3	Teiler : 5	169
4.32.4	Teiler : 10	169
4.33	Binärzähler : 12 74LS92	169
4.33.1	Teiler : 7	169
4.33.2	Teiler : 9	169
4.33.3	Teiler : 12	170
4.33.4	Teiler : 6	170
4.33.5	Teiler : 120	170
4.34	4-Bit-Binärzähler 74LS93	170
4.34.1	Teiler : 10	171
4.34.2	Teiler : 11	171
4.34.3	Teiler : 12	171
4.34.4	Teiler : 16	171
4.34.5	4-Bit-Zähler	171
4.35	BCD-Vorwärts-/Rückwärtszähler 74LS192	172
4.35.1	Kaskadierte Zähler	172
4.35.2	Umschalter für Vorwärts-/Rückwärtszähler	173
4.35.3	Programmierbarer Count-Down-Timer	173
4.36	4-Bit-Vorwärtszähler 74LS161	174
4.36.1	Treppenspannungsgenerator	174
4.36.2	8-Bit-Zähler	175
4.37	4-Bit-Vorwärts-/Rückwärtszähler 74LS193	175
4.37.1	Rückwärtszähler von N mit Wiederholung	176
4.37.2	Vorwärtszähler bis N mit Stop	176
4.37.3	Vorwärtszähler bis N mit Wiederholung	177

4.38	4-Bit-Schieberegister 74LS194	177
4.38.1	Bitmuster-generator	178
4.38.2	Leuchtbalkengenerator	179
4.39	8-Bit-Schieberegister 74LS164	180
4.39.1	8-Bit-Seriell-zu-Parallel-Konverter	180
4.39.2	Pseudo-Zufallswellenform-Generator	181
4.40	8-fach-Puffer 74LS240	181
4.40.1	4-Bit-Datenbusverbindung	182
4.40.2	8-Bit-Datenbusverbindung	182
4.41	8-fach-Puffer 74LS244	183
4.41.1	4-Bit-Datenbusverbindung	183
4.41.2	8-Bit-Datenbusverbindung	184
4.42	8-fach-D-Latch 74LS373	184
4.42.1	Tri-State-Register	185
4.42.2	Datenbus-Register	185
4.43	8-fach-D-Flip-Flop 74LS374	186
4.43.1	Getaktetes Tri-State-Register	186
4.43.2	Bus-Register mit gemeinsamem In/Out	187
4.44	8-fach-Bus-Transceiver 74LS245	188
4.44.1	Bus-Transceiver	189
5	Lineare integrierte Schaltungen	190
5.1	Spannungsregler 7805 (5 Volt), 7812 (12 Volt), 7815 (15 Volt)	191
5.1.1	5-Volt-Netzteil für TTL-Schaltungen	192
5.1.2	Spannungsregler	192
5.1.3	Stromquelle	192
5.2	-5-Volt-Spannungsregler 7905	193
5.2.1	Festspannungsregler für -5 Volt	193
5.2.2	Justierbare negative Spannungsquelle	194
5.3	+1,2...+37-V-Spannungsregler LM317	194
5.3.1	1,25...25-V-Spannungsregler	195
5.3.2	6-V-NiCd-Akkulader	195
5.3.3	Programmierbare Spannungsquelle	196
5.4	-1,2...-37-V-Spannungsregler LM337T	196
5.4.1	Einstellbarer negativer Spannungsregler	197
5.4.2	Präzisions-LED-Strombegrenzer	197

5.5	2...37-V-Spannungsregler 723	198
5.5.1	2...7-V-Spannungsregler	198
5.5.2	7...37-V-Spannungsregler	199
5.6	Steuerbare Zenerdiode TL431	199
5.6.1	Nebenschluss-Regler	200
5.6.2	Einfacher Timer	200
5.6.3	Spannungsdetektor	201
5.6.4	1,5...5-V-Spannungsregler	201
5.7	1,2...33-V-Spannungsregler LM350T	202
5.7.1	1,2...20-V-Spannungsregler	202
5.7.2	Leistungsimpulsgenerator	202
5.8	OP-Verstärker 741	203
5.8.1	Invertierender Verstärker	203
5.8.2	Nicht invertierender Verstärker	203
5.8.3	Impedanzwandler/Spannungsfolger	204
5.8.4	Komparator	204
5.8.5	Verstärker mit unipolarer Versorgungsspannung	204
5.8.6	Pegeldetektor	205
5.8.7	Integrator-Grundsaltung	205
5.8.8	Differenzierer-Grundsaltung	205
5.8.9	Begrenzer-Verstärker	206
5.8.10	Brücken-Verstärker	206
5.8.11	Summier-Verstärker	207
5.8.12	Differenz-Verstärker	207
5.8.13	Lichtwellenempfänger	207
5.8.14	60-Hz-Kerb-Filter	208
5.8.15	Hochpass-Filter	208
5.8.16	Tiefpass-Filter	209
5.8.17	4-Bit-D/A-Wandler	209
5.8.18	Lichtmesser	210
5.8.19	Lichtmesser mit Balkenanzeige	210
5.8.20	Elektronische Glocke	211
5.8.21	Lichtsensor mit akustischer Ausgabe	211
5.9	2-fach-OP-Verstärker 1458	212
5.9.1	Spitzenwertdetektor	212
5.9.2	DC-Pulse-Generator	213
5.9.3	Funktionsgenerator	213

5.10	2-fach-J-FET-OP-Verstärker LF353N	214
5.10.1	Sample and Hold	214
5.10.2	Spitzenwertdetektor	215
5.10.3	Audio-Mixer	215
5.10.4	OP-Verstärker mit programmierbarer Verstärkung	216
5.11	4-fach-OP-Verstärker TL084	216
5.11.1	Mikrofonvorverstärker	217
5.11.2	Verstärker für niedrige Quell-Impedanzen	217
5.11.3	Infrarot-Sprachübertragung	218
5.12	4-fach-OP-Verstärker LM324	218
5.12.1	Bandpass-Filter 1 kHz	219
5.12.2	Infrarotsender	219
5.12.3	Impulsgenerator	220
5.12.4	Interface-Schaltungen	220
5.13	4-fach-OP-Verstärker LM3900N	221
5.13.1	Astabiler Multivibrator	221
5.13.2	Bistabiler Multivibrator (Flip-Flop)	222
5.13.3	Funktionsgenerator	222
5.13.4	10x-Verstärker	223
5.14	4-fach-Komparator LM339	223
5.14.1	Nicht invertierender Komparator	224
5.14.2	Invertierender Komparator	224
5.14.3	Nicht invertierender Komparator mit Hysterese	224
5.14.4	Invertierender Komparator mit Hysterese	225
5.14.5	TTL-Treiber	225
5.14.6	CMOS-Treiber	225
5.14.7	Komparator mit Tri-State-Ausgang	225
5.14.8	LED-Leuchtbands-Anzeige	226
5.14.9	Fensterkomparator	227
5.14.10	Rechteckgenerator	227
5.14.11	Programmierbarer Lichtmesser	228
5.15	LED-Blinker/Oszillator LM3909	228
5.15.1	LED-Blinker	229
5.15.2	Leistungsblinker	229
5.15.3	Infrarotsender	229
5.15.4	Lichtgesteuerter Ton-Oszillator	230
5.15.5	Glühlampen-Blinker	230
5.15.6	Singschwan	231
5.15.7	Chirper	231

5.15.8	Solarbetriebener Oszillator	232
5.15.9	Mini-Orgel	232
5.15.10	TTL-gesteuerter LM 3909	232
5.16	Leuchtzeilendisplay-Treiber LM3914N	233
5.16.1	Punkt-/Balkenanzeige	234
5.16.2	Anzeige mit 20 Elementen	235
5.16.3	Blinkende Balkenanzeige	236
5.16.4	Mini-Oszilloskop	236
5.16.5	LM3914N als Controller	237
5.17	Leuchtzeilendisplay-Treiber LM3915N	238
5.17.1	0...-27-dB-Punkt-/Leuchtbandanzeige	238
5.18	LED-VU-Meter-Modul NSM3916	239
5.18.1	VU-Leuchtbandanzeige	240
5.18.2	Vorwärts-/Rückwärts-Blinker	240
5.19	LCD-Uhrenmodul PCIM-161	241
5.19.1	Uhr mit Weckalarm	241
5.19.2	Uhr mit Radiowecker	242
5.19.3	Zeitgesteuertes Relais	242
5.20	Zeitgeber 555	243
5.20.1	Innenschaltung 555	243
5.20.2	Prellfreier Schalter	244
5.20.3	Monostabiler-Zeitgeber	244
5.20.4	Timer mit Relais	244
5.20.5	Spielzeug-Orgel	245
5.20.6	LED-Sender	245
5.20.7	Impulsgenerator für TTL und CMOS	246
5.20.8	Impulsausfall-Detektor	246
5.20.9	Zeitverzögerung extra lang	247
5.20.10	Berührungsempfindlicher Schalter	247
5.20.11	Licht-Alarm	248
5.20.12	Dunkel-Detektor	248
5.20.13	Spannungsquelle für Glimmlampe	249
5.20.14	Frequenzteiler	249
5.20.15	Dreiecksgenerator	250
5.20.16	Tonimpulsgenerator	250
5.21	2-fach-Zeitgeber 556	251
5.21.1	Intervall-Zeitgeber	251
5.21.2	3-fach-Tongenerator	252

5.21.3	555/556-Thyristor-Ausgang	252
5.21.4	Klang-Synthesizer	253
5.21.5	2-Stufen-Zeitgeber	253
5.21.6	Programmierbarer 4-fach-Tongenerator	254
5.22	4-fach-Zeitgeber 558	254
5.22.1	Timer-Grundschialtung	255
5.22.2	Monostabiler	255
5.22.3	Programmierbarer Sequenzer/Ablaufsteuerung	255
5.22.4	Impulsgenerator einstellbar	256
5.22.5	Einfacher Oszillator	256
5.22.6	Festes Impulsverhältnis	257
5.22.7	Langzeit-Zeitgeber	257
5.23	Zeitgeber 7555	258
5.23.1	Analog-Frequenzmesser	258
5.23.2	Lichtprüfer für Blinde	259
5.23.3	Vorgangsüberwachung	259
5.24	Phase Locked Loop (PLL) 565	260
5.24.1	Pulsfrequenzmodulierter Infrarot-Sender	260
5.24.2	Infrarot-Empfänger	261
5.25	Phase Locked Loop (PLL) 4046	261
5.25.1	Lautsprecherverstärker	262
5.25.2	Zwischer-Sequenzer	262
5.25.3	Abstimmbarer Oszillator	263
5.25.4	Sirene	263
5.25.5	Klangeffekt-Generator	264
5.25.6	Frequenz-Synthesizer	265
5.25.7	Lock-Anzeige	266
5.25.8	Tonimpuls-Generator	266
5.26	Ton-Decoder 567	267
5.26.1	Tondetektor-Grundschialtung	267
5.26.2	Infrarot-Fernbedienungssystem	268
5.26.3	2-Frequenz-Oszillator	268
5.26.4	2-Phasen-Oszillator	269
5.26.5	Ausgang des 567 einfrieren	269
5.26.6	Schmalbandfrequenz-Detektor	270
5.26.7	Telefonwahlton-Decoder	270
5.27	12-Tasten-Telefontongebner CEX-4000	272
5.27.1	Tragbarer Telefonwahlton-Generator	272
5.27.2	Funk-Fernbedienung	273

5.28	Spannung/Frequenz-Umsetzer 9400	273
5.28.1	Grundschtaltung V/f-Konverter	274
5.28.2	FSK-Binärdaten-Sender	275
5.28.3	Übertragungssystem für analoge Spannungen	276
5.28.4	Tonfrequenzmesser	277
5.29	Spannungsgesteuerter Oszillator (VCO) 566	277
5.29.1	Funktionsgenerator	278
5.29.2	FSK-Generator	278
5.29.3	Zwei-Ton-Wobbler	279
5.30	Analog-zu-Digital-Wandler (AD) TL507	279
5.30.1	8-Bit-Analog-zu-Digital-Wandler	280
5.30.2	Pulsbreitenmodulator	281
5.31	8-Bit-Digital / Analog-Wandler DAC 801	281
5.31.1	Spannungsversorgung für den 8-Bit DAC 801	282
5.31.2	256-Stufen-Sägezahngenerator	283
5.31.3	DAC-801-Tongenerator	284
5.32	Temperatursensor und justierbare Stromquelle LM334	284
5.32.1	Thermometer – Grundschtaltungen	285
5.32.2	Stromquelle	285
5.32.3	Referenzspannungsquelle	286
5.32.4	LED-Stromversorgung	286
5.32.5	Sägezahngenerator	286
5.32.6	Lichtmesser	287
5.33	125-mW-Verstärker LM386	287
5.33.1	Verstärker mit $v = 20$	287
5.33.2	Verstärker mit $v = 200$	288
5.33.3	Verstärker mit Bass-Anhebung	288
5.33.4	Tonalarm	288
5.33.5	Verstärker mit hohem Gain	289
5.34	8-Watt-Verstärker LM383 / TDA 2002	289
5.34.1	8-Watt-Verstärker	290
5.34.2	16-Watt-Brückenverstärker	290
5.35	Dual-2-Watt-Verstärker LM1877 / LM377	291
5.35.1	Stereo-Verstärker	291
5.35.2	4-Watt-Brücken-Verstärker	292
5.35.3	Durchsage-Verstärker	292

5.36	Komplexer Sound-Generator SN76477N	293
5.36.1	Schlagzeugsynthesizer	293
5.36.2	Rauschgenerator	294
5.36.3	Universeller Generator mit auf-/abschwellendem Ton	294
5.37	Komplexer Sound-Generator SN76488N	295
5.37.1	Fliegerbombe mit Explosion	295
5.37.2	Verbesserte Dampfmaschine mit Pfeife	296
5.37.3	Ultimative Sirene	296
5.38	Rhythmus-Generator MM5871	297
5.38.1	Rhythmus-Box	298
5.39	Dual-Analog-Verzögerungsleitung SAD1024	300
5.39.1	Serieller Betrieb	300
5.39.2	Ausgangssummierer	300
5.39.3	SAD1024-In/Out-Beschaltung	301
5.39.4	Justierbarer Flanger oder Phaser	302
5.40	Oktavton-Generator S50240	303
5.40.1	Justierbarer Oktav-Frequenz-Synthesizer	303
5.40.2	Spezialeffekte	304
5.41	Optokoppler TIL111 / TIL119	304
5.41.1	Testschaltung für TIL111 / TIL119	305
5.41.2	Tastatur-Interface	305
5.41.3	Stoppuhr mittels Taschenrechner	306
5.42	Optokoppler MOC3010 / SCS11C3	306
5.42.1	DC- und AC-Optoschalter	307
5.42.2	Computer Output Ports	307
5.43	Linear-Optokoppler MOC5010	308
5.43.1	Isolierte Analog-Datenverbindung	308
5.43.2	Thyristor-Ansteuerung	309
5.43.3	TTL-Interface	309
5.43.4	AC-Signal-Isolator	309

1 Grundsätzliche Betrachtungen

Die ersten Seiten dieses Buches dienen der Auffrischung vorhandenen Wissens. Wenn Sie tiefer in die Materie einsteigen wollen, empfehlen wir eine Recherche im Internet oder weiterführende Fachliteratur.

1.1 Widerstände

Widerstände begrenzen den Stromfluss. Ein Widerstand hat genau 1Ω , wenn bei einer angelegten Spannung von 1 Volt durch ihn ein Strom von 1 Ampere fließt. Dies ist das Ohmsche Gesetz. Mathematisch ausgedrückt:

$$R = \frac{U}{I} \quad I = \frac{U}{R} \quad U = R \cdot I$$

Widerstände werden mit Farbringen markiert. Aus der Position und Anzahl der Farbringe lässt sich der Widerstandswert ablesen. Es gibt Widerstände mit 3, 4 und 5 Farbringen. Je mehr Farbringe ein Widerstand hat, desto genauer ist sein Wert und desto geringer im allgemeinen seine Toleranz.



	1	2	3	4	
Widerstandswert	Multiplikator		Toleranz		
schwarz	0	0	x 1		
braun	1	1	x 10	1%	
rot	2	2	x 100	2%	
orange	3	3	x 1k		
gelb	4	4	x 10k		
grün	5	5	x 100k		
blau	6	6	x 1M		
violett	7	7	x 10M		
grau	8	8	gold x 0,1	5%	
weiß	9	9	silber x 0,01	10%	

Widerstände mit 3 Farbringen

1. und 2. Farbring = Zahlenwerte Widerstand
 3. Farbring = Multiplikator
- Toleranz generell 20%

Widerstände mit 4 Farbringen

1. und 2. Farbring = Zahlenwerte Widerstand
3. Farbring = Multiplikator
4. Farbring = Toleranz je nach Farbe

Widerstände mit 5 Farbringen

1. 2. und 3. Farbring = Zahlenwerte Widerstand
4. Farbring = Multiplikator
5. Farbring = Toleranz je nach Farbe

Für Widerstände wird auch folgende alphanumerische Codierung benutzt:

Zahlenwert + Zahlenwert + Multiplikator + Zahlenwert, wobei der Multiplikator die Position der Kommastelle angibt. Als Multiplikatoren dienen die Buchstaben M, k, R, wobei M = 1.000.000; k = 1.000; R = 1. Hier ein paar Beispiele:

$$2k2 = 2,2 \times 1000 = 2,2 \text{ k}\Omega$$

$$22M5 = 22,5 \times 1.000.000 = 22,5 \text{ M}\Omega$$

$$580R = 580 \Omega$$

$$56R5 = 56,5 \Omega$$

$$1R1 = 1,1 \Omega$$

$$R022 = 0,022 \Omega$$

Widerstände werden nicht nur nach ihrem Widerstandswert unterschieden, sondern auch nach ihrer Belastbarkeit, angegeben in „Watt“. Soll ein Widerstand nicht überhitzt werden, muss er die entstehende Wärme über seine Oberfläche an die Umgebung abgeben. Ein kleiner Widerstand kann nicht so viel Energie abgeben wie ein großer. Deshalb gibt es z. B. kleine Widerstände mit 100 Ω und sehr große Widerstände mit 100 Ω . Der Widerstandswert ist immer gleich, die Belastbarkeit jedoch unterschiedlich. Je größer die Abmessungen des Widerstandes, desto größer ist im allgemeinen seine Belastbarkeit. Verwenden Sie immer nur Widerstände mit der passenden Belastbarkeit. Diese richtet sich nach der entstehenden Wärmeleistung und berechnet sich wie folgt:

$$P = (U^2) / R$$

mit P = Leistung in Watt; U = Spannung am Widerstand in Volt (Effektivwert); R = Widerstandswert in Ω .

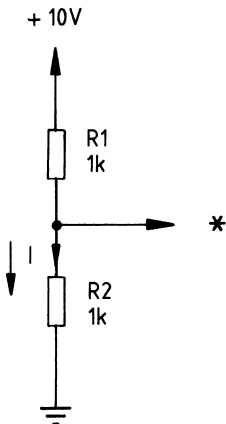
In der Praxis sollte man die Belastbarkeit von Widerständen immer doppelt so groß wählen wie berechnet. Hat man also einen Widerstand zu 1/2 Watt errechnet, so wählt man für die Schaltung einen Widerstand mit 1 Watt Belastbarkeit. Der Grund: Betreibt

man einen 1/2 Watt Widerstand mit konstant 1/2 Watt, so ist dieser nach einem bis zwei Jahren defekt. Die Ursache ist die langsame Oxidation des Luftsauerstoffs mit dem heißen Widerstandsmaterial. Ist in einer Schaltung kein Widerstandswert angegeben, so kann man üblicherweise 1/4 bis 1/2 Watt-Typen verwenden.

Fast jede elektronische Schaltung verwendet Widerstände. Hier die wichtigsten Anwendungsfälle:

1. Strombegrenzung: Begrenzung des Stromflusses durch LEDs, Transistoren, Lautsprecher, Transformatoren, Drosseln, Akkus usw. Diese Widerstände heißen im allgemeinen Vorwiderstände oder Schutzwiderstände.

2. Spannungsteilung: Eine beliebige Spannung soll um einen bestimmten Faktor verringert werden. Dazu verwendet man die sog. Spannungsteiler-Schaltung.

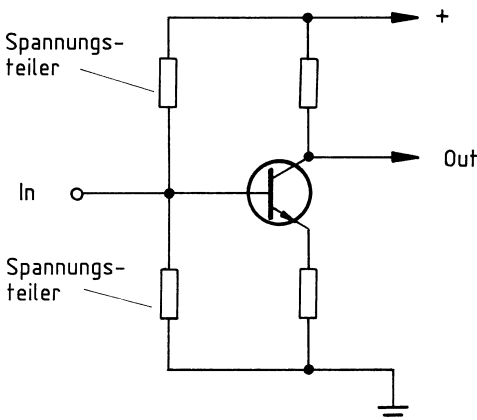


Die Spannung am Punkt „*“ = $I \times R_2$. Der Strom I ist der Strom durch R1 und R2.

