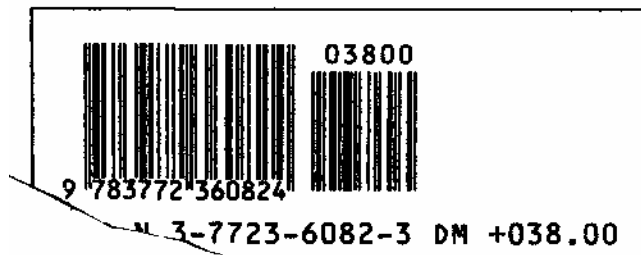


Das bekannte Zeitgeber-IC 555 mit seinen charakteristischen acht Beinchen wird vom inneren Aufbau, den Grundsaltungen und der Funktion transparent gemacht. 55 sorgfältig ausgewählte Schaltbeispiele mit je einem Timer bieten ausreichendes Material für Experimente und den Bau ...tyedener kleiner Geräte: vom einfa-Zeitschalter bis zu modulierten Tongeneratoren und Spannungswandlern. Der Autor, ein erfahrener Diplom-Ingenieur der Elektronik, kennt die Schaltungen prak-

tischer Anwendung und die Theorie. Seine langjährigen publizistischen Erfahrungen garantieren eine verständliche Beschreibung der Schaltbeispiele.

Aus dem Inhalt:

- Grundsaltungen des Timers 555
- Präzisionszeitschalter
- Optische und akustische Impulsgeneratoren
- Tongeneratoren
- Spannungswandler



FRANZIS EINFUHRUI

Hájek Timer 555

**55 attraktive, einfache
Schaltungen zum Nachbauen**

FRANZIS EINFÜHRUNG

Jan Haiek

Timer 555

55 attraktive, einfache Schaltungen
zum Nachbauen

Mit 105 Abbildungen



CIP-Titelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Häjek, Jan:

Timer 555:55 attraktive, einfache Schaltungen zum Nachbauen / Jan Häjek. - München: Franzis, 1989.
(Franzose-Beführung) ISBN 3-7723-6082-3

© 1989 Franzis-Verlag GmbH, München

Sämtliche Rechte - besonders das Übersetzungsrecht - an Text und Bildern vorbehalten. Fotomechanische Vervielfältigungen nur mit Genehmigung des Verlages. Jeder Nachdruck, auch auszugsweise, und jede Wiedergabe der Abbildungen, auch in verändertem Zustand, sind verboten.

Satz: Franzis-Druck GmbH, 8000 München 2

Druck: Kösel, Kempten

Printed in Germany • Imprimé en Allemagne

ISBN N 3-7723-6082-3

m

Vorwort

Im deutschsprachigen Raum fehlt eine Publikation, die sich mit dem Timer 555 befaßt. Um diese Lücke zu füllen, wurde diese Schaltungssammlung zusammengestellt und wird hier dem interessierten Leser vorgelegt. Sie enthält Schaltungen, die über die gewöhnlichen Applikationsangebote der Herstellerfirmen hinausgehen und zum weiteren Experimentieren anregen sollen.

Ein Anlaß hierzu kam aus den USA, wo in der sehr populären Reihe „Book Bugs“ ein Buch von M. Berlin mit einer ganzen Reihe interessanter Schaltungen mit dem Timer 555 in mehreren Auflagen erschienen ist. Dagegen gibt es in der deutschsprachigen Literatur nichts Entsprechendes, ausgenommen eine technische Beschreibung und Sammlung (Valvo/Philips als Nachfolger der Ursprungsfirma Signetics), ein Buch über Tongeneratoren (Frech) und einige mehr oder weniger ausführliche Zeitschriftenaufsätze.

Schaltungen mit dem Timer 555 sind in allen möglichen Aufsätzen in Fach- und Hobby-Zeitschriften über viele Jahre verstreut, so daß das Auffinden einer Schaltung zu einem bestimmten Thema sehr mühsam ist.

Der Autor hat von Anfang an, als der Timer 555 auf den Markt kam, alle verfügbaren Schaltungen gesammelt. Aus diesen umfangreichen Unterlagen gibt er eine Auswahl von einfachen Schaltungen mit nur einem einzigen Timer 555 heraus, die nach einigen Anwendungsgebieten systematisch geordnet und in Gruppen mit ähnlicher Thematik oder Funktion zusammengestellt sind.

Die Schaltungen werden kurz erklärt und beschrieben, und es werden einige praktische Tips gegeben; die genaueren Bauanleitungen und ausführliche praktische Ratschläge zum jeweiligen Aufbau muß man der dazugehörigen Literatur entnehmen.

Das Buch ist in drei Hauptteile gegliedert. Der erste Teil (Kap. 2 und 3) beschreibt die innere Beschaffenheit und die Funktion des Timers 555 sowie die Grundsaltungen, die dann im zweiten Teil (Kap. 4 bis 7) in den eigentlichen Anwendungsbeispielen vorkommen. Der dritte Teil (Anhang) beinhaltet die technischen Daten des Timers 555, die Nomogramme zur einfachen Dimensionierung von benutzten Bauteilen, die Literaturnachweise und das Sachverzeichnis.

Einen wichtigen Teil des Buches bilden die Literaturhinweise. Zu den allgemeinen Funktions- und Schaltungsbeschreibungen in Teil I (Kap. 2 und 3) sind die Literaturquellen einfach der Reihe nach zusammengestellt und nacheinander numeriert (L1, L2 usw.). Für die eigentlichen Anwendungsbeispiele (ab Kap.4), die die vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten des Timers 555 zeigen, sind die Literaturquellen nach den Abbildungsnummern wiedergegeben.

Dies ermöglicht dem interessierten Leser, weitere für den Bau notwendige Unterlagen aus der Literatur zu entnehmen, z. B. ausführlichere Beschreibungen, Baupläne mit Platinenlayouts und andere nützliche Informationen.

Einige Firmen bieten Bausätze zum Bau von verschiedenen Geräten mit dem Timer 555 und sogar Experimentierplatinen an. Mit diesen kann man viele der hier beschriebenen Schaltungen und deren Varianten ausprobieren.

Das Buch zeigt, wie vielfältig und interessant die Anwendungsmöglichkeiten für den Timer 555 sind. Gleichzeitig ist es als Nachschlagewerk für alle Benutzer gedacht.

Wichtiger Hinweis

Die in diesem Buch wiedergegebenen Schaltungen und Verfahren werden ohne Rücksicht auf die Patentiage mitgeteilt. Sie sind ausschließlich für Amateur- und Lehrzwecke bestimmt und dürfen nicht gewerblich genutzt werden*). Alle Schaltungen und technischen 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 sieht sich deshalb gezwungen, darauf hinzuweisen, daß er weder eine Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen, die auf fehlerhafte Angaben zurückgehen, übernehmen kann. Für die Mitteilung eventueller Fehler sind Autor und Verlag jederzeit dankbar.

*) Bei gewerblicher Nutzung ist vorher die Genehmigung des möglichen Lizenzinhabers einzuholen.

Inhalt

1 Einleitung	n
2 Grundsaltungen des 555	13
2.1 Funktionsbeschreibung des Timers 555	13
2.1.1 Die Blockschaltung	14
2.1.2 Die innere Beschaltung	18
2.2 555 als Multivibrator	22
2.2.1 Monostabiler Multivibrator	23
2.2.2 Astabiler Multivibrator	33
2.2.3 Bistabiler Multivibrator	44
2.2.4 Schmitt-Trigger	45
3 555-Ausgangsschaltungen	48
3.1 Elektrische Ausgangsschaltungen	49
3.2 Optische Ausgangsschaltungen	51
3.3 Akustische Ausgangsschaltungen	55
3.4 Mechanische Ausgangsschaltungen	58
3.5 Potentialtrennende Ausgangsschaltungen	60
4 Zeitschaltungen	63
4.1 Einfache Zeitschalter	63
4.1.1 Der Bett-Lese-Timer	64
4.1.2 Elektronischer Zeitschalter	65
4.1.3 Verzögertes Auto-Innenbeleuchtung	66
4.1.4 Verzögerte Scheinwerfer-Ausschaltung	68
4.2 Treppenhaus-Zeitschalter	69
4.2.1 Treppenhausautomat	69
4.2.2 Automatische Türbeleuchtung	70
4.2.3 Automatisches Garagenlicht	72

Inhalt

4.2.4 Automatisches Nachtlicht	74
4.2.5 Flutlicht-Zeitschalter	74
4.3 Präzisionszeitschalter	77
4.3.1 Präzisionstimer	78
4.3.2 Phototimer	79
4.3.3 Zeitgeber mit Relais	82
4.3.4 Belichtungs-Zeitgeber für Photoarbeiten	82
4.3.5 Duka-Timer	82

5 Impulsgeneratoren. 86

5.1 Elektrische Impulsgeneratoren	86
5.1.1 Einfacher Impulsgenerator	86
5.1.2 Durchstimmbarer Rechteckgenerator	87
5.1.3 Rechteck-und Sägezahn-generator	88
5.1.4 Quarzoszillator	90
5.1.5 Einstellbarer Puls-generator	91
5.1.6 Einfacher Nadelimpuls-generator	93
5.2 Optische Impulsgeneratoren	93
5.2.1 Taschensignalisator	94
5.2.2 Blinkschaltung	94
5.2.3 Infrarot-Sender	95
5.2.4 Impuls-generator mit IR-LED	96
5.3 Akustische Impulsgeneratoren	97
5.3.1 Metronom mit Piezogeber ^	98
5.3.2 Taschenmetronom	98
5.3.3 Elektronisches Metronom	99
5.3.4 Kleines elektronisches Metronom	100
5.3.5 Metronom	101
5.4 Impulsgeneratoren mit mechanischem Ausgang	102
5.4.1 Blinkgeberschaltung für Kraftfahrzeuge	103
5.4.2 Intervallschalter für den Scheibenwischer	104
5.4.3 Brennstoffpumpe-Treiber	105

6 Tongeneratoren. 106

6.1 Eintongeneratoren	106
6.1.1 Tongenerator mit Piezowandler	106

6.1.2 Tongenerator 800 Hz	107
6.1.3 Akustischer Warnsignalgeber	107
6.1.4 Alarmtongenerator	109
6.1.5 1750-Hz-Rufton	110
6.2 Geschaltete Tongeneratoren	110
6.2.1 Morse-Tongenerator	111
6.2.2 Morse-Piepmatz	112
6.2.3 Blinkgeber-Klick	112
6.2.4 Mehrfachklingel	115
6.2.5 Kinderorgel	115
6.2.6 800-Hz-Einton-Alarm	116
6.3 Modulierte Tongeneratoren	118
6.3.1 Feuchtigkeitsindikator	118
6.3.2 Trilleralarm	120
6.3.3 Einfache Sirene	121
6.3.4 Alarmsirene	122
6.3.5 Anti-Nagetier-Schaltung	122

7 Verschiedene Anwendungen 125

7.1 OhneRC-Glied	125
7.1.1 Pegelwandler	125
7.1.2 Bistabile Kippstufe	127
7.2 MitRC-Glied	127
7.2.1 Kapazitiver Meßaufnehmer	127
7.2.2 Stabilisierte negative Spannungsquelle	128
7.2.3 Computerstimme-Modulator	129

8 Anhang m

8.1 Technische Daten	131
8.1.1 Mechanische Daten	131
8.1.2 Elektrische Daten	132
8.2 Nomogramme	133

Literaturnachweis 135

Sachverzeichnis 139

1 Einleitung

Eine der interessantesten Entwicklungen der bipolaren Ära von analogen integrierten Schaltungen ist neben dem Operationsverstärker der Zeitgeber (Timer), eine Mischung aus analogen und digitalen Baugruppen auf einem Chip.

Der Timer 555 - als Zeitgeber oder als Oszillator - hat sich millionenfach bewährt und wird in hunderten von Schaltungen und tausenden von Geräten benutzt. Die Kenntnisse über seine Funktion sind nicht nur für Entwickler und Konstrukteure sowie für Experimentatoren und Bastler von Bedeutung, sondern genauso für Fachleute, die sich mit Reparaturen oder mit der Verbesserung von Geräten befassen.

Die integrierte Schaltung mit der allgemein benutzten Bezeichnung 555 wurde als Zeitgeberschaltung entwickelt. Im deutschen Raum wird sie deswegen oft als Zeitgeber bezeichnet und heute - aus dem Amerikanischen übernommen - einfach Timer genannt.

Die ursprünglich von der amerikanischen Firma Signetics entwickelte und im Jahre 1972 eingeführte integrierte Schaltung wurde im Laufe der Jahre von vielen Firmen unter verschiedenen Bezeichnungen hergestellt und weltweit verbreitet.

Den Timer 555 gibt es nicht nur als Einzelbaustein, sondern auch in einer doppelten Ausführung (zwei Timer in einem Gehäuse) und sogar in einer vierfachen Ausführung.

Als Weiterentwicklung kam später auch eine CMOS-Version des Timers 555 auf den Markt, die die guten Eigenschaften (z. B. einen geringeren Verbrauch) des CMOS (complementar-metal-oxide-semiconductor) übernommen hat. Hergestellt wird auch diese moderne Version von vielen Firmen unter verschiedenen Bezeichnungen, die an die weltbekannte Nummer 555 angelehnt sind (z. B.: ICL 7555).

Wegen der Anschlußkompatibilität kann man in den meisten Schaltungen, die ursprünglich für den bipolaren Timer 555 beschrieben wurden, einfach die CMOS-Version benutzen.

In vielen Elektronik-Fachzeitschriften der ganzen Welt wurden hunderte von Schaltungen mit dem Timer 555 veröffentlicht, was die enorme Universalität dieses Bausteins beweist. Es hat sich nämlich gezeigt, daß der dem Timer 555 zugrundeliegende Schaltkreis nicht nur als Ursprung-

1 Einleitung

lieh gedachter präziser Zeitgeber benutzt werden kann, sondern in wesentlich mehr anderen Fällen interessante Anwendungen findet.

Aus vielen Quellen wurde für dieses Buch eine Auswahl von interessanten und erprobten einfachen Schaltungen getroffen, denen immer nur ein einziger Timer 555 zugrundeliegt, wobei ähnliche Schaltungen in einzelnen Kapiteln zusammengefaßt sind und jede Anwendung kurz, aber ausreichend beschrieben ist.

Grundsaltungen des 555

Grundsaltungen sind solche Schaltungen, die einerseits die grundlegenden Prinzipien des Bausteins beschreiben oder andererseits die typischen Anwendungsfälle darstellen.

Beim Timer 555 ist es die Blockschaltung, mit deren Hilfe die komplizierten Vorgänge im Baustein einfach dargestellt werden, was für das Verständnis der meisten Anwendungen ausreicht. Für die Beschreibung weiterer Schaltungen wird die Kenntnis des inneren Blockaufbaus vorausgesetzt, und der Timer 555 wird nur als einfacher „Block“ (daher die Bezeichnung „Blockschaltung“) mit acht Verbindungen nach außen dargestellt.

Die innere Schaltung dagegen zeigt die Arbeitsweise des Timers 555 bis in die Details und vermittelt den komplizierten Aufbau der monolithisch integrierten Schaltung, die dem Zeitgeber zugrunde liegt.

Der Timer 555 wird meistens als Multivibrator eingesetzt - dies ist für ihn also eine Grundsaltung. Es gibt verschiedene Typen von Multivibratoren, die z. B. als Zeit- oder Verzögerungsschalter (monostabile Multivibratoren), als Oszillatoren (astabile Multivibratoren) oder als Kippstufen (bistabile Multivibratoren) arbeiten.

Für das Verständnis der Funktion weiterer aufgeführter Schaltungen ist es notwendig, die Funktion der Grundsaltungen zu begreifen. Deswegen sind diese ausführlich vorab in einem separaten Teil beschrieben.

2.1 Funktionsbeschreibung des Timers 555

Die Funktion des Timers 555 kann man aufgrund der vereinfachten Blockschaltung oder ausführlich anhand der kompletten Innenschaltung beschreiben. Für die meisten Fälle ist die Blockschaltung ausreichend; wenn aber auch die komplizierten inneren Zusammenhänge interessieren, dann kann das Studium des Bausteins vertieft werden und die Funktion mit der genauen Beschreibung auf dem Niveau von einzelnen Transistoren und Widerständen in der Innenschaltung nachvollzogen werden.

2.1.1 Die Blockschaltung

Der Timer 555 ist eine monolithisch integrierte Schaltung in Bipolartechnik,

Die Schaltung besteht aus einem Spannungsteiler, zwei Komparatoren, einem Speicher-Flipflop, einer Ausgangsstufe und einem Transistorschalter.

Unter einem Komparator versteht man einen Spannungsvergleicher. Sobald die Eingangsspannung den Wert der Vergleichsspannung übersteigt, ändert der Ausgang sprunghaft seinen Zustand.

Abb. 1 zeigt eine Blockschaltung, eine vereinfachte und für die Erklärung der Funktionsweise bestens geeignete Darstellung des Bausteins. Die Blockschaltung zeigt die Zusammenschaltung aller wichtigen Teile. Die Eingänge der zwei als Komparator beschalteten Operationsverstärker

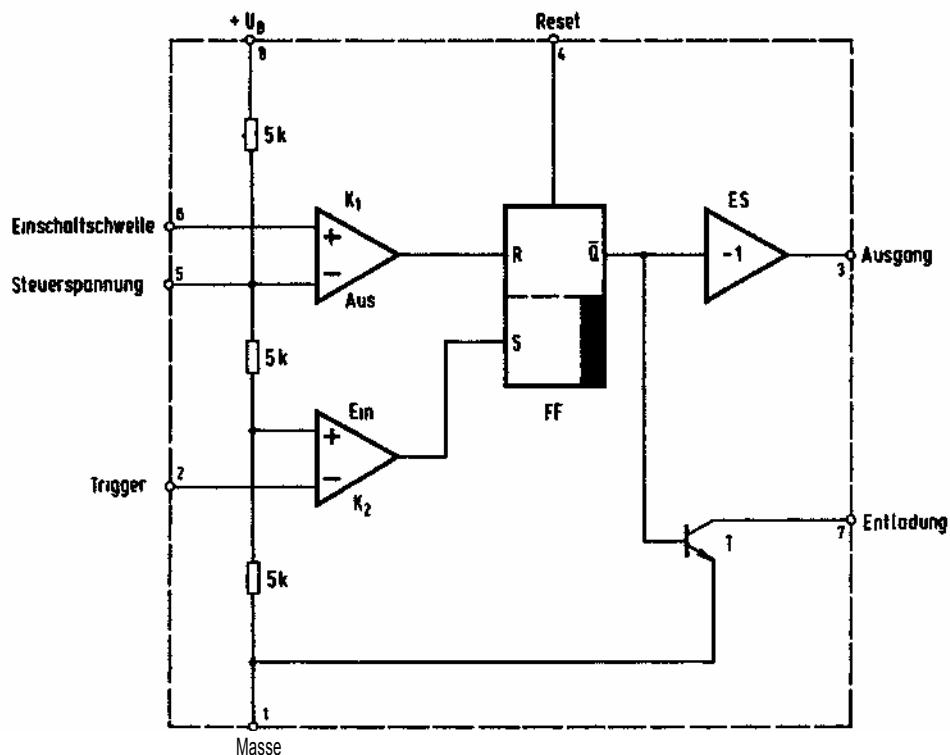


Abb. 1 Blockschaltung. K1 - oberer Komparator (Ausschaltkomparator), K2 - unterer Komparator (Einschaltkomparator), FF - Flipflop, ES - invertierende Endstufe, T - Schalttransistor

sind Haupteingänge der Schaltung. Als Vergleichsspannungen für die Komparatoren dienen die zwei durch Spannungsteiler gewonnenen Referenzspannungen.

Die Ausgänge beider Komparatorstufen sind verbunden mit den Eingängen eines RS-Flipflops, das zusätzlich noch einen nach außen herausgeführten Rückstelleingang besitzt.

Der Ausgang des Flipflops ist verbunden mit dem Eingang der Endstufe, deren Ausgang nach außen führt, den Hauptausgang des Timers 555 bildet und eine entsprechende Belastung der Schaltung ermöglicht.

Am Ausgang des Flipflops ist zusätzlich noch eine Transistorschaltstufe mit einem sogenannten offenen Kollektor angeschlossen.

Der interne Spannungsteiler besteht aus drei gleichen Widerständen mit einem nominalen Wert von ca. 5 k Ω . Er ist angeschlossen an die Betriebsspannung $\bar{U}_B$ und erzeugt die für die Eingänge der Komparatoren benötigten Referenzspannungen. Die am Pin 8 angelegte Betriebsspannung U_B (gemessen gegen Masse, Pin 1) wird ohne äußere Beschaltung (keine Steuerspannung am Pin 5) im Verhältnis der Widerstände geteilt, d. h. es entstehen zwei Teilspannungen: $\frac{1}{3} \bar{U}_B$ und $\frac{2}{3} \bar{U}_B$. An diese Spannungen sind die Eingänge der beiden Komparatoren angeschlossen. An der Verbindung der beiden oberen Widerstände liegt der invertierende Eingang des oberen Operationsverstärkers (Komparator K1, auch als Ausschaltkomparator bekannt) - dieser Punkt ist gleichzeitig nach außen geführt (Pin 5). An die Verbindungsstelle der beiden unteren Widerstände ist der nichtinvertierende Eingang des unteren Operationsverstärkers (Komparator K2, Einschaltkomparator) angeschlossen. Durch diese Verbindung der Komparatoreingänge mit dem Spannungsteiler ist erreicht, daß der Komparator K2 beim Unterschreiten seiner Schaltschwelle das Flipflop FF setzt, während der Komparator K1 beim Überschreiten seiner Schaltschwelle das Rückstellsignal für das Flipflop FF liefert.

Die Eingänge der beiden Komparatoren sind nach außen herausgeführt und bilden die Haupteingänge des Timers 555.

Der Eingang des oberen Komparators K1 ist verbunden mit Pin 6 und wird als Einschaltswelle (Schwelle, Schwellwert, Schwellenspannung, Ausschaltpegel usw., englisch: threshold) bezeichnet.

Der Eingang des unteren Komparators K2 liegt an Pin 2 und wird als Trigger (Trigger-Eingang, Trigger-Spannung, Einschaltpegel usw.) bezeichnet.

Hinter dem Flipflop ist noch eine invertierende Endstufe (Pufferstufe) nachgeschaltet, so daß der Ausgang (Pin 3) auch größere Ströme verarbeiten kann.

2 Grundsaltungen

Der Timer 555 verhält sich ohne äußere Beschallung wie ein Komparator mit Hysterese, er zeigt also dasselbe Verhalten wie ein Schmitt-Trigger. Wenn nämlich eine Spannung am Eingang von Komparator K2 (Pin 2) die untere Referenzspannung unterschreitet, kippt der Ausgang (Pin 3) auf H-Potential. Überschreitet dagegen eine Spannung am Eingang von Komparator K1 (Pin 6) die obere Referenzspannung, so kippt der Ausgang auf L-Potential.

Das Flipflop dient dabei nur zum Entprellen der beiden Komparatoren, die selbst keine Schalthysterese besitzen. Diese Zusammenschaltung ermöglicht dadurch auch die Verarbeitung solcher Eingangsspannungen, die nur eine geringe Anstiegsgeschwindigkeit aufweisen. Diese Eigenschaft wird z.B. bei der Beschaltung als Multivibrator genutzt.

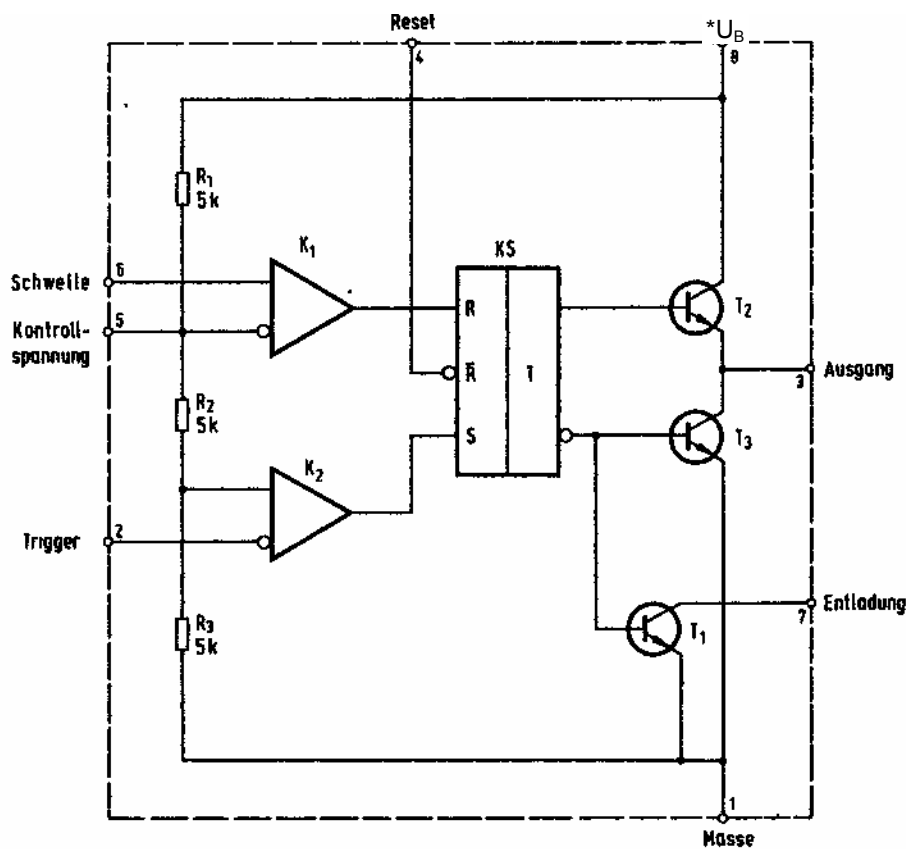


Abb. 2 Variante der Blockschaltung. K1 = Ausschaltkomparator, K2 = Einschaltkomparator, KS = Kippstufe

Abb. 2 stellt eine andere Variante der Blockschaltung dar, die besser zeigt, wie die Endstufe aufgebaut ist. Je nachdem, ob der obere Transistor T2 durchgeschaltet ist, kann die Endstufe einen Ausgangsstrom liefern (source) oder, wenn der untere Transistor T3 geöffnet wird, aufnehmen (sink). Die entsprechende Arbeitsweise wird durch die äußere Beschaltung des Ausgangs bestimmt: die Last wird entweder zwischen der Versorgungsspannung $\bar{U}_B$ und dem Ausgang oder zwischen dem Ausgang und der Masse eingeschaltet.

Der maximal zulässige Ausgangsstrom beträgt 200 mA. Der Timer 555 hat noch einen weiteren Ausgang: einen herausgeführten Kollektor eines Hilfstransistors, der als Schalter dient. Wie man in Abb. 2 sieht, wird

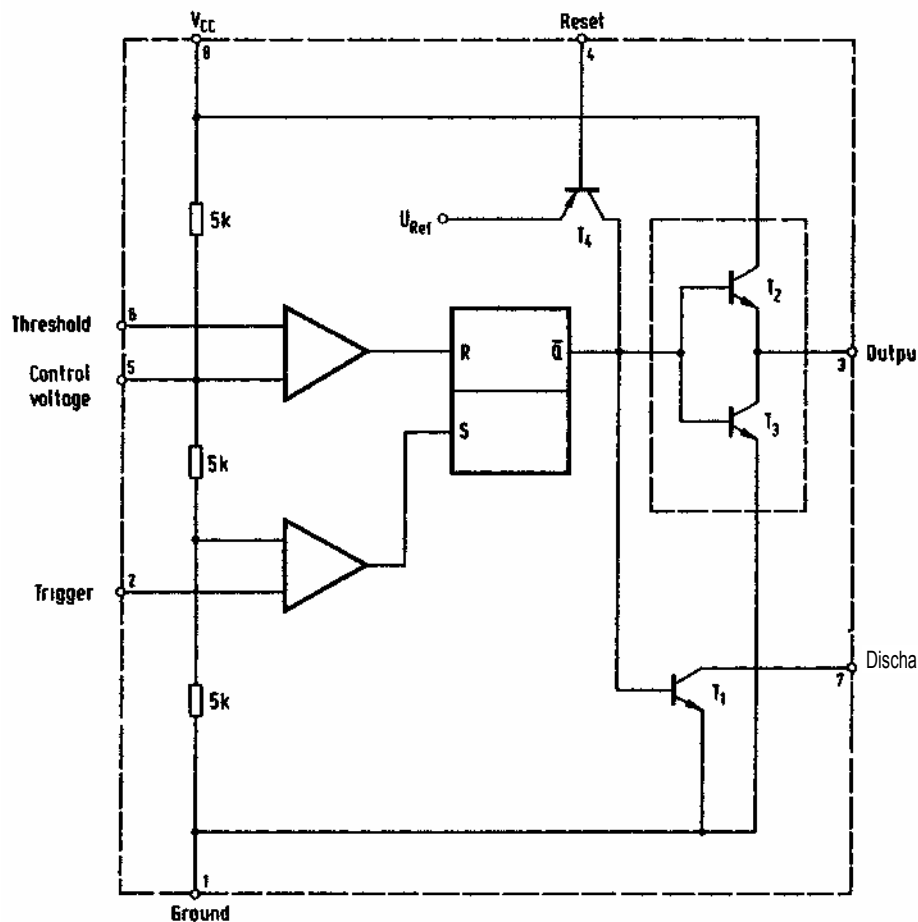


Abb. 3 Amerikanische Variante der Blockschaltung

dieser Transistor T1 aus der gleichen Stelle gespeist wie der untere Endstufentransistor T3, so daß, wenn der Kollektor T1 über einen Lastwiderstand mit der Betriebsspannung verbunden ist, beide Ausgänge phasengleich arbeiten.

Dieser separate Schalttransistor wird zum Entladen des äußeren Kondensators in Multivibratorschaltungen benutzt, und deswegen wird auch der Kollektorausgang (Pin 7) als Entladung (Entladen, Entladetransistor, Kondensator-Entladeausgang usw., englisch: discharge) bezeichnet.

Das Speicher-Flipflop (Kippschaltung KS) hat noch einen eigenen Rückstelleingang, der über Pin 4 zugänglich ist und ein Rückstellen des RS-Flipflops unabhängig von den Komparatorsignalen ermöglicht.

Ein L-Potential an diesem Reset-Eingang setzt den Ausgang des Flipflops auf H-Potential. Am Ausgang des Timers 555 (Pin 3) ist dabei wegen der invertierenden Eigenschaft der Endstufe L-Potential.

Ein H-Potential am Reset-Eingang hat keinen Einfluß auf die Funktion der Schaltung - oft wird der Reset-Eingang (Pin 4) mit der Versorgungsspannung verbunden.

In *Abb. 3* ist noch eine weitere Blockschaltung abgebildet, die dem gewöhnlichen amerikanischen Schaltbild ähnelt. Eine vereinfachte Darstellung der Endstufe und das Zufügen eines Transistors T4 für die Reset-Schaltung sind die typischen Merkmale dieser Blockschaltung, die man in der Literatur oft findet. Mit Absicht wurde auch die englische Bezeichnung der Anschlüsse belassen.

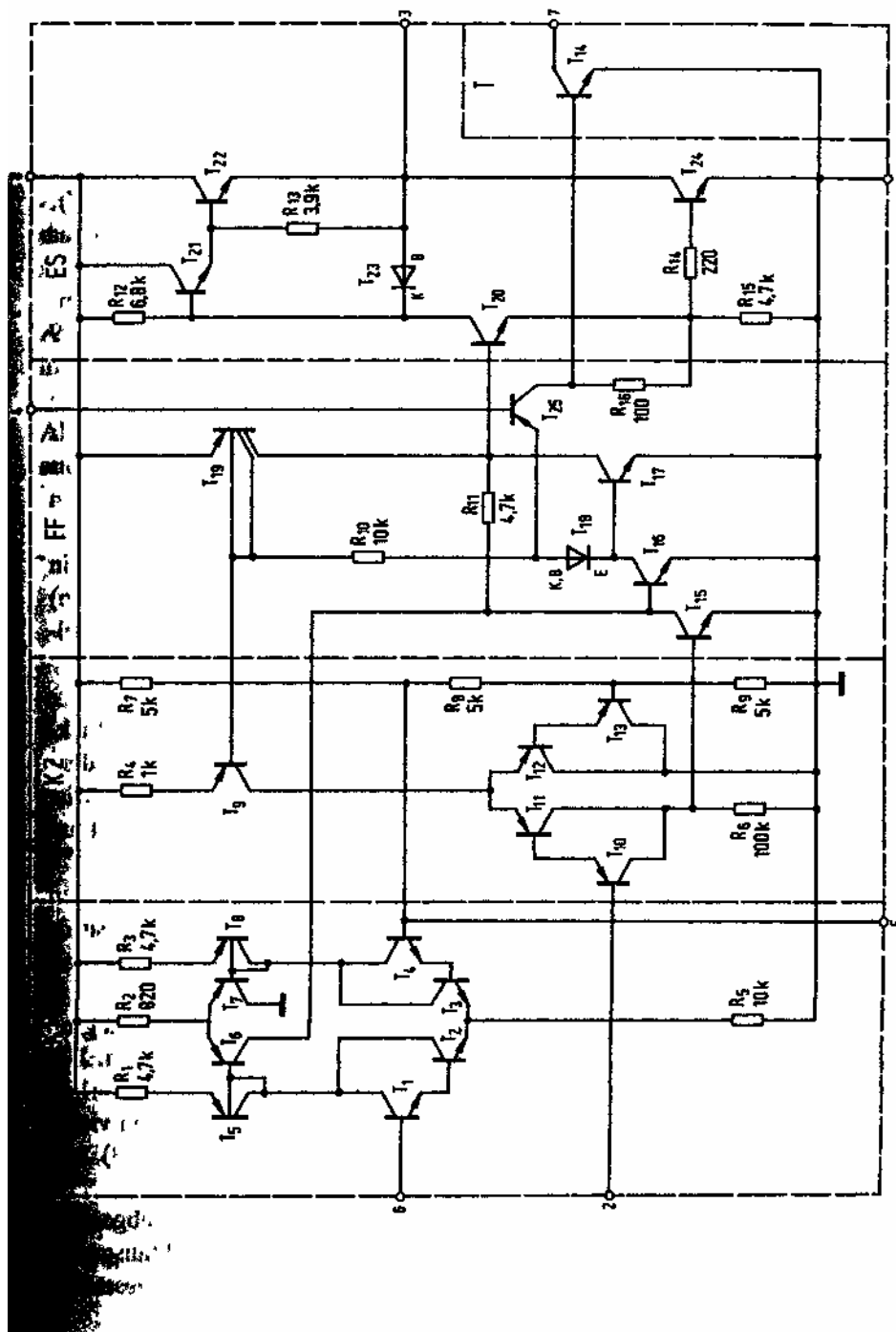
2.1.2 Die innere Beschaltung

Abb. 4 zeigt die Innenschaltung, den ausführlichen äquivalenten inneren Schaltungsaufbau des Timers 555. Er enthält 16 Widerstände und 25 Transistoren, wobei zwei davon als Dioden geschaltet sind.

Zur besseren Orientierung ist die Innenschaltung entsprechend den einzelnen Funktionen in Blöcke aufgeteilt und wie in *Abb. 1* bezeichnet.

Der Komparator K2 wird durch eine Differenzverstärkerstufe mit den pnp-Transistoren T10 bis T13 in Darlington-Konfiguration gebildet. An den invertierenden Eingang dieses Operationsverstärkers (Pin 2) kann man eine Steuerspannung von außen zuführen. Der nichtinvertierende Eingang liegt an einer internen Referenzspannung UR9, die aus dem Spannungsteiler (Widerstände R7 bis R9) gewonnen wird. Diese Vergleichsspannung ist immer halb so groß wie die Referenzspannung URS

2.1 Funktionsbeschreibung



2 Grundschaufungen

des Komparators K1, die gleichzeitig nach außen herausgeführt wird (Pin 5) und durch externe Beschaltung beeinflusst werden kann. Ohne äußere Beeinflussung wird die Versorgungsspannung U_B (Pin 8) durch die gleichgroßen Widerstände zu je ein Drittel so geteilt, daß die Referenzspannung $U_{R9} \approx U_B$ und $U_{R8} \approx U_B$ beträgt.

Solange am Eingang des Komparators K2 (Pin 2) eine Spannung zwischen $V_5 U_B$ und U_B liegt, hat der Ausgang des Komparators L-Pegel.

Unterschreitet die Trigger-Spannung die Referenzspannung ($V_5 U_B$), steigt die Spannung an den Kollektoren von T10 und TU an, so daß das Flipflop FF über den Transistor T15 gesetzt wird.

Der Emittterstrom der Differenzstufe wird durch die Konstantstromquelle mit dem Transistor T9 bestimmt, die die Bezugsspannung über T19 erhält.

Der Komparator K1 wird durch eine Differenzverstärkerstufe mit den npn-Transistoren T1 bis T4 in Darlington-Konfiguration gebildet. Als Arbeitswiderstände dienen die Stromquellen mit den Transistoren T5 bis T8. Der nichtinvertierende Eingang des Komparators ist nach außen herausgeführt (Pin 6), der invertierende Eingang ist mit der Referenzspannung U_{RS} verbunden und zusätzlich auch von außen zugänglich (Pin 5). Überschreitet die Spannung am nichtinvertierenden Eingang (Pin 6) die Referenzspannung U_{RS} , erfolgt über den Transistor T6 ein Rückstellen des Flipflops FF.

Das RS-Flipflop wird aus den Transistoren T16, T17 und dem Rückkopplungswiderstand R11 zusammen mit der Stromquelle T19 und dem als Diode geschalteten Transistor T18 gebildet. Am Stelleingang S ist noch ein Hilfstransistor T15 dazugeschaltet. Im gesetzten Zustand ist am Kollektor T17 eine niedrige Spannung (L-Pegel).

Ein Rücksetzen des Flipflops FF ist - unabhängig von den Zuständen an den Ausgängen der Komparatoren - darüber hinaus über den Transistor T25 möglich, dessen Basis von außen erreichbar ist (Pin 4). Legt man diesen auf Massenpotential bzw. L-Pegel, erfolgt das Rücksetzen.

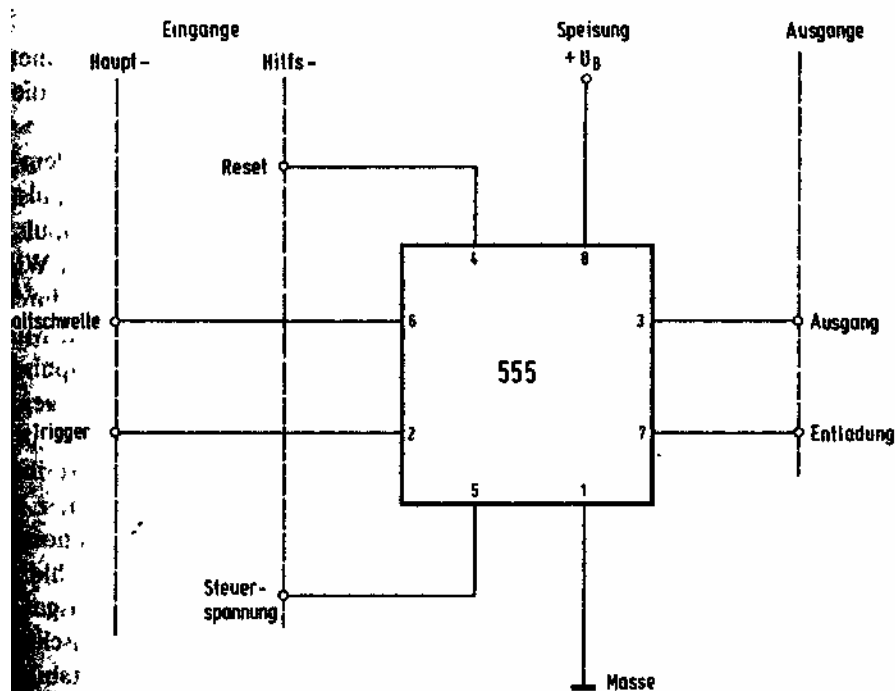
Die Anstiegsgeschwindigkeit des Rückstellsignals sollte genügend groß sein, um das Auftreten undefinierter Schaltzustände zu vermeiden. Um ein unbeabsichtigtes Rücksetzen durch äußere Störeinflüsse zu verhindern, ist eine Spannung größer als $\frac{1}{2} U_B$ anzulegen. Pin 4 wird in vielen Schaltbeispielen deswegen mit der Versorgungsspannung (Pin 8) verbunden.

Das Steuersignal für die Endstufe wird vom Kollektor T17 abgenommen und durch die Treiberstufe T20 invertiert. Die Gegentaktausgangsstufe besteht aus den Transistoren T21 bis T24. Im zurückgestellten

2.1 Funktionsbeschreibung

Zustand ist T24 leitend, d. h. der Ausgang (Pin 3) liegt auf L-Potential. gesetzten Zustand führt T22 den Strom, und der Ausgang hat H-Pegel. Die Gegentaktausgangsstufe ermöglicht positive und negative Ausgangsströme bis 200 mA, so daß die externe Last entweder zwischen dem Ausgang und der Versorgungsspannung oder zwischen dem Ausgang und Masse angeschlossen werden kann. Die Ausgangsspannung kann aber ohne externen Lastwiderstand abgenommen werden. Durch das Flipflop wird über T20 gleichzeitig auch die Entladestufe mit dem Transistor T14 so angesteuert, daß sie sich bei rückgesetztem Flipflop in dem Zustand befindet.

b. 5 zeigt den Timer 555 als einen einfachen Baustein mit Eingängen, Ausgängen und der Speisung. Der komplexe und recht komplizierte interne Aufbau wurde bereits erklärt, und in allen weiteren Schaltungen wird überwiegend ein solches Kästchen mit entsprechend bezeichneten Anschlüssen benutzt. Die vier Eingänge des Timers 555 lassen sich einteilen in zwei Haupteingänge, an die man meistens die Signale anlegt,



5 Vereinfachte Darstellung des Bausteins für Schaltungen und die Einteilung seiner

und in zwei Hilfseingänge, mit denen man zusätzliche Möglichkeiten hat, die Zustände der Schaltung zu beeinflussen.

Die zwei Ausgänge werden immer, wenn möglich, in Zeichnungen auf der rechten Seite stehen (mindestens der Hauptausgang, Pin 3), so daß ein natürlicher Verlauf der Signale von links nach rechts besteht. Die Versorgungsspannung wird zwischen den Anschlüssen 8 und 1 angelegt. Als Beispiel der erweiterten Möglichkeiten durch zusätzlich ausgeführte Hilfseingänge dient die Referenzspannung des oberen Komparators (Pin 5). Es besteht die Möglichkeit, durch äußere Beschaltung die Schaltschwellen der beiden Komparatoren zu ändern. Im allgemeinen schaltet man aber zwischen Pin 5 und dem Bezugspotential (Pin 1) einen Kondensator, der verhindert, daß kurze Einbrüche oder die Restwelligkeit der Versorgungsspannung die Referenzspannungen der Komparatoren beeinflussen.

2.2 555 als Multivibrator

Die am meisten benutzten Grundsaltungen, in denen der Timer 555 eingesetzt wird, sind die Multivibratoren, also Kippschaltungen, die entweder monostabil, astabil oder bistabil arbeiten.

Monostabile Multivibratoren (Univibratoren) erzeugen nach dem Triggern (Auslösen, „Anregung,“) einen in der Länge definierten Impuls. Der Trigger-Impuls am Eingang ist immer kürzer als der Ausgangsimpuls, und die monostabilen Multivibratoren werden zur Verlängerung oder Wiederherstellung der Impulse benutzt. Die Länge des Impulses wird durch ein zeitbestimmendes Glied (meistens RC) gegeben; der monostabile Multivibrator gibt also eine bestimmte Zeit vom Anfang des Trigger-Impulses an, deswegen wird ein Baustein, der dies ermöglicht, auch Zeitgeber genannt. Gerade für diese Aufgabe wurde der Timer 555 entwickelt. Seine präzise Einhaltung der vorgegebenen Zeit (Zeitspanne) prädestiniert ihn zur Benutzung in Schaltungen für die Erzeugung genauer Zeiten, z.B. als Zeitschalter. Ein Zeitschalter ist nichts anderes als ein monostabiler Multivibrator, der nach dem Start (=Trigger-Impuls) ein angeschlossenes Gerät einschaltet und nach einer gewissen Zeit (=Länge des Ausgangsimpulses) wieder ausschaltet (oder auch umgekehrt, wenn gewünscht).

Astabile Multivibratoren sind Impulsgeneratoren, die astabil, d.h. ununterbrochen arbeiten und Impulse produzieren. Astabil bedeutet, daß kein Zustand stabil ist, also beide möglichen Zustände der Schaltung ohne äußeres Zutun ununterbrochen wechseln (gegenüber einem monostabilen

Multivibrator, bei dem ein Zustand stabil ist und nur durch ein Trigger-Impuls zeitweilig verlassen wird). Die astabilen Multivibratoren mit dem Timer 555 werden als Impulsgeneratoren, Tongeneratoren, Blinker usw. eingesetzt, wobei oft die zusätzlichen Steuermöglichkeiten des Bausteins genutzt werden.