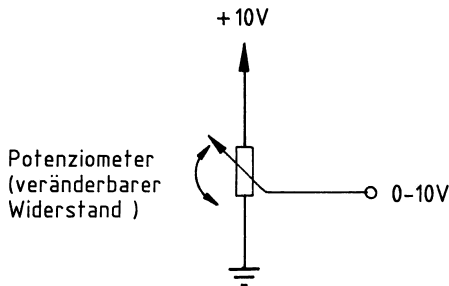
$$\text{Also: } I = \frac{10 \text{ V}}{(R_1 + R_2)} = 0,005 \text{ A}$$

Folglich ist die Spannung an „*“ = $0,005 \times 1000 = 5 \text{ Volt}$. Der Gesamtwiderstand von R1 und R2 ist einfach die Summe: $R_{\text{ges}} = R_1 + R_2$. Diese Regel erlaubt es, durch Kombination von Standard-Widerstandswerten einen gewünschten nicht standardisierten Widerstandswert zu erzeugen.

Spannungsteiler benützt man zur Vorspannungserzeugung bei Transistoren:



Sie eignen sich auch zur Erzeugung einer variablen Spannung aus einer festen Spannung:



3. Laden und Entladen von Kondensatoren: Lesen Sie dazu das nächste Kapitel über Kondensatoren.

1.2 Kondensatoren

Kondensatoren speichern elektrische Energie, sie blockieren Gleichstrom, lassen aber Wechselstrom passieren. Kapazitätswerte werden in „F“ angegeben. „1 F“ ist jedoch ein sehr großer Wert. In der Praxis haben die meisten Kondensatoren sehr viel kleinere Werte, zum Beispiel:

$$1 \text{ microF } (\mu\text{F}) = 1 \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$1 \text{ nanoF } (\text{nF}) = 1 \times 10^{-9} \text{ F}$$

$$1 \text{ picoF } (\text{pF}) = 1 \times 10^{-12} \text{ F}$$

Die Kapazitätswerte sind bei Kondensatoren meist aufgedruckt. Es gibt zwar auch einen internationalen Farbcode für Kondensatoren, dieser ist jedoch nicht einfach zu handhaben. Viele Hersteller bevorzugen den numerischen Aufdruck. Reine Zahlenwerte von 1 bis 999 bedeuten in der Regel „pF“. Zahlen mit Kommastelle bedeuten meist „μF“. Einige Hersteller benutzen auch folgenden Code:

1. und 2. Ziffer = Zahlenwert + 3. Ziffer = Anzahl der Nullen (Wertangabe in pF).

Hier einige Beispiele:

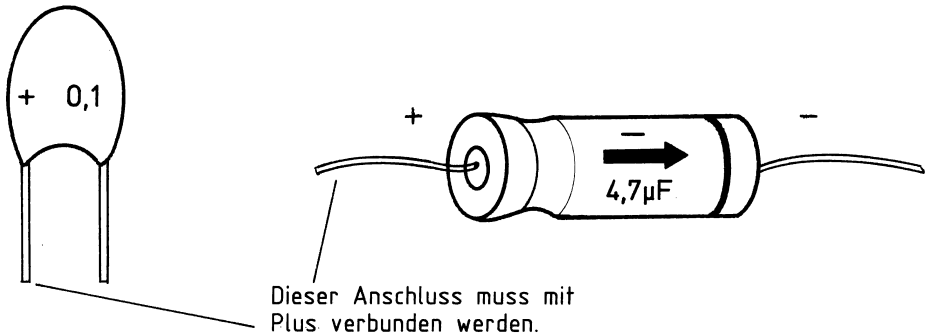
$$471 = 470 \text{ pF}$$

$$473 = 47000 \text{ pF} = 47 \text{ nF}$$

$$104 = 100000 = 100 \text{ nF}$$

$$105 = 1000000 = 1 \mu\text{F}$$

Elektrolytkondensatoren besitzen eine relativ hohe Kapazität (μF) bei kleiner Baugröße. Ihre Anschlüsse sind polarisiert. Sie dürfen nur mit der richtigen Polung betrieben werden. Falsch gepolte Elektrolytkondensatoren können innerhalb von Sekunden defekt werden.

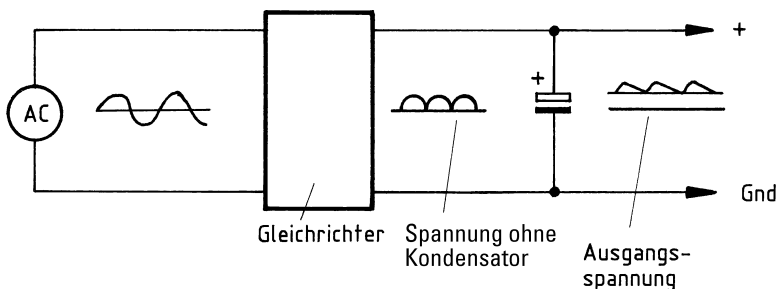


Kondensatoren vertragen Spannungen von wenigen Volt bis zu mehreren tausend Volt. Die Spannungsfestigkeit ist meist aufgedruckt. Verwenden Sie immer nur Kondensatoren mit einer passenden Spannungsfestigkeit (meist das 1,5-fache der Versorgungsspannung der Schaltung).

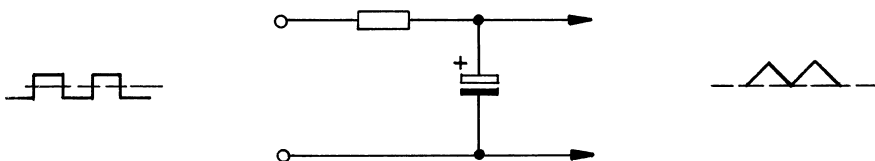
Warnhinweis: Kondensatoren können über sehr lange Zeit sehr hohe Energien speichern. Diese Energien können auch noch nach Tagen einen tödlichen elektrischen Schlag verursachen oder einen Brand auslösen. Deshalb sollten Kondensatoren, die an Spannungen über 48 Volt verwendet wurden, nach Gebrauch immer über einen 1-k Ω -Widerstand entladen werden. Höchste Vorsicht ist dabei geboten! Benutzen Sie immer nur eine Hand für diesen Vorgang. Legen Sie eine Hand auf den Rücken oder stecken Sie diese in die Hosentasche. So können Sie verhindern, dass beim Entladen ein elektrischer Strom durch ihre Arme über das Herz fließt.

Die wichtigsten Anwendungszwecke für Kondensatoren:

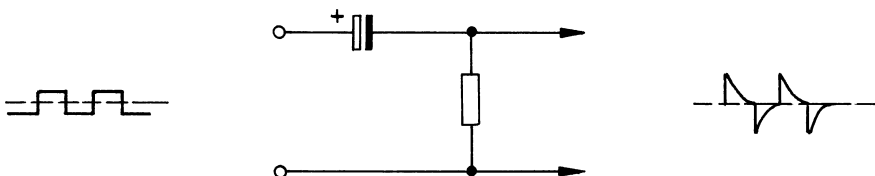
1. Unterdrücken von Stromversorgungsspitzen: Ein Kondensator von 0,01... 0,1 μF über den Versorgungspins von Digital-ICs unterdrückt Störspitzen und verhindert Fehltriggerungen.
2. Glätten gleichgerichteter Wechselspannung: Ein Elektrolytkondensator von 100...10000 μF am Gleichrichterausgang bewirkt eine Glättung der pulsierenden Gleichspannung.



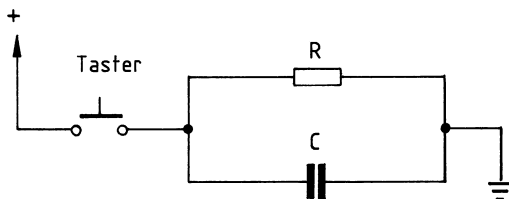
3. Blockieren von Gleichstrom bei gleichzeitigem Durchlassen von Wechselstrom.
4. Umleiten von Wechselspannung um eine Schaltung herum oder Ableitung nach Masse.
5. Ausfiltern von Teilen aus einem veränderlichen Signal.
6. Integration eines Signals.



7. Differenzierung eines Signals.



8. Realisierung einer Zeitfunktion



Nach dem Drücken des Tasters lädt sich C schnell auf, nach dem Loslassen erfolgt eine langsame Entladung über R.

9. Speichern einer Ladung um einen Transistor ein- bzw. ausgeschaltet zu halten.
10. Speichern einer hohen Impuls-Energie für eine Entladungsröhre oder LED.

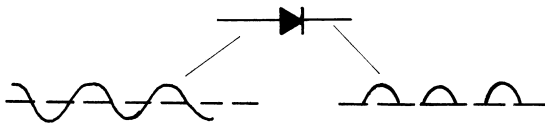
Kondensatoren besitzen eine hohe Kapazitätstoleranz. Übliche Werte sind 5–20%. Bei Elektrolytkondensatoren sind es noch wesentlich höhere Werte (bis zu 100%). In vielen Fällen ist die Kapazität nicht sehr kritisch für die Funktion einer Schaltung. Ist z. B. in einer Schaltung ein Kondensator mit $0,5 \mu\text{F}$ angegeben, so kann man oft den nächstgelegenen Normwert von $0,47 \mu\text{F}$ verwenden. Bei Filterschaltungen und Schaltungen mit Zeitgliedern ändern sich jedoch die Kennwerte mit den Kondensatoren, hier müssen die Werte bei Bedarf genau eingehalten werden. „Krumme“ Kondensatorwerte erzeugt man durch Parallelschaltung von Kondensatoren, z. B.: $47 \mu\text{F} // 3,3 \mu\text{F}$ ergibt $50,3 \mu\text{F}$.

1.3 Halbleiter

Halbleiter basieren hauptsächlich auf dem Element Silizium. Silizium ist ein sprödes Metall, das elektrisch nicht leitet und das aus Sand gewonnen werden kann. Durch gezielte Verunreinigungen wird es „halbleitend“ gemacht. Durch geschickte Kombination verschieden verunreinigter Silizium-Kristalle lassen sich unterschiedliche Halbleiterbausteine herstellen.

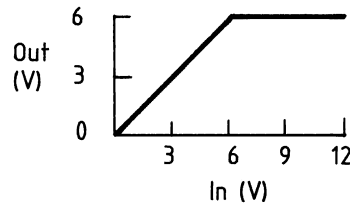
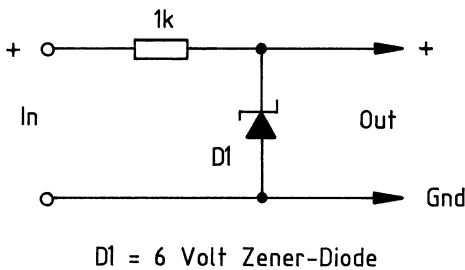
1.3.1 Diode

Lässt Strom nur in einer Richtung fließen. In der anderen Richtung wird der Stromfluss gesperrt. Wird benutzt, um aus einem Wechselstrom einen Gleichstrom zu erzeugen, oder um einen Strom in eine Schaltung hinein- aber nicht mehr herausfließen zu lassen.



1.3.2 Zenerdiode

Verhält sich wie eine normale Diode, wird jedoch in Sperrrichtung ab einer bestimmten Spannung leitend (= Zenerspannung). Sie kann als Spannungsregulierer verwendet werden. Sobald die Spannung V_{in} die Zenerspannung überschreitet, leitet die Diode und verhindert einen weiteren Anstieg.

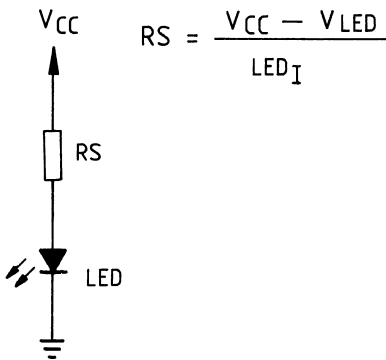


Zenerdioden können auch zum Schutz spannungsempfindlicher Komponenten dienen oder als einfache Referenzspannungsquelle.

1.3.3 LEDs

Licht emittierende Dioden verhalten sich wie normale Dioden, bei Stromfluss in Durchlassrichtung erzeugen sie jedoch Licht unterschiedlicher Wellenlänge von Infrarot bis Ultraviolett. LEDs müssen immer zusammen mit einem Vorwiderstand verwendet werden, der den Strom durch die LED begrenzt.

Beispiel:



Die Durchlassspannung einer roten Leuchtdiode beträgt ca. 1,7 Volt, der zulässige Betriebsstrom 20 mA. Um sie an 5 Volt betreiben zu können, müssen 3,3 Volt am Vorwiderstand abfallen und das beim zulässigen LED-Strom.

Nach dem Ohmschen Gesetz $R = \frac{U}{I}$ errechnet sich $R = \frac{3,3 \text{ V}}{0,02 \text{ A}} = 165 \Omega$.

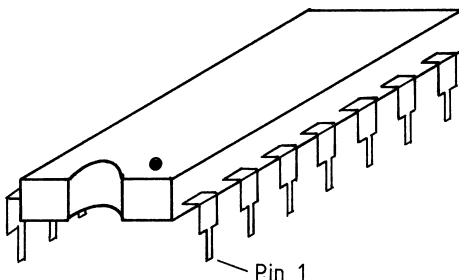
Infrarot-LEDs haben einen höheren Wirkungsgrad als LEDs mit sichtbaren Licht. Deshalb und wegen ihrer Unsichtbarkeit werden diese gerne für Signalübertragungen verwendet.

1.3.4 Transistoren

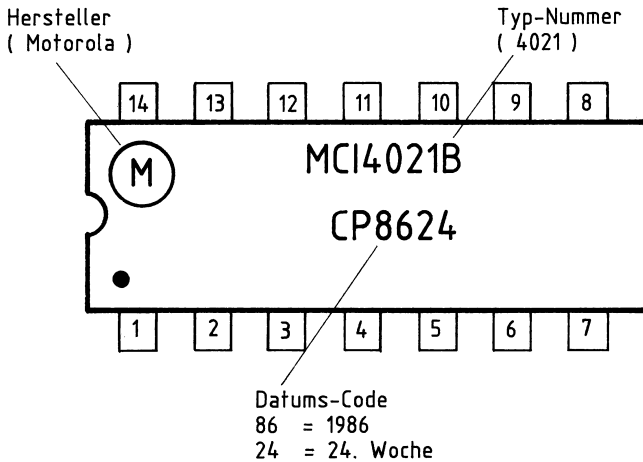
In diesem Buch werden Transistoren nur als einfache Verstärker oder Schalter verwendet. Deshalb können die meisten Universaltypen verwendet werden.

1.3.5 Integrierte Schaltungen

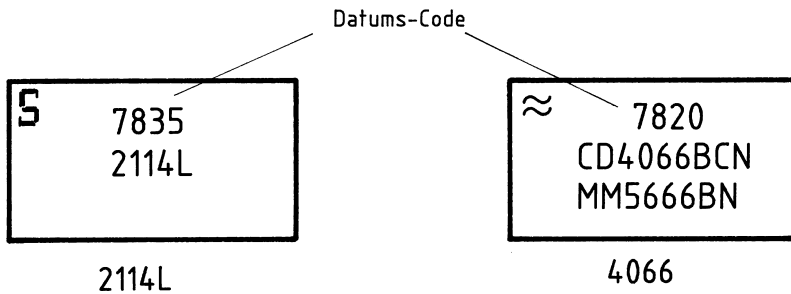
ICs sind aus einer Vielzahl winziger Transistoren auf einem winzigen Chip aufgebaut. Deshalb sind sie auch empfindlich gegenüber Überspannung, Überstrom, Falschpolung und Überhitzung. Beachten Sie die Lage der Pins der Versorgungsspannung. Die meisten ICs werden in Gehäusen mit 8, 14, 16 bis 24 Pins geliefert. Pin 1 ist durch eine Markierung gekennzeichnet (Aussparung, Punkt, Einkerbung).



Wenn das IC so liegt, dass man die Beschriftung aufrecht lesen kann, dann befindet sich Pin 1 links unten bei der Markierung.



Zusätzlich zur IC-Bezeichnung befindet sich eine Reihe weiterer Nummern mit unterschiedlicher Bedeutung auf den ICs.



Unglücklicherweise ist ein Datumscode nicht immer vorhanden oder er ist verschlüsselt oder andere Nummern treten an seine Stelle. Der Datumscode kann auch mit der IC-Nr. vertauscht sein.

Lagern sie ICs immer in antistatischen Behältern oder auf leitfähigem Schaumstoff. Bei Verwendung von nichtleitendem Kunststoff besteht die Gefahr von Aufladung der Kunststoffoberfläche. Diese Ladung kann ICs zerstören oder, noch schlimmer, die Funktionen teilweise beschädigen. Der Baustein hat dann nicht mehr die Herstellerspezifikation und verhält sich nicht wie gewünscht (unerklärliche sporadische Fehlfunktionen).

Frank Sichla

Band 5:

Schaltungssammlung LEDs, LCDs und Lasertechnik

Mit 387 Abbildungen

Vorwort

Jeder kennt sie, die Leucht- oder Lumineszenzdioden (auf Englisch: Light Emitting Diodes, LEDs, Licht emittierende Dioden). Sie sind überall in der modernen Elektronik anzutreffen und für Anzeigezwecke unentbehrlich. Durch beständige Entwicklungsarbeit wurde die Lichtausbeute kontinuierlich erhöht und Weißlicht möglich gemacht, sodass das elektronische Leuchtmittel LED gerade dabei ist, die Lichtbranche zu revolutionieren.

Bevor die Hochleistungs-Lumineszenzdioden kamen, gab es interessante Neuigkeiten aus dem Bereich der kleinen LEDs. Diese zeigten sich auch als Dual-LEDs (Zweifarb-LEDs), kamen mit einer integrierten Blinkerschaltung daher oder begannen endlich, auch blau zu leuchten. Damit war die Basis für die weiße LED geschaffen.

Seit kurzer Zeit sind Leuchtdioden, auf organischer Basis hergestellt, in Displays anzutreffen, welche keine Hintergrundbeleuchtung benötigen. So präsentierte ein führender Messgerätehersteller vor Kurzem das weltweit erste Handmultimeter mit OLED-Display. Und Physikern ist es Anfang 2009 gelungen, die Lichtausbeute der OLEDs so zu steigern, dass sie die von Leuchtstoffröhren übertrifft.

Auch die LCD-Anzeigen (Liquid-Crystal Display, Flüssigkeitskristall-Bildschirm) haben in den letzten Jahren – insbesondere durch die Entwicklung von Flachbildschirmen – einen enormen Aufschwung erlebt. Hier dominiert jetzt die Punktmatrix, und man hat die Wahl zwischen konventionellen Ausführungen (grün) und solchen mit weißen Zeichen auf blauem Grund (mit Hintergrundbeleuchtung).

LCDs finden Verwendung in vielen elektronischen Geräten der Unterhaltungselektronik, aber auch in Messgeräten, Mobiltelefonen, Digitaluhren und Taschenrechnern. Head-up-Displays und Videoprojektoren arbeiten mit dieser Technik.

Hier drei konkrete Beispiele dafür, dass auch die LCD-Entwicklung noch in Schwung ist:

Die EA-eDIP-Serie vereinigt diverse Grafik-LCDs mit integrierter Intelligenz. Neben acht eingebauten Schriften bietet sie eine ganze Reihe ausgefeilter Grafikfunktionen. Die Ansteuerung erfolgt über eine RS-232-, SPI- oder I2C-Schnittstelle. Die Programmierung erfolgt mit hochspracheähnlichen Grafikbefehlen. Die zeitraubende Programmierung von Zeichensätzen und Grafikroutinen entfällt völlig.

Das Zero-Power-LCD zeigt, was in letzter Zeit bei diesen Bildschirmanzeigen möglich wurde. Es beruht auf einer bistabilen Flüssigkristalltechnik, die ein Bild auch ohne eine angelegte Spannung halten kann. Solche Displays eignen sich hervorragend für batteriebetriebene, tragbare Geräte, die keine große Bildwiederholfrequenz benötigen.

Dank ihrer Reflexionseigenschaften ermöglicht diese Technologie breite Sichtwinkel, hohe Helligkeits- und Kontrastwerte sowie gute Lesbarkeit bei Sonnenlicht.

Die PIC18F87J90-Familie von Microchip vereint neue 8-Bit-Mikrocontroller zur direkten LCD-Ansteuerung. Sie sind die ersten 8-Bit-Controller in Nanowatt-Technologie, die über Echtzeituhr und Kalender sowie eine Schaltung zur Ladezeitmessung verfügen. Die softwaregesteuerte Kontrastregelung des integrierten LCD-Moduls passt den Bildschirm an die unterschiedlichen Licht- oder Temperaturverhältnisse an, und die Nanowatt-Technologie sorgt für einen geringen Leistungsbedarf.

Ständige Weiterentwicklungen gibt es auch in der Lasertechnologie. Heute ist der Laser zu einem bedeutenden Instrument der Industrie, Kommunikation, Wissenschaft und Unterhaltungselektronik geworden.

Die kleinen Laserdioden sind heute schon die mit Abstand am häufigsten benutzten Laserbauelemente und schicken sich an, die Lasertechnik und ihre möglichen Einsatzgebiete genauso zu revolutionieren wie einst die Transistoren die Elektronik. Die Vorteile von Laserdioden sind Kompaktheit, geringe Herstellungskosten, guter Wirkungsgrad und einfache Stromversorgung sowie einfache Modulierbarkeit.

All diese Bauelemente werden auch in Zukunft ständig weiterentwickelt. Weniger spektakulär als die Kreation völlig neuer Varianten verläuft die Verbesserung der Wirkungsgrade und der Darstellungsmöglichkeiten. Auch die Preise werden immer attraktiver, obwohl sie zum Teil schon verblüffend niedrig sind.