Bistabile Multivibratoren sind Schaltungen mit zwei stabilen Zuständen, die immer erst nach einem Trigger-Impuls vom einen in den anderen Zustand übergehen und so lange so bleiben, bis ein weiterer Trigger-Impuls kommt. Mit anderen Worten, sie behalten (speichern) die Information. Selbst der Timer 555 beinhaltet einen solchen bistabilen Multivibrator, der sich als speichernde bistabile Kippstufe (Flipflop) hinter den beiden Komparatoren befindet - siehe Blockschaltung (die zweizuständige Arbeitsweise ist im englischen typisch ausgedrückt: Flip-Flop -entweder Flip oder Flop - etwa wie in deutsch „Klipp-Klapp“). Mit dem als bistabiler Multivibrator geschalteten Timer 555 werden Ein- und Ausschalter, Berührungsschalter usw. realisiert.

Der Schmitt-Trigger ist eine spezielle Art des bistabilen Multivibrators, der auf definierte Eingangsspannungen reagiert. Er braucht nicht bestimmte Eingangsimpulse, sondern reagiert auf verhältnismäßig langsam sich ändernde Eingangsspannungen bei Erreichen der vorher definierten Schwellspannungen durch sprunghafte Änderung des Ausgangs. Diese Eigenschaft wird in den Formern oder Umformern der Signalspannungen ausgenutzt, z. B. für das Umformen der Sinusoide in rechteckige Impulse.

2.2.1 Monostabiler Multivibrator

Eine der grundlegenden Schaltungen des Timers 555 als monostabile ^Verzögerungsstufe ist in *Abb. 6* gezeigt. Der Haupteingang ist der Trigger-Eingang (Pin 2), wobei der zweite Eingang mit der vorgegebenen Schwellspannung (Pin 6) am zeitbestimmenden RC-Glied liegt (Widerstand R und Kondensator C).

Hauptausgang (Pin 3) wird der Ausgangsimpuls mit definierter s abgenommen. Der zweite Ausgang mit dem Hilfstransistor (Pin 7) ebenfalls an das RC-Glied angeschlossen, und der Transistor dient zur Aufladung des Kondensators C.

Reset-Eingang (Pin 4) ist mit der Versorgungsspannung U_B verbunden und der Kontrollspannungseingang (Pin 5) entweder freigelassen über den Kondensator C51 gegen Masse abgeblockt (C51 bedeutet Kapazität zwischen Pin 5 und Pin 1).

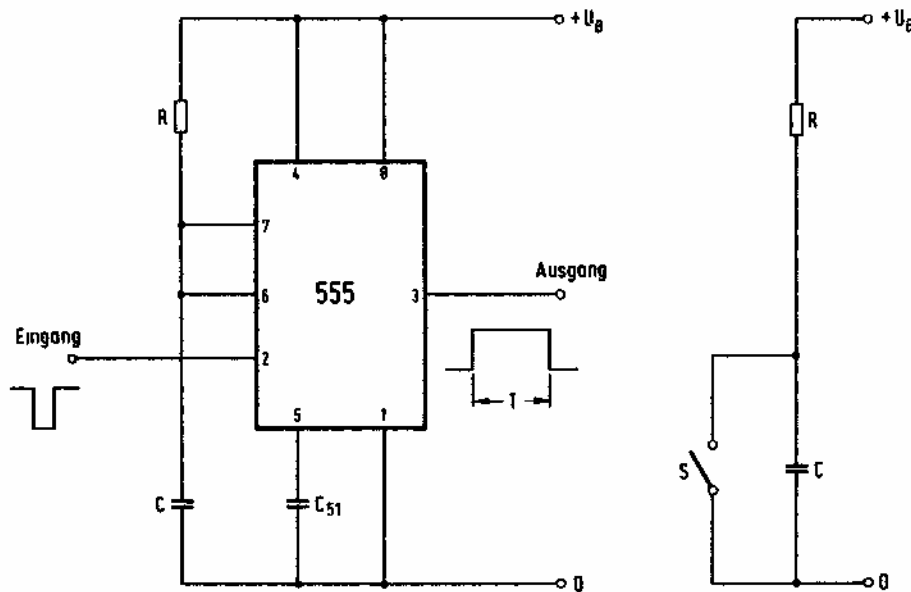


Abb. 6 Der Timer 555 als monostabiler Multivibrator

In Abb. 6 ist auch die Ersatzschaltung des monostabilen Multivibrators gezeigt. Sie besteht aus den zeitbestimmenden Bauteilen: Widerstand R und Kondensator C sowie einem elektronisch gesteuerten Schalter S. Dieser Schalter ermöglicht einerseits die Aufladung des Kondensators C (wenn S geöffnet ist, kann sich C über R aus U_B aufladen) und andererseits dessen Entladung (wenn S schließt, wird C entladen). Bei der Einschaltung der Versorgungsspannung U_B ist S geschlossen und verhindert das Aufladen von C. Erst bei der Triggerung öffnet sich S, und C fängt an, sich aufzuladen. Dies geschieht so lange, bis der Schalter ihn wieder kurzschließt.

Der Schalter ist in Wirklichkeit durch den Transistor T realisiert; seine Steuerung übernehmen die übrigen Teile des Timers 555, besonders der untere Komparator (führt zu seiner Öffnung), der obere Komparator und das Flipflop (führen zu seiner Schließung).

Die gesamte Schaltung in Abb. 6 arbeitet wie folgt: im Ruhestand ist der Ausgang am niedrigen Potential (L-Pegel), und der Hilfstransistor T (siehe dazu Blockschaltbild, Abb. 1) ist durchgeschaltet, so daß eine Aufladung des Kondensators C aus der Versorgungsspannung über den

Widerstand R nicht möglich ist. Erst mit einem Signal am Eingang, dessen Spannung kurzzeitig unter die Referenzspannung ($= \frac{1}{2} U_B$) des unteren Komparators K2 sinkt, wird der Timer 555 getriggert. Durch dieses Unterschreiten der Referenzspannung am Trigger-Eingang wird am Ausgang des Komparators K2 ein Impuls erzeugt, der das RS-Flipflop schaltet. Dessen Ausgang führt jetzt ein niedriges Potential (L-Pegel), und die invertierende Endstufe bewirkt am Ausgang ein hohes Potential (H-Pegel). Der Hilfstransistor T sperrt, wird also hochohmig, und weil er parallel zum Kondensator C liegt, ermöglicht er dadurch dessen Aufladen über den Widerstand R aus der Versorgungsspannung U_B .

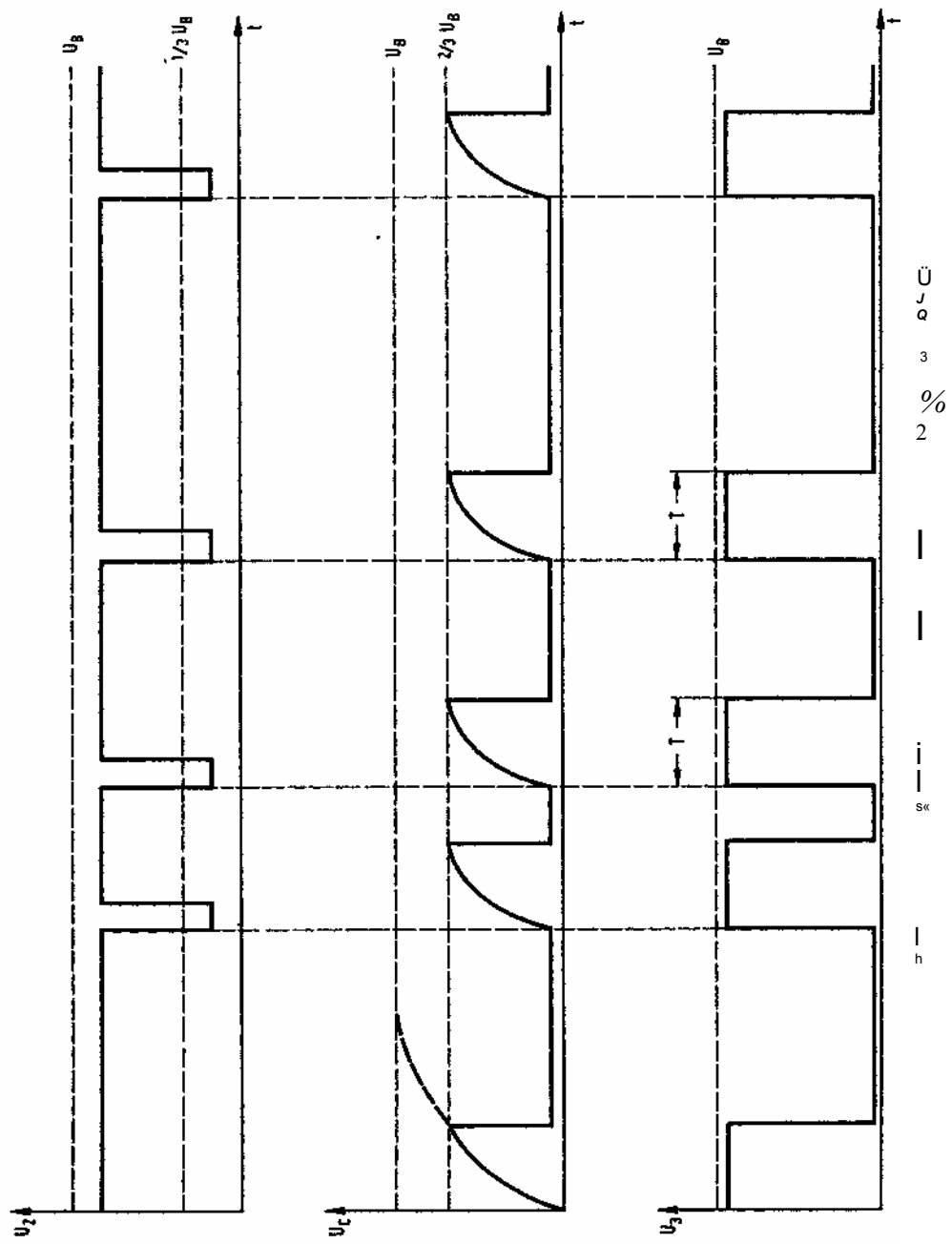
Der Kondensator C lädt sich so lange auf, bis seine Spannung die obere Schwellspannung des Timers 555 erreicht. Also wenn die Spannung U_C am Kondensator C den Wert $\frac{2}{3} U_B$ überschreitet, schaltet der obere Komparator K1 und setzt dadurch das Flipflop FF wieder zurück in den ursprünglichen Zustand. Die Endstufe ES wird wieder tiefgeschaltet (der Ausgang führt wieder L-Pegel) und der Transistor T durchgesteuert, also leitend. Über die Kollektor-Emitter-Strecke des Transistors wird der Kondensator C entladen. Die monostabile Verzögerungsstufe befindet sich dadurch wieder in ihrem stabilen Anfangszustand. Erst ein weiterer negativer Impuls am Eingang kann diesen gerade beschriebenen einmaligen Vorgang nochmals auslösen.

In Abb. 7 sind die Spannungsverläufe abgebildet, die zu dem als monostabiler Multivibrator geschalteten Timer 555 gehören: zuerst die Spannung U_2 , am Eingang (Pin 2) angelegt, die den vorher beschriebenen Vorgang auslöst (triggert); darunter die Spannung U_C am Kondensator C des zeitbestimmenden RC-Gliedes. Nach dem Triggern durch die abfallende Flanke des Trigger-Impulses und durch Öffnen des Transistors T fängt der Kondensator C an, sich aufzuladen, die Spannung U_C steigt, bis die obere Schwellspannung erreicht ist und durch Umschalten des oberen Komparators das RS-Flipflop kippt und die gesamte Schaltung in den ursprünglichen Zustand zurückkehrt. Dabei wird auch der Transistor T leitend und über ihn der Kondensator C entladen. Ganz unten ist der Verlauf der Ausgangsspannung U_3 gezeigt. Die Ausgangsimpulse haben eine Höhe, die fast der Versorgungsspannung gleicht, und eine Länge T, die durch das zeitbestimmende RC-Glied gegeben ist:

$$T = 1,1 \cdot R \cdot C$$

"Für das schnelle Festlegen der für eine benötigte Zeit- oder Impulsverzögerung erforderlichen Werte des Widerstandes und des Kondensators dient ein Nomogramm für die monostabile Schaltung (siehe Anhang).

2 Grundsaltungen



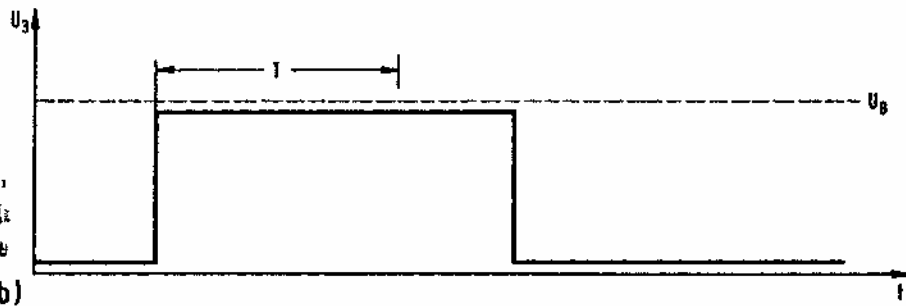
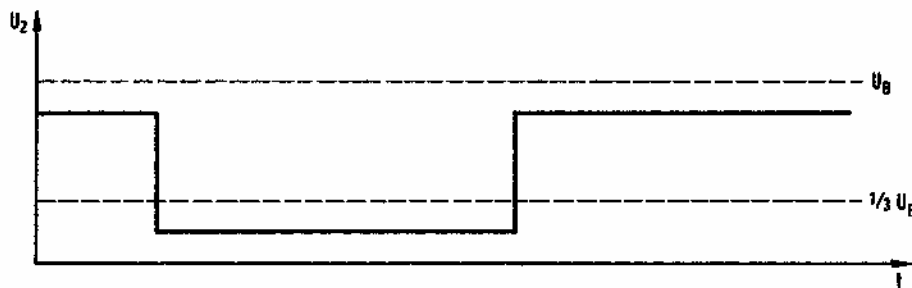
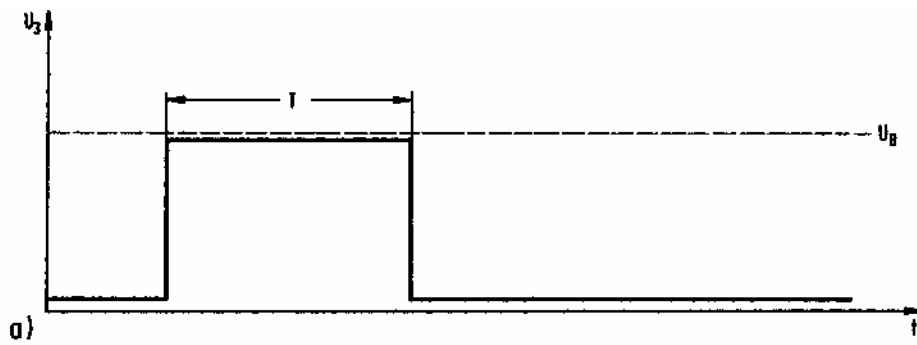
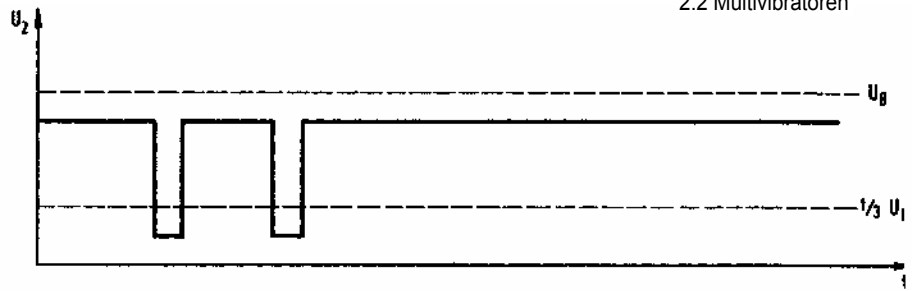


Abb. 8 Spannungsverläufe am Eingang und Ausgang des Multivibrators: a) ein Triggerimpuls, der innerhalb der Verzögerungszeit T kommt, hat keine Wirkung; b) ein zu langer Eingangsimpuls verlängert die Länge T des Ausgangsimpulses

2 Grundsaltungen

Empfohlene Werte für eine zufriedenstellende und genaue Funktion des monostabilen Multivibrators nach Abb. 6 sind: Widerstandsbereich von 2 k Ω bis 20 M Ω , Kapazitätsbereich von 500 pF bis 6,8 μ F und Zeitbereich von 5 μ s bis 150 s. Bei größeren Werten sinkt die Wiederholungsgenauigkeit der Zeitspanne, und man kann nicht mehr von einem präzisen Zeitgeber sprechen. Bei kleineren Werten dagegen stößt man an die Frequenzgrenze des Timers 555.

Vereinfachte Spannungs-Zeitdiagramme der monostabilen Schaltung zeigt Abb. 8. Sollten die Trigger-Impulse öfter kommen, so daß sie noch in die Verzögerungszeit T fallen, haben sie keine Wirkung, also hat ein nochmaliges Triggern keinen Einfluß auf die Verzögerungszeit (Abb. 8a). Andererseits soll das Trigger-Signal kürzer sein als die durch die Kombination RC bestimmte Verzögerungszeit, sonst wird die gewünschte Funktion, also die voreingestellte Länge des Ausgangsimpulses, nicht erreichbar (Abb. 8b).

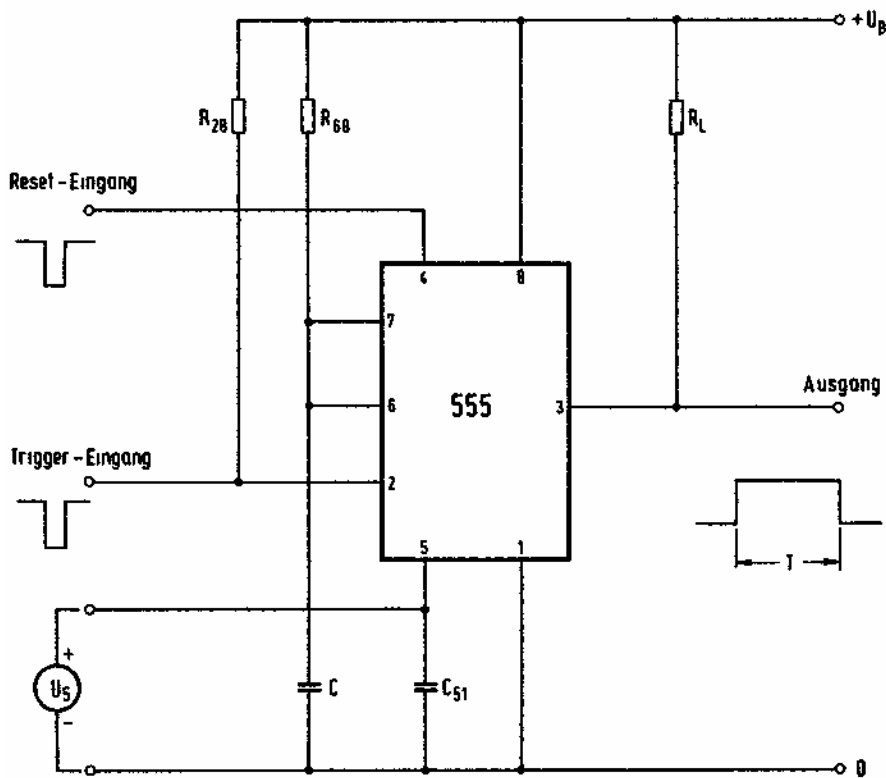


Abb. 9 Erweiterte Schaltung des monostabilen Multivibrators

In *Abb. 9* ist eine erweiterte monostabile Schaltung gezeigt, diesmal mit der Möglichkeit, auch die Hilfseingänge zu benutzen. Die vorher erläuterte Grundfunktion bleibt bestehen, und gegenüber *Abb. 6* sind nur zwei Widerstände dazugekommen.

Für eine bessere Störsicherheit wird in der Literatur ein Widerstand zwischen dem Haupteingang (Trigger-Eingang) und der Versorgungsspannung empfohlen (R_{28}). Weiter ist in *Abb. 9* ein Lastwiderstand R_L zwischen dem Ausgang des Timers 555 und dem Pluspol der Versorgungsspannung eingezeichnet. R_L kann durch verschiedene Bauteile oder Bauteilgruppen ersetzt werden (siehe Teil 3 über die Ausgangsschaltungen), wobei auch die Möglichkeit besteht, ihn mit dem Minuspol der Versorgungsspannung zu verbinden.

Der Reset-Eingang, gewöhnlich mit dem Pluspol der Versorgungsspannung verbunden, ist diesmal als Hilfseingang ausgeführt. Beim Anlegen eines L-Potentials an diesen Eingang (Pin 4) wird das innere RS-Flipflop in den Anfangszustand zurückgesetzt (wenn es sich nicht schon gerade in diesem Zustand befindet), und die normalerweise verlaufenden Prozesse werden unterbrochen. Beim Zurücksetzen des Flipflops schaltet auch der Hilfstransistor T und entlädt nicht nur den Kondensator C, sondern verhindert dessen Aufladen und zwar so lange, wie am Reset-Eingang das L-Potential bleibt. Dies kann man vorteilhaft zu einer elektronischen Unterbrechung der monostabilen Funktion der Schaltung benutzen.

Besteht das Eingangssignal am Reset-Eingang nur aus einem kurzen Negativimpuls, wird das Aufladen des Kondensators unterbrochen, der Kondensator über den Transistor entladen, und erst nach dem Ende des Reset-Impulses kann das Aufladen des Kondensators und dadurch auch der Anfang des nächsten Ausgangsimpulses (soweit U_S triggert) beginnen. Dieses Verhalten der monostabilen Schaltung kann man anhand der zugehörigen Spannungsverläufe in *Abb. 10* am besten sehen. Es entspricht den Verläufen in *Abb. 7*, zusätzlich kommt aber die Spannung U_4 am Reset-Eingang (Pin 4) und mit ihrem Einfluß auf die Verläufe der [Spannungen U_C und U_3 hinzu. Keinen Einfluß dagegen hat ein zusätzlicher Eingangsimpuls am Haupteingang (Trigger-Eingang), solange er zu einer Zeit kommt, in der noch der Ausgangsimpuls andauert. Daraus man folgern, daß der zeitliche Abstand der Trigger-Impulse grundsätzlich größer sein soll als die durch die Zeitkonstante RC bestimmte des Ausgangsimpulses.