Nicht nur der Entwicklungsingenieur ist an einer Schaltungssammlung bewährter und moderner optoelektronischer Lösungen mit LEDs, Displays sowie Laserdioden interessiert, um Zeit zu sparen. Auch den Hobbyelektroniker interessieren solche Schaltungen besonders, da sie sich ideal für den Einstieg in die Elektronik eignen. Deshalb hat der Autor neben aktuellen professionellen auch bewährte einfache Schaltungen aufgenommen und einen großen allgemeinen Praxisteil hinzugefügt.

Ing. Frank Sichla

Inhaltsverzeichnis

Teil A: Schaltungen mit Leuchtdioden (LEDs) und Siebensegment-Anzeigen 17

1	Begriffe, Definitionen und technische Daten	19
1.1	Strahlungsphysikalische und lichttechnische Größen	19
1.2	Der Lichtstrom	19
1.3	Die Lichtstärke	19
1.4	Die Lichtstärke-Verteilungskurve	20
1.5	Die Beleuchtungsstärke	20
1.6	Die Belichtung	20
1.7	Die Leuchtdichte	20
1.8	Der Halbstreuwinkel	20
1.9	Vorwiderstandsberechnung	21
1.10	LED-Flussspannungen	21
1.11	Beleuchtungsstärke-Umrechnungen	22
1.12	Anschlusslage	23
1.13	Sicherheitshinweis	24
2	Blinkerschaltungen	25
2.1	Einfacher Blinker mit Timer 555	25
2.2	Wechselblinker mit Timer 555	26
2.3	Wechselblinker mit CMOS-IC	26
2.4	CMOS-Wechselblinker mit zwei LEDs	27
2.5	CMOS-Blinker als Auswerteschaltung	28
2.6	„Ruhiger“ Blinker mit Transistor	28
2.7	Wechselblinker für Jumbo-LEDs	29
2.8	Dämmerungsblinker mit superhellen LEDs	30
2.9	Alarmblinker mit „Zwischenspur“	30
2.10	Acht LEDs blinken scheinbar zufällig	31
2.11	Wechselblinker mit 2 x 20 LEDs	32
2.12	Helligkeit schwillt an und ab	33
2.13	Helligkeitsabhängiger Blinker	33
2.14	Blinkender Weihnachtsstern	34
2.15	Blinker mit Zweipol-Oszillator	35
3	Blitzer/Flasher/Pulser-Schaltungen	36
3.1	Einstellbarer Blitzer mit Timer 555	36
3.2	Blitzer mit komplementären Transistoren	37

3.3	Wechselblitzer mit Timer 555	38
3.4	Doppel-Blitzlicht für Modellfahrzeuge	39
3.5	Marathon-Blitzlicht	40
3.6	1,5-V-Blitzer mit vier Transistoren	41
3.7	Blitzer mit drei Jahren Batteriebensdauer	42
3.8	Blitzer mit Taktgenerator und CMOS-IC	43
3.9	Blitzer mit drei Transistoren	43
3.10	Blitzer mit Unijunction-Transistor	44
3.11	Dualer 1,5-V-Blitzer	45
3.12	Sicherheits-Blitzer für Radfahrer oder Jogger	45
3.13	Flackerschaltung (Feuer-Imitation)	47
3.14	Wechsel-Flasher mit 1,5 V Betriebsspannung	48
3.15	Sehr heller 3-V-Blitzer	48
3.16	Mini-Blitzer mit Druckschalter	49
3.17	Sicherheits-Blinker für Personen	50
3.18	Leuchtturm-Signalgeber	51
3.19	3-V-Transistor-Flasher	53
3.20	1,5-V-Flasher mit CMOS-IC	53
3.21	1,5-V-Flasher mit CMOS-IC und FET	54
3.22	Ultra-stromarmer 3-V-Blitzer	55
3.23	Programmierbarer Flasher in zwei Varianten	56
3.24	Der einfachste Blitzer der Welt?	57
3.25	Alarmanlagen-Simulator	58
3.26	1,5-V-Flasher für weiße LED mit Low-Voltage-Gatter	59
3.27	Schneller, portabler Pulser	59
3.28	1,5-V-Flasher für weiße LED mit fünf Transistoren	60
3.29	Drei-LED-Flasher	61
3.30	Blitzlicht mit dem TPS61054	61
4	Lauflicht- und Leuchtbalken/Leuchtband-Schaltungen	63
4.1	Einfachstes Lauflicht der Welt?	63
4.2	Lauflicht mit vier LEDs	64
4.3	Leistungsfähige Wechsellichtband-Schaltung	65
4.4	Knight-Rider-Lauflicht für 5 V	66
4.5	Knight-Rider-Lauflicht für 8...16 V	67
4.6	Knight-Rider-Lauflicht mit CMOS-ICs	68
4.7	Knight-Rider-Lauflicht mit Schweiß	69
4.8	Lauflicht mit einem Ringzähler 4017	71
4.9	Lauflicht mit kaskadierten Zählern 4017	71
4.10	Lauflicht mit kaskadierten Schieberegistern	72
4.11	Lauflicht mit Transistor-Monoflops	73
4.12	Mini-Lauflicht mit CMOS-ICs	74
4.13	Hin- und Her-Lauflicht mit Schweiß	75
4.14	Duale Lichtbandsteuerung	75

4.15	Lichtband mit Blinkeffekt	77
4.16	Intelligentes Blinklicht	77
4.17	Blitzlauflicht	79
4.18	Doppellauflicht	80
4.19	Mikroprozessor zaubert LED-Muster	81
4.20	Einfaches Knight-Rider-Lauflicht	81
4.21	Stern aus Laufbändern	82
4.22	Inkrementelles Lauflicht	83
4.23	555-Lauflicht	85
5	Farbwechsler-Schaltungen	86
5.1	Umschaltender Wechsler mit sieben Farben	86
5.2	Einstellbarer RGB-Farbwechsler	87
5.3	Farbwechsler mit Vierfach-Operationsverstärkern	88
5.4	Farbwechsler ohne Pause	89
5.5	Fading-Farbwechsler	90
5.6	Langsam laufender Farbwechsler	90
5.7	Fading-Farbwechsler mit TTL-IC	90
5.8	Ökonomische Farbenerkennung	93
5.9	Farbwechsel-Display mit Duo-LEDs	94
5.10	Regenbogen-LED	94
5.11	LED-Farbregler	96
6	Schaltungen mit Blink- und Dual-LEDs	97
6.1	Pegelindikator mit Dual-LED	97
6.2	Lauflicht mit Blink-LED	98
6.3	Blink-LED lässt Einfach-LEDs mitblinken	99
6.4	Kleines Lichtspiel mit Blink-LEDs	100
6.5	Operationsverstärker steuert Blink-LED	100
6.6	Blink-LED am TTL-Ausgang	101
6.7	CMOS-IC steuert Blink-LED	102
6.8	Blink-LED an über 5 V	102
6.9	Anzeigeschaltung mit zwei Dual-LEDs	103
6.10	Einfacher Impulsindikator mit Dual-LED	104
6.11	Dual-LED an Netzspannung	104
6.12	Ein Bauelement – vier Farben	105
6.13	Magische Lichter	105
6.14	Tester für Audioleitungen	107
6.15	Optischer Transistortester	107
6.16	Steuerschaltung für 16-mm-Duo-LEDs	108
6.17	Interessanter Wechselblinker	110
6.18	Blinkender Farbwechsler mit Doppeltimer	110
6.19	Duo-LED am einpoligen Mikroprozessor-Ausgang	111
6.20	Temperatur-Monitor	112

6.21	Übertemperatur-Indikator	112
6.22	Programmierbare LED	113
7	Mess-, Prüf- und Indikatorschaltungen	115
7.1	Anzeige für Gleich- und Wechselspannung	115
7.2	Balkenanzeige mit Transistoren	116
7.3	Einfacher Spannungsprüfer	117
7.4	Einfache Spannungsüberwachung	117
7.5	Versorgungsspannungs-Überwachung mit Timer 555	118
7.6	Überwachung eines 12-V-Akkus	119
7.7	VU-Meter mit acht LEDs	120
7.8	Leitungssucher mit Operationsverstärkern	121
7.9	Mini-Leitungssucher mit CMOS-IC	122
7.10	Vielseitiger Verdrahtungstester	123
7.11	Tester für mehradrige Leitungen	124
7.12	Logiktester mit Operationsverstärkern	126
7.13	Logiktester mit CMOS-ICs	126
7.14	Autobatterie-Tester mit Transistoren	127
7.15	Indikatoren mit LED-Anzeige	128
7.16	Einfaches Stroboskop mit Timer 555	128
7.17	Stroboskop mit CMOS-ICs	129
7.18	Niederfrequenzmesser mit LED-Anzeige	130
7.19	Aussteuerungsanzeige	131
7.20	Detektor für Nanosekunden-Impulse	132
7.21	Passiver LED-Bargraph-Power-Indikator	133
7.22	Audio-Clipping-Indikator	134
7.23	Dreistufiger Audio-Leistungsindikator	135
7.24	Alarm bei zu hoher Geschwindigkeit	137
7.25	Auto-Bordspannungs-Indikator	138
7.26	Test und Anschlussermittlung von Transistoren	139
7.27	Indikation einer Frequenzdifferenz	141
7.28	Impuls-Überwachungsschaltung	143
7.29	Impulsfrequenz-Detektor	143
7.30	Logikastkopf für CMOS und TTL	145
7.31	Mobiltelefon-Detektor	146
7.32	IR-Fernsteuerungs-Tester	147
7.33	Wasser-Füllstandsanzeige	147
7.34	Zweibereichs-Stroboskop	149
7.35	Digitester	149
7.36	Isolationstester	150
7.37	Tastatur-Detektiv	151
7.38	Gewitter-Entfernungsmesser	152
7.39	Schonender Batterietester	154
7.40	Three-State-Indikator	154

7.41	Schalt-Indikator	155
7.42	Impuls-Fühler	156
7.43	Logiktester	158
7.44	Tendenz-Indikator	158
7.45	Polaritätsanzeige	160
7.46	Spannungsindikator mit fünf LEDs	160
7.47	Bipolare Pegelanzeige	162
7.48	Batterietest ohne Voltmeter	162
7.49	Low-Bat-Indikator mit Shut-Down-Möglichkeit	165
7.50	Hocheffizienter Low-Bat-Indikator	165
7.51	Tester für hohe Spannungen	166
7.52	Oszilloskop für Demonstrationszwecke mit 100 LEDs	167
7.53	LED als Fotodiode	168
7.54	Bargraph-Anzeige am Mikrocontroller	169
7.55	In-Circuit-Transistortester	169
7.56	Tester für die Kfz-Elektrik	171
7.57	Wasserindikator	171
7.58	LED-VU-Meter ohne Spezial-IC	172
7.59	Universaltester	174
7.60	Kfz-Ladekontrolle	174
7.61	Nachleuchtende Übersteuerungsanzeige	176
7.62	NF-Frequenzanalysator	176
7.63	Dreistufiger Spannungsdetektor	178
7.64	CPU-Lüfterüberwachung	178
8	Dimmerschaltungen	180
8.1	Komplementäre Fading-Schaltung	180
8.2	Drei-LED-Wechseldimmer	181
8.3	Fade-in/out-Schaltung	182
8.4	Digital steuerbarer LED-Dimmer	182
8.5	Logarithmischer digitaler Dimmer	184
8.6	DAC steuert Dimmer-IC	184
8.7	Kopfhörerverstärker steuert Dimmer-IC	186
8.8	Lineare Helligkeitseinstellung in 64 Schritten	186
8.9	Dimmer mit Transistoren und Operationsverstärkern	187
8.10	Effizienter LED-Betrieb an Schaltregler-IC	189
9	Schaltungen für Spiel, Spaß und Unterhaltung	190
9.1	Tanzende LEDs	190
9.2	Lichtspiel-Schaltung	191
9.3	Hypnotisierende LED-Spirale	192
9.4	Münzen-Flipper	194
9.5	Elektronisches Roulette	194
9.6	Elektronisches Glücksrad mit akustischem Effekt	196

9.7	Reaktionszeit-Tester	197
9.8	Maus im Labyrinth	198
9.9	Orakel	199
9.10	Geschicklichkeitsspiel	199
9.11	Taschenflipper „Good Luck“	201
9.12	Kaffeethermometer	202
9.13	Müdigkeitstester	202
9.14	LED-Spiel	203
9.15	Launische LED	204
9.16	Laufender Pfeil	205
9.17	Münzwurf-Imitation mit Berührungssensor	207
9.18	Tanzende Lichter mit Transistoren	207
9.19	Fernbedienungs-Blockierer	208
9.20	„Erster!“-Schaltung	209
9.21	Regenbogen mit 13 LEDs	211
9.22	Quiz-Timer	211
10	Schaltungen aus der Allgemeinelektronik	213
10.1	LED als Stabilisierungsdiode	213
10.2	LED-Spannungswandler mit PR4401/4402	213
10.3	Automatisches Nachtlicht mit MOSFETs	215
10.4	Count-Down-Schaltung mit neun LEDs	216
10.5	Berührungssensor mit zwei Transistoren	216
10.6	Berührungssensor mit Tondecoder-IC	217
10.7	LED-Betrieb an 1,5 V	218
10.8	Einparkhilfe auf IR-Basis	219
10.9	Fünf bis acht LEDs an 1,5 V	220
10.10	Leistungsfähige Konstantstromquelle	221
10.11	Cluster für 24 LEDs	221
10.12	Sich aufbauender LED-Pfeil	222
10.13	LED-Lampe mit Tast-Flipflop	223
10.14	Weißer LED an 1,5 V mit drei Bauteilen	224
10.15	Weißer LED an 3 V ohne Spule	225
10.16	Weißer LED an 1,5 V ohne Spule	225
10.17	Präzise LED-Ansteuerschaltung	226
10.18	LED mit großem Versorgungsspannungsbereich	227
10.19	Zeitschalter mit Count-Down-Anzeige	228
10.20	Elektronischer Tastensatz	228
10.21	Fensterkomparator mit drei LEDs	229
10.22	LED-Umschalter	230
10.23	Unterbrechender Umschalter	230
10.24	LED-Zeiger	232
10.25	Eier-Timer mit blitzender LED	232
10.26	Konstantstromquelle für Low-Current-LEDs	233

10.27	30-Sekunden-Einschaltverzögerung	234
10.28	Schubladen-Überwachungsschaltung	234
10.29	Verzögerte Einschaltung mit Count-Down	235
10.30	Automatisches Nachtlicht mit CMOS-Timer	236
10.31	Sich aufbauender Schriftzug	236
10.32	Versorgung mehrerer LEDs durch Aufwärtswandler	238
10.33	LED-Array-Ansteuerung durch FET	238
10.34	Weißer LED an 1,5 V mit improvisiertem Trafo	239
10.35	Blaue LED an 3 V	240
10.36	Effizienter LED-Betrieb mit Buck-Konverter	240
10.37	Weißer LED an 1,2 V	242
10.38	20 bis 30 LEDs in Reihe an 4,5 V	242
10.39	Buzzer lässt weißer LED leuchten	243
10.40	High-Power-LED-Betrieb mit MAX1685	244
10.41	High-Power-LED-Betrieb mit LM3404(HV)	245
10.42	Weißer LEDs an Spannungen ab 1,8 V	245
10.43	LED-Betrieb mit hoher Effizienz	246
10.44	Drei weißer LEDs an 3 V	247
10.45	Weißer LED effizient an 2,7...16,5 V	247
10.46	Zehn weißer LEDs an 12 V	248
10.47	20 LEDs an fünf Mikroprozessor-Ports	249
10.48	Netzbetrieb von High-Power-LEDs über Treiber-IC	249
10.49	LED in Doppelfunktion als Foto- und Leuchtdiode	250
10.50	Geschaltete leuchtende Schrift	251
10.51	Sieben weißer LEDs an 3...6 V	253
10.52	Portabler Betrieb von mindestens acht weißen LEDs	253
10.53	Treiber-ICs für weißer LEDs	255
10.54	High-Side-Stromfühler sorgt für konstanten LED-Strom	255
10.55	Pseudo-Code-Schloss	257
10.56	Metronom	257
10.57	LED mit variabler Betriebsspannung	258
10.58	Vier, sechs oder acht LEDs am TPS61042	259
10.59	Vier weißer LEDs an 2,7 V	260
10.60	Acht weißer LEDs an 3 V	261
11	Schaltungen mit Siebensegment-Anzeigen	262
11.1	Testschaltung für Siebensegment-Anzeige	262
11.2	Würfel mit drei TTL-ICs	263
11.3	Würfel mit vier CMOS-ICs	263
11.4	Vierstelliger LED-Anzeige an Zeitgeber-Baustein	264
11.5	Neunkanalschalter mit Zifferanzeige	265
11.6	Einfacher „Hallo“-Blinker	267
11.7	Vor- und/oder Rückwärtszähler	267
11.8	Abgastester	269

11.9	Zehn-Stufen-Lautstärkeeinsteller	270
11.10	Tester für Gatterschaltungen	271
11.11	Punktezähler	273
11.12	High-Low-Tester	275
11.13	Vielseitiger Zähler	276
11.14	Ein Leuchtsegment fährt Karussell	276
11.15	Punktesammeln	277
11.16	Kontaktloser Netzspannungsindikator	278
11.17	Just-a-Minute-Schaltung	278
11.18	Zähler von 00 bis 99	279
11.19	PC-basiertes Siebensegment-Rolling-Display	280
11.20	Tagezähler	281
11.21	Universelles Zählmodul	283
11.22	Standard-Voltmeter mit ICL7106	283
11.23	Multiplexbetrieb mit Mikrocomputer	284
11.24	Einfache Digitaluhr	286
11.25	Pegel- und Flankenindikator	287

Teil B: Schaltungen mit Liquid-Crystal Displays (LCDs) 289

1	LCDs in Frage und Antwort	291
1.1	Wie funktioniert ein LCD im Prinzip?	291
1.2	Wie ist ein LCD aufgebaut?	291
1.3	Wie verhindert man das Zersetzen der Flüssigkeit?	291
1.4	Welche Grundtypen gibt es?	291
1.5	Was zeichnet ein Textdisplay aus?	292
1.6	Wie kennzeichnet man Textdisplays?	292
1.7	Was ist ein Grafikdisplay?	292
1.8	Wie erfolgt die LCD-Ansteuerung?	292
1.9	Was bedeutet Multiplexbetrieb?	292
1.10	Wie wird die Ansteuerung bewerkstelligt?	293
1.11	Welche Vorteile hat ein On-Board Controller?	293
1.12	Was bedeutet Positiv- und Negativmodus?	293
1.13	Was ist bei LCDs mit Hintergrundbeleuchtung zu beachten?	293
1.14	Gibt es verschiedene Hintergrundbeleuchtungs-Methoden?	293
1.15	Welchen Vorteil haben einfache Displays?	294
1.16	Was versteht man unter einem Passiv-Matrix-Display?	294
1.17	Was versteht man unter einem Aktiv-Matrix-Display?	294
1.18	Welche Vorteile bietet ein Aktiv-Matrix-Display?	295
1.19	Wie verhalten sich Pixel-Anzahl und Diagonale zueinander?	295
1.20	Was sind STN-Displays?	295
1.21	Was ist ein Zero-Power-LCD?	295
1.22	Welche preiswerten LCD-Typen sind derzeit am Markt?	296
1.23	Welche sind die wichtigsten Meilensteine der LCD-Entwicklung?	296

2	Schaltungen mit Siebensegment-LCDs	297
2.1	Grundschialtung für die Ansteuerung	297
2.2	Ansteuerung mit Decoder-IC 4543	298
2.3	Ansteuerung mit Decoder-ICs 4054, 4055 und 4056	300
2.4	Einfache Zählerschialtung bis 99	302
2.5	Standard-Voltmeter mit ICL7106	303
2.6	Logarithmisches Voltmeter mit ICL7106	304
2.7	Druckmesser mit ICL7106	304
2.8	Frequenzmesser 0...20 kHz	306
2.9	Interface für vierstelliges Siebensegment-LCD	306
2.10	Dreistelliger Ultra-Low-Power-Indikator	307
2.11	LCD-Stoppuhr	308
3	Schaltungen mit LCD-Punktanzeigen	310
3.1	Standardbeschaltung zur Kontrasteinstellung	311
3.2	Einfaches LCD-Interface	312
3.3	Seriellles Interface für 2x16-Display	312
3.4	RS-232-zu-LCD-Konverter mit automatischem Zeilenumbruch	314
3.5	LCD-Anzeige am COM-Port	314
3.6	RC5-Fernbedienungstester	316
3.7	Füllstandsmessung mit LCD	316
3.8	Füllstandsanzeige-LCD-Modul mit vielen Möglichkeiten	317
3.9	Kapazitätsmessung mit LCD & PIC	318
3.10	USB-LCD-Interface	319
3.11	Steuerschaltung für Hintergrundbeleuchtung	321
3.12	LCD-Testboard	321
3.13	USB-LCD-Interface mit CH341A-Modul	322
4	Schaltungen mit Grafik-LCDs	324
4.1	Grundlagen der Ansteuerung	324
4.2	Ansteuerung eines Notebook-LCDs	324
4.3	Grafik-LCD-Betrieb über USB	326
4.4	Ansteuerung von Grafik-LCDs ohne Controller	327
4.5	Signalformdarstellung auf einfache Weise	328
Teil C: Schaltungen mit Laserdioden		329
1	Lasertechnik in Frage und Antwort	331
1.1	Was bedeutet der Begriff Laser?	331
1.2	Was versteht man unter stimulierter Emission?	331
1.3	Wie wird die stimulierte Emission herbeigeführt?	331
1.4	Welche Stoffe eignen sich als Medium?	331
1.5	Wie kommt die Lichtverstärkung zustande?	331
1.6	Wie erfolgt die Abstrahlung?	332

1.7	Geht es auch ohne Resonator?	332
1.8	Welche Wellenbereiche sind möglich?	332
1.9	Was unterscheidet Laserquellen von klassischen Lichtquellen? ...	332
1.10	Was bedeutet Kohärenz?	332
1.11	Was bestimmt die Strahleigenschaften des Lasers?	333
1.12	Was ist ein CW Laser?	333
1.13	Wie funktioniert die Laserdiode?	333
1.14	Wie unterscheiden sich Laserdioden von LEDs?	333
1.15	Warum sind Laserdioden so klein?	334
1.16	Wie erfolgt das Pumpen bei Laserdioden?	334
1.17	Was sollte der Praktiker bei Laserdioden beachten?	334
1.18	Wo werden Laser angewandt?	334
1.19	Welche Lichtleistungen werden erzielt?	335
1.20	Wie verlief die Entwicklung der Laser?	335
1.21	Wie gefährlich ist Laserstrahlung?	336
2	Schaltungen mit Laserdioden	337
2.1	Grundschialtung der Laserdiode	337
2.2	Leistungsregler für Laserdioden	338
2.3	Laserdiodenbetrieb mit 1,5 V	340
2.4	Experiment zur Nachrichtenübertragung	340
2.5	Stromversorgung mit Konstantstromquelle	341
2.6	Schaltung zur Ausgangsleistungs-Anzeige	342
2.7	Impulsansteuerung für Laserdioden	342
2.8	Treiber- und Überwachungsschialtung	343
2.9	Treiber für vierpoligen Anschluss	343
2.10	Betrieb mit Treiber-IC AD9660	343
2.11	20-MHz-Tester für VCSEL-Laserdioden	346
2.12	0,5/5/50-MHz-Tester für GaAlAs-Laserdioden	347
2.13	Leistungsregler mit digitalem Widerstand	348
2.14	Einfaches Lasertelefon	349
2.15	Einfacher Laserdiodentreiber	351
2.16	Laserdiodentreiber mit geringer Betriebsspannung	351
	Stichworte	353

Teil A: Schaltungen mit Leuchtdioden (LEDs) und Siebensegment- Anzeigen

2 Blinkerschaltungen

Blinker sind typische Einsteigerprojekte: Mit geringem Aufwand und hoher Nachbausicherheit wird ein eindrucksvoller (optischer) Effekt erzeugt. Außerdem eignen sich diese Schaltungen gut, um Erfahrungen beim Dimensionieren zu sammeln. Anhand der Helligkeit und des Schaltverhaltens kann man sofort die Änderung im „Benennen“ der Schaltung erkennen, ein Messgerät ist zunächst nicht erforderlich.