§*Abb. 9* ist noch ein Hilfseingang gezeigt, an den man eine Steuerung anlegen kann. Durch Änderung der Spannung U_S (Pin 5) kann elektronisch die Dauer des Ausgangsimpulses beeinflussen. Die Dauer (Dauer, Zeitverzögerung) des Ausgangsimpulses ist durch die

2 Grundsaltungen

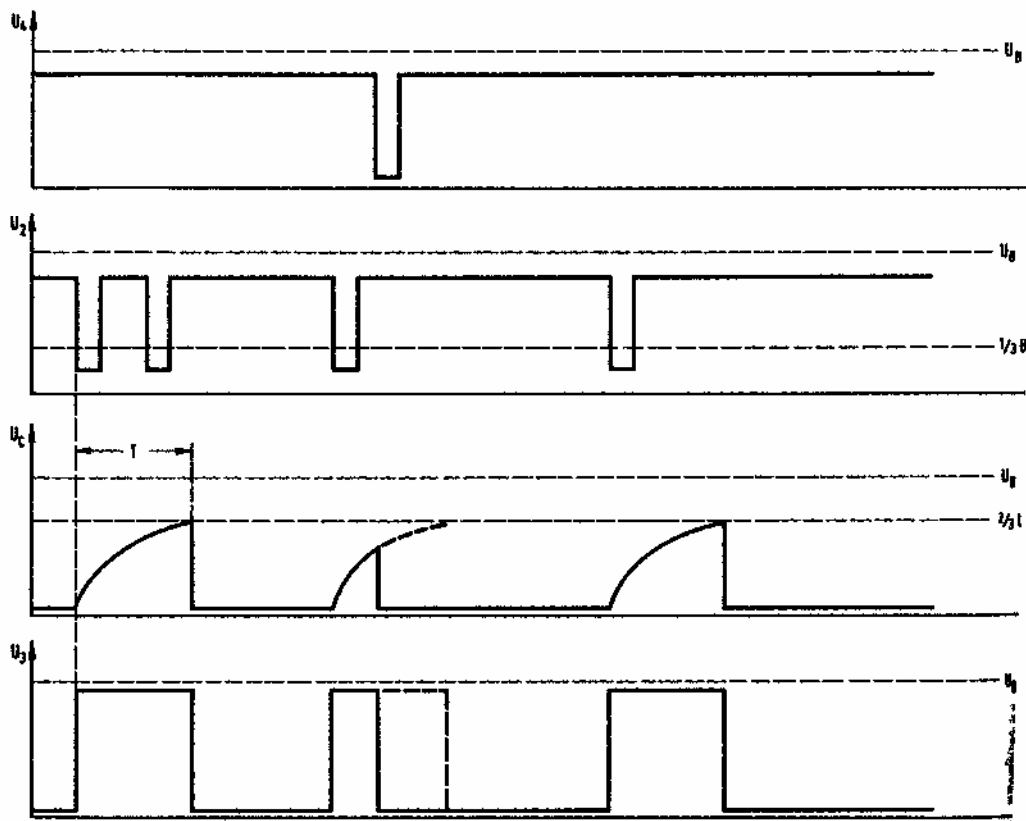
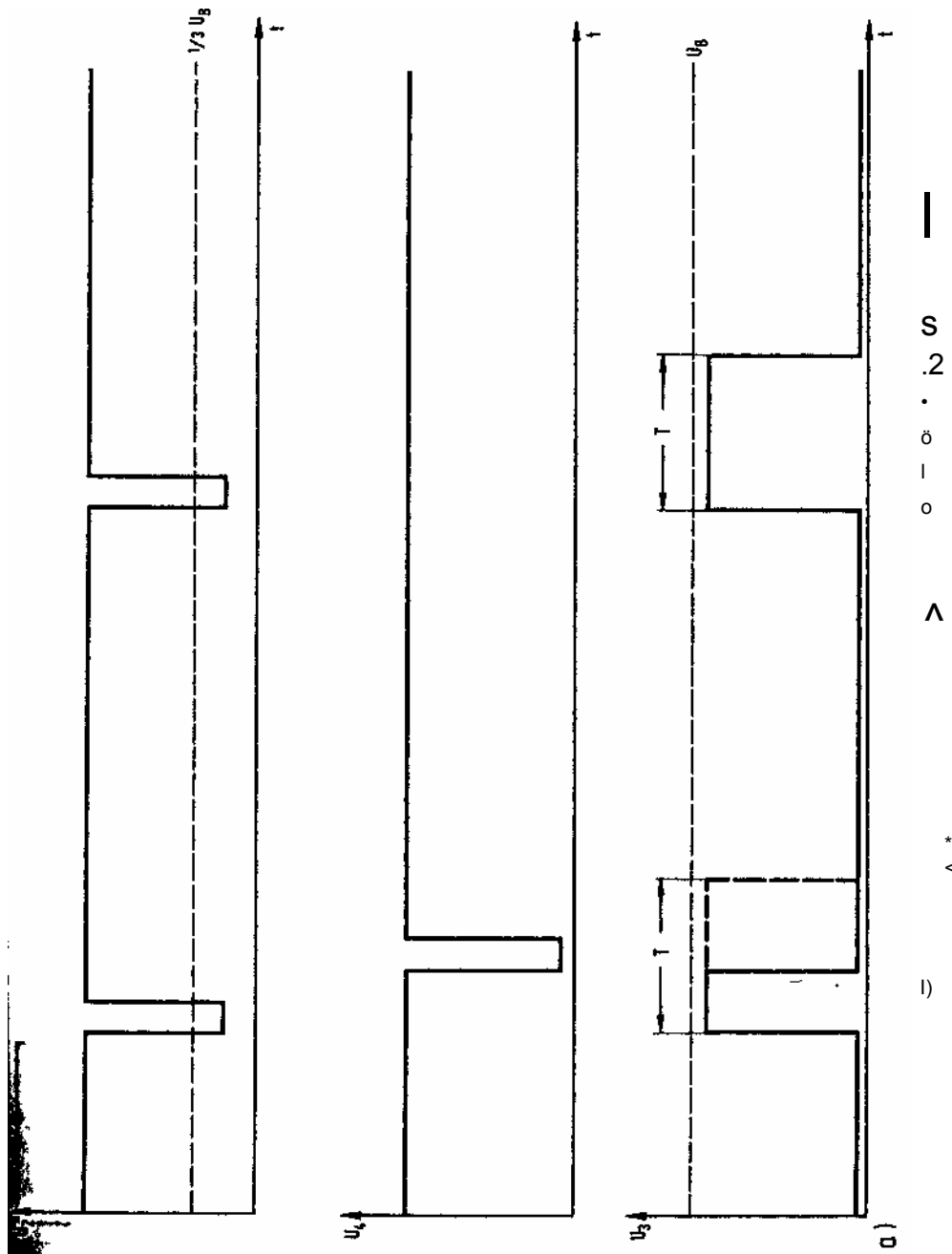


Abb. 10 Spannungsverläufe an wichtigen Punkten der erweiterten Schaltung des monostabilen Multivibrators

zeitbestimmende RC-Kombination gegeben unter der Voraussetzung, daß die Schwellspannung des oberen Komparators, bis zu der sich der Kondensator aufladen muß, konstant bleibt. In Abb. 6 mit der Grundform der monostabilen Schaltung entspricht die Schwellspannung zwei Drittel der Versorgungsspannung ($V_a \cdot \frac{2}{3}$), also der Referenzspannung für den oberen Komparator, die durch die Teilung an drei gleichen Widerständen zustande kommt (siehe dazu das Blockschaltbild). Die Referenzspannung ist aber gleichzeitig von außen zugänglich (Pin 5). In Abb. 9 ist diese Referenzspannung als U_s bezeichnet und gleicht der Schwellspannung für den oberen Komparator, also der Spannung, bei der die Aufladung des Kondensators C beendet wird und die Schaltung in den ursprünglichen Zustand kippt. Wenn man diese Spannung U_s von außen

2.2 MuWvibratoren



2 Gainschaltungen

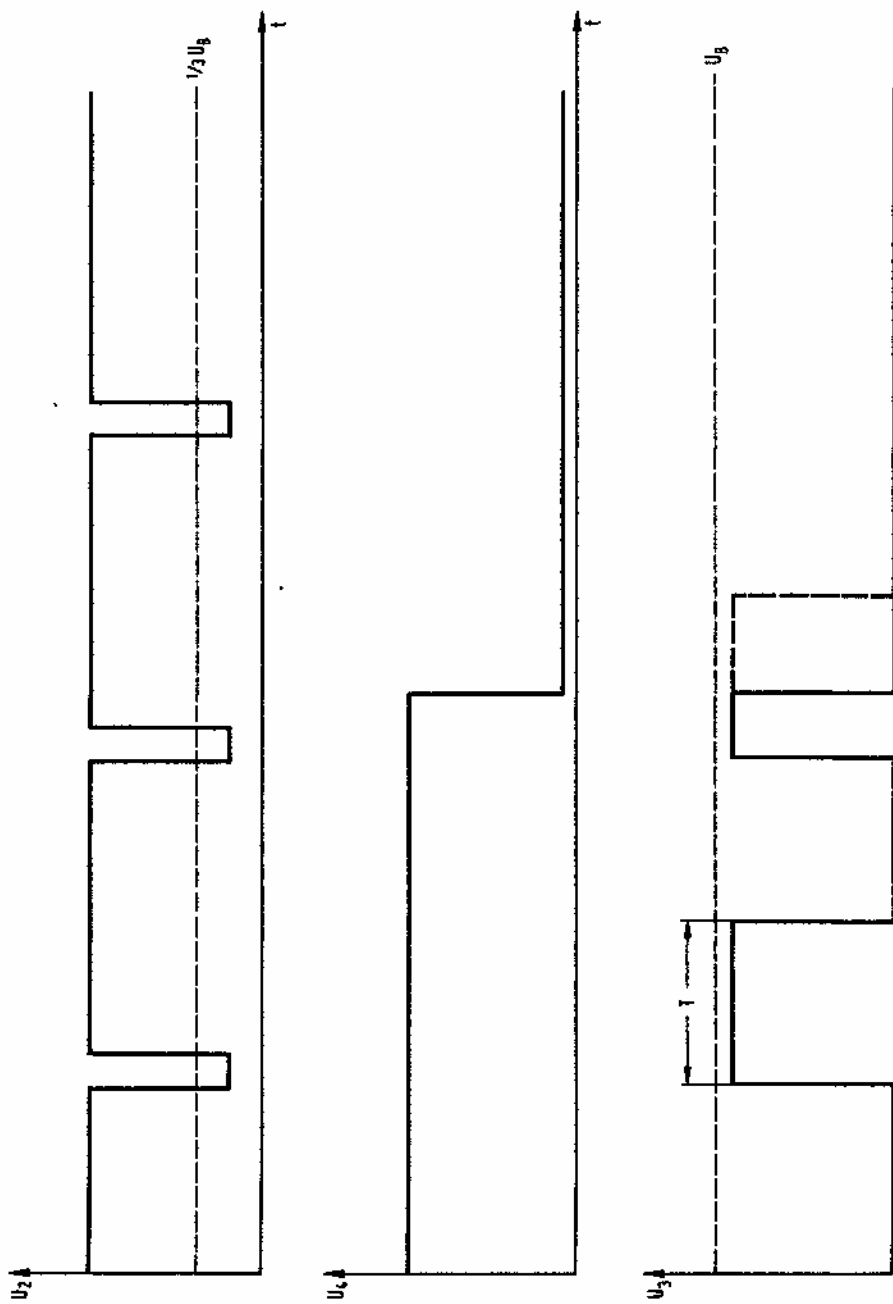


Abb. 11b

ändert, bewirkt man die Änderung der Aufladezeit und dadurch auch der Länge des Ausgangsimpulses. Dadurch kann man in gewissen Grenzen die sonst durch die festen Werte des Kondensators und des Widerstandes festgelegte Verzögerungszeit des monostabilen Multivibrators ändern.

Vereinfachte Spannungs-Zeit-Diagramme der erweiterten monostabilen Schaltung zeigt *Abb. 11*. Nach dem negativen Trigger-Impuls (U_2) kippt der monostabile Multivibrator um und am Ausgang erscheint eine positive Spannung (H-Pegel). Diese Spannung U_a würde normalerweise die ganze Zeit T dauern. Kommt aber ein negativer Impuls an den Reset-Eingang (1/4), kippt die Schaltung vorzeitig in die Ausgangslage (L-Potential am Ausgang). Damit kann man einerseits die Verzögerungszeit verkürzen (*Abb. 11a*) oder andererseits eine bistabile Stufe aufbauen.

Wenn an den Reset-Eingang ein L-Pegel angelegt wird, wird nicht nur ein eventuell vorhandener positiver Ausgangsimpuls verkürzt, sondern auch die folgenden Trigger-Impulse (U_a) haben keine Wirkung, solange die Spannung U_4 niedrig bleibt.

2.2.2 Astabiler Multivibrator

Die einfachste Möglichkeit, wie man aus einem monostabilen Multivibrator einen astabilen Multivibrator macht, ist die Selbsttriggerung, die durch die Verbindung des Haupteingangs (Pin 2) mit dem zeitbestimmenden Kondensator C erfolgt. Dadurch wird das beim Entladen des Kondensators durch den Schalttransistor (Pin 7) entstandene L-Potential als Trigger-Impuls zum erneuten Starten des Multivibrators benutzt. Eine solche einfache Schaltung zeigt *Abb. 12*.

Auf der rechten Seite der *Abb. 12* ist eine Ersatzschaltung des Multivibrators abgebildet, die nur aus einem Widerstand R , einem Kondensator C und einem Schalter S besteht. Der Schalter, mit dem der Kondensator entladen wird, ist in Wirklichkeit durch den inneren Transistor realisiert und wird von den anderen Teilen des Timers in Abhängigkeit von der Spannung am Kondensator C über die Schaltschwellen gesteuert (geöffnet und geschlossen). Wird die obere Schwellenspannung erreicht, schließt der Schalter S den Kondensator C kurz und entlädt ihn; wird die untere Schwellenspannung erreicht, öffnet sich der Schalter, und der Kondensator C kann sich wieder über den Widerstand R aufladen.

Das Entladen des Kondensators geschieht sehr schnell, so daß die untere Schaltschwelle, bei der der untere Komparator (Pin 2) schaltet, schnell erreicht ist, und der Multivibrator geht sofort in den Zustand über,

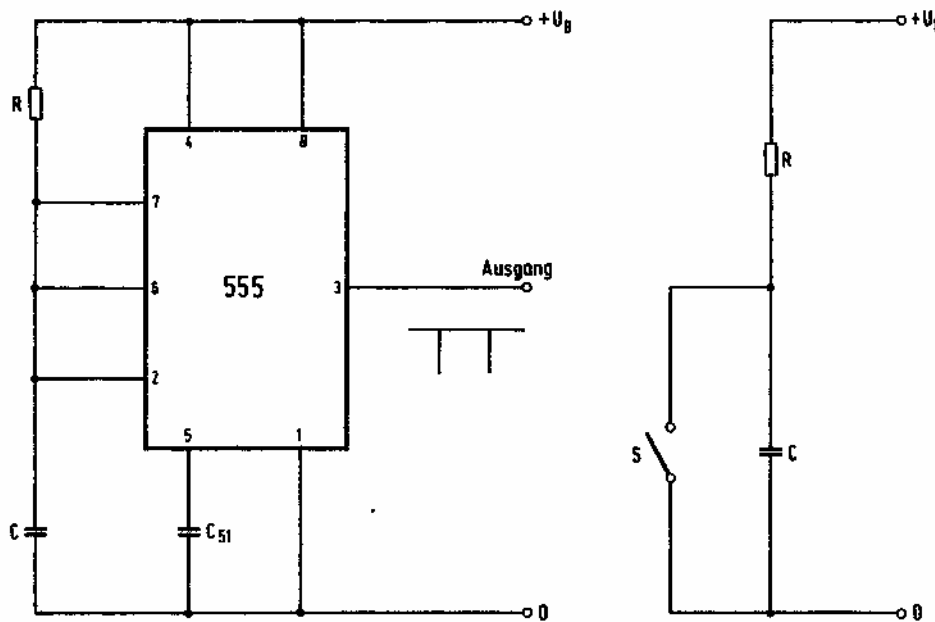


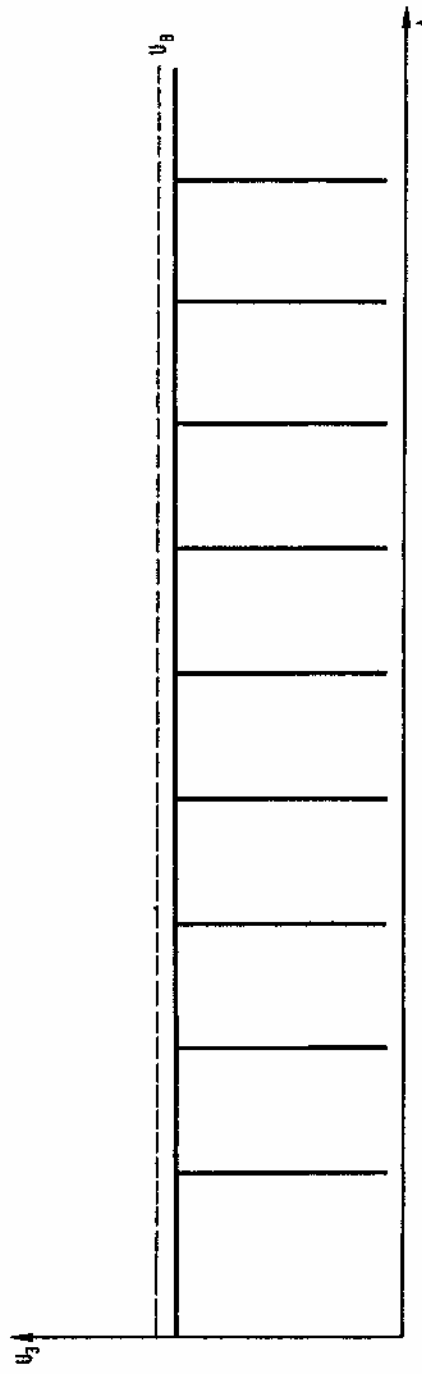
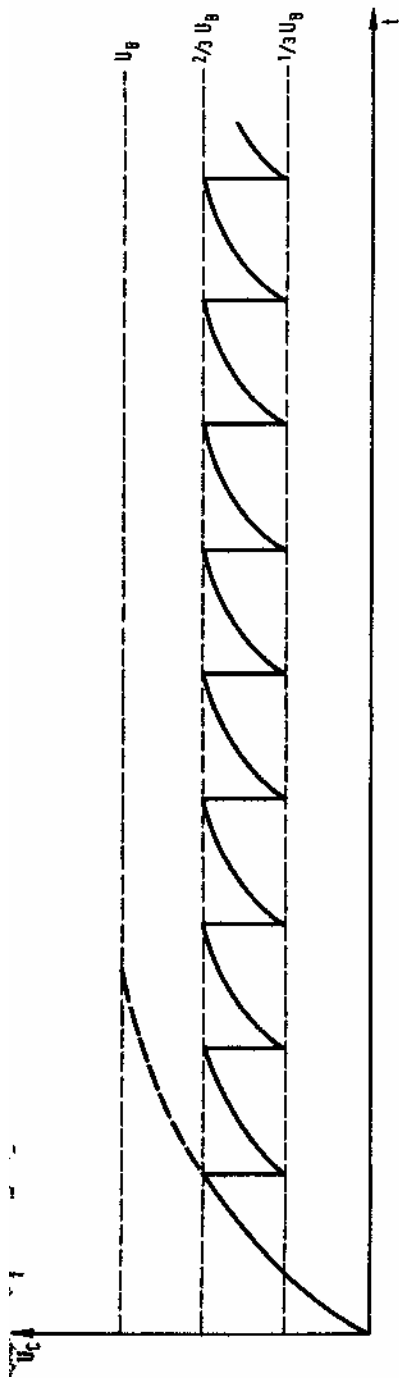
Abb. 12 Übergang von einem monostabilen in einen astabilen Multivibrator durch Verbindung des Trigger-Eingangs (Pin 2) mit dem zeitbestimmenden Kondensator C

in dem sich der Kondensator wieder bis zur oberen Schaltschwelle (Pin 6) auflädt. Wenn diese erreicht ist, kippt der Multivibrator um, der Transistor (Pin 7) schaltet durch, entlädt den Kondensator, und die Schaltung triggert sich erneut selbst. Dadurch entstehen am Ausgang des Timers (Pin 3) sehr kurze Einbrüche im H-Potential, die sogenannten Nadelimpulse mit L-Potential, wie in *Abb. 13* zu sehen ist.

Um diese Nadelimpulse zu verlängern, muß man den Kondensator C langsamer entladen, also über einen Widerstand. Diesen Widerstand schaltet man gewöhnlich zwischen Pin 7 und die beiden verbundenen Haupteingänge (Pin 2 und Pin 6), so daß man ihn gleich zweimal ausnutzt: beim Aufladen und beim Entladen des Kondensators.

Die Schaltung eines so entstandenen astabilen Multivibrators zeigt *Abb. 14*. Der Kondensator C lädt sich über die Widerstände R_A und R_B aus der positiven Betriebsspannung U_B so lange, bis die obere Schwellspannung (Pin 6) erreicht ist. Dann kippt der astabile Multivibrator um, der Transistor (Pin 7) schaltet durch und der Kondensator C entlädt sich über den Widerstand R_B so lange, bis die untere Schwellspannung (Pin 2)

2.2 Multivibratoren



2 Grundsaltungen

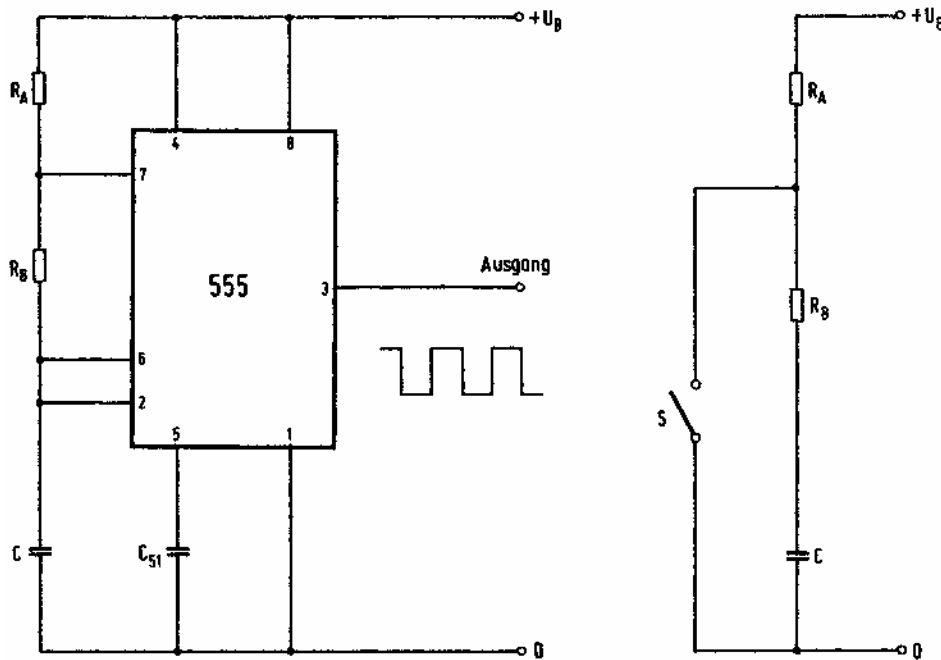


Abb. 14 Timer 555 als astabiler Multivibrator

erreicht ist. Der Multivibrator kehrt in den ursprünglichen Zustand zurück, der Entladungstransistor öffnet sich, und der Kondensator C kann sich wieder aus der Betriebsspannung U_B aufladen - der ganze Vorgang wiederholt sich.

Die Ersatzschaltung in Abb. 14 zeigt wieder die Auflade- und Entladeverhältnisse. Der Schalter S ist durch den inneren Transistor des Timers realisiert und wird durch das Erreichen der Schaltschwellen gesteuert.

Die zugehörigen Spannungsverläufe zeigt Abb. 15. Die Spannung am Kondensator C pendelt zwischen der oberen und der unteren Schwellenspannung ($2/3 \cdot U_B$ und $1/3 \cdot U_B$). In der Ladezeit t_1 ist am Ausgang des Timers (Pin 3) H-Potential, während der Entladezeit t_2 ist am Ausgang des Timers (Pin 3) L-Potential.

Die Ladezeit t_1 beträgt tj «

$$0,693 (R_A + R_B) \cdot C$$

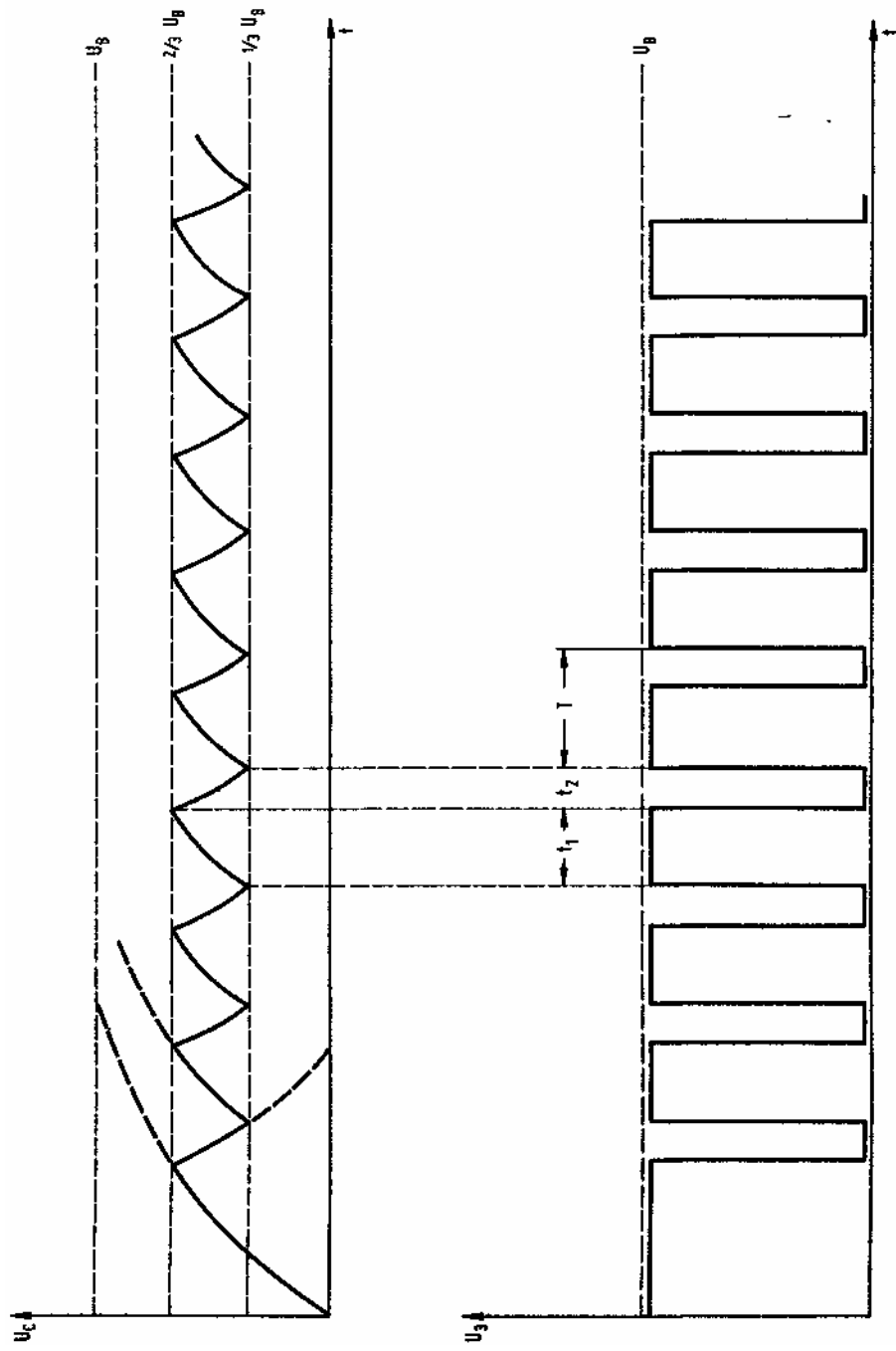


Abb. 15 Spannungsverläufe eines astabilen Multivibrators

2 Grundsaltungen Die

Entladezeit t_2 wird

$$t_2 = 0,693 \cdot R_B \cdot C$$

Die Periodendauer ist dann $T = t_x +$

$$t_2 = 0,693 (R_A + 2R_B) \cdot C$$

Die Frequenz der Ausgangsspannung ist

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1,44}{(R_A + 2R_B) \cdot C}$$

Für die Ermittlung der benötigten Werte des Kondensators und der Widerstände oder der Frequenz und der Zeiten kann man entweder in die Gleichungen die entsprechenden Werte einsetzen oder einfach die Diagramme im Anhang benutzen. Das Tastverhältnis des Ausgangssignals ist

$$D = \frac{t_2}{T} = \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$$

oder

$$D = \frac{t_2}{T} = \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$$

je nachdem, wie man das Tastverhältnis definiert: entweder als Verhältnis der Impulsbreite (H-Potential am Ausgang des Timers) zur ganzen Periode oder als Dauer des L-Potentials am Ausgang zur ganzen Periodendauer.

Aus der letzten Gleichung sieht man, daß ein Tastverhältnis von 0,5 (also die Dauer des Impulses und der Pause sind gleich) mit der Schaltung (Abb. 14) nicht zu verwirklichen ist. Dies ist einfach zu erklären: der zeitbestimmende Kondensator C lädt sich über die Widerstände R_A und R_B auf, seine Entladung erfolgt aber nur über den Widerstand R_B . Dadurch sind die Auf- und Entladezeiten unterschiedlich.

Will man das Tastverhältnis in einem größeren Bereich einstellen, muß man die zwei Wege trennen, die zum Aufladen und Entladen des Kondensators dienen. Eine Trennung erreicht man durch eine Diode, die in einen der Wege geschaltet ist (es ist auch möglich, in jeden Weg eine Diode zu

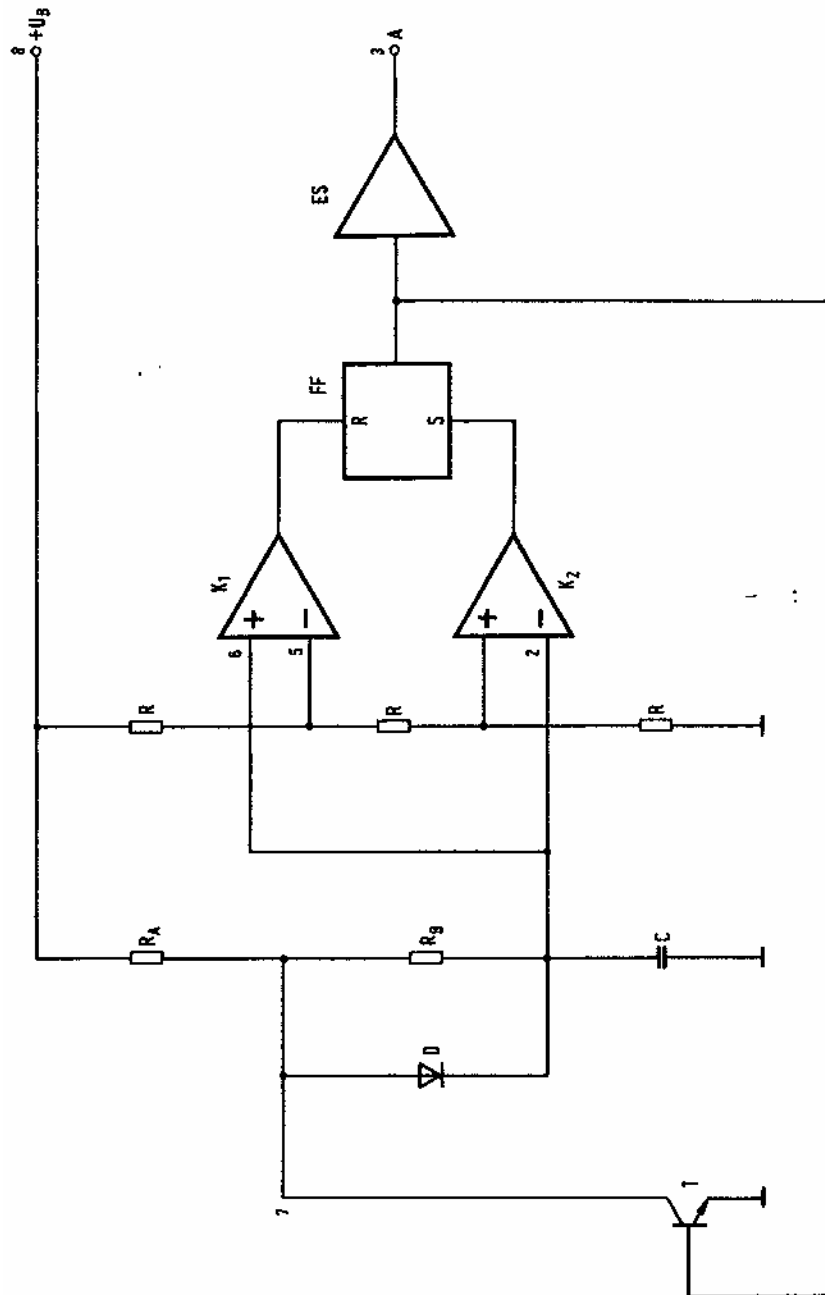


Abb. 16 Astabiler Multivibrator mit dem Timer 555 zerlegt in einzelne Baugruppen zur besseren Beschreibung der Funktion

2 Grundsaltungen

schalten). Auf diese Weise entsteht eine Schaltung mit einer zum Widerstand R_B parallel geschalteten Diode.

In Abb. 16 ist zusätzlich die Blockschaltung des Timers 555 gezeichnet, um noch einmal die Funktion des astabilen Multivibrators ausführlich erklären zu können und einige seiner Eigenschaften besser kennenzulernen.

Der Kondensator C lädt sich über den Widerstand R_A und die Diode D aus der Betriebsspannung U_B so lange auf, bis die obere Schwellspannung ($\frac{2}{3} U_B$ - Pin 6) erreicht ist. Der Komparator K1 schaltet um, auf dessen Ausgang erscheint H-Potential, das Flipflop FF wird rückgesetzt und am Ausgang des Timers (Pin 3) erscheint L-Potential.

Gleichzeitig schaltet auch der Schalttransistor T durch. Der Kondensator C entlädt sich über den Widerstand R_B so lange, bis die untere Schwellspannung ($\frac{1}{3} U_B$ - Pin 2) erreicht ist. Dann schaltet der Komparator K2 um, an dessen Ausgang erscheint H-Potential, das Flipflop FF wird gesetzt, der Transistor sperrt, und am Ausgang des Timers (Pin 3) erscheint H-Potential. Der Kondensator C fängt an, sich erneut aufzuladen, und der ganze Vorgang wiederholt sich. Die Spannung auf dem Kondensator pendelt also zwischen der oberen und unteren Schaltschwelle ($\frac{2}{3} U_B$ und $\frac{1}{3} U_B$). Am Ausgang des Timers erscheint eine Rechteckspannung mit einer Frequenz, die von den zeitbestimmenden Widerständen und der Kapazität des Kondensators abhängt, mit einem Tastverhältnis, das durch die Widerstände R_A und R_B festgelegt ist, und mit einer Amplitude, die fast der Betriebsspannung U_B gleicht.

Die Auf- und Entladezeiten und dadurch auch die Frequenz sind von der Betriebsspannung U_B weitgehend unabhängig. Dies wird durch eine geschickte Beschaltung erreicht: der innere Spannungsteiler, der die Referenzspannungen für die beiden Komparatoren erzeugt, ist nämlich an die gleiche Betriebsspannung U_B angeschlossen wie der zeitbestimmende Zweig mit den beiden Widerständen und dem Kondensator (siehe Abb. 16). Dadurch wirken die eventuellen Schwankungen der Betriebsspannung U_B gleichzeitig auf die beiden Zweige, und die Einflüsse kompensieren sich gegenseitig. Dies ist eines der Geheimnisse der Zeitpräzision des Timers 555.

Leider sind die sonst hervorragende Temperaturstabilität und die Unabhängigkeit gegenüber den Schwankungen der Betriebsspannung U_B durch die Diode beeinträchtigt. Die Diode sollte eine möglichst kleine Durchlaßspannung haben (dies ist bei der Ge-Diode der Fall, diese hat aber eine größere Temperaturabhängigkeit als die Si-Diode). Die Schaltung mit einer Diode parallel zum Widerstand R_B benutzt man deswegen

nur dort, wo an die Frequenzkonstanz keine hohen Anforderungen gestellt werden.

Die Spannungsverläufe des astabilen Multivibrators (Abb. 15) zeigen, daß der erste Impuls mit H-Potential am Ausgang des Timers (Pin 3) bei einem noch nicht geladenen Kondensator C länger ist als die nachfolgenden Impulse. Dies muß man besonders bei den geschalteten Impulsgeneratoren beachten.

Wie man aus Abb. 16 sieht, ist der Transistor T über R_A mit der Betriebsspannung $\bar{U}_B$ verbunden, so daß durch ihn nicht nur der Entladestrom des Kondensators C fließt, sondern auch ein Strom, dessen Größe von dem Widerstand R_A und der Betriebsspannung $\bar{U}_B$ abhängt. Um eine Überlastung des Transistors zu vermeiden, darf der Wert des Widerstandes einen minimalen Wert nicht unterschreiten (ca. 1 k Ω). Dies muß man besonders dann beachten, wenn man zum Einstellen der Frequenz ein Potentiometer benutzt, dessen Wert bis Null gehen kann - dann muß immer ein Widerstand von 1 k Ω in Serie geschaltet werden.

Die Ausgangsimpulse eines astabilen Multivibrators kann man auch durch die Beschaltung der Hilfseingänge beeinflussen. Abb. 17 zeigt eine Schaltung mit ausgeführtem Steuerspannungseingang (Pin 5). Wenn man an diesen Eingang eine Steuerspannung anlegt, ändern sich dadurch die Referenzspannungen, die die obere und die untere Schwellspannung bestimmen. Dadurch ändert sich auch die Aufladezeit, also die Impulsbreite. Daraus folgt, daß sich auch die gesamte Periodendauer und

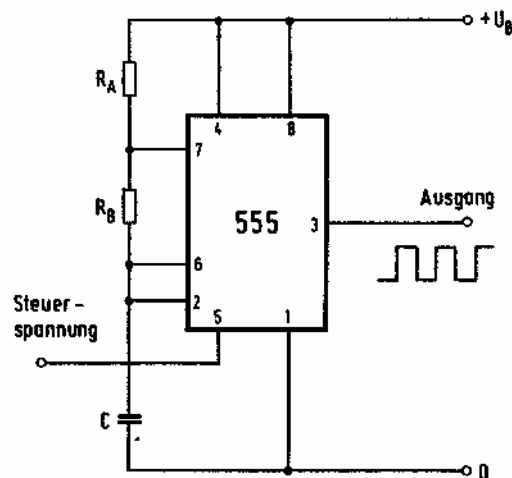
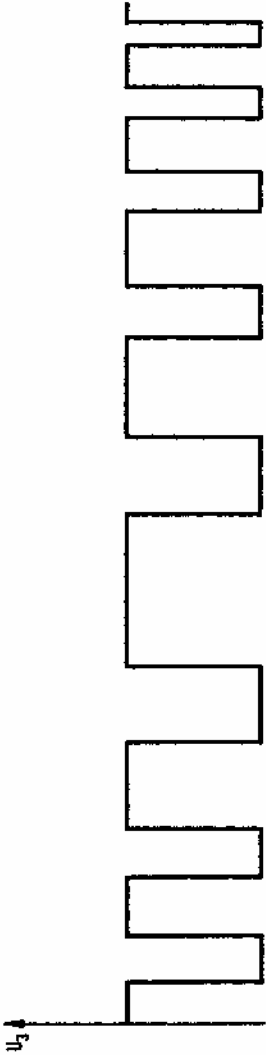
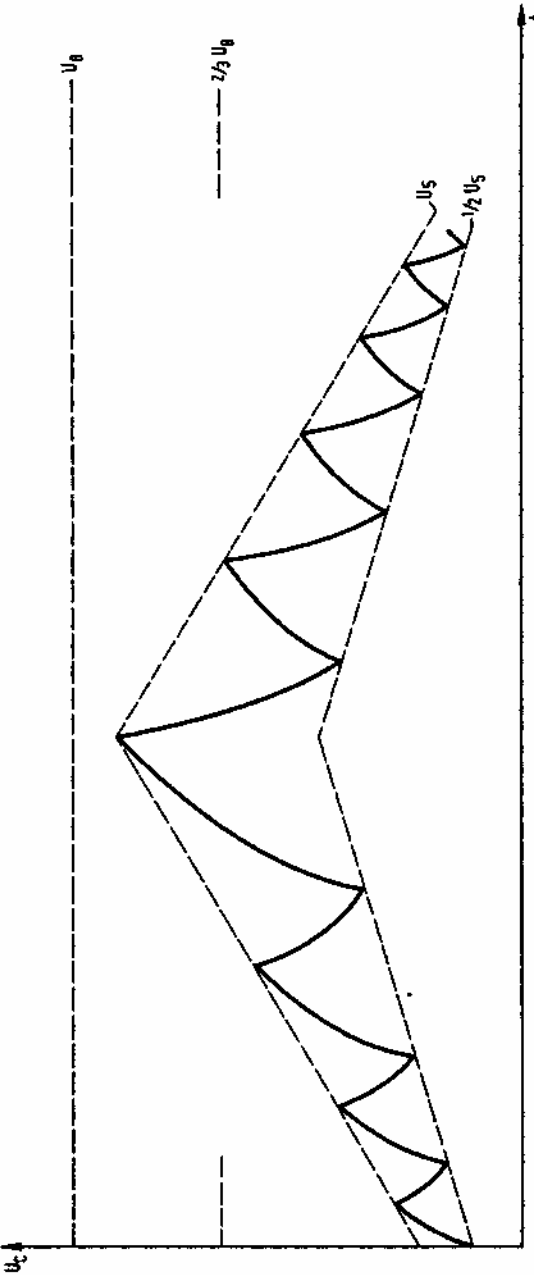


Abb. 17 Astabiler Multivibrator mit einem ausgeführten Hilfseingang zur Steuerung der Ausgangsimpulse durch angelegte Steuerspannung



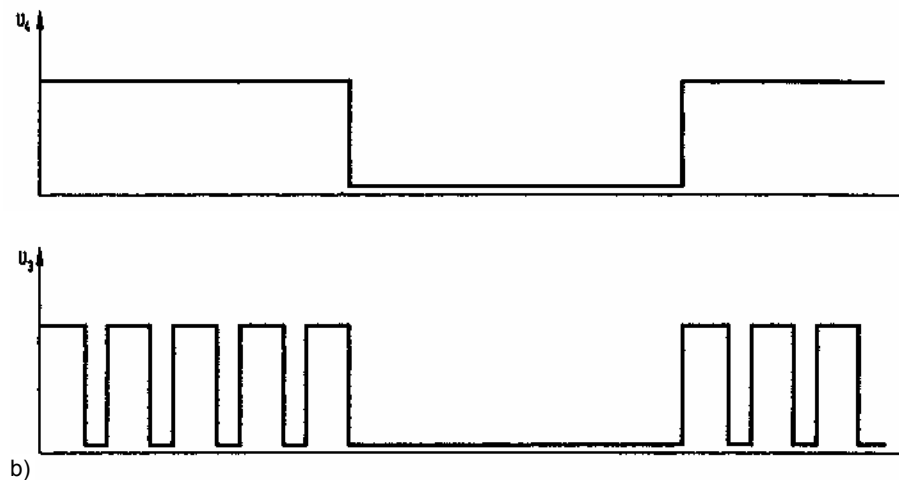


Abb. 18 Spannungsverläufe der Schaltung nach Abb. 17. a) Durch Änderung der Steuerspannung (Pin 5) entsteht eine Breitenmodulation der Ausgangsimpulse b) Steuerung der astabilen Funktion durch Anlegen von L-Potential an den Reset-Eingang (Pin 4)

dadurch auch die Frequenz ändern. Beim Anlegen einer Modulationsspannung bekommt man dann eine pulsbreitenmodulierte oder frequenzmodulierte Ausgangsspannung. Die Steuerspannung beeinflusst die Breite der Impulse, aber nicht die Breite der Pausen, und sie muß immer kleiner als die Betriebsspannung U_B sein, da sonst die Komparatoren nicht mehr schalten können.

Abb. 18a veranschaulicht Spannungsverläufe, die durch Anlegen einer veränderlichen Steuerspannung entstanden sind. Es ist zu sehen, wie sich die Breite der Ausgangsimpulse in der Abhängigkeit von der Steuerspannung ändert.

Eine andere Möglichkeit, den astabilen Multivibrator zu steuern, bietet der Hilfeingang „Reset“. Wie man aus Abb. 18 b entnehmen kann, wird die Erzeugung der Ausgangsimpulse durch Anlegen einer niedrigen Spannung (L-Potential) an den Reset-Eingang (Pin 4) unterbrochen. Dieses Ein- und Ausschalten kann man zur Steuerung der astabilen Funktion entweder mit einem anderen Timer, mit digitalen Schaltungen oder nur einfach mit einem Schalter benutzen.