Da billige Elektrolytkondensatoren Toleranzen von -20% bis $+100\%$ haben können, sind damit entsprechende Abweichungen bei der Frequenz möglich.

2.1 Einfacher Blinker mit Timer 555

Die Schaltung nach *Abb. 2.1* weist keine Besonderheiten auf. Die Gleichheit von R1 und R2 führt allerdings zu einem Impuls-Pause-Verhältnis, das stark von 1 abweicht. Sollen Ein- und Ausschaltzeit etwa gleich sein, so wählt man R2 mit $100\text{ k}\Omega$ und C1 mit $10\text{ }\mu\text{F}$. Das Tastverhältnis (Einschaltzeit / Periodendauer) liegt dann entsprechend bei 0,5.

Bei 9 V Betriebsspannung fließen durch die LED etwa 40 mA . Bei $4,5\text{ V}$ Betriebsspannung geht der LED-Strom auf etwa 10 mA zurück; das Schaltverhalten bleibt gleich. Eine weitere mögliche Änderung ist die Verwendung eines Einstellwiderstands mit Vorwiderstand für R2. Dann lässt sich die Blinkfrequenz einstellen.

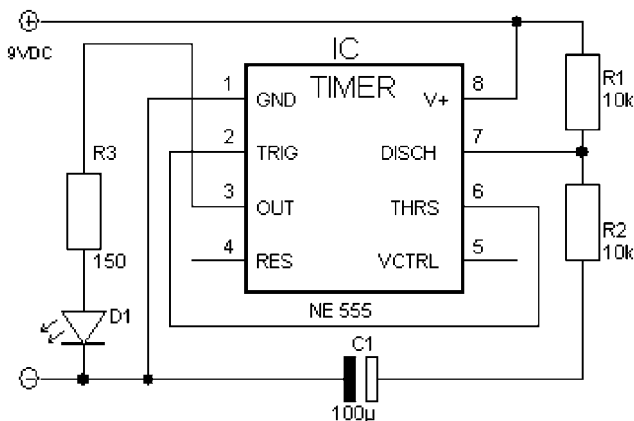


Abb. 2.1: Quelle: René Bader, www.bader-frankfurt.de

2.2 Wechselblinker mit Timer 555

Die Schaltung nach Abb. 2.2 wirkt gegenüber der eben gezeigten nur größer, weil das Innenleben des Timers (Blockaufbau) mit dargestellt ist. Beschaltet ist der Timer als Standard-Multivibrator mit einem Tastverhältnis von praktisch 0,5. Da der Ausgang jedoch relativ hohe Ströme sowohl liefern (treiben) als auch aufnehmen kann, ist ein Wechselblinker mit dem Timer kein Problem. Abwechselnd blinken die LEDs praktisch mit je folgender Zeit:

$$\text{Einschaltzeit in ms} = 0,7 \times C_t \times R_2$$

$$\text{Einschaltzeit in ms} = 0,7 \times 4,7 \mu\text{F} \times 220 \text{ k}\Omega = 724 \text{ ms}$$

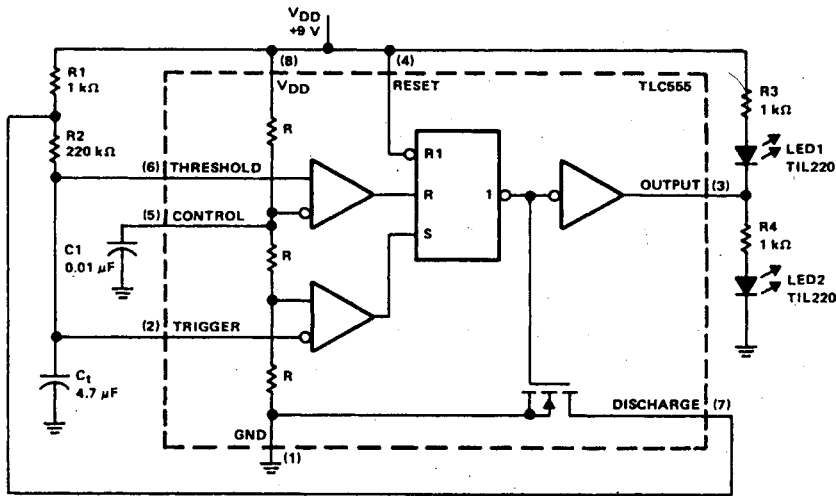


Abb. 2.2: Quelle: René Bader, www.bader-frankfurt.de

2.3 Wechselblinker mit CMOS-IC

Standard-CMOS-Gatter können bei 5 V Betriebsspannung mindestens 5 mA liefern bzw. aufnehmen. Daher lassen sich insbesondere Low-Current-LEDs direkt daran betreiben.

Abb. 2.3 schlägt Möglichkeiten vor. Da ein solches Gatter invertiert, leuchten LED1 und 4 sowie LED2 und 3 gemeinsam. Man kann übrigens CMOS-Gatter des gleichen Schaltkreises parallel schalten und somit den Ausgangsstrom verdoppeln oder verdreifachen. Im 4001 sind ja noch zwei Gatter frei, deren Eingänge bei Nichtbenutzung auf festes Potenzial (Betriebsspannung oder Masse) gehören.

Der Elektrolytkondensator C2 bestimmt die Blinkfrequenz. Direkt an Pin 7 und 14 wird ein Abblockkondensator 10...100 nF gelötet.

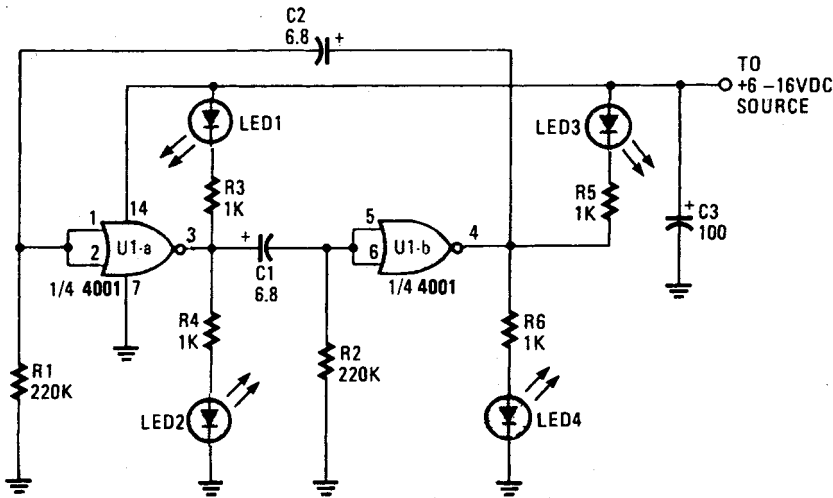


Abb. 2.3: Quelle: Hands-on Electronics

2.4 CMOS-Wechselblinker mit zwei LEDs

In der Schaltung nach Abb. 2.4 werden Inverter eingesetzt. Man kann einen entsprechenden CMOS- oder TTL-Schaltkreis nutzen. Bei CMOS sind die Eingänge nicht benutzter Gatter auf Betriebsspannungs- oder Massepotenzial zu legen. Ein Abblockkondensator über den Betriebsspannungs-Anschlüssen sollte nicht fehlen.

Bei dieser Multivibratorschaltung entsprechen Ein- und Ausschaltzeit etwa der Zeitkonstante aus R und C. Die Rechnung $10 \text{ MOhm} \times 0,1 \mu\text{F}$ ergibt eine Sekunde. Die Schaltung blinkt also wechselseitig mit etwa 0,5 Hz.

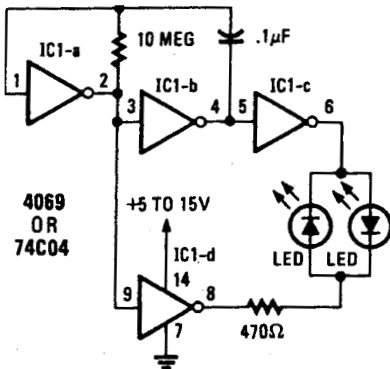


Abb. 2.4

2.5 CMOS-Blinker als Auswerteschaltung

Da CMOS-ICs in einem weiten Betriebsspannungsbereich arbeiten, verwendet man sie gern bei Zusatzschaltungen. Diese lassen sich meist problemlos von der eigentlichen Schaltung mitversorgen.

Ein Beispiel zeigt *Abb. 2.5*. Es handelt sich um einen „intelligenten“ optischen Signalgeber. Der Zustand der LED hängt von den an den Eingängen A1 und A2 herrschenden logischen Zuständen ab:

A1	A2	LED
L	L	leuchtet
H	L	leuchtet
L	H	aus
H	H	blinkt

Der Transistor ist völlig unkritisch. Auch hier bitte einen Abblockkondensator nicht vergessen. Die Betriebsspannung kann höher als 4,5 V sein, dann aber bitte R3 entsprechend erhöhen!

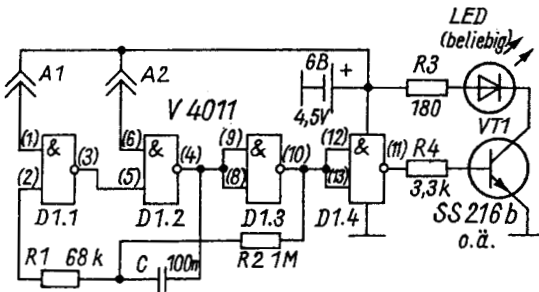


Abb. 2.5

2.6 „Ruhiger“ Blinker mit Transistor

Die Ausgangsspannung der Phasenkette im Rückkopplungszweig der Schaltung nach *Abb. 2.6* ist bei einer Phasendrehung von 180° auf 3,4 % abgefallen, sodass der Transistor mit mindestens etwa 30 verstärken muss. Dann ist die Schwingbedingung erfüllt.

Mit R1 lässt sich der Arbeitspunkt so einstellen, dass die Schaltung sicher anschwingt. Wegen der niedrigen Frequenz muss bei dieser Justage der Schleifer sehr langsam bewegt werden.

Wegen der „ruhigen“ LED-Betriebsart eignet sich die Schaltung vorteilhaft zur Anzeige normaler Betriebszustände (grüne LED).

Frank Sichla

Band 6:

Schaltungssammlung

Mikrocontroller

und USB

Mehr als 330 erprobte Schaltungen für Labor, Entwicklung und Anwendung

Vorwort

Mikrocontroller (auch als μ Controller, μ C oder MCU für Microcontroller Unit bezeichnet) sind aus der modernen Elektronik nicht mehr wegzudenkende digitale Universalbausteine. Sie vereinen einen Prozessor und mindestens einige Peripheriefunktionen auf einem Chip. In den meisten Fällen befinden sich Arbeits- und Programmspeicher ebenfalls (teilweise oder komplett) auf demselben Chip. Ein Mikrocontroller ist somit praktisch ein Einchip-Computersystem.

Heutige Mikrocontroller bieten häufig komplexe Peripheriefunktionen, wie CAN (Controller Area Network), LIN (Local Interconnect Network), USB (Universal Serial Bus), I²C (Inter-Integrated Circuit), SPI (Serial Peripheral Interface), serielle oder Ethernet-Schnittstellen, PWM-Ausgänge (Pulse Width Modulation), LCD-Controller und -Treiber oder Analog/Digital-Wandler.

Die klassische Mikrocontrollerarchitektur war nicht als reines Mikroprozessorsystem gedacht, sondern primär für Steuerungsaufgaben vorgesehen. Hier ist ein Single-Chip-Betrieb ohne externe Speicherbausteine möglich, und der Befehlssatz der CPU hält meist spezielle Befehle für das Steuern einzelner Signalleitungen (mittels sogenannter Bitmanipulationen) bereit. Weiter zeichnen sich diese Controller durch eine kurze Interrupt-Latenzzeit aus. Typische Vertreter dieser Gattung sind der 8051 von Intel sowie der C166 von Siemens (heute Infineon) und der TriCore von Infineon.

Heute kann man oft beobachten, dass Mikroprozessoren nach einiger Zeit als Mikrocontrollervarianten angeboten werden, sodass für ein funktionsfähiges Prozessorsystem oft nur noch ein Quarz und Speicherbausteine nötig sind. Als typische Vertreter dieser Architektur seien der 80186 von Intel (vom 8086 abgeleitet), die XScale-Familie (ARM) sowie ColdFire (MC680xx) von Freescale (vormals Motorola) genannt.

Der 8085 war der Scheideweg, nach dem sich die Bausteine in reine Datenverarbeiter (Mikroprozessoren, wie die 8086-Familie) und Datenübersetzer (Mikrocontroller, wie 8048 und 8051) als Schnittstelle zwischen Hardware und CPU aufteilten.

Anfangs gab es fast ausschließlich ROM-Speicher (Read Only Memory). Die Software muss mit Entwicklungssystemen erstellt werden, die eine Simulation des Mikrocontrollers erlauben und meist über einen In-Circuit Emulator verfügen. Die Software erhält der Chip im Fertigungsprozess („Maskenprogrammierung“).

Ab der zweiten Hälfte der siebziger Jahre wurden EPROMs (Erasable Programmable) verwendet. Der Programmspeicher wurde mithilfe eines Programmiergeräts beschrieben und konnte durch UV-Licht wieder gelöscht werden. OTP-Mikrocomputer (One Time Programmable, einmal programmierbar) besitzen einen EPROM, aber kein Fenster für UV-Licht.

Neue Mikrocontroller nutzen oft einen Flash-Programmspeicher. Da dieser direkt elektrisch löscherbar und wiederbeschreibbar ist, entfällt das Keramikgehäuse, und der Speicher kann im Herstellungsprozess komplett getestet werden.

Ein Mikrocontroller kann extern oder intern getaktet werden. Dabei sind maximale Frequenzen von 1 bis über 100 MHz möglich. Die Taktfrequenz ist jedoch kein verlässliches Maß für die tatsächliche Rechengeschwindigkeit. So wird z. B. bei den meisten 8051-Controllern die Frequenz intern durch 12 geteilt (Maschinentakt). Weiter ist von Bedeutung, wie viele Zyklen (Takte) im Schnitt pro Befehl erforderlich sind.

Mikrocontroller-Speichergrößen liegen zwischen 1 KB (1024 Bytes) und 2 MB (2000 KB) für das Programm (interner RAM, Random Access Memory) und zwischen 32 Bytes und 48 KB für die Daten. Wesentlich größere externe Speicher können oft genutzt werden.

Mikrocontroller werden meist in Assembler oder C programmiert. Im Hobbybereich konnten sich darüber hinaus speziell entworfene Sprachen, wie JAL für die PICmicro-Familie von Mikrochip, etablieren.

Assembler nutzt man bei 4- und 8-Bit-Architekturen, um die Ressourcen effektiv auszunutzen. Lässt es die Entwicklungsaufgabe zu, die Ressourcen wenig in Anspruch zu nehmen, ermöglicht C ein sehr hardwarenahes Programmieren in kurzer Zeit.

Relativ neu sind Entwicklungswerkzeuge, die den rein grafischen Softwareentwurf erlauben.

Einige Mikrocontroller, wie der 8052AH-BASIC, haben einen Hochspracheninterpreter integriert. Hier genügt ein Rechner mit einem Terminalprogramm zur Programmierung. Solche Lösungen sind im Hobbybereich wie auch in der industriellen Kleinserienfertigung beliebt.

Das Interesse an Mikrocontrollern ist nach wie vor groß. Die vielfältigsten Aufgaben können damit gelöst werden, wobei es darauf ankommt, den optimal geeigneten Typ zu finden. Das ist nicht einfach, eine ganze Reihe von Kriterien ist zu berücksichtigen, und viele Vor- und Nachteile sind gegeneinander abzuwiegen. Die heute eingesetzten Mikrocontroller bieten zudem eine Mischung aus diversen Techniken und Architekturen (nach Harvard oder von Neumann).

Das vorliegende Buch befreit von der anstrengenden Prozedur der Schaltungsfindung. Es orientiert sich nicht an Prozessortypen, sondern an konkreten Einsatzbeispielen und spiegelt anhand praktischer Anwendungsschaltungen die Einsatzmöglichkeiten aktueller Mikroprozessoren wider. Natürlich wird dabei auch angegeben, woher man den Quellcode beziehen kann.

Ähnlich rasant wie die Mikrocontroller hat der USB (Universal Serial Bus) die Elektronikwelt erobert. Auch hier gibt es heute bereits viele interessante Anwendungsschaltungen.

Der USB ist physikalisch sehr einfach aufgebaut (kompakte Stecker, Punkt-zu-Punkt-Verkabelung, wenige Anschlüsse) und bietet die Möglichkeit, Geräte direkt mit Strom zu versorgen. Dabei können große Datenmengen über ein dünnes Kable transportiert werden. Die Schattenseite dieser überaus positiven Aspekte bei der Anwendung ist eine komplizierte Hardwareentwicklung (wegen der hohen Frequenzen und des sehr komplexen Protokolls mit über 300 Seiten). Da ergibt es ebenso wie bei den Mikroprozessoren Sinn, eine anwendungsorientierte Schaltungssammlung anzubieten.

Ich hoffe, das Buch hilft recht vielen Lesern, Zeit zu sparen, neue Möglichkeiten kennenzulernen und zuverlässige Lösungen zu finden.