Aus der Literatur ist noch eine andere Beschaltung des Timers 555 als astabiler Multivibrator bekannt, in der die Spannung, aus der sich der

2 Grundsaltungen

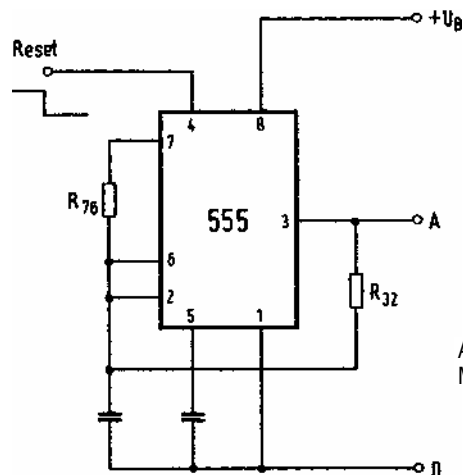


Abb. 19 Eine Variante des astabilen Multivibrators

zeitbestimmende Kondensator C auflädt, nicht die Betriebsspannung U_B , sondern die Ausgangsspannung U_a ist. Der Ladewiderstand R_A ist an dem Ausgang des Timers (Pin 3), der Entladewiderstand R_B wie gewöhnlich an dem Ausgang „Entladung“ (Pin 7) angeschlossen (Abb. 19). Diese Schaltung nutzt die Tatsache aus, daß nach dem Einschalten der Betriebsspannung U_B am Ausgang des Timers (Pin 3) ein H-Potential anliegt, aus dem sich der zeitbestimmende Kondensator C anfängt zu laden. Die weitere Funktion entspricht den sich wiederholenden Vorgängen des astabilen Multivibrators. Ein Nachteil dieser Schaltung ist eine allgemein geringere Frequenzkonstanz der Ausgangsimpulse, bedingt dadurch, daß die Spannung U_3 von der Belastung des Ausgangs abhängt. Je mehr der Ausgang des Timers (Pin 3) belastet wird (je kleiner also der Widerstandswert des Lastwiderstandes R_L ist), desto kleiner wird die Spannung U_3 . Die Widerstandsänderungen der Last wirken sich ebenfalls aus diesem Grund auf die Frequenzkonstanz aus.

2.2.3 Bistabiler Multivibrator

Im Timer 555 selbst befindet sich schon ein Flipflop, eine bistabile Kippstufe, also ein bistabiler Multivibrator (siehe Blockschaltung). Diese Kippstufe kann man von außen setzen und rücksetzen, wobei immer am Ausgang des Timers (Pin 3) ein entsprechendes Signal zur Verfügung steht.

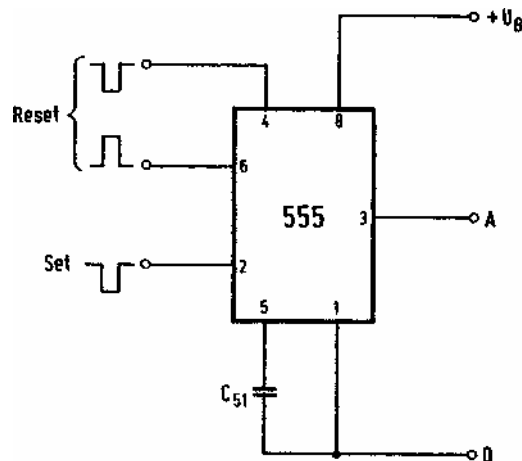


Abb. 20 Der Timer 555 als bistabiler Multivibrator (Kippstufe)

Abb. 20 zeigt verschiedene Möglichkeiten zum Steuern des Timers 555 als bistabiler Multivibrator. Der Trigger-Eingang (Pin 2) dient zum Setzen mit L-Potential. Der Reset-Eingang (Pin 4) dient zum Rücksetzen ebenfalls mit L-Potential. Mit dem Schwellspannungs-Eingang (Pin 6) kann man auch rücksetzen, diesmal aber mit H-Potential.

Das oben beschriebene Verhalten des Timers 555 nutzt man zum Bau bistabiler Kippstufen, die zwei stabile Zustände haben.

Leider verhalten sich verschiedene Fabrikate in bistabiler Funktion unterschiedlich (z.B. NE 555 V von Signetics und LM 555 H von National Semiconductors), so daß man erst ausprobieren muß, ob die jeweilige Schaltung genauso arbeitet wie beschrieben.

2.2.4 Schmitt-Trigger

Die guten Eigenschaften der Eingangskomparatoren im Timer 555 kann man in einem Schmitt-Trigger (Schmitt-Trigger) ausnutzen, um z.B. langsame Signale mit geringen Anstiegszeiten bei einer bestimmten Schwelle in Impulse umzuwandeln.

Abb. 21 zeigt eine einfache Schaltung, die den unteren Komparator benutzt. Wenn die Spannung am Trigger-Eingang (Pin 2) unter die untere Schaltschwelle sinkt, schaltet der untere Komparator um, das innere Flipflop kippt um, und am Ausgang des Timers (Pin 3) erscheint H-Potential. Überschreitet die Eingangsspannung die untere Schwellspannung, schaltet der untere Komparator erneut um, das innere Flipflop

2 Grundsaltungen

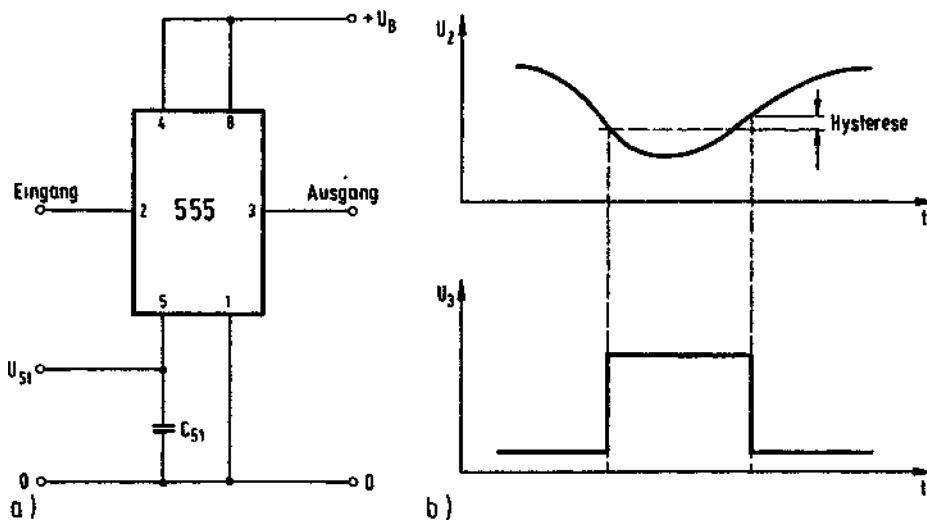


Abb. 21 Der Timer 555 als Schmitt-Trigger. a) Schaltung, b) Spannungsverläufe

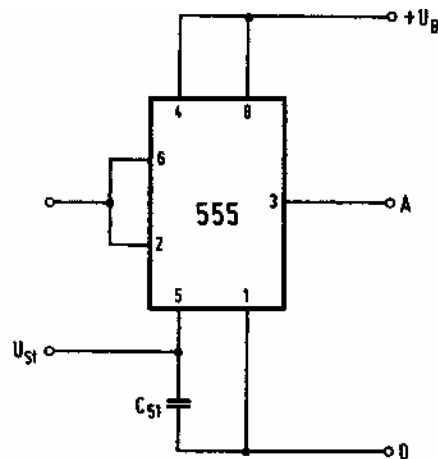


Abb. 22 Der Timer 555 als Schmitt-Trigger mit sinusoidaler Eingangsspannung (Umwandlung der Sinusoide in Rechteckimpulse)

kippt in die ursprüngliche Lage, und am Ausgang des Timers (Pin 3) erscheint wieder L-Potential. Die entsprechenden Spannungsverläufe sind in Abb. 21 b festgehalten. Weil die Umschaltung nicht bei genau gleicher Spannung stattfindet (die Einschaltsschwelle liegt etwas niedriger als die Ausschaltsschwelle), entsteht eine geringe Hysterese.

Eine andere Schaltung, die auch als invertierender Komparator bezeichnet wird, zeigt Abb. 22. Den Eingang bilden beide zusammengeschalteten Haupteingänge des Timers 555. Überschreitet die Eingangsspannung die obere Schwellspannung (am Pin 6), erscheint am Ausgang des Timers (Pin 3) L-Potential. Unterschreitet die Eingangsspannung die untere Schwellspannung (am Pin 2), wird am Ausgang H-Potential. Die entsprechenden Spannungsverläufe zeigt Abb. 23. Wie man sieht, ist in diesem Falle die Hysterese wesentlich größer (sie beträgt $1/3 \text{ } \ddot{U}\text{B}$).

Wegen der großen Flankensteilheit der Ausgangsspannung kann man die Schaltung zur Signalformung verwenden. Die Anstieg- und Abfallzeit der Ausgangsspannung (am Pin 3) beträgt ca. 100 ns, so daß man direkt Logikschaltungen anschließen kann. Die Schaltschwellen der beiden Schaltungen (Abb. 21 und 22) kann man durch Anlegen einer Steuerspannung U_{st} an den Hilfeingang (Pin 5) ändern. Die Steuerspannung darf aber nie größer als die Betriebsspannung $\ddot{U}\text{B}$ sein, sonst können die inneren Komparatoren nicht schalten.

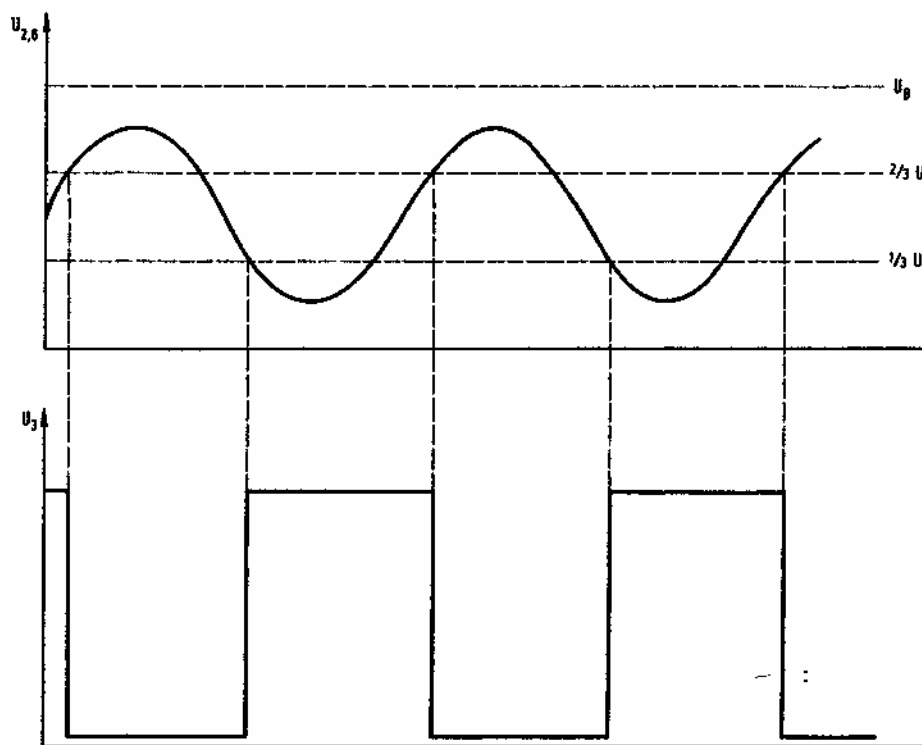


Abb. 23 Spannungsverläufe der Schaltung nach Abb. 22

3 555-Ausgangsschaltungen

x
*

Die Kenntnis von den verschiedenen Möglichkeiten zur Beschaltung des Hauptausgangs (Pin 3) ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für die richtige Ausnutzung des Timers. Obwohl die inneren Abläufe und die Beschaltungen der Eingänge für die Funktion der Schaltung maßgebend sind, ist die äußere Beschaltung des Ausgangs besonders wichtig, weil er eine Verbindung nach außen schafft, die gewünschten Funktionen liefert und weil er meistens auch die Umwandlung der elektrischen Signale in andere, besser fühlbare oder sichtbare Ausgangssignale bewirkt.

Sollten am Ausgang weitere elektrische Kreise folgen, braucht man meistens keine komplizierten Ausgangsschaltungen. Sollte der Timer einziger aktiver Baustein oder Endstufe einer elektronischen Schaltung sein, braucht man oft eine Umwandlung der elektrischen Ausgangssignale in Signale anderer Energieformen, die für den beabsichtigten Zweck besser geeignet sind (optische oder akustische Signale, mechanische Bewegungen usw.).

Als optische Ausgangsschaltungen versteht man das Anschließen verschiedener elektrooptischer Wandler (Glühlampe, LED = Licht emittierende Diode usw.).

Als akustische Ausgangsschaltungen sind Beschaltungen mit elektroakustischen Wandlern gemeint (Kopfhörer, Lautsprecher, Summer, Piezosummer usw.).

Als mechanische Ausgangsschaltungen sind solche Schaltungen gemeint, die direkt mit elektromagnetischen Wandlern zusammenarbeiten (Hubmagnet, Relais, kleiner Motor usw.).

Der Timer 555 kann direkt nur solche Lasten steuern, die nicht mehr Strom verbrauchen als der maximal zulässige Ausgangsstrom beträgt (200 mA), und die aus einer Spannung betrieben werden, die nicht die maximale Versorgungsspannung überschreitet (16 V - siehe Tabellen im Anhang). Außerdem muß es sich um eine Gleichspannung handeln. Viele Verbraucher benötigen aber mehr Strom, eine größere Spannung und oft auch Wechselstrom.

Für die Steuerung von größeren Lasten braucht man also einen Verstärker. Dies kann für Gleichspannung ein Transistor, Thyristor oder ein Relais sein, für Wechselspannung ein Triac oder Relais.

Bei den Verbrauchern, die aus dem Wechselstromnetz betrieben werden, wird manchmal eine Trennung zwischen der elektronischen Schaltung mit dem Timer 555 und der lebensgefährlichen Netzspannung verlangt. Dazu dienen potentialtrennende Ausgangsschaltungen, die man auch für verschiedene andere Anwendungen benutzen kann.

3.1 Elektrische Ausgangsschaltungen

Der Ausgang des Timers 555 ist ein elektrischer Ausgang und es bedarf im Prinzip keiner weiteren Beschaltung. Oft wird aber für das genauere Definieren der Ausgangssignale ein Lastwiderstand R_L gegen Pluspol der Versorgungsspannung geschaltet, wie *Abb. 24* zeigt.

Sollten dem Timer 555 weitere empfindliche elektronische Schaltungen folgen, wird empfohlen, noch einen Kondensator gegen Masse zuzuschalten (in *Abb. 24* gestrichelt), z. B. bei digitalen Schaltungen.

Auf der abfallenden Flanke des Ausgangsimpulses entsteht nämlich in der Umgebung der unteren TTL-Schwellspannung (L-Potential) eine schmale Stufe mit einer Länge bis zu 50 ns, die zu Schwierigkeiten bei der Ansteuerung der angeschlossenen TTL-Schaltungen führen kann. Zur Verformung dieser Stufe im Ausgangssignal wird eine Kapazität des Kondensators bis ca. 1000 pF empfohlen.

Aus dem Ausgang kann man direkt ganze Netze von passiven Bauelementen speisen, ebenso auch aktive Bauelemente - z. B. die Basis eines (Leistungs-)Transistors.

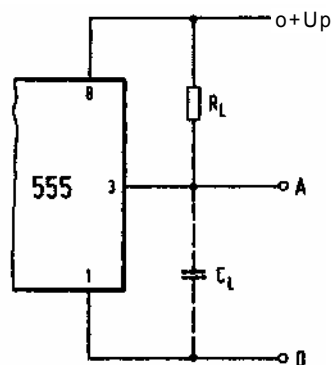
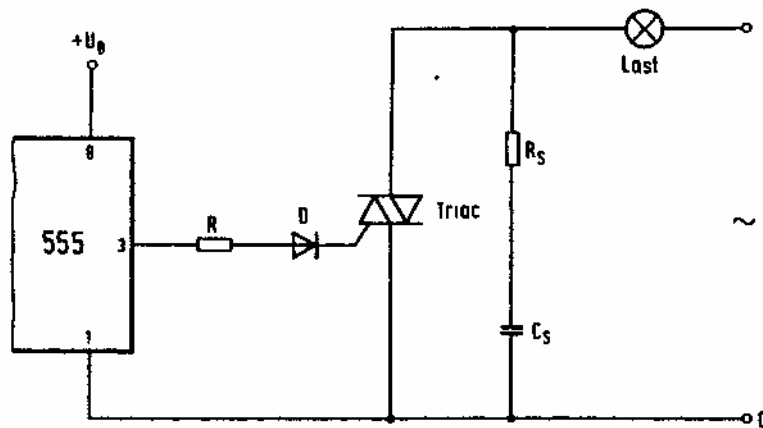
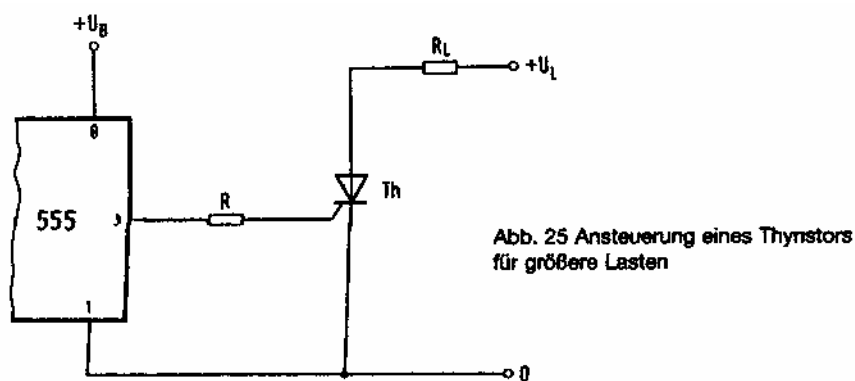


Abb. 24 Einfachste elektrische Ausgangsschaltung mit einem Lastwiderstand

3 555-Ausgangsschaltungen

In Abb. 25 ist als Beispiel die Steuerung eines Thyristors gezeigt. Der Ausgang des Timers 555 (Pin 3) ist über einen strombegrenzenden Widerstand R direkt mit der Steuerelektrode des Thyristors verbunden.

Für Lasten, die aus einer Wechselspannung betrieben werden, ist die Schaltung in Abb. 26 vorgesehen. Die Steuerelektrode des Triacs wird über einen strombegrenzenden Widerstand R und eine Schutzdiode D direkt aus dem Ausgang des Timers 555 gesteuert. Sollte es sich um ein Wechselstromnetz handeln, sieht man sofort, daß ein Pol der lebensgefährlichen Netzspannung mit dem gemeinsamen Pol der Versorgungsspannung verbunden ist. Dadurch ist die gesamte Schaltung mit dem Timer 555 galvanisch mit der Netzspannung verbunden, was entspre-



chende Maßnahmen, wie z. B. eine ausreichende Isolation von Bedienungselementen verlangt (siehe dazu VDE-Vorschriften). Empfehlenswert ist in diesem Falle eine potentialtrennende Ausgangsschaltung zu benutzen (siehe Kap. 3.5, Abb. 44 bis 47.).

3.2 Optische Ausgangsschaltungen

Der am meisten benutzte optische Ausgang ist eine lichtemittierende Diode, die mit ihrem strombegrenzenden Widerstand zwischen den Ausgang des Timers 555 (Pin 3) und der Versorgungsspannung U_B geschaltet ist. Es gibt zwei Möglichkeiten, wie man die LED an den Ausgang des Timers 555 anschließen kann: entweder gegen den Pluspol der U_B oder gegen den Minuspol der U_B (gemeinsamer Bezugspunkt, Masse). Im ersten Fall wirkt der Timer 555 als Stromsenke: der Strom I_3 fließt von der Klemme $+U_B$ in den Ausgang (siehe Abb. 27), im zweiten Fall wirkt der Timer als Stromquelle - der Strom fließt aus dem Ausgang zur Masse (siehe Abb. 28).

Natürlich kann man diese beide Möglichkeiten kombinieren, so daß der Timer 555 abwechselnd als Stromquelle und als Stromsenke arbeitet und dabei jede LED einen von beiden Zuständen durch Leuchten anzeigt (Abb. 29).

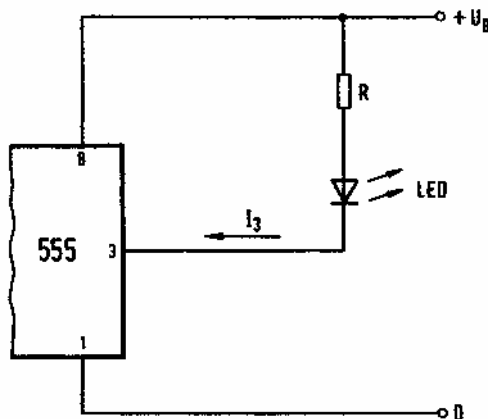


Abb. 27 Einfache optische Ausgangsschaltung mit Leuchtdiode (LED leuchtet, wenn am Ausgang L-Potential)

3 555-Ausgangsschaltungen

Den Wert des Widerstandes berechnet man aus der Spannung U_R , die am Widerstand R abfällt, und den für die gewünschte Helligkeit benötigten Strom durch die LED.

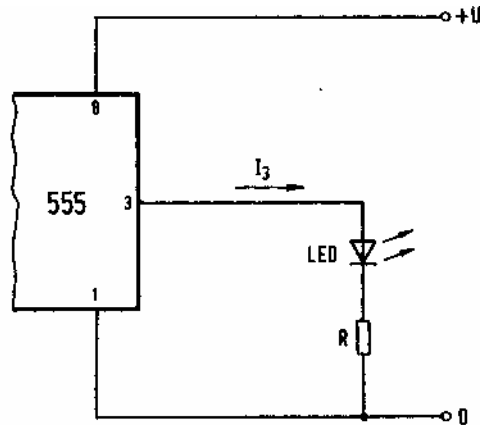


Abb. 28 Einfache optische Ausgangsschaltung mit Leuchtdiode (LED leuchtet, wenn am Ausgang H-Potential)

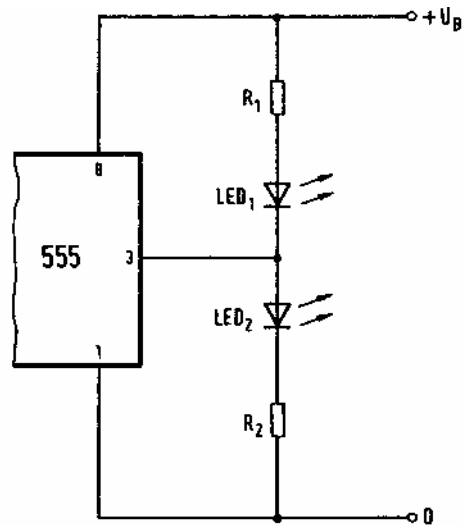


Abb. 29 Einfache optische Ausgangsschaltung mit zwei Leuchtdioden (LEDs leuchten abwechselnd)

3.2 Optische Ausgangsschaltungen

Für den optischen Ausgang kann man auch Glühlampen benutzen. Die entsprechenden Schaltungen zeigen *Abb. 30* bis *Abb. 32*. Dabei muß man beachten, daß der Lampenstrom nicht den maximal zulässigen Ausgangsstrom überschreiten darf (200 m A).

Sollten die benutzten Glühlampen einen größeren Strom benötigen, muß man einen einfachen Stromverstärker mit einem Transistor benutzen-

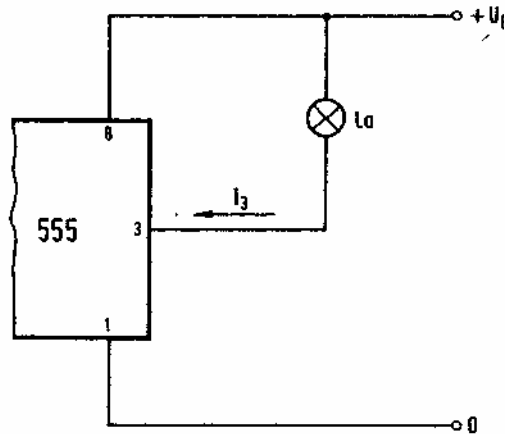


Abb. 30 Einfache optische Ausgangsschaltung mit einer Lampe (L leuchtet, wenn am Ausgang L-Potential)

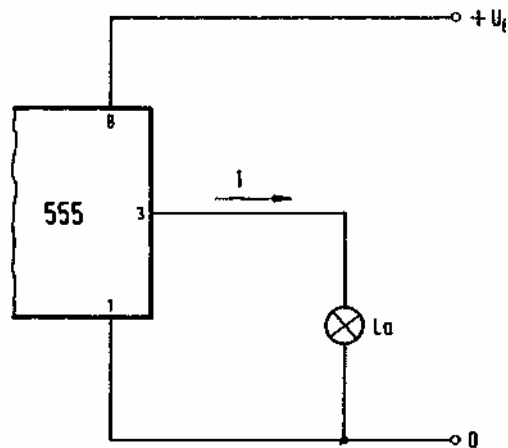


Abb. 31 Einfache optische Ausgangsschaltung mit einer Lampe (L leuchtet, wenn am Ausgang H-Potential)

3 555-Ausgangsschaltungen

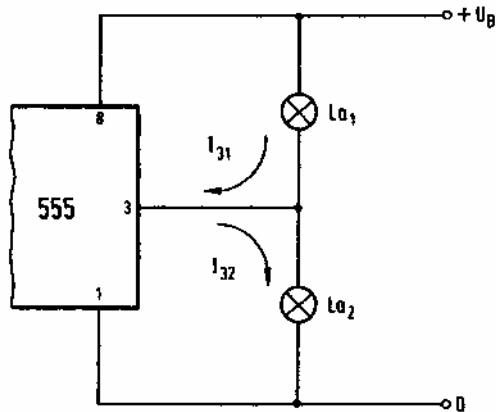


Abb. 32 Einfache optische Ausgangsschaltung mit zwei Lampen (leuchten abwechselnd)

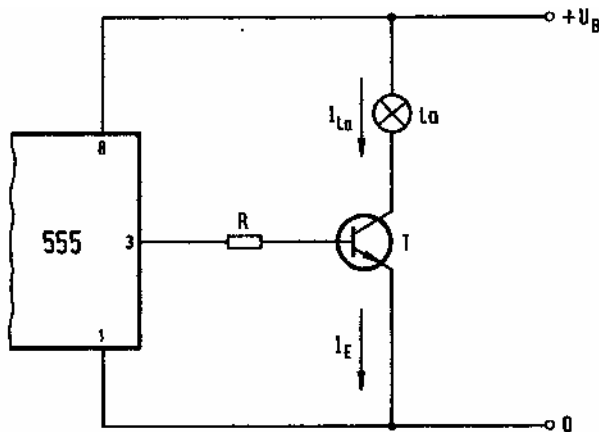


Abb. 33 Optische Ausgangsschaltung mit einem Stromverstärker (L leuchtet, wenn am Ausgang H-Potential)

zen, wie *Abb. 33* und *34* zeigen. Der Lampenstrom fließt durch den Transistor, der als Schalter arbeitet. Bei den Leistungstransistoren muß man darauf achten, daß der Basisstrom nicht größer ist als der maximal zulässige Ausgangsstrom des Timers 555 (200 mA). Ein Widerstand in der Basis des Transistors dient zur Begrenzung des Basisstroms.

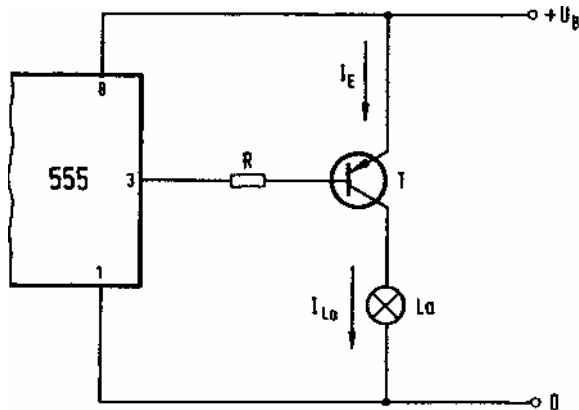


Abb. 34 Optische Ausgangsschaltung mit einem Stromverstärker (L leuchtet, wenn am Ausgang L-Potential)

3.3 Akustische Ausgangsschaltungen

Die einfachste akustische Schaltung besteht aus einem Piezosummer, der direkt an den Ausgang angeschlossen ist (Abb. 35). Manchmal wird ein Widerstand in Serie mit dem Piezoelement empfohlen.

Die klassische Zusammenschaltung einer Gegentaktstufe mit einem Lautsprecher über einen Kondensator ist in Abb. 36 gezeigt. Wegen des

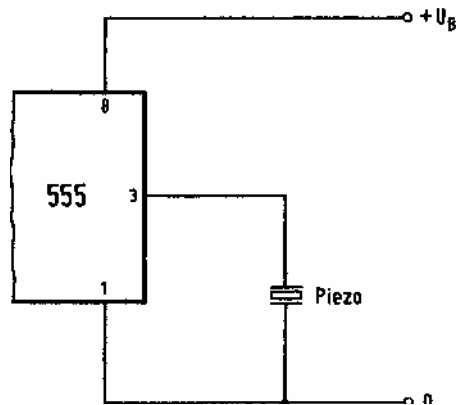
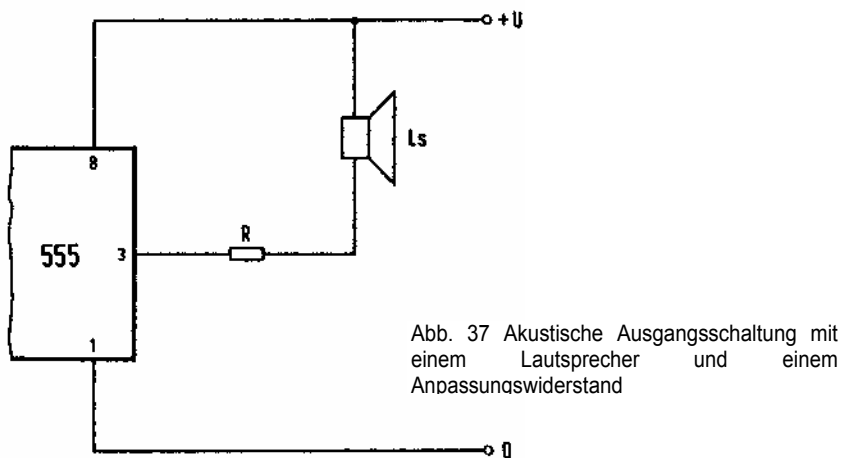
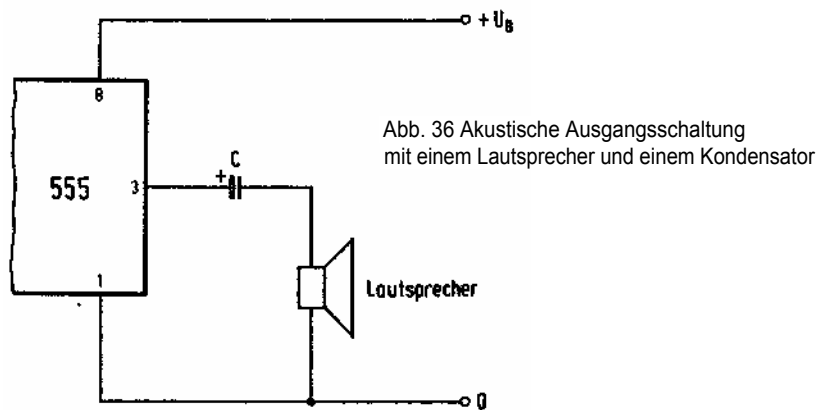


Abb. 35 Einfachste akustische Ausgangsschaltung mit einem Piezoelement

3 555-Ausgangsschaltungen

begrenzten Ausgangsstroms muß der Lautsprecher hochohmig sein. Bei niedrigohmigen Lautsprechern kann man sich mit einem Widerstand in Serie helfen (Abb. 37), wobei aber im Widerstand ein Teil der Ausgangsenergie statt in akustische Energie in thermische Energie umgewandelt wird. Besser ist es dagegen, eine einfache Verstärkerstufe anzuschließen (Abb. 38 und 39), die ähnlich aufgebaut ist, wie die Stromverstärker in Abb. 33 und 34. Eine andere Möglichkeit, die niedrige Impedanz eines Lautsprechers an den Ausgang des Timers 555 anzupassen, wäre durch einen Transformator - dies wird wegen seiner Größe und nicht zu vernachlässigender Induktivität nur selten getan.



3.3 Akustische Ausgangsschaltungen

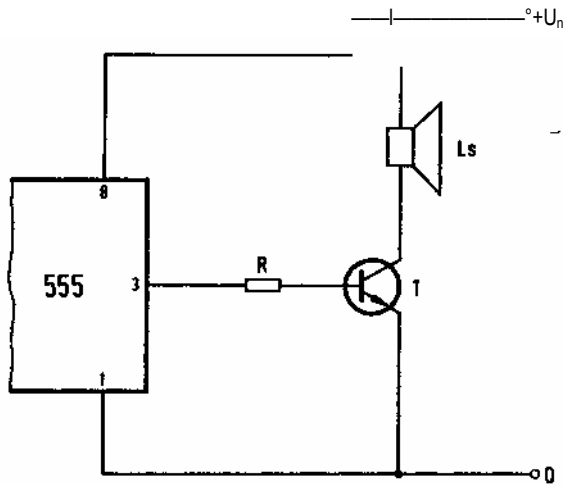


Abb. 38 Akustische Ausgangsschaltung mit einem Transistorverstärker (nnp-Transistor)

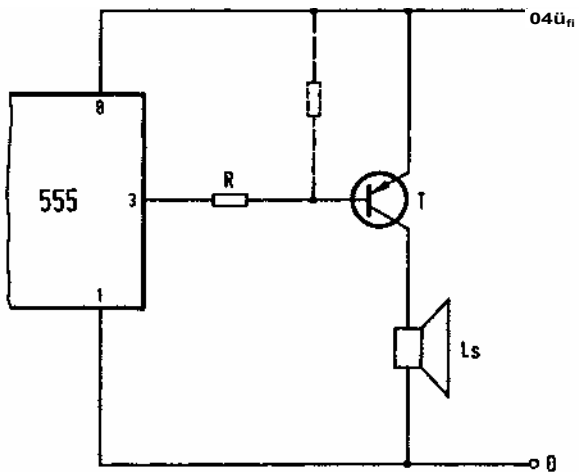


Abb. 39 Akustische Ausgangsschaltung mit einem Transistorverstärker (pnp-Transistor)

Eine größere Ausgangsleistung erreicht man durch Zusammenschaltung zweier Leistungstransistoren, die eine Gegentaktstufe bilden (Abb. 40).

Einen Kopfhörer kann man direkt an den Ausgang anschließen, wegen der großen Induktivität der Erregungsspule empfiehlt sich aber eine parallel geschaltete Diode, die den Ausgang gegen negative Spannungsspitzen schützt (Abb. 41).

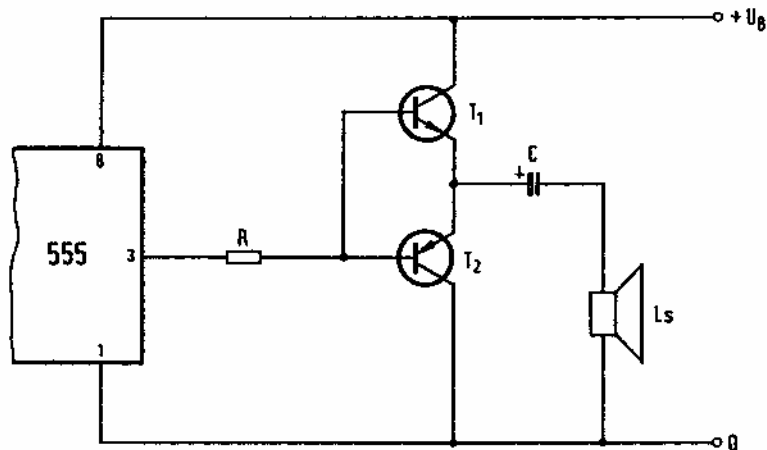


Abb. 40 Akustische Ausgangsschaltung mit einer Gegentaktstufe (nnp- und pnp-Transistor)

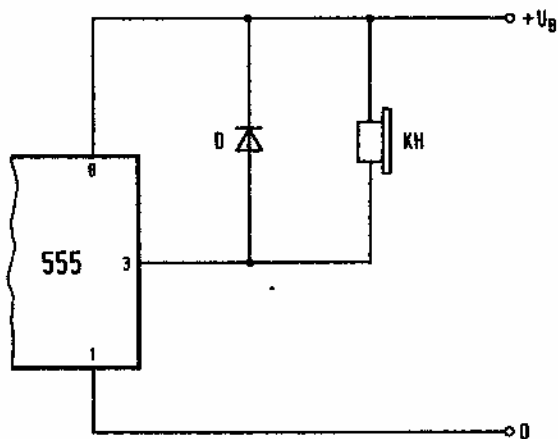


Abb. 41 Akustische Ausgangsschaltung mit einem Kopfhörer

3.4 Mechanische Ausgangsschaltungen

Bei der Umwandlung des elektrischen Ausgangssignals in Bewegung wird meistens die Anziehungskraft eines Elektromagneten genutzt. Dieser Elektromagnet hat einen magnetischen Kern und eine Spule, durch deren

Windungen der Ausgangsstrom fließt. Das dabei entstehende magnetische Feld bringt die beweglichen Teile aus ihrer Ruheposition.

Die Spule hat aber auch eine Induktivität, und beim Abschalten des Stroms entstehen negative Spannungsspitzen, die für die Ausgangsstufe des Timers 555 gefährlich sein können. Diese Spitzen muß man mindestens durch eine zu der Spule parallel geschaltete Schutzdiode beseitigen. Noch besser ist eine zusätzliche Trennung des Ausgangs von dem Spulenkreis durch eine weitere Diode (Abb. 42).

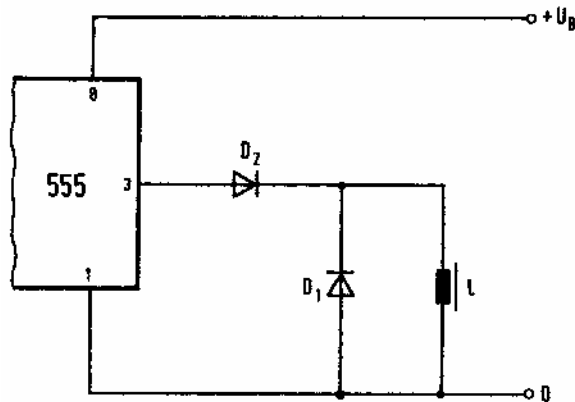


Abb. 42 Mechanische Ausgangsschaltung mit einem Elektromagneten (Spule L)

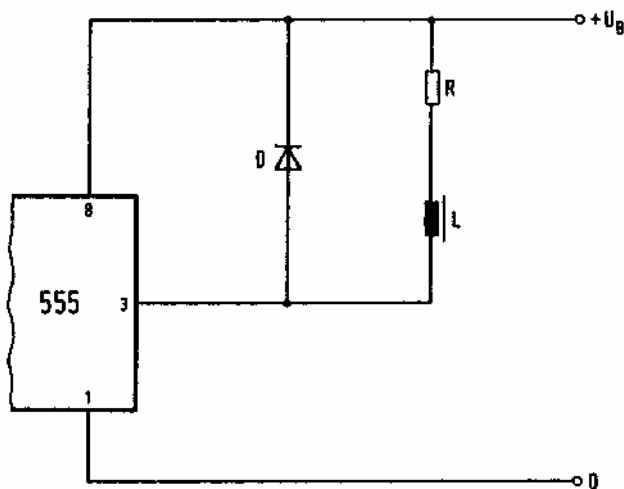


Abb. 43 Mechanische Ausgangsschaltung mit einem Elektromagneten (Spule L) und einem Vorwiderstand R

Die Spule des Elektromagneten kann man genauso mit dem Pluspol der Versorgungsspannung verbinden, je nach der gewünschten Funktion. Manchmal ist es hilfreich, einen strombegrenzenden Widerstand in Serie mit der Spule einzufügen (Abb. 43). Bei der Dimensionierung muß man immer den maximal zulässigen Ausgangsstrom beachten. Sollte die Spule mehr Strom brauchen, muß man einen Verstärker zuschalten, ähnlich wie in Abb. 33 und 34.

3.5 Potentialtrennende Ausgangsschaltungen

Die einfachste Möglichkeit, eine potentialtrennende Schaltung zu bekommen, ist die Benutzung eines Relais. Die Kontakte des Relais können weitere elektronische oder elektrische Kreise schalten. Weil die Spule des Relais eine Induktivität besitzt, muß man gegen die beim Abschalten des Stromes entstehenden negativen Spannungsspitzen eine parallele Diode vorsehen. Nach der gewünschten Funktion schaltet man das Relais und die Schutzdiode so, daß der Ausgang des Timers 555 entweder als Stromsenke oder als Stromquelle funktioniert (Abb. 44 und Abb. 45).

Wenn der für die Relaispule benötigte Strom größer ist als der maximal zulässige Ausgangsstrom des Timers 555, benutzt man einen einfa-

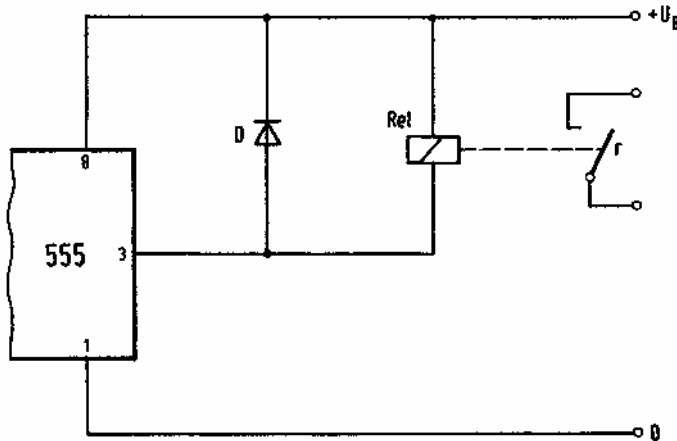


Abb. 44 Potentialtrennende Ausgangsschaltung mit einem Relais (unter Strom, wenn am Ausgang L-Potential)

3.5 Potentialtrennende Ausgangsschaltungen

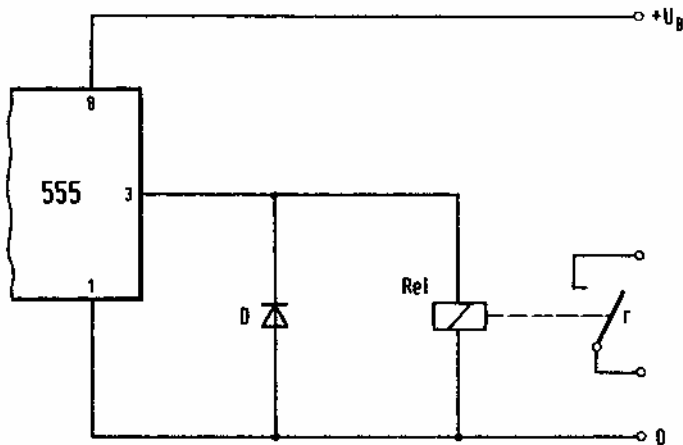


Abb. 45 Potentialtrennende Ausgangsschaltung mit einem Relais (unter Strom, wenn am Ausgang H-Potential)

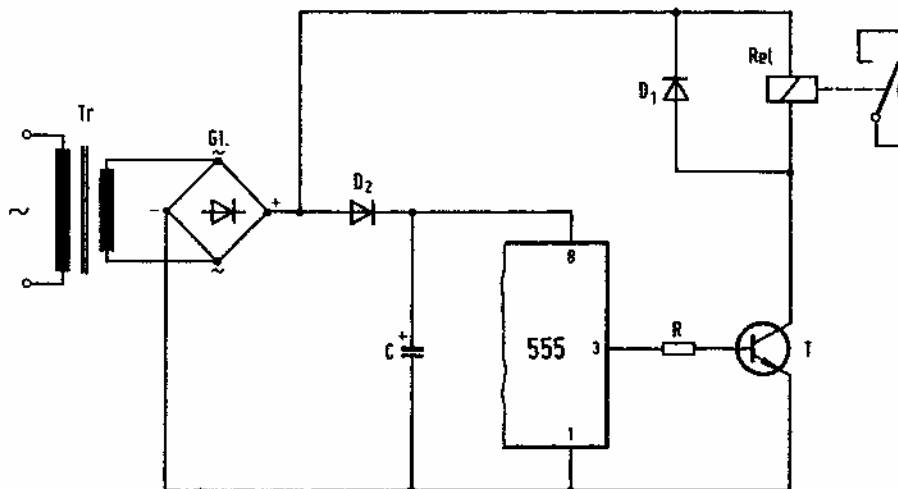


Abb. 46 Beispiel einer potentialtrennenden Ausgangsschaltung mit einem Relais und getrennter Einspeisung und Filtrierung der Betriebsspannung U_B für den Timer 555

eben Verstärker mit einem Transistor. Dabei wird empfohlen, die Versorgungsspannung der elektronischen Kreise mit dem Timer 555 von der Versorgungsspannung der Leistungsstufe zu trennen. Der Timer braucht für die einwandfreie Funktion eine gut gefilterte Gleichspannung. Beim Relais sind die Anforderungen an die Betriebsspannung wesentlich klei-

3 555-Ausgangsschaltungen

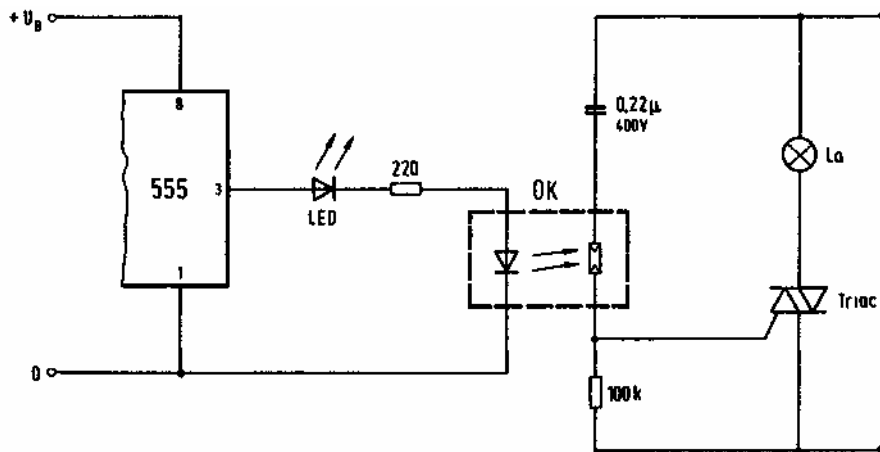


Abb. 47 Potentialtrennende Ausgangsschaltung mit einem Optokoppler OK

ner. Ein Beispiel, wie man eine solche Trennung beider Versorgungsspannungen durch eine zusätzliche Diode durchführen kann, zeigt *Abb. 46*.