Ing. Frank Sichla

Inhaltsverzeichnis

1	Grundsaltungen	19
1.1	Oszillator für PIC16/17	19
1.2	RC-Oszillator für PIC16/17	20
1.3	RC-Watchdog-Aktivierungsschaltung	20
1.4	Mikrocontroller-Oszillator mit LED-Treiber	21
1.5	Mikrocontroller visualisiert Hex-Code	22
1.6	Minimalbeschaltung als Basis-Interpreter	22
1.7	PIC12F675 als Flipflop	23
1.8	Logische Funktionen nachbilden	23
1.9	Einfacher intelligenter A/D-Wandler	24
1.10	PIC in Grundbeschaltung	27
1.11	A/D-Wandler MAX 186 an Mikrocontroller	27
1.12	A/D-Wandler MAX 187 an Mikrocontroller	28
1.13	Mikrocontroller als LCD-Treiber	28
1.14	Eindrahtkommunikation mit einem PIC	31
1.15	UNI/O-Bus-kompatible serielle EEPROMs am PIC	33
1.16	I ² C-kompatible serielle EEPROMs an PIC10/12	33
1.17	LCD-Modul am PIC	35
1.18	Selbstkalibrierung des internen RC-Oszillators eines PIC	36
1.19	Siebensegment-LED-Anzeigen am PIC	37
1.20	LCD am PIC	37
1.21	Serieller EEPROM am PIC18	38
1.22	A/D-Wandler-Eingangsbeschaltung	38
1.23	Vierstellige Siebensegment-Anzeige am PIC	39
1.24	Beispielbeschaltung für LCD und Keypad	41
1.25	Externe Speicher am PIC	41
1.26	Dual-Speed-RC-Oszillator	42
1.27	Tristate-Ausgang mit einem Pin	42
1.28	Softstart	43
1.29	Start-up Sequencer	44
1.30	Tracking und Proportional-Softstart	45
1.31	Selbststart	46
1.32	DIP-Schalter auslesen	46
1.33	Stromüberwachung mithilfe des A/D-Konverters	47
1.34	Tipps für den PIC-Oszillator	48
1.35	Serielle EEPROMs über drei Leitungen am PIC	49

1.36	Serielle EEPROMs über zwei Leitungen am PIC10/12.	50
1.37	MSSP-Modul ermöglicht EEPROM-Anschluss am PIC16.	52
1.38	PIC16 kommuniziert über I ² C.	52
1.39	SRAM am PIC16.	53
1.40	Serieller EEPROM via I ² C am PIC18.	54
1.41	EEPROM am PIC18 mit Compiler und I ² C.	55
1.42	EEPROM via Microwire am PIC18.	55
1.43	Verzögertes Rücksetzen.	56
1.44	Konfiguration des Reset-Pins des MC68HC11.	57
1.45	Serielle Speicher an AVR-Mikrocontrollern.	57
2	Programmiers und Loader.	59
2.1	Low-Cost Programmer für PIC16C84.	59
2.2	Low-Cost USB-Programmer.	60
2.3	Programmierschaltung für AVR-Mikrocontroller.	60
2.4	Programmierungsadapter für AVR-Mikrocontroller.	63
2.5	Einfacher PIC-Programmer.	63
2.6	Programmer versorgt sich vom seriellen PC-Port.	64
2.7	„Klassischer“ PIC-Programmer.	67
2.8	Parallelport-Programmer für PICs.	67
2.9	Einfacher PIC-Programmer.	67
2.10	Programmer & Project Board.	67
2.11	In-Circuit Loader für PICs.	67
2.12	Ein F84-Programmer.	72
2.13	Selbstprogrammierung des PIC18C452.	72
2.14	Einfaches Debugger-Terminal.	72
2.15	In-System-Programmer.	76
2.16	Low-Cost USB-Programmer.	76
2.17	In-System-Programmierung von P87LPC76x-Mikrocontrollern.	76
2.18	Programmierung des internen oder externen EEPROMs.	79
2.19	In-System-Programmierung von AVR-Mikrocontrollern.	81
2.20	Einfacher Programmer mit Transistoren.	83
2.21	Flash-Programmer.	83
2.22	Einfacher PIC-Programmer.	83
3	Schutz- und Überwachungsschaltungen.	87
3.1	Mikrocontroller überwacht Stromversorgung.	87
3.2	Mikrocontroller schützt Gleichstrommotor.	87
3.3	Mikrocontroller findet Minimal- und Maximalwert.	88
3.4	Mikrocontroller steuert vorgeschalteten Komparator.	89
3.5	Wiederherstellen der Sicherheit.	90
3.6	LED-Stroboskop.	91

3.7	Zugangs-Kontrollsystem	93
3.8	Nachtlicht mit „Morgen-Signal“	93
3.9	Digitaler Besucherzähler	93
3.10	Sicherheitsbewusste Türklingel	93
3.11	Elektronische Alarmanlage	98
3.12	Brandmeldeanlage	98
3.13	Wasserpegel-Überwachung	98
3.14	Intelligentes Sicherheitslicht	102
3.15	Keypad universell nutzbar	102
3.16	Alarm bei offener Tür	102
3.17	PIC steuert Nachtlicht	102
3.18	AT89C2051 steuert Nachtlicht	105
3.19	Sicherheitsschloss mit Karte	106
3.20	Kartenleser mit AT90s2313	107
3.21	Füllstandsmelder mit Überlaufalarm	108
3.22	Lichtschranke mit Alarmfunktion	109
3.23	Codeschloss mit LCD	109

4 Interfaces und I/O-Schaltungen **112**

4.1	Ausgangs-Erweiterung bei PICs	112
4.2	Doppelnutzung (Sharing) von I/O-Pins	112
4.3	Mehrere Schalter an einem Eingang	114
4.4	Zwei LEDs bzw. eine Dual-LED an einem I/O-Port	115
4.5	Sechs LEDs an drei I/O-Ports	116
4.6	Zwölf LEDs an vier I/O-Ports	117
4.7	Zwei Siebensegment-Anzeigen an acht I/O-Ports	117
4.8	Achtfach-Latch ermöglicht Anschluss von sieben Siebensegment-Anzeigen	118
4.9	Optokoppler schützt Ausgang	119
4.10	MIDI am Mikrocontroller	120
4.11	Mikrocontroller multiplext DIP-Schalter am I/O-Port	120
4.12	Drahtloses Mini-Terminal-Interface	121
4.13	RS-232/100-MHz-Desktop-Datenkanal-Adapter	121
4.14	Interface-Testschaltung	125
4.15	Zweidraht-Interface	125
4.16	Mikrocontroller steuert LCD über eine Leitung an	126
4.17	I ² C-Interface verbindet Flashcard mit Mikrocontroller	128
4.18	PIC als I ² C-Peripherie	128
4.19	Sharing von drei A/D-Wandlern	128
4.20	TC7135-Mikrocontroller-Interface	128
4.21	AD7416 via I ² C am PIC	132
4.22	Sechs LEDs an drei PIC-Pins	132

4.23	Mehrere Tasten mit einem Eingang abfragen	132
4.24	Abfrage mehrerer Taster und Beenden des Sleep-Zustands	134
4.25	4x4-Keyboard an einem Eingang	135
4.26	Tasterdecodierung und ID Settlings	136
4.27	Versorgungsspannung und Daten über eine Leitung	136
4.28	Ausgangserweiterung mit RC-Glied	137
4.29	Ein/Aus und Anzeigeumschaltung mit nur einem Schalter	138
4.30	Bargraph-Ansteuerung über eine Leitung	141
4.31	Mehr Ausgänge durch Schieberegister	141
4.32	Keypad-Interface mit nur zwei Leitungen	141
4.33	Siebensegment-LCD-Ansteuerung über zwei Leitungen	142
4.34	M68HC11 an PSD-Systemen	145
4.35	Mikrocontroller mit Keypad, LEDs und LED-Display	146
4.36	AVR-Mikrocontroller treibt direkt LCD	148
4.37	Keypad mit Aufwachfunktion	148
4.38	LCD über Zweidrahtverbindung am Mikrocontroller	149
5	Messtechnik-Anwendungen	151
5.1	Temperatursensor-Anschluss an PIC16 via I ² C	151
5.2	Frequenzzähler	151
5.3	Datenlogger mit PIC16F876	152
5.4	Datenlogger mit AT89C4051	157
5.5	1-kHz-Sinusgenerator	157
5.6	LC-Meter	158
5.7	LC-Meter mit dem ATtiny861	158
5.8	LC-Bestimmung durch Resonanzfrequenz-Messung	158
5.9	30-MHz-Frequenzmesser	160
5.10	Frequenzmesser und Impulsgenerator	162
5.11	Digitaler HF-Feldstärke-Indikator	163
5.12	Breitbandiger HF-Feldstärke-Indikator	163
5.13	Höhenmesser	165
5.14	Lichtmessung mit LED	167
5.15	PIC treibt 20-LED-Anzeige	168
5.16	Frequenzzähler mit PIC	168
5.17	Brücken-Messschaltung nutzt PIC	168
5.18	Widerstands- und Kapazitätsmessung mit PIC	168
5.19	XY-Neigungsdetektor mit PIC	173
5.20	Hochwertige Brückenelektronik mit PIC	173
5.21	A/D-Wandler MCP3201 am PIC	175
5.22	Temperaturmessung mit dem Watchdog Timer	175
5.23	Temperatursensor MCP9700 am PIC	175
5.24	Temperatursensor MCP9800 am PIC	177

5.25	Dreistelliger Zähler bis 5 MHz	177
5.26	Mini-Zähler mit Offset	179
5.27	Universelle Frequenzanzeige	181
5.28	Temperaturmessung mithilfe der PIC-CTMU	181
5.29	Vierkanal-Digitalvoltmeter bzw. Keypad-Abfrage	181
5.30	Ultraschall-Entfernungsmesser	184
5.31	Thermistor-Thermometer mit LCD	187
5.32	Mini-Logger	187
5.33	Entfernungsmesser	190
5.34	Sechsstelliger 2,5-GHz-Zähler	190
5.35	Wattmeter für die Funktechnik	192
5.36	50-MHz-Zähler/ Spannungsmesser/Bargraph-Indikator	192
5.37	MAX186/188 an Mikrocontrollern	195
5.38	Sensorbetrieb nach der Charge-Balancing-Methode	196
5.39	Sensorbetrieb nach der A/D-Methode	196
5.40	Delta-Sigma-Konverter	197
5.41	Mehr Delta-Sigma-Konverter	198
5.42	Vierkanal-8-Bit-A/D-Wandler am PIC	201
5.43	Spannungs-Pulsweiten-Konverter	201
5.44	20-LED-Punkt-/Balkenanzeige	204
5.45	LCD-Betrieb über nur eine Leitung	204
5.46	Zweistelliges Digitalvoltmeter	206
5.47	Temperatur-Fernmessung mit Quarz	207
5.48	Drehzahlmesser mit wenig Aufwand	209
5.49	Eindraht-Temperaturlogger	210
5.50	ADC MAX1169 am PIC	210
5.51	6-Bit-Analog/Digital-Wandler mit 8-Bit-AVR-Mikrocontroller	212
5.52	8-Bit-Analog/Digital-Wandler mit 8-Bit-AVR-Mikrocontroller	212
5.53	2,5-GHz-Frequenzmesser	213

6 Digital Signal Processing: Signalerzeugung 215

6.1	DSP mit dem PIC16C74	215
6.2	Treiber für Horn/Hupe	215
6.3	Generierung eines frequenzmodulierten Signals	217
6.4	Rechteckgenerator mit PIC16C84	219
6.5	Funktionsgenerator auf 68HC11-Basis	219
6.6	Tonerzeugung mit PIC17C42	219
6.7	MIDI-Generator	221
6.8	PAL-Color-Balkengenerator	221
6.9	Rauscherzeugung mit PIC	224
6.10	Kostengünstiger Sinusgenerator	224
6.11	Numerically-Controlled Oscillator mit Mikrocontroller	225

6.12	Mikrocontroller produziert musikalische Töne	225
6.13	DTMF-Sinusgenerator	226
6.14	Implementierung eines DTMF-Generators	227
7	Digital Signal Processing: Signalverarbeitung	229
7.1	LTC1296 am Mikrocontroller	229
7.2	LTC1090/1290 am 8051	229
7.3	LTC1090/1290 am MC68HC05C4	230
7.4	LTC1090/1290 am HD63705	230
7.5	LTC1091/1291 am 8051	231
7.6	LTC1091/1291 am MC68HC05C4	231
7.7	LTC1095 am 8051	232
7.8	LTC1095 am MC68HC05C4	232
7.9	LTC1282 am TMS320C25	233
7.10	LTC1272/1273/1275/1276 am TMS320C25	234
7.11	LTC1278 am TMS320C25	234
7.12	12-Bit-Datenerfassung mit Differenzeingang	235
7.13	ADC12038 an verschiedenen Mikrocontrollern	235
7.14	SPI für 68HC11/ADC12038	238
7.15	ADC MCP3201 am 8051	240
7.16	Audiosystem mit vier Ein- und neun Ausgängen	240
8	Steuern und Regeln	242
8.1	Mikrocontroller mit Timerfunktion	242
8.2	Dualer Timer mit vier Ausgängen	242
8.3	IR-Fernsteuerungs-Repeater	245
8.4	Flankengetriggelter Timer mit vier Ausgängen	246
8.5	Garten-Timer	247
8.6	Beleuchtungssteuerung per Fernbedienung	247
8.7	Universeller RC5/RC6-Sender/Empfänger	250
8.8	Fernbedienungs-Code-Tester	250
8.9	Eigenbau-IR-Fernsteuerung	252
8.10	Infrarot-Fernsteuerung	253
8.11	300-MHz-Funkübertragung	255
8.12	Mikrocontroller steuert Lüfter bei Netzversorgung	255
8.13	Mikrocontroller steuert DC/DC-Spannungsquelle	258
8.14	Mikrocontroller steuert DC/DC-Stromquelle	259
8.15	Infrarot-Fernsteuerempfänger mit PIC	260
8.16	Konstantstrom-LED-Treiber	260
8.17	Schrittmotor-Feinsteuerung	264
8.18	Ansteuerung eines Kommutatormotors	264
8.19	Servermotor-Applikation mit PIC	265

8.20	Infrarot-Fernsteuerung steuert Roboter	267
8.21	Raumtemperaturregelung	268
8.22	Fernsteuerungs-Display	268
8.23	Real-Time Controller	268
8.24	Schrittmotor-Treiber	271
8.25	Infrarot-Fernsteuerempfänger für Media Centers	272
8.26	RF-Zweikanal-Fernsteuerung: Sender	272
8.27	RF-Zweikanal-Fernsteuerung: Empfänger	274
8.28	Unidirektionale Motorsteuerung	276
8.29	Bidirektionale Motorsteuerung	276
8.30	Steuerung eines Modellmotors	277
8.31	Preiswerte Thermostatregelung	280
8.32	Beleuchtungsregelung mit LED als Sensor	280
8.33	Stromschleife mit Überwachung	281
8.34	Quasi-Analogausgang für Mikrocontroller	282
8.35	Mikrocontroller als digitaler Thermostat	283
8.36	Zentralheizungs-Steuerung	285
8.37	Sender für IR-Fernsteuerung	285
8.38	Mikrocontroller steuert Discolicht	285

9 Dies und das **288**

9.1	Power-down-Betrieb ohne Datenverlust	288
9.2	Mikrocontroller generiert Burst-Signal	288
9.3	Nicht benötigte Pins sinnvoll nutzen	289
9.4	Mikrocontroller wird multifunktional	290
9.5	Rauscherzeugung mit einem PIC	291
9.7	Erzeugung eines Sinussignals	292
9.8	Stabiler VCO mit 8-Pin-Mikrocontroller	294
9.9	Kabeltester – schnell und einfach	295
9.10	Preiswerter Sinusgenerator	295
9.11	Mikrocontroller generiert musikalische Töne	297
9.12	Frequenzmultiplizierer x 2...7	297
9.13	Uhr mit geringem Aufwand	299
9.14	Kleiner FM-Stereosender	299
9.15	Elektronischer Würfel	303
9.16	Automatische Pflanzenbewässerung	303
9.17	Elektronische Quiz-Anzeigeschaltung	303
9.18	Ziffernblock mit Musik	306
9.19	Zahlenraten	308
9.20	Mehrmuster-Lauflicht	308
9.21	Drei Farben mit Bicolor-LEDs	309
9.22	Schaltregler mit PIC16F785	310

9.23	High-Power-IR-LED-Treiber mit PIC16	311
9.24	Uhr mit LED-Anzeige	311
9.25	Digitaluhr zeigt auch Temperatur	312
9.26	Nutzung des kapazitiven Sensormoduls des PIC16F72X	314
9.27	Kapazitiver Sensor mit PIC10F	314
9.28	LED-Dekoration	316
9.29	8048 Spy	316
9.30	Solar Recorder	317
9.31	Erzeugung einer hohen Spannung	320
9.32	Abschaltung externer Baugruppen	320
9.33	CPU-Core-Versorgung mit externer Quelle	320
9.34	Spannungsteiler für geringen Stromverbrauch	322
9.35	LCD-Kontrasteinstellung mit Buck-Regler	323
9.36	LCD-Kontrasteinstellung mit Boost-Regler	324
9.37	LCD-Kontrasteinstellung per Software/PWM	325
9.38	Kreditkartenleser mit einem PIC	326
9.39	Nutzung des Wake-up-Moduls	326
9.40	PIC steuert Low-Power-Uhr	327
9.41	Decodierung von IR-Fernsteuersignalen	328
9.42	Power Management für PIC18	330
9.43	PIC an der analogen Telefonleitung	330
9.44	Einfacher externer Timer	332
9.45	Mehr Interrupt-Signale verarbeiten	333
9.46	Programmierbare Tastverhältnisänderung	334
9.47	Echo-Simulator	334
9.48	PIC-MCLR-Pin als Ausgang nutzen	335
9.49	Regenbogen-LED als Spannungsindikator	335
9.50	Wirkungsvolle Reset-Schaltungen	336
9.51	Mikrocontroller-Versorgung mit kleiner Spannung	338
9.52	Nutzung eines Mikrocontrollers für DMX512	339
9.53	Real Time Clock mit geringer Stromaufnahme	341
9.54	Langwellenempfänger mit Datenanzeige	342
10	USB-Anwendungen	346
10.1	5-V-USB-Spannungsregler	346
10.2	USB liefert Ladestrom	346
10.3	Vereinfachte Akkuladung über den USB	349
10.4	In-System-Ladung über den USB	351
10.5	USB-Maus-Translator	352
10.6	USB Game Pad Translator	353
10.7	Flexible Spannung und hoher Strom aus dem USB	353
10.8	Multiplexbetrieb auch bei niedriger Spannung	355

10.9	Li-Ion/Li-Polymer-Batterieladung über den USB	355
10.10	USB-Drucker-Umschalter	358
10.11	Adapter USB/CAT (CI-V)	358
10.12	Achtkanal-Messsystem mit 16 Bit Auflösung	360
10.13	Baugruppenversorgung über den USB	360
10.14	USB-Peripherie mit I ² C-Interface	363
10.15	USB-Spannungserzeugung mit Schutzschaltung	364
10.16	Einfacher UART-zu-USB-Konverter	366
10.17	Versorgung eines High-Speed USB-Controllers	366
10.18	Isolierter USB	371
10.19	Erweiterung von Applikationen mit dem USB	374
10.20	USB Peripheral Controller mit Full/Half-Duplex	375
10.21	MAX3420E wird vom USB versorgt	376
10.22	MAX3420E wird vom System versorgt	379

1 Grundsaltungen

1.1 Oszillator für PIC16/17

Der Oszillator ist ein wichtiger Teil jedes Mikrocontrollers. Die in *Abb. 1.1* gezeigte Schaltung ist ein typischer Pierce-Oszillator. Dabei wird die Parallelresonanz des Quarzes genutzt. Der Quarz liegt direkt am Eingang eines invertierenden Verstärkers. Die weitere externe Beschaltung beschränkt sich auf zwei Kondensatoren und einen Widerstand. Die Auswahl wird von verschiedenen Faktoren bestimmt.

Der Hersteller gibt die Quarzfrequenz für den Parallelresonanzfall mit einer äußeren Kapazität von 20...32 pF an. Diese hat kaum Einfluss auf die Frequenz, da das L/C-Verhältnis im Quarz-Ersatzschaltbild äußerst gering ist. Je höher man die Taktfrequenz wählt, umso geringer muss die Anlaufzeit des Oszillators sein, und um so höher ist der Stromverbrauch.

Die Werte von C1 und C2 sollten die vom Hersteller genannte Kapazität berücksichtigen. Es sind also möglichst geringe Werte anzustreben, die aber noch sichere Funktion einschließlich schnellem Anschwingen gewährleisten. Für kurze Anlaufzeit sollte C2 größer als C1 sein.

Der Widerstand R_s reduziert die Quarzbelastung. Er darf aber für gute Funktion nicht größer sein als wenige Kiloohm.

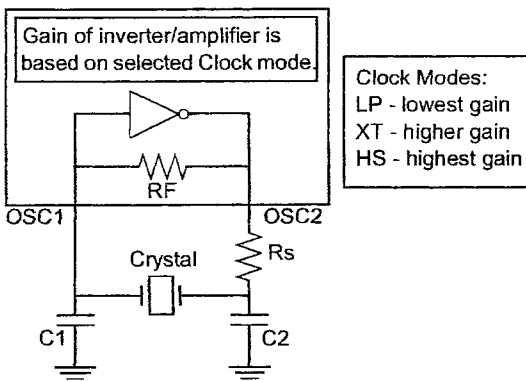


Abb. 1.1: Quelle: Dan Matthews, Basic PIC16/17 Oscillator Design

Das Signal am Ausgang OSCOUT sollte bei guter Sinusform einen Spitze-Spitze-Wert nahe der Betriebsspannung aufweisen.

1.2 RC-Oszillator für PIC16/17

Eine RC-Oszillatorbeschaltung für PICs ist möglich, einfach und gestattet es, die Frequenz durch Änderung des Widerstandswerts einzustellen oder zu steuern. Man benötigt allerdings einen (freien) I/O-Port. Die Beschaltung zeigt *Abb. 1.2*. Die Frequenz wird im Wesentlichen durch C1 und R2 bestimmt. Ist eine Einstellung erwünscht – geringe Frequenz für geringen Stromverbrauch, hohe Frequenz für schnelle Rechenergebnisse – und gelingt sie über R1, sollte man diesen Widerstand nutzen, da er dynamisch an Masse liegt. Eine elektronische Umschaltung gelingt über an Pin OSC1 geschaltete zusätzliche Widerstände, die andererseits an Tristate-Ausgängen liegen (hochohmig; nur R1 wirksam, H-Pegel: R1 und Zusatzwiderstand parallel wirksam, L-Pegel verboten).

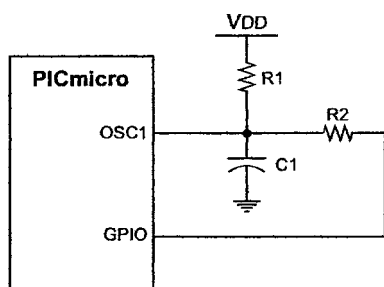


Abb. 1.2: Quelle: Dan Matthews, Basic PIC16/17 Oscillator Design

1.3 RC-Watchdog-Aktivierungsschaltung

Der Watchdog Timer ist ein sehr hilfreicher Bestandteil eines Mikrocontrollers. Er holt ihn beispielsweise aus dem Schlaf-Modus oder sichert den Code. Es gibt aber Applikationen, da stört sein Stromverbrauch. Wenn der Mikrocontroller einen Komparator besitzt, kann man mithilfe einer externen RC-Beschaltung eine Aktivierungsschaltung für den Watchdog realisieren (*Abb. 1.3*). Man fügt die Bauelemente hinzu und programmiert eine Ansprechschwelle. Dann schließt man den Kondensator kurz und geht in den Sleep Mode. Wenn sich der Kondensator über R3 auf die Ansprechschwelle aufgeladen hat, schaltet der Komparator um und generiert ein Interrupt-Signal, welches das Programm aktiviert. Die Aufwach-Prozedur:

- Komparator-Minuseingang als digitalen Ausgang setzen
- 0 schreiben, um Kondensator zu entladen
- Komparatoreingang rücksetzen

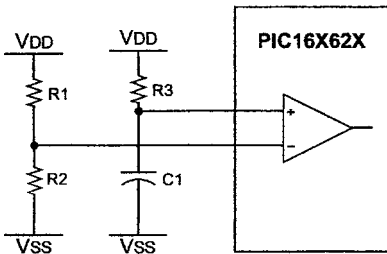


Abb. 1.3: Quelle: Dan Matthews, Basic PIC16/17 Oscillator Design

- Komparator-Zustandsflag lesen, um sie auf 0 zu setzen
- Komparatoreingang aktivieren
- Sleep-Zustand setzen

1.4 Mikrocontroller-Oszillator mit LED-Treiber

Ein Treiber für weiße LEDs besteht im Wesentlichen aus einem Oszillator, einer Ladungspumpe und einer Konstantstromquelle. Ein Beispiel ist der hochintegrierte Baustein LM2791/2. Wenn ein solcher IC im Zusammenhang mit einem Mikrocontroller genutzt werden soll, dann kann man in Erwägung ziehen, aus ihm den Takt für den Controller abzuleiten. Grundlage ist die Tatsache, dass über dem externen Kondensator für die Ladungspumpe eine Dreieck- bis Rechteckspannung auftritt. Wie in *Abb. 1.4* gezeigt, kann man hier über einen Widerstand Gatter anschließen, um den Takt für den Mikrocontroller zu erhöhen (Verdopplung) und mit genügend steilen Flanken anzubieten.

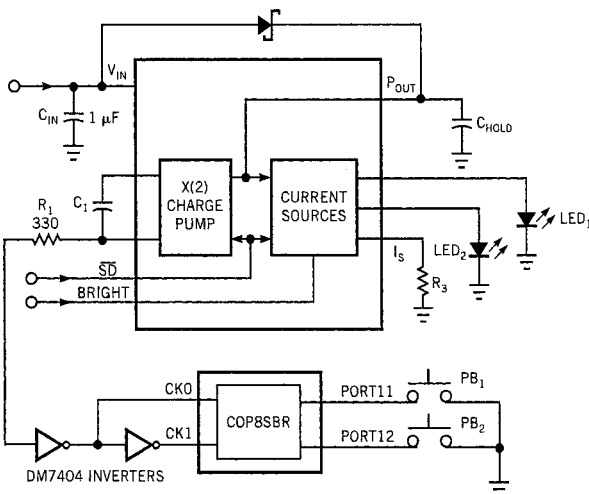


Abb. 1.4: Quelle: Wallace Ly, LED driver provides oscillator for microcontroller, EDN September 16, 2004

1.5 Mikrocontroller visualisiert Hex-Code

Die Schaltung nach *Abb. 1.5* zeigt die prinzipielle Anschaltung von Siebensegment-Anzeigen an einen Mikrocontroller. Auf diese Weise können beispielsweise auch Datenwörter im hexadezimalen System 1-2-4-8 in das Zehnersystem übersetzt und angezeigt werden. Das gelingt ohne weiteren Aufwand (Mikrocontroller) nur für die Ziffern 0...9. Der Mikrocontroller setzt hier den Hex-Code in den BCD-Code um, der auf die Treibereingänge A bis D gelangt. Die Einerstellen liegen an den Ausgängen A0 bis A3, die Zehnerstellen an A4 bis A7.

Das Programm ist unter www.ednmag.com über Search Databases im Software Center als Design Idea 2518 abrufbar.

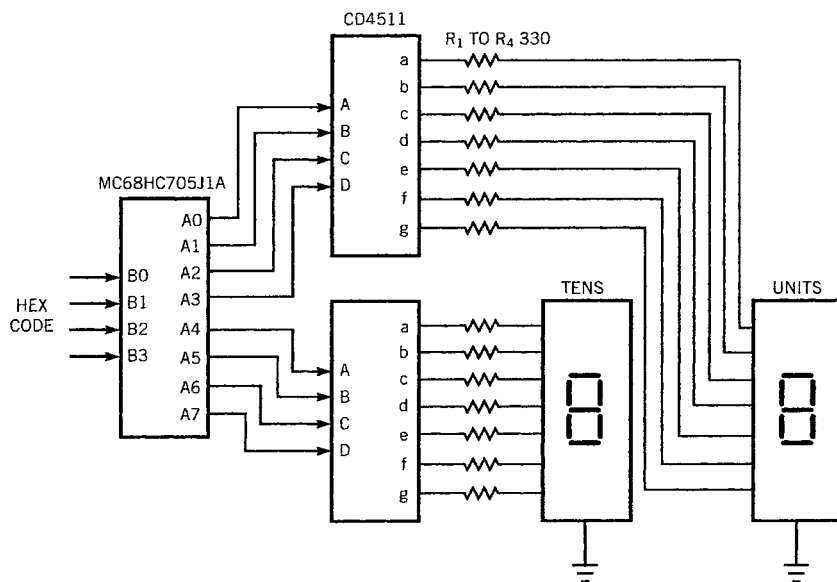


Abb. 1.5: Quelle: Abel Raynus, μ C visualizes hex code, EDN April 27, 2000

1.6 Minimalbeschaltung als Basis-Interpreter

In *Abb. 1.6* ist die Minimalbeschaltung für einen sehr kleinen Basic-Interpreter zum begrenzten Debugging sowie für Anzeige und Kontrollzwecke (Monitoring und Control) zu sehen. Der Interpreter nutzt lediglich den On-Chip-RAM des Mikrocontrollers.

Die Software wird in verschiedenen Varianten bereitgestellt. Diese Firmware ist lauffähig auf einem Atmel ATTiny2313 mit 4, 8, 10, 16 oder 20 MHz Taktfrequenz oder auf einem AT90S2313 mit 4-MHz-Takt.

Frank Sichla

Band 7:

Schaltungssammlung

Mess- und

Prüftechnik

Über 550 erprobte Schaltungen für Labor, Entwicklung und Anwendung

Mit 1196 Abbildungen

Vorwort

Obwohl in der Elektronik immer mehr Aufgaben softwaremäßig gelöst werden können, sodass es heute beispielsweise den fast vollständig auf Software basierenden Empfänger (software defined radio) gibt, benötigen viele Elektronikingenieure, Techniker, Studierende, Auszubildende sowie Hobbyisten in erster Linie konventionelle Schaltungslösungen. In moderner Form zeigen sich diese oft als Applikationsbeispiele aktueller ICs. Aber auch Anwendungen auf Basis diskreter Halbleiter, bewährter universeller Bausteine, wie Operationsverstärker und CMOS-ICs, oder schon etablierter Spezialschaltkreise haben nach wie vor Konjunktur.

Allerdings: Jahr für Jahr wächst die Zahl interessanter praktischer Schaltungen, obwohl ein Teil der bekannten Lösungen durch neue Entwicklungen hinfällig wird. Ein Beispiel hierfür sind Datenlogger, welche Schaltungen zur Langzeiterfassung von Größen wie Temperatur, Strom- oder Lichtstärke überflüssig machen.

Eine systematisch geordnete und dem Stand der Technik angepasste Schaltungssammlung hat daher nach wie vor ihre Berechtigung. Der Inhalt dieses Buches wurde sorgfältig unter den Aspekten Aktualität, Nützlichkeit und Nachbausicherheit zusammengestellt. Neben hochmodernen Lösungen finden sich auch einige „Oldies but Goodies“. Insgesamt sind über 550 Schaltungen zusammengekommen.

Sie wurden thematisch in 15 Kapitel geordnet. In manchen Fällen gab es mehrere Möglichkeiten der Zuordnung. Wenn Sie daher auf der Suche nach einer bestimmten Schaltungslösung sind, sollten Sie also nicht gleich nach dem ersten passenden Kapitel Halt machen, sondern prüfen, ob die Schaltung auch in andere Kapitel einzuordnen wäre. Ein Stichwortverzeichnis finden Sie am Schluss des Buches.

Inhalt

1	Messung elektrischer Gleichgrößen	19
1.1	Gleichspannungsmessung mit dem ICL7136	19
1.2	Leistungsarme Strommessung mit Zeigerinstrument	21
1.3	Strommessung mit Instrumentationsverstärkern	22
1.4	Interface zur Gleichspannungsmessung mit dem PC	25
1.5	A/D-Wandler misst Spannungen bis 1000 V	26
1.6	Schutzschaltungen für Strommess-ICs	28
1.7	Strommess-ICs an hoher Betriebsspannung	29
1.8	Bidirektionale Motorstrommessung	30
1.9	Kurzschlusschutz für Strommess-ICs	31
1.10	Strommess-IC-Überstromschutz mit Latching	32
1.11	High-Side-Strommess-IC an hoher Spannung	33
1.12	Bidirektionale Strommessschaltung	34
1.13	Einfache Stromanzeige-Schaltung	35
1.14	Einfacher bidirektionaler Strommonitor	36
1.15	Strommessschaltung für 100 pA bis 100 μ A	37
1.16	High-Side-Strommessung mit Speisespannung als Referenz	37
1.17	Präzise Low-Side-Strommessung	39
1.18	Messung des Stroms aus Quelle mit negativer Spannung	40
1.19	Strommesser mit Digitalanzeige	41
1.20	Strommess-IC versorgt sich selbst aus Stromschleife	42
1.21	Low-Cost-Strommessschaltung	42
1.22	Strommessungen mit LTC1392	42
1.23	Gleichspannungsmessung mit UTI	44
1.24	Strommessung an Spannungen bis 1 kV	44
1.25	High-Side-Strommessung an hoher Spannung	47
1.26	Einfaches zweistelliges Voltmeter	48
1.27	Messung kleiner Ströme	49
1.28	Pikoamperemeter	49
1.29	Voltmeter mit extrem hohem Eingangswiderstand	50
2	Messung niederfrequenter Spannungen	52
2.1	Driftarmer Spitzendetektor	52
2.2	Präzise arbeitender Vollwellen-Gleichrichter	53

2.3	RMS-zu-DC-Konverter	53
2.4	Präziser Spitzendetektor	55
2.5	Einfacher 80-dB-Verstärker	55
2.6	Ausgangsverstärker für hochauflösende D/A-Wandler	56
2.7	Messung von Audiosignalen	57
2.8	Lautstärke-Anzeige	58
2.9	Aktive Vollwellen-Gleichrichter	58
2.10	Diodenloser Vollwellen-Gleichrichter	58
2.11	Verbesserter passiver Gleichrichter	61
2.12	Messung des echten Effektivwerts der Netzspannung	62
2.13	Messung des echten Effektivwerts sehr kleiner Spannungen	65
3	Messung hochfrequenter Spannungen	67
	Vorbemerkung	67
3.1	Messung des echten Effektivwerts mit LTC12968	68
3.2	Messung des echten Effektivwerts mit AD636	70
3.3	Messschaltungen mit AD813x und ADC	74
3.4	Präziser Gleichrichter für HF	75
3.5	Spannungsmessung mit TruPwr Detection IC	77
3.6	HF-Tastkopf bis 2,5 GHz	78
3.7	Weitbereichs-RMS-Spannungsmesser	79
3.8	Empfindliches HF-Voltmeter	79
4	Messung von Leistungen	82
4.1	Quadrierer	82
4.2	Leistungsmessung im Gigahertzbereich	83
4.3	Leistungsmessung mit Log Amp/Detector	83
4.4	RMS-Leistungsmesser mit hohem Dynamikbereich	87
4.5	HF-Pegelmessung mit Demodulating Logarithmic Amplifiers	87
4.6	NF-Pegelmessung mit Demodulating Logarithmic Amplifiers	92
4.7	Spitzenleistungsmessung im Gigahertzbereich	96
4.8	Pegelmessung im Gigahertzbereich	98
4.9	RMS-Leistungsmessung im Gigahertzbereich	99
4.10	Genauer linearer Leistungsmesser	101
4.11	Selektiver Leistungsmesser mit 120 dB Dynamik	101
4.12	Pegelmessung -70 bis +20 dBm bis 500 MHz	104
4.13	Pegelmessung -30 bis +60 dBm bis 500 MHz	104
4.14	Leistungsmessung in 50 Ohm	104
4.15	Leistungsmessung durch Spannungsmessung an 50 Ohm	107
4.16	Thermischer Leistungsmesser	108

4.17	Nanowatt und Mikrowatt messen	108
4.18	Mikrowatt und Milliwatt messen	111
4.19	Leistungsanzeige mit LEDs	112
4.20	Leistungsmesser für 1 kW	113
4.21	Leistungsmesser mit Optokoppler	114
4.22	HF-Leistungsanzeige durch Kompensationsverfahren	114
4.23	Wattmeter für kleine Sender	115
4.24	Einfaches linear anzeigendes HF-Wattmeter	117
4.25	Laser-Leistungsmesser	118
5	Messung von Frequenzen	120
5.1	Einfacher 1-GHz-Zähler	120
5.2	Alternatives Frequenzmessverfahren	121
5.3	Mini-Zähler mit Offset	122
5.4	Frequenzzähler bis 200 MHz	123
5.5	2,5-GHz-Zähler	124
5.6	Drei-Digit-Zähler	126
5.7	Messung einer Frequenzdifferenz	127
5.8	Frequenzmessung mit Frequenz-Spannungs-Wandler-IC	128
5.9	Kostengünstiger 2,8-GHz-Prescaler	129
5.10	Einfacher zweistelliger Zähler	129
5.11	50-MHz-Zähler	129
5.12	Zählerschaltung mit Zusatzfunktionen	131
5.13	Sechsstelliger 6-MHz-Zähler	131
5.14	Zwei-Dekaden-Teiler für Frequenzmesser	135
5.15	Über Tastenfeld programmierbarer Teiler	135
5.16	Digital programmierbarer Teiler	137
5.17	Achtstelliger Zähler mit drei ICs	137
5.18	Zeitbasis für 1,2-GHz-Zähler	139
5.19	Dipper mit Stromspar-Oszillator	140
5.20	Akustisch signalisierendes Dipmeter	141
5.21	Ein VHF-Dipper	143
5.22	Dipmeter mit fünf Transistoren	144
5.23	Vierstellige Zählerschaltung	145
5.24	Dipper mit Modulationszusatz	146
5.25	Frequenzvergleich	147
6	Messung von Impedanzen	149
	Vorbemerkungen	149
6.1	Universelle Impedanzmessbrücke	150

6.2	Einfache Impedanzmessung	151
6.3	Impedanzmessbrücke für 2...30 MHz	153
6.4	Antennen-Messbrücke	153
6.5	Impedanz-Messbox	154
6.6	Aktive Antennen-Messbrücke	155
6.7	Antennen-Netzwerk-Analyzer	156
6.8	Messanordnung für Impedanzen	158
7	Messung weiterer elektrischer Größen	160
7.1	Messung des Innenwiderstands einer Batterie	160
7.2	Messung des Stroms eines Quarzes	162
7.3	Messung des echten Effektivwerts eines Stroms	162
7.4	Einfacher Phasenmesser für Frequenzen bis 10 MHz	164
7.5	Crest-Faktor-Bestimmung im Gigahertzbereich	166
7.6	Verstärkungs- und Phasenmessung	167
7.7	Messung des Reflexionskoeffizienten	167
7.8	Audio-Klirrfaktormesser	169
7.9	Reflexionsfaktor-Messbrücke bis 1 GHz	171
7.10	Ermittlung der Center-Frequenz bei FM	171
7.11	Messung sehr kleiner Kapazitäten	172
7.12	Messung des Verlustwiderstands von Elkos	172
7.13	Messung großer Kapazitäten	174
7.14	Bestimmung von Induktivitäten	176
7.15	Hochohmiges Rail-to-Rail-Messsystem	176
7.16	230-V-Phasenwinkelmessung	178
7.17	LC-Messgerät	179
7.18	Messbrücke für kleine Kapazitäten	180
8	Messung nichtelektrischer Größen	182
8.1	Einfache Messanordnung für die Batterielebensdauer	182
8.2	Betriebsmöglichkeiten für Widerstands-Temperatur Sensoren	183
8.3	Präzise Temperaturmessung mit Mikroprozessor	184
8.4	Temperaturmessung im Bereich -200 bis 600 °C	187
8.5	Luftstrommessung mit Mikrocontroller	187
8.6	Temperaturmessung mit Widerstandssensor und A/D-Wandler ..	190
8.7	Temperaturmessung mit Diodenstrecken	192
8.8	Brückenmessschaltung mit einfacher Versorgung	196
8.9	Programmierbare Lichtstärkemessung	198
8.10	Programmierbare Druckmessung	199
8.11	Programmierbare Temperaturmessung mit PTC	200

8.12	Programmierbare Temperaturmessung mit NTC	202
8.13	Programmierbare Temperaturmessung mit Halbleitersensor	202
8.14	Programmierbare Lichtstärkemessung	205
8.15	Driftarme Lichtmessschaltung	205
8.16	Temperatur-Fernmessung mit Quarz und PIC	207
8.17	Messung des Sauerstoffgehalts	207
8.18	Thermometer mit Analog- und Digitalausgang	209
8.19	Verstärker für piezoelektrischen Wandler	210
8.20	Einfache Temperatur-Messschaltung	211
8.21	Lichtmessung in weitem Bereich	212
8.22	Temperaturmessung mit Cold-Junction-Kompensation	212
8.23	Multikanal-Temperaturmessung	213
8.24	Temperatur-Strom-Wandler für Fernmessung	214
8.25	Temperaturmessung über 4...20-mA-Loop	214
8.26	Beschleunigungsmesser mit ADXL05	214
8.27	Neigungsmesser mit Frequenzausgang	220
8.28	Messschaltung 0...500 °C mit Cold-Junction Compensation	220
8.29	Drehzahlmessung mit magnetoresistivem Sensor	220
8.30	Dreidimensionale Magnetfeld-Erfassung	225
8.31	Druckmessung mit A/D-Wandler	225
8.32	Temperaturmessung mit A/D-Wandler	225
8.33	Einfache und genaue Temperatur-Fernmessung	225
8.34	Einfache und genaue Temperatur-Messschaltung	229
8.35	Luftfeuchtigkeits-Messung	230
8.36	Temperaturmessung mit UTI	230
8.37	UTI mit Widerstands-Messbrücke	231
8.38	UTI mit potentiometrischen Gebern	231
8.39	Kapazitätsmessung mit dem UTI	231
8.40	Mehrkanal-Messsystem mit UTIs	237
8.41	Lichtleitfaser-Messkopf	237
8.42	Tachometer mit Bargraph-Anzeige	240
8.43	Messung der Batterie-Lebensdauer	241
8.44	Luftfeuchtigkeits-Sensor ohne Batterie	241
8.45	TTL-Signal informiert über Luftfeuchtigkeit und Temperatur	241
8.46	Umschaltendes Anemometer	244
8.47	Piezoelektrischer Beschleunigungsmesser	245
8.48	Druckmesser mit Digitalanzeige	245
8.49	Simpler Tastverhältnis-Messer	248
8.50	Drehzahl- und Drehrichtungsanzeige	248
8.51	Pulsweiten-Messgerät	249

8.52	Differenzlicht-Detektor	250
8.53	Hochauflösender Drehzahlmesser	251
8.54	Höhenmessgerät mit LC-Panelmeter	253
9	Schaltungen für Messverstärker	254
9.1	Instrumentationsverstärker mit Operationsverstärker-ICs	254
9.2	Hohe Spannung und Last für chopperstabilisierte Operationsverstärker	255
9.3	Rauscharmer und temperaturstabiler Messverstärker	257
9.4	Breitbandiger chopperstabilisierter FET-Verstärker	259
9.5	Empfindlicher und stabiler Transimpedanzverstärker	259
9.6	Instrumentationsverstärker für hohe Frequenzen	262
9.7	Laststromverdopplung mit Dual-Operationsverstärker	263
9.8	Einfachst-Impedanzwandler mit Operationsverstärker	265
9.9	Spannungsgesteuerter Messverstärker	265
9.10	Differenzverstärker mit einfacher Betriebsspannung	267
9.11	Chopper-Verstärker mit sehr geringem Stromverbrauch	268
9.12	Impedanzwandler mit sehr hochohmigem Eingang	269
9.13	Rauscharmer Messverstärker	269
9.14	High-Performance-Instrumentationsverstärker	271
9.15	Instrumentationsverstärker mit Spannungsfolger-ICs	273
9.16	Instrumentationsverstärker mit einfach einstellbarer Verstärkung	274
9.17	Einfacher Instrumentationsverstärker	274
9.18	Invertierender Verstärker mit hochohmigem Eingang	274
9.19	Elektronisch schaltbare Verstärkung	277
9.20	Instrumentationsverstärker mit zwei Operationsverstärkern	278
9.21	Digital programmierbarer Präzisionsverstärker	278
9.22	Micropower-Instrumentationsverstärker	280
9.23	Messverstärker mit Opto-Isolation	280
9.24	Differenzausgang für Instrumentationsverstärker	282
9.25	Präzise 20-dB-Verstärker ohne externe Komponenten	283
9.26	Instrumentationsverstärker mit einem Operationsverstärker	285
9.27	Einfacher breitbandiger Messverstärker	285
9.28	Instrumentationsverstärker aus Stromquelle und Operationsverstärker	287
9.29	Differenzverstärker mit digitalen Potentiometern	289
9.30	Operationsverstärker verarbeitet große Messsignale	290
9.31	Instrumentationsverstärker mit hoher Eingangsimpedanz und geringer Drift	290
9.32	Rauscharmer Verstärker zur Messung des Phasenrauschens	292

9.33	Digital einstellbarer Messverstärker	292
9.34	Auto-Zero-Breitbandverstärker	294
9.35	Verstärker für 40 dB/100 MHz	294
9.36	Verstärker für 20 dB/100 MHz	297
9.37	Instrumentationsverstärker mit aktivem Filter	297
9.38	ECG-Frontend mit einfacher Versorgung	299
9.39	Instrumentationsverstärker mit uni- und bipolarem Ausgang ...	300
9.40	Einfachst-Verstärker mit Verstärkungsfaktor 3	301
9.41	Programmierbarer Chopper-Verstärker	302
9.42	Zwei-IC-Verstärker ohne externe Beschaltung	303
9.43	Präziser Instrumentationsverstärker	303
9.44	Präzisionsverstärker mit Booster	304
9.45	Schneller Präzisionsverstärker	304
9.46	Einfache Messverstärker mit Mikro-Power-IC	306
9.47	Instrumentationsverstärker mit Dual-Operationsverstärker	307
9.48	Sehr verzerrungsarmer Verstärker	308
9.49	Breitband-FET-Verstärker	309
10	Schaltungen für Filter	310
10.1	Gute Filter – ganz einfach	310
10.2	Qualifiziertes Antialiasing-Filter	311
10.3	Filter mit Fixed-Gain-Operationsverstärkern	313
10.4	Kerbfiler mit einstellbarer Güte	315
10.5	Einfaches Kerbfiler	315
10.6	Tiefpassfilter mit minimalem Aufwand	317
10.7	Bandpass mit hoher Güte	317
10.8	Einfaches Notchfilter mit hoher Güte	319
10.9	Fliege-Notchfilter	320
10.10	Einfaches 20-kHz-Filter dritter Ordnung	321
10.11	Aktives 20-MHz-Filter	322
11	Schaltungen für Wandler	323
11.1	Spannungs-Frequenz-Konverter für 1 Hz bis 100 MHz	323
11.2	Einfacher Temperatur-Pulsweiten-Wandler	326
11.3	Frequenz-Spannungs-Wandler mit VCO-IC	326
11.4	Stromarmer Spannungs-Frequenz-Wandler	332
11.5	Hochlinearer Spannungs-Frequenz-Wandler	332
11.6	Einfacher Spannungs-Pulsweiten-Wandler	332
11.7	D/A-Wandler mit 0...10-V-Ausgang	335
11.8	Low-Cost-Spannungs-Frequenz-Wandler	336

11.9	Frequenz-Spannungs-Wandler 10 Hz bis 10 kHz	337
11.10	Spannungs-Frequenz-Wandler für schwankende Betriebs- spannung	338
11.11	Spannungs-Frequenz-Wandler für stabile Betriebsspannung ..	339
11.12	Spannungs-Frequenz-Wandler für positive und negative Spannungen	340
11.13	Pulsbreiten-Spannungs-Wandler	340
11.14	CMOS-Pegel für HF-Signale	341
11.15	A/D-Wandler mit LC-Display	343
11.16	Ansteuerschaltung für Fluoreszenz-Display	343
11.17	Ansteuerschaltung für ein achtstelliges Display	346
11.18	Einfache Analog-Digital-Wandlerschaltungen	346
12	Schaltungen für Generatoren	350
12.1	Breitbandiger Rauschgenerator	350
12.2	Preiswerter Generator für weißes Rauschen	352
12.3	Quarz formt reines Sinussignal	354
12.4	Vierfach-Quadratursignal-Generator	355
12.5	Rechteck-Sinus-Wandlung mit SC-Filter	355
12.6	Einfacher, aber stabiler Rechteck-/Dreieckgenerator	357
12.7	Rechteck- und Sägezahngenerator mit hoher Linearität	358
12.8	Negative-Resistance-Oszillator	359
12.9	Hochstabiler 100-kHz-Oszillator	361
12.10	Hochwertiger einstellbarer Sinusgenerator	361
12.11	Spannungsgesteuerter Sinusoszillator für 1 Hz bis 30 kHz	364
12.12	Quarzoszillator mit hoher Leistung	364
12.13	Impulsgenerator mit Triggerausgang	367
12.14	Low-Power-Oszillator mit weitem Betriebsspannungsbereich	369
12.15	1-kHz-Sinusgenerator mit Mikrocontroller	369
12.16	Einfacher und stabiler Tieffrequenz-Sinus-/Cosinusoszillator	371
12.17	NF-Sinus-/Cosinusgenerator	372
12.18	NF-Wienbrückenoszillator mit FET-Stabilisator	373
12.19	Vielseitiger Dreieck-/Rechteckgenerator	375
12.20	Micropower-Wienbrücken-Generator	376
12.21	Einfacher Rechteckgenerator	376
12.22	Wienbrücken-Generator mit einfachem Potentiometer	377
12.23	Präziser Rampengenerator	378
12.24	Sinusgenerator mit quarzgenauer Frequenz	379
12.25	Drei-Dekaden-VFO	380
12.26	Präziser HF-Generator	381

12.27	Erzeugung von HF-Rechtecksignalen	382
12.28	Frei einstellbarer Sägezahn-generator	382
12.29	Mini-Audio-Oszillator	382
12.30	Generator für rosa Rauschen	386
12.31	Mikrofonschaltungs-Testoszillator	386
12.32	Einfacher Phasenschieber-Oszillator	386
12.33	Sinusoszillator mit entkoppelten RC-Gliedern	389
12.34	Quadraturoszillator mit zwei Operationsverstärkern	389
12.35	Bubba-Oszillator	390
12.36	Impuls-generator mit weitem Frequenzbereich	391
12.37	Audio-Rausch-generator	391
12.38	Programmierbarer Sinus-generator	393
12.39	Impuls- und Pausenzeit getrennt einstellbar	393
12.40	Funktions-generator mit weitem Frequenzbereich	393
12.41	Wienbrückenoszillator mit Diodenarray	396
12.42	Funktions- und Sweeping-Generator	397
12.43	Quarzoszillatoren mit ungepufferten Invertern	402
12.44	High-Speed-Funktions-generator	403
12.45	Random-Noise-Generator	403
12.46	FM-Messsender	405
12.47	Dreiton-Oszillator	405
13	Weitere Schaltungen für die Messtechnik	407
13.1	Schaltungen mit S&H-Verstärker-ICs	407
13.2	Langlebige portable Referenzquelle	411
13.3	Schneller Spannungsfolger	412
13.4	Quellen für negative Referenzspannung	412
13.5	Präzisions-Stromquelle und -Stromsenke	413
13.6	Logarithmierer mit 100 dB Dynamikbereich	414
13.7	Schneller Logarithmierer	415
13.8	Anti-Logarithmierer	416
13.9	Mathematische Verarbeitung mit minimaler Drift	417
13.10	Multiplizierer/Dividierer	420
13.11	Schneller Integrierer	421
13.12	Schaltung eliminiert Gleichtaktspannung	422
13.13	Abgleichbarer Logarithmierer	423
13.14	Digitaler Nullabgleich von Präzisions-Operationsverstärkers ..	424
13.15	Präzise Betragsbildung	425
13.16	Präziser Multiplizierer/Dividierer	425
13.17	Hochstabile Spannungsreferenz	425

13.18	Präzise duale Spannungsreferenz	428
13.19	Micropower-Referenzspannungsquelle für 1,23 V	429
13.20	Bilaterale Spannungs-Strom-Umsetzer	430
13.21	Instrumentationsverstärker als Operationsverstärker	431
13.22	Ansteuerschaltung für Differential-ADC	432
13.23	Programmierbare Stromquelle	432
13.24	Dämpfender aktiver Desymmetrierer	433
13.25	Vierquadranten-Multiplizierer	435
13.26	Schnelle S&H-Schaltung	435
13.27	Stromquelle mit Schaltregler	437
13.28	Spannungsreferenz mit Driftabgleich	437
13.29	Hochgenaue S&H-Schaltung	438
13.30	Vollwellen-Gleichrichter ohne Dioden	439
13.31	Diodenloser Gleichrichter	440
13.32	Lineare Gleichrichtung ohne Diode	441
13.33	Breitbandiger Gleichrichter	441
13.34	Leistungsfähiger Transistorprüfer	442
13.35	Präzise -10-V-Referenz	444
13.36	Störsichere Datenübertragung	445
13.37	Einfacher Frequenzmultiplizierer	446
13.38	Frequenzmultiplizierer mit D/A-Wandler	446
13.39	Messwertübertragung auf der Stromversorgungs-Leitung	448
13.40	Spannungsgesteuerte Konstantstromquelle	448
13.41	Stabile exponentielle Stromquelle	450
13.42	Qualifizierte 1-A-Injektorschaltung	451
13.43	Einfacher breitbandiger Frequenzverdoppler	451
13.44	Bargraph-Anzeige mit PIC	451
13.45	Konstantleistungs-Quelle	455
13.46	Referenz-IC mit Stromverstärker	455
13.47	Verbesserte Stromquelle	457
13.48	Low-Cost-Dividierer	457
13.49	9-Bit-Digital-Analog-Konverter	459
13.50	Einfaches S&H-System	459
13.51	Symmetrische Messwert-Übertragung	461
13.52	Stromsenke mit Fehlerkorrektur	461
13.53	Fünfstelliger Ereigniszähler mit Voreinstellung	463
13.54	Kaskadischer Abwärts-Ereigniszähler	463
13.55	Ereigniszähler zählt auf- oder abwärts	463
13.56	Zweifach-Fernanzeige	466
13.57	Digitale Einstellung des Übertragungsfaktors	466
13.58	LED-Zeile am Mikrocontroller	466

13.59	Kompakter Oszilloskoptester	468
13.60	Logikpegel-Tester	471
14	Zusatzschaltungen für Messgeräte	472
14.1	Induktivitätsmess-Vorsatz für Multimeter	472
14.2	Vorteiler und -verstärker für Frequenzmesser	473
14.3	Präziser Audio-Spitzenspannungs-Messvorsatz	474
14.4	Millivoltmeter-Adapter für Multimeter	475
14.5	Schaltung zur Verbesserung der Klirrfaktor-Messung	477
14.6	Messschaltung für die Settling Time	478
14.7	Goniometer – der bessere Phasenmesser	479
14.8	HF-Tastkopf mit Log Amp/Detector	480
14.9	Phasenwinkel bis 360 Grad messen	481
14.10	Einfacher Kabelbruchdetektor	483
14.11	Differenzielle Frequenzmessung	484
14.12	Phasenmesser	485
14.13	Vorteiler 0,1...3,5 GHz	485
14.14	Vorverstärker und Vorteiler	487
14.15	Einfache Messung der Settling Time	487
14.16	Einfache aktive Tastkopfschaltungen	489
14.17	Audiofilter-Wobbler	491
14.18	Vielseitiger NF-Wobbler	492
14.19	Low-Cost-HF-Wobbler	493
14.20	Bargraph-Anzeige für Oszilloskop	494
14.21	Tastkopf für Frequenzzähler	496
14.22	Universeller aktiver Tastkopf	496
14.23	Modulationsmonitor-Zusatz	497
14.24	LC-Generator als Frequenzzähler-Zusatz	499
14.25	Tester für Leistungstransistoren	499
14.26	Einfaches Milliohmometer	501
14.27	Einfacher Spectrum Analyzer	502
14.28	HF-Wobbler mit großem Frequenzbereich	503
14.29	Ein VHF-Wobbler	505
14.30	Kapazitäts-/Induktivitäts-Messvorsatz	506
14.31	Einfache Magnetfeldmessung	506
14.32	Instrumentationsverstärker als Oszilloskop-Vorsatz	508
14.33	Einfache Induktivitätsmessung	510
14.34	Kennlinienschreiber für FETs	510
14.35	Vorteiler zur Frequenzmessung mit Multimeter	511
14.36	Achtkanal-Chopper	513
14.37	Vorverstärker für Zähler	513

15	Schaltungen für die Prüftechnik	515
15.1	Einfacher Negative-Resistance-Oszillator	515
15.2	Leistungsstarker Audio-Prüfgenerator	516
15.3	Einstellbarer Batteriesimulator	517
15.4	Einfacher Feldstärke-Indikator	518
15.5	Testoszillator für HF bis UHF	519
15.6	Batterie-Checker	521
15.7	Einfacher Dreibereichs-KW-Prüfgenerator	522
15.8	Einfacher KW-Generator mit MC1648	523
15.9	Mehrbereichsgenerator mit MC1648	524
15.10	Stereo-Prüfsender mit SMD-IC	525
15.11	Verlustfaktor-Vergleichsschaltung	526
15.12	Testoszillator zur Induktivitätsermittlung	527
15.13	Magnetfeld-Detektor	527
15.14	Mehrdraht-Kabeltester	528
15.15	CMOS-Logiktester	528
15.16	Transistorprüfer und Testgenerator	530
15.17	Praktisches Kabelprüfgerät	531
15.18	Tester für 6-V-NiCd/MiMH-Akkus	532
15.19	Ladestromindikator	532
15.20	Batteriespannungs-Tester	534
15.21	Aufspürgeräte für 2,4-GHz-Quellen	534
15.22	Überwachung optischer Signale	536
15.23	Logikpegel-Test-Set	536
15.24	Logikanalysator	537
15.25	Einfacher NF-Frequenzanalysator	538
15.26	Tönender Durchgangsprüfer	539
15.27	Einfacher High/Low-Tester	540
15.28	Schonender Batterietester	541
15.29	Akustischer Widerstandstester	541
15.30	Breitbandiger Testgenerator	542
15.31	RFID-Sendefelddetektor	542
15.32	Leitungsfinder	545
15.33	Magnetpol-Indikator	546
15.34	Nulldurchgangs-Detektor	546
15.35	Pegel- und Impulsrichtungs-Indikator	547
15.36	Infrarot-Detektor	547
15.37	Dreistufiger Spannungsdetektor	548
	Stichwortverzeichnis	549

1 Messung elektrischer Gleichgrößen

1.1 Gleichspannungsmessung mit dem ICL7136

Der ICL7106 war der erste IC, welcher alle aktiven Komponenten zur qualifizierten Gleichspannungsmessung mit digitaler Anzeige auf einem LC-Display enthielt. Neben dem LCD waren nur vier Widerstände, vier Kondensatoren sowie ein Eingang-RC-Filter als Außenbeschaltung erforderlich.

Der ICL7136 ist die Ultra-Low-Power-Version des ICL7106. Nach *Abb. 1.1* ist auch die Außenbeschaltung identisch. Sie gilt für maximal 1999 mV Eingangsspannung. Für 1,999 V müssen folgende Bauelementeänderungen erfolgen: R1 150 kOhm,

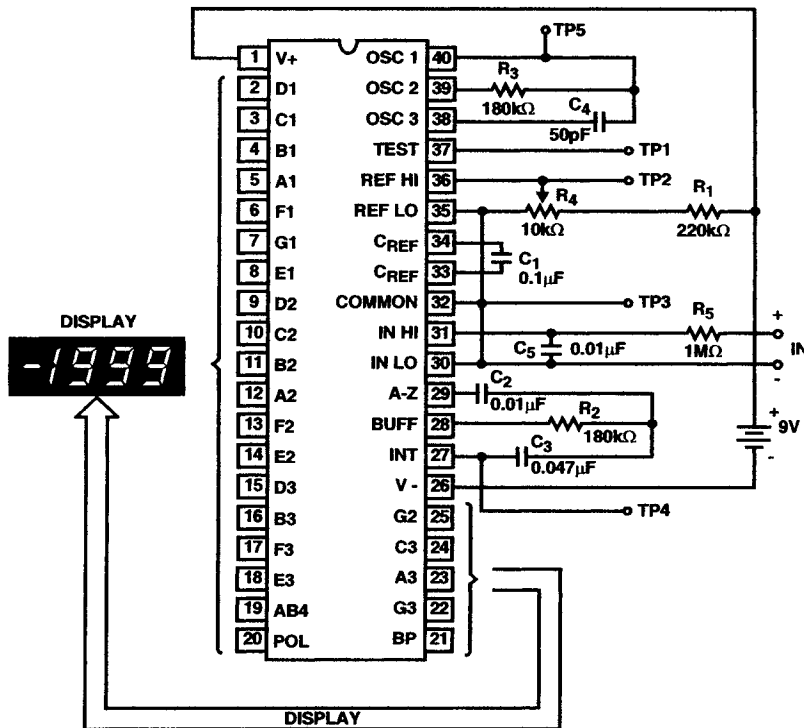


Abb. 1.1

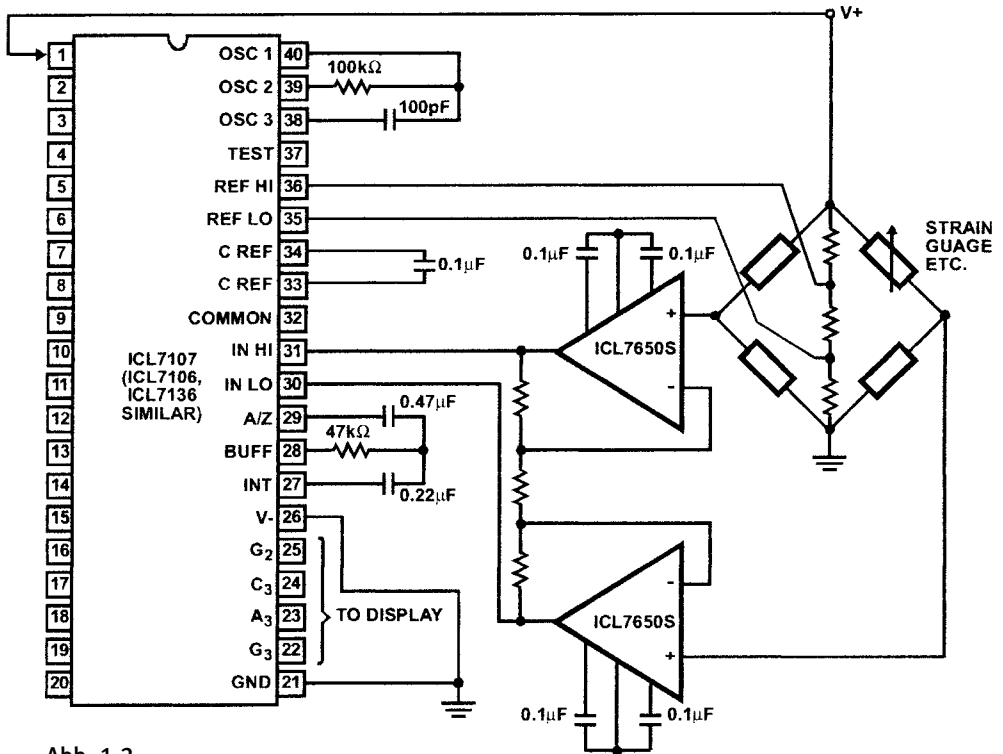


Abb. 1.2

Intersil Application Note 023

R2 1,8 MOhm, R4 100 kOhm, C2 22 nF. Außerdem sollte der Dezimalpunkt gesetzt werden.

Abb. 1.2 zeigt eine Anwendung der Bausteine einschließlich des ICL7136 im Zusammenwirken mit einer Messbrücke. Der Eingang ist massebezogen, somit ist ein direkter Anschluss an die Brücke nicht möglich. Zwei Operationsverstärker bilden daher einen Differenzverstärker; auch ein einfacher Differenzverstärker (mit unsymmetrischem Ausgang) scheint möglich, wenn die Brücke genügend niederohmig ist. Man sollte natürlich auch dabei einen Operationsverstärker mit geringer Drift bevorzugen.

1.2 Leistungsarme Strommessung mit Zeigerinstrument

Schaltet man ein Zeigerinstrument direkt in eine Leitung, um den darin fließenden Strom zu messen, hat das Nachteile. Zunächst verursacht der Innenwiderstand des Instruments einen gewissen Spannungsabfall. Dann muss das Instrument eventuell gegen Überlastung geschützt werden, üblicherweise mit zwei antiparallelen Si-Leistungsdioden. Schließlich kann eine Leitungsumverlegung erforderlich sein, denn das Instrument muss in der Regel an einem bestimmten Ort zwecks guter Ablesbarkeit angeordnet werden.

Hat man eine Hilfsspannung von z. B. 5 V zur Verfügung, kann man diese Probleme mit der Schaltung nach *Abb. 1.3* umgehen. Der in die Leitung einzufügende Widerstand ist mit 1 Ohm recht klein. Ein Strom von 100 mV verursacht daran einen Spannungsabfall von 100 mV. Der Differenzeingang des MAX4172 erhält den Spannungsabfall und wandelt ihn in einen Strom um. Bei 100 mV zwischen den Pins 1 und 2 fließt 1 mA aus Pin 6. Das bedeutet 1 V an 1 kOhm. Die Eingangsspannung wurde verzehnfacht. Ein Einstellwiderstand an dieser Stelle erlaubt den Abgleich der Schaltung. Der einfache Spannungs-Strom-Wandler mit dem Operationsverstärker MAX495 erzeugt im Kollektorkreis des Transistors bei 1 V Eingangsspannung einen Strom von etwa 15 mA ($1\text{ V}/66\text{ Ohm}$). Man sollte besser ein Instrument mit 10 oder 100 mA Endausschlag benutzen. Der Widerstand muss dann 100 Ohm bzw. 10 Ohm haben.

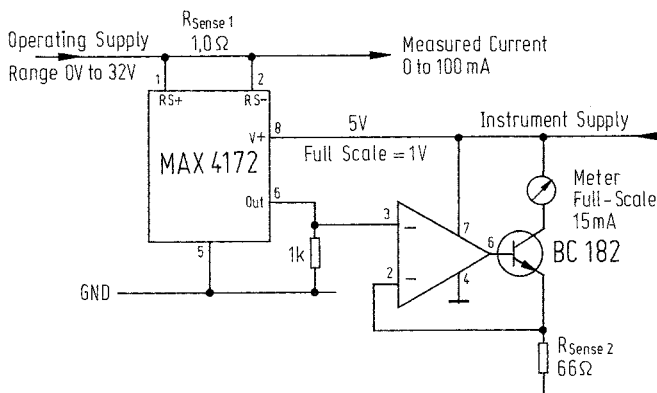


Abb. 1.3

1.3 Strommessung mit Instrumentationsverstärkern

Ein Instrumentationsverstärker zeichnet sich durch einen hochohmigen Differenzeingang mit hoher Gleichtaktunterdrückung aus. Somit sind qualifizierte, nicht massebezogene Spannungsmessungen möglich. Der typische Anwendungsfall ist die indirekte Strommessung durch Messung des Spannungsabfalls an einem möglichst niedrigen Widerstand in der Stromleitung.

In *Abb. 1.4* beträgt dieser Widerstand nur 5 Milliohm. Der maximale Strom von 10 A verursacht daran einen Spannungsabfall von 50 mV. Dennoch ist es für den Stabilisierungsschaltkreis wichtig, dass die Vergleichsspannung direkt an der Last abgenommen wird. Die Eingänge des Instrumentationsverstärkers sind mit Widerständen von 10 kOhm geschützt. Gleichzeitig ergeben sich mit den Kapazitäten Tiefpassfilter. Die Kondensatoren sind für wenige Hertz Grenzfrequenz zu bemessen. Die Verstärkung von 50 wird mit den Widerständen an Pin 5 bestimmt. Das ergibt eine Ausgangsspannungsänderung von 250 mV pro Ampere.

In *Abb. 1.5* beträgt der Shuntwiderstand 10 Milliohm, und der IC-Eingang wird durch Widerstände und antiparallel geschaltete Dioden geschützt. Dies deshalb, weil Strom in beide Richtungen fließen und erfasst werden kann. Die Gegenkopplungsbeschaltung muss daher beide Feedback-Pins betreffen. Beim Strom null soll bereits eine Ausgangsspannung von 2 V vorliegen. Das bedeutet 20 mV Versatz an Pin 8 gegenüber Pin 5. Denn die Widerstände sind für eine Verstärkung von 100 ausgelegt. Somit bedeuten $-2 \text{ A } 0 \text{ V}$ Ausgangsspannung und $2 \text{ A } 4 \text{ V}$ Ausgangsspannung. Durch die einfache Versorgung kann diese nicht negativ werden. Mit der Schaltung kann man Lade- und Entladeströme von Akkus messen.

In *Abb. 1.6* ist eine weitere interessante Anwendung zu sehen. Es kommen drei moderne Instrumentationsverstärker zum Einsatz. Dieser Aufwand erlaubt die Messung von positiven und negativen Strömen mit Anzeige der Polarität. Auch hier ist der Shuntwiderstand sehr klein. Bei einem Ampere entsteht ein Spannungsabfall von 10 mV. Der obere Verstärker misst positive, der mittlere negative Ströme. Die Eingänge liegen parallel, die Pins sind aber vertauscht. Der untere Verstärker wertet die Polarität aus. Die Kondensatoren bilden mit den Widerständen Tiefpassfilter und sind nur bei Anwendungen erforderlich, wo eine Filterwirkung erzielt werden muss (z. B. Überwachung von Pulsbreitensteuerungen). Die Verstärkung beträgt 100, somit gilt am Ausgang 1 V/A .

In *Abb. 1.7* ist der Einsatz einer bidirektionalen Strommessschaltung in einer Motorsteuer-Brückenschaltung gezeigt.

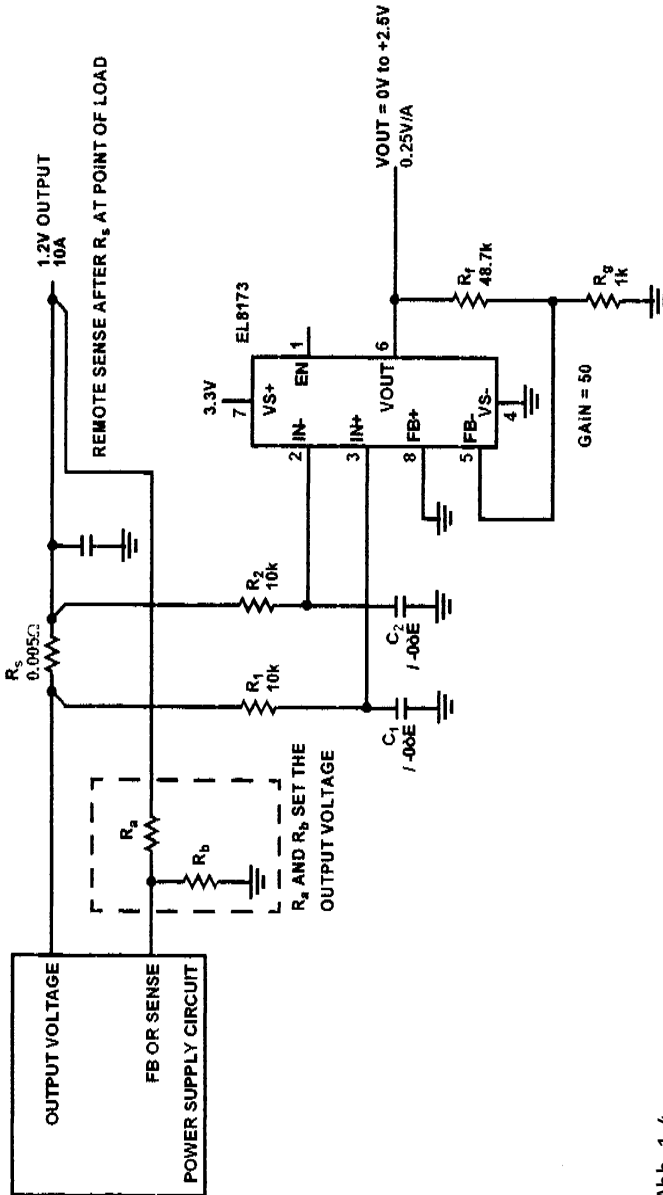


Abb. 1.4

LOAD CURRENT = 2A, MAX
 X1 AND X2 MUST BE 0V TO +5V

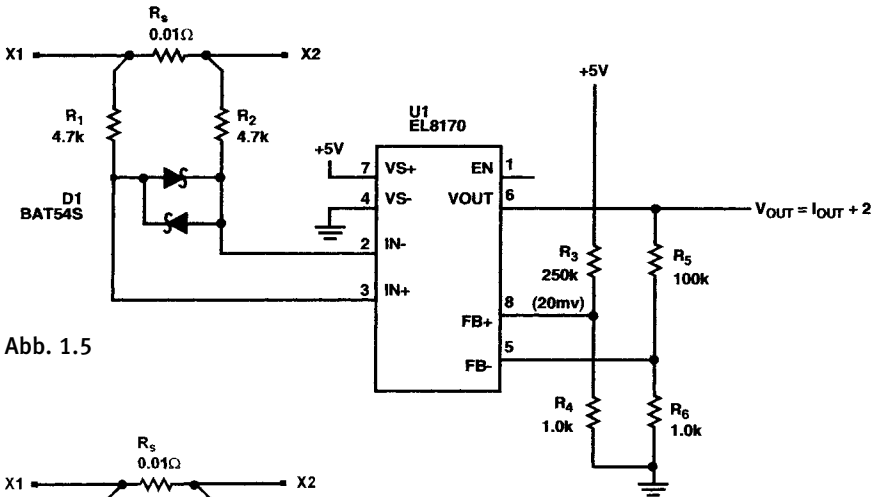


Abb. 1.5

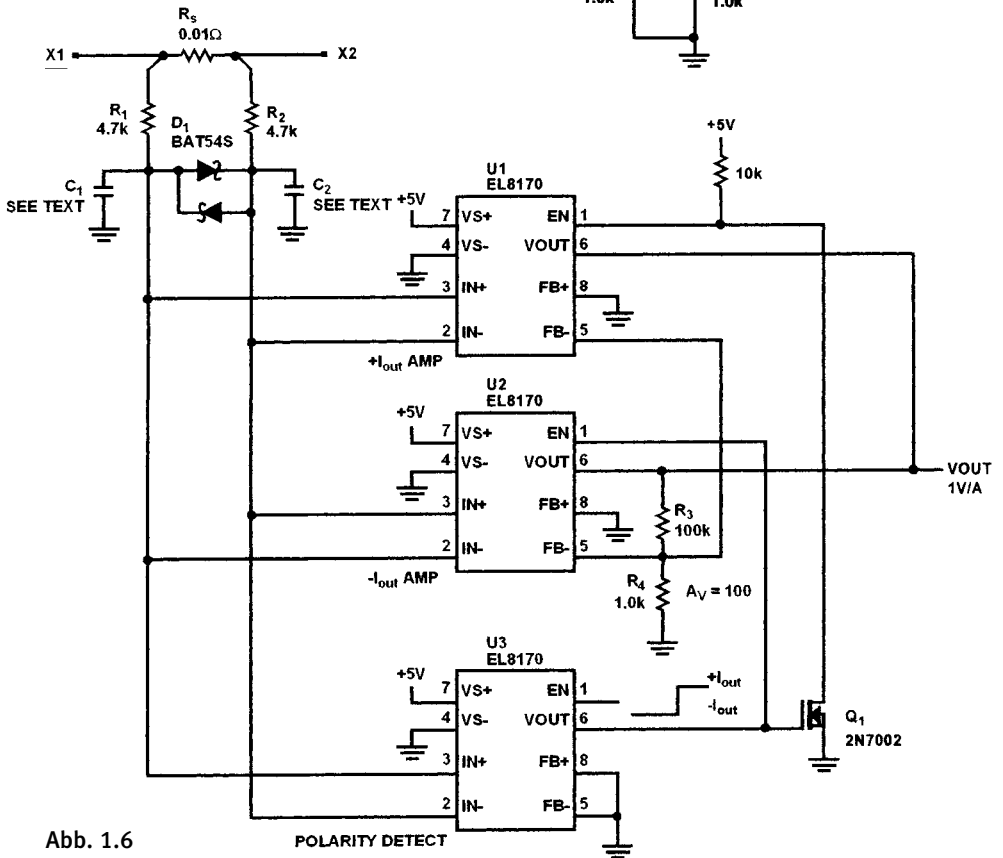


Abb. 1.6

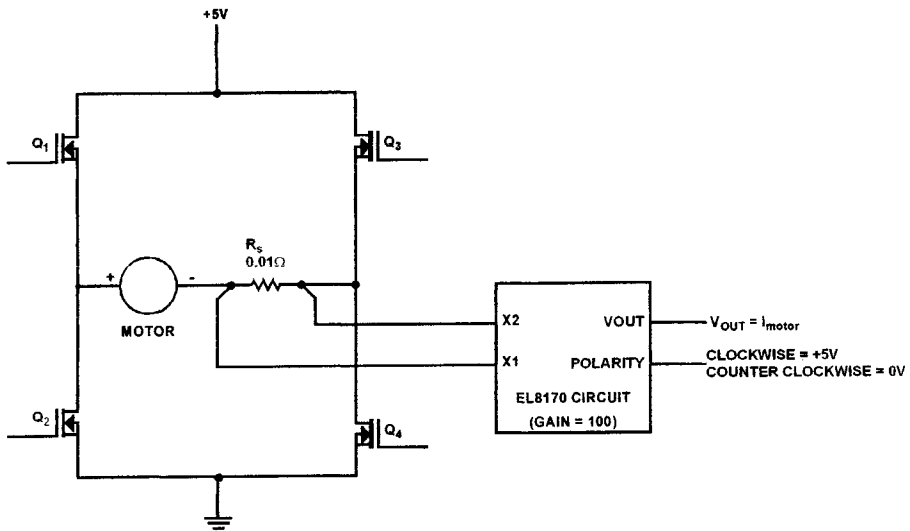


Abb. 1.7

Intersil Application Note 1298

1.4 Interface zur Gleichspannungsmessung mit dem PC

Die 25-polige Sub-D-Buchse zum Druckeranschluss ist auch heute noch an vielen PCs vorhanden. Stattet man einen solchen PC mit der Schaltung nach *Abb. 1.8* aus, kann man vier Gleichspannungen erfassen. Für hohe Werte kann man an den Eingängen die angedeuteten Spannungsteiler anordnen. Die Kondensatoren bewirken zusammen mit den Längswiderständen eine Signalfilterung. Der MAX4164 enthält vier Operationsverstärker, die jeweils als Spannungsfollower geschaltet sind. Der MAX1248 ist ein 10-bit-A/D-Wandler.

Die Betriebsspannung erhält das Interface von der Sub-D-Buchse. Sie wird in der Regel 5 V betragen. Notebooks bieten oft nur etwa 3 V – auch dann arbeitet die Schaltung einwandfrei. Die Stromaufnahme ist hier mit etwa 1 mA sehr gering. Liegt die Quellimpedanz unter 3 kOhm, können die Operationsverstärker entfallen. Andernfalls wird der Vierfach-Operationsverstärker vorgesehen. Er arbeitet auch noch mit 2,7 V, hat Rail-to-Rail-Eingänge und verbraucht nur etwa 100 μA .

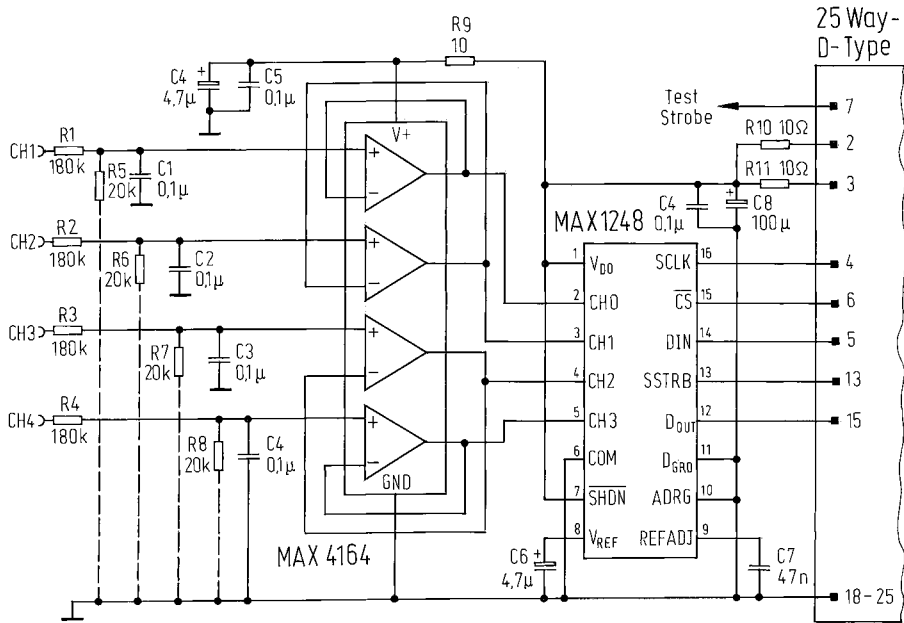


Abb. 1.8

Maxim Application Note 1988

1.5 A/D-Wandler misst Spannungen bis 1000 V

Die Analog-Digital-Wandler CD5521/23, CS5522/24/28 und CS5525/26 besitzen einen chopperstabilisierten programmierbaren Instrumentationsverstärker mit maximal 300 pA Eingangsstrom. Eine Ladungspumpenschaltung ist ebenfalls integriert, um eine negative Versorgungsspannung zu erzeugen. Das macht die Messung massebezogener Spannungen möglich (Abb. 1.9). Der Instrumentationsverstärker (PGIA, programmable gain instrumentation amplifier) hat die Low-Level-Eingangsbereiche: ± 25 , ± 55 und ± 100 mV. Der Eingangsstrom ist von Sampling-Kondensator und Sampling-Frequenz abhängig. Hält man diese Größen klein, ist auch er gering. Dann ist das Vorschalten eines hochohmigen Spannungsteilers bei geringem Fehler möglich. So kann ein Eingangsspannungsbereich von ± 10 V gemäß Abb. 1.10 bei nur 0,03 % Fehler erreicht werden. Senkt man den Widerstand gegen Masse, sinkt der Fehler entsprechend. In Abb. 1.11 wurde der Widerstand auf 1 kOhm vermindert. Mit fünf Widerständen 2 MOhm können nun Spannungen bis zu ± 1000 V gemessen werden, wobei über jedem Widerstand maximal 200 V abfallen.

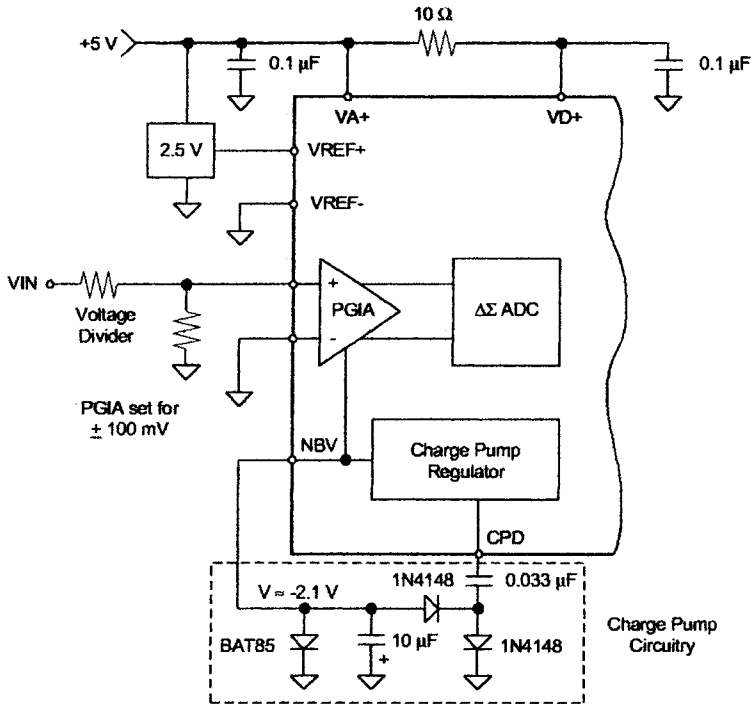


Abb. 1.9

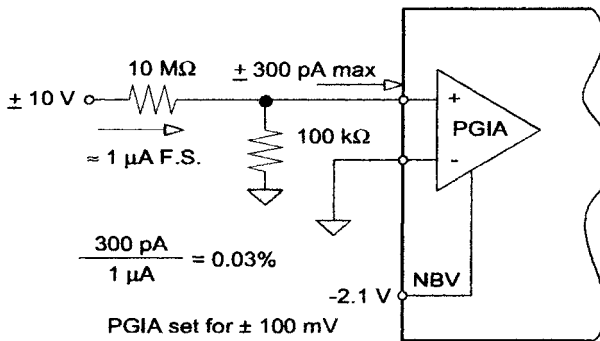


Abb. 1.10

Mit 32,768 kHz Eingangstaktfrequenz ergibt sich eine niedrige Chopperfrequenz von 256 Hz. Das bedeutet nur etwa 100 pA Eingangsstrom bei Zimmertemperatur und maximal 300 pA im industriellen Standardtemperaturbereich.