Eine elektronische Potentialtrennung kann man mit einem Optokoppler realisieren. Als Beispiel ist in *Abb. 47* eine potentialtrennende Ausgangsschaltung eines Belichtungsautomaten (Zeitschalter) für die Dunkelkammer (Photolabor) gezeigt. Der Ausgang des Timers 555 ist ähnlich wie in *Abb. 28* beschaltet, statt einer LED sind aber zwei benutzt: eine für das Anzeigen des Zustands, die andere als Teil des Optokopplers OK. Diesen kann man sehr einfach selbst aus einem Photowiderstand bauen, der bei Beleuchtung durch die LED seinen Widerstand so verkleinert, daß die Steuerelektrode des Triacs Spannung bekommt; der Triac zündet und die Lampe L leuchtet.

Nach diesem Muster kann man viele andere Ausgangsschaltungen bauen, die aus ähnlichen einfachen Teilen zusammengesetzt sind.

4 Zeitschaltungen

Eine Zeitschaltung ist eine zeitbestimmende Schaltung, die nach einer gewissen, vorher vorgegebenen Zeit von einem Zustand in einen anderen Zustand wechselt. Dies kann ein elektrischer Impuls sein, mit dem andere Schaltungen oder verschiedene Geräte gesteuert werden.

Früher gab es mechanische Zeitschalter zum Ein- oder Ausschalten elektrischer Geräte, die nach verschiedenen Prinzipien funktionierten: rein mechanisch (z.B. wie mechanische Uhren), elektropneumatisch (z.B. Treppenlichtautomaten) oder elektro-mechanisch (z.B. die motorgetriebene Funktionsumschaltung in Waschmaschinen).

Die Realisierung einer elektronischen Zeitschaltung mit dem Timer 555 ist eine der am häufigsten benutzten Applikationen. Mit verhältnismäßig kleinem Aufwand bekommt man wegen der hervorragenden Temperaturstabilität des integrierten Zeitgebers 555 eine sehr genaue Einhaltung der gewünschten Zeiten. Gerade für diese Aufgaben wurde der Timer 555 als Präzisionszeitgeber entwickelt.

Die Zeitschaltungen mit dem Timer 555 arbeiten grundsätzlich als monostabile Multivibratoren. Nach dem Auslösen gehen sie für eine gewisse Zeit in einen anderen Zustand über. Nach Ablauf der vorgegebenen Zeit kommen sie in den ursprünglichen Zustand zurück.

Die Anzeige des vorübergehenden Zustands erfolgt meistens optisch. Als Beispiel kann man die Zeitschalter nennen, die nach einer Zeit das eingeschaltete Licht wieder ausschalten: Zeitschalter für die Dunkelkammer (Belichtungszeiten im Fotolabor), elektronische Treppenhaus-Lichtschalter, „Bettlese“-Lampenschalter für Kinder, Verzögerungsschalter für die Innenbeleuchtung im Auto, usw.

4.1 Einfache Zeitschalter

Bei den einfachen Zeitschaltern ist nicht die Einhaltung einer genauen Zeitspanne maßgebend, sondern es geht vielmehr um eine einfache Ein- oder Ausschaltung verschiedener elektrischer Verbraucher (z.B. eine Lampe, eine Glühbirne im Scheinwerfer usw.). Solche einfachen Zeit-

4 Zeitschaltungen

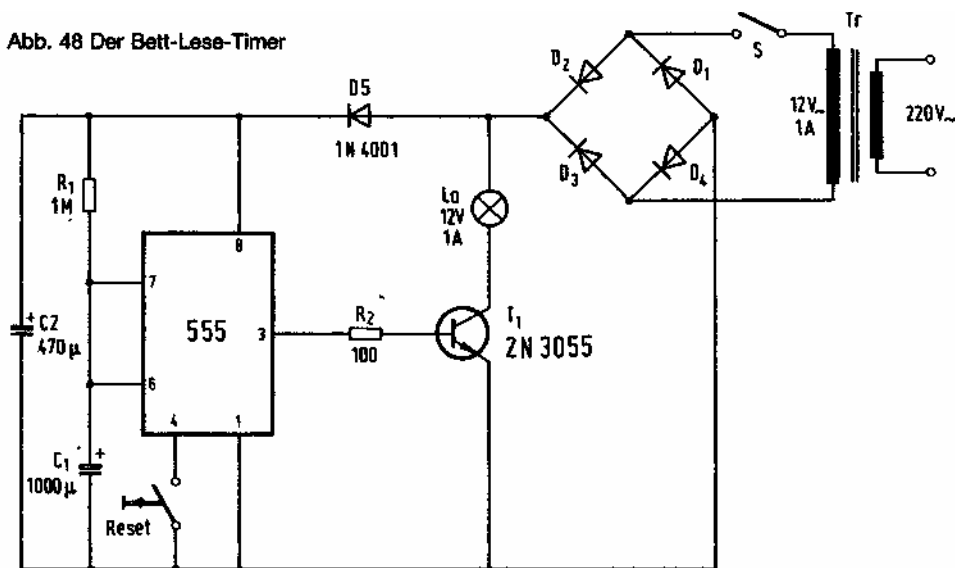
Schalter eignen sich als Ersatz für die früher benutzten mechanischen Zeitschalter, deren Genauigkeit ebenfalls begrenzt war.

4.1.1 Der Bett-Lese-Timer

Der einfache Zeitschalter zum Ausschalten einer Tischlampe (siehe Abb. 48) wurde ursprünglich für Kinder konstruiert, die nicht sofort schlafen gehen, sondern ein letztes Viertelstündchen zum Lesen im Bett haben wollen. Um den Zeitschalter möglichst „kindersicher“ zu bauen, werden ein Netztransformator und eine Niederspannungslampe benutzt (gewöhnliche 12-V-Auto-Lampe). Der Einbau aller Bauteile in den Tischlampenfuß ist möglich.

Der Timer 555 ist als monostabiler Multivibrator beschaltet, wobei der Trigger-Eingang (Pin 2) unbenutzt bleibt. Die Zeit wird durch R_1C_1 bestimmt und beträgt ca. 1000 s. Weil elektrolytische Kondensatoren größerer Werte beträchtliche Leckströme aufweisen, wird die Zeit zum Aufladen des Kondensators größer, als man aus der Berechnung erwartet. Außerdem haben diese Kondensatoren sowieso größere Toleranzen der Kapazität als Kondensatoren mit festem Dielektrikum (Papier, Kunststoff usw.), so daß man die genaue Zeit ohnehin nicht präzise festlegen kann.

Abb. 48 Der Bett-Lese-Timer



Nach dem Anlegen der Betriebsspannung (Schließen des Schalters S) erscheint am Ausgang des Timers (Pin 3) eine positive Spannung (H-Potential), die über R2 die Basis des Transistors T steuert. Diese geht über in den Leit Zustand (T arbeitet dann im Sättigungsbereich), und die Lampe La leuchtet.

Gleichzeitig fängt der Kondensator C1 an, sich aufzuladen, und die Spannung am C1 steigt so lange, bis die obere Schaltschwelle des Timers erreicht ist. Der monostabile Multivibrator kippt um, am Ausgang (Pin 3) ist eine kleine Restspannung (L-Potential), die den Transistor T nicht mehr im leitenden Zustand halten kann, und die Lampe La verlöscht.

Der „Reset“-Taster zwischen Pin 4 und Masse ermöglicht ein vorzeitiges Ausschalten der Lampe. Ein erneutes Starten ist nur mit Schalter S möglich (durch kurzzeitiges Unterbrechen und erneutes Einschalten) - S kann ein Schlüsselschalter sein, und den Schlüssel haben nur die Eltern.

Die Lampe La und die Endstufe mit dem Transistor T werden aus einer pulsierenden Gleichspannung gespeist (Gleichrichterbrücke mit den Dioden D1 bis D4) ohne Filtration (größere und teurere Kondensatoren werden erspart). Die Betriebsspannung für die eigentliche Zeitschaltung ist durch die Diode D5 von dem Leistungsteil getrennt und wird mit dem Kondensator C2 gefiltert.

4.1.2 Elektronischer Zeitschalter

Mit einem einfachen elektronischen Zeitgeber nach *Abb. 49* lassen sich Zeiten von einer bis zu zehn Minuten einstellen. Der zeitbestimmende Widerstand R1 ist als zehnstufiger Schalter mit festen Widerständen durchgeführt (jede Stufe eine Minute mehr). Durch Auswählen entsprechender Widerstandswerte lassen sich auch andere Zeitintervalle festlegen. Der Kondensator C1 besteht eigentlich aus zwei Kondensatoren mit festem Dielektrikum (je 10 μ F).

An den Trigger-Eingang (Pin 2) ist durch den Widerstand R2 eine positive Spannung angelegt, so daß im Ruhezustand der Ausgang des Timers (Pin 3) L-Potential aufweist und das Relais Rel abgefallen ist.

Der Zeitablauf wird durch die Taste „START“ eingeleitet. Das Relais zieht an und fällt erst wieder ab, wenn die eingestellte Zeit abgelaufen ist. An die Umschaltkontakte des Relais können verschiedene Bauteile, Baugruppen oder Geräte angeschlossen sein. Als Beispiel dienen Lämpchen oder Leuchtdioden zur optischen Anzeige der Schaltzustände, Summer zur akustischen Anzeige (in der ursprünglichen Bauanleitung ist es ein Multivibrator mit zwei Transistoren, einem Verstärker und einem

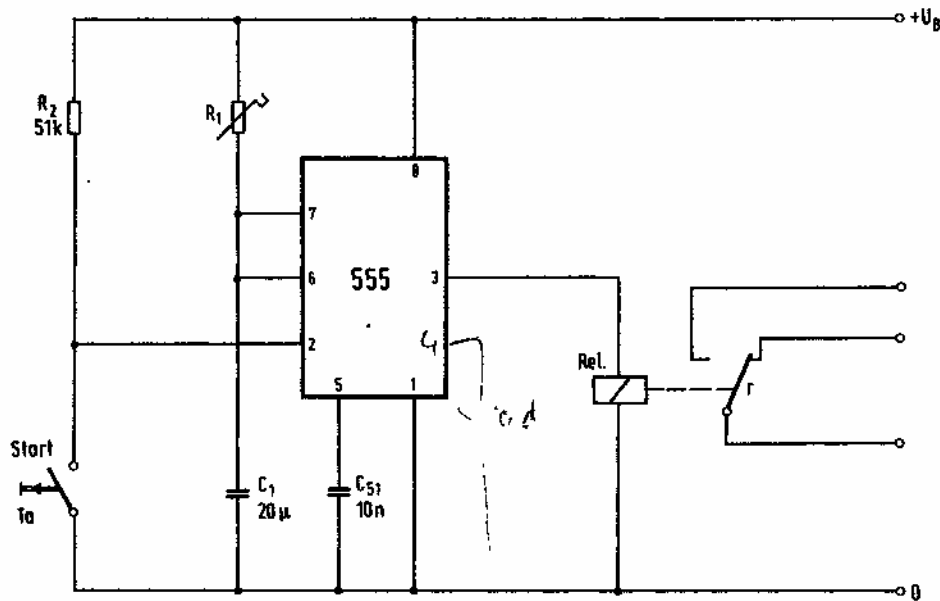


Abb. 49 Elektronischer Zeitschalter

Lautsprecher), eine Steckdose mit schaltbarer Netzspannung usw. Um mehrere Möglichkeiten zu haben, ist es vorteilhaft, ein Relais mit Mehrfachkontakten zu benutzen.

4.1.3 Verzögerte Auto-Innenbeleuchtung

Nach dem Schließen der Autotür geht normalerweise die Innenbeleuchtung im Wagen sofort aus. Mit einem elektronischen Zeitschalter (Abb. 50) kann man das Ausschalten der Innenbeleuchtung für eine einstellbare Zeit verzögern. Am Ende der Brenndauer schaltet sich der Zeitschalter selbst ab und verbraucht keinen Strom mehr.

Beim Einschalten durch den Türkontakt TK (oder einen zusätzlichen Taster zum manuellen Schalten) ist am Ausgang des Timers (Pin 3) sofort H-Pegel, das Relais Rel zieht an, und die Lampe La leuchtet auf. Der Trigger-Eingang (Pin 2) wird hier nämlich nicht benutzt (ähnlich wie in Abb. 48).

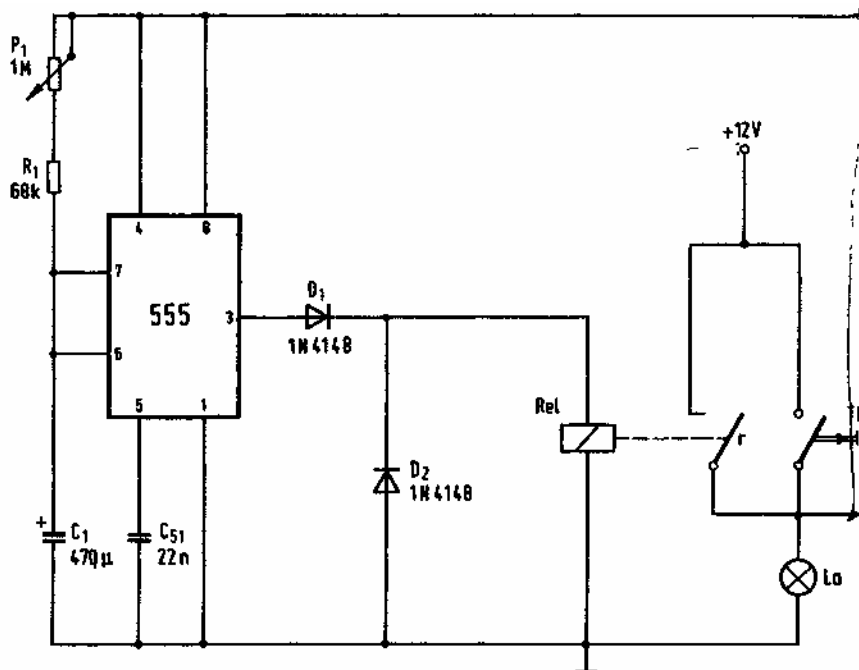


Abb. 50 Zeitschalter als Verzögerung für die Auto-Innenbeleuchtung

Der Kondensator C_1 lädt sich über P_1 und R_1 aus der Betriebsspannung so lange, bis die obere Ausschaltschwelle (Pin 6) erreicht ist. Dann kippt der monostabile Multivibrator um, die Verzögerungszeit wird erreicht, das Relais Rel fällt ab, und der Kontakt r öffnet sich. Dadurch wird die ganze Schaltung von der Bordspannung getrennt, so daß kein Strom mehr verbraucht werden kann, und die Lampe La erlischt. Ein erneutes Einschalten ist durch Betätigung des Tasters TK jederzeit möglich.

Mit dem Potentiometer P_1 kann man die Verzögerungszeit einstellen, wobei der Widerstand R_1 den Mindestwert der Zeitverzögerung bestimmt. Sollten noch kürzere Zeiten gewünscht werden, verkleinert man den Wert des zeitbestimmenden Kondensators C_1 .

Der Ausgang des Timers (Pin 3) wird durch zwei Dioden gegen die induktiven Spannungsspitzen geschützt, die beim Abschalten der Relais entstehen. Die Diode D_2 schließt die in der Spule des Relais entstehende Induktionsspannung kurz, die Diode D_1 verspermt den eventuell noch verbliebenen Spannungsresten den Weg zum Ausgang des Timers 555.

fn

4.1.4 Verzögerte Scheinwerfer-Ausschaltung

Das Licht von Autoscheinwerfern kann man auch nach dem Aussteigen aus dem Wagen zur Beleuchtung der Garage oder des Weges benutzen, wenn man eine Zeitverzögerung der Scheinwerfer-Ausschaltung einbaut. Eine solche Schaltung zeigt Abb. 51.

Beim Einschalten der Zündung durch den Zündschalter ZS bekommt das Relais Rel über die Diode D3 Betriebsspannung und zieht an. Der Kontakt r schließt, und die Lampe La des Scheinwerfers kann wie gewöhnlich mit dem Lichtschalter LS eingeschaltet werden.

Zur Erklärung der Funktion des Zeitschalters ist von Bedeutung, daß der Kondensator C2 ganz entladen ist, solange die Zündung eingeschaltet ist (ein Anschluß des Kondensators ist über den Schalter ZS mit dem Pluspol der Betriebsspannung verbunden, genauso wie der andere Anschluß über den Widerstand R2 und den Kontakt r).

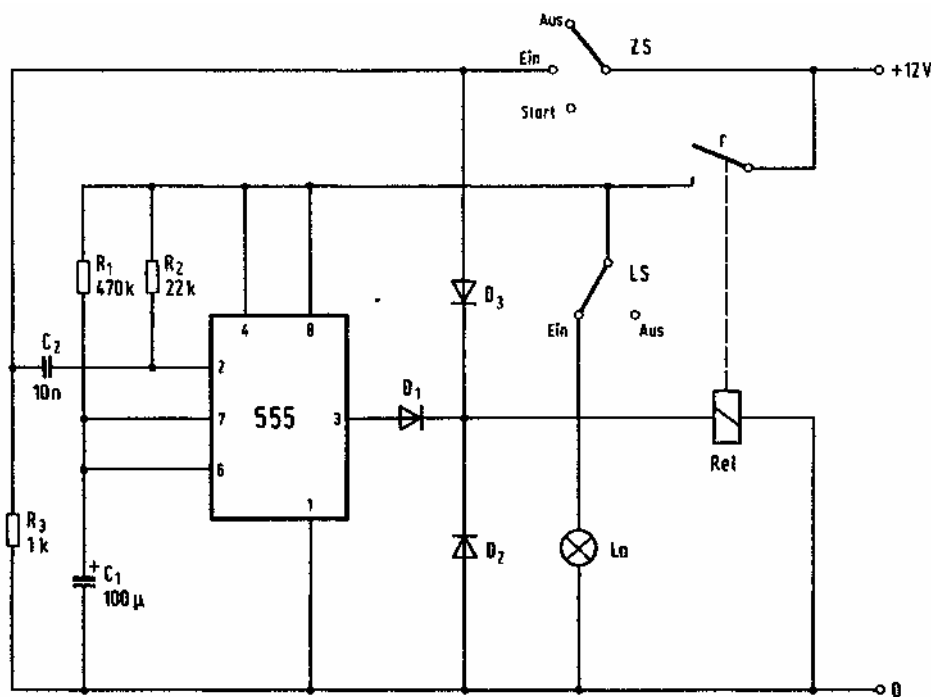


Abb. 51 Verzögerte Scheinwerfer-Ausschaltung. LS = Lichtschalter, ZS = Zündschalter

Wird die Zündung ausgeschaltet (also der Schalter ZS geöffnet), wird die Speisung des Relais über die Diode D3 unterbrochen, gleichzeitig fängt aber der Kondensator C2 über den Widerstand R2 aus der Betriebsspannung an sich aufzuladen (der andere Anschluß ist jetzt über den Widerstand R3 mit dem Minuspol der Betriebsspannung verbunden), und dadurch bekommt der Timer 555 einen negativen Impuls an den Trigger-Eingang (Pin 2), mit dem ein Schaltzyklus eingeleitet wird. Am Ausgang des Timers (Pin 3) erscheint H-Potential, mit dem über die Diode D1 die Spule des Relais Rel versorgt wird. Dies alles geschieht so schnell, daß das Relais gar nicht abfällt und der Kontakt r dadurch weiter geschlossen bleibt.

Nach der Triggerung des Zeitschalters fängt der Kondensator C1 über den Widerstand R2 aus der Betriebsspannung an sich aufzuladen. Dies geschieht so lange, bis die obere Schwellspannung erreicht ist (Pin 6). Dann kippt der monostabile Multivibrator erneut um (in den stabilen Zustand), am Ausgang des Timers (Pin 3) wird L-Potential, das Relais Rel fällt ab, der Kontakt r öffnet sich und die Lampe La erlischt.

Dadurch verlöscht das Licht des Scheinwerfers erst mit einer Zeitverzögerung nach dem Ausschalten der Zündung. Bei den angegebenen Werten beträgt die Zeit ca. 50 s.

4.2 Treppenhaus-Zeitschalter

Die Treppenhaus-Zeitschalter dienen zum automatischen Ausschalten der Flur- und Treppenbeleuchtung eine gewisse Zeit nach dem Einschalten. Früher wurden die Treppenhaus-Zeitschalter elektromechanisch oder elektropneumatisch realisiert, heute kann man sie mit einfachen Mitteln elektronisch aufbauen.

4.2.1 Treppenhausautomat

Eine einfache Schaltung eines Treppenhausautomaten zeigt *Abb. 52*. Nach der Betätigung des Tasters Ta führt der Ausgang des Timers (Pin 3) H-Potential, das Relais Rel zieht an, und der Kontakt r bleibt so lange geschlossen, bis die Spannung des sich aufladenden Kondensators C1 die Schwelle der Ausschaltspannung erreicht (bei den angegebenen Werten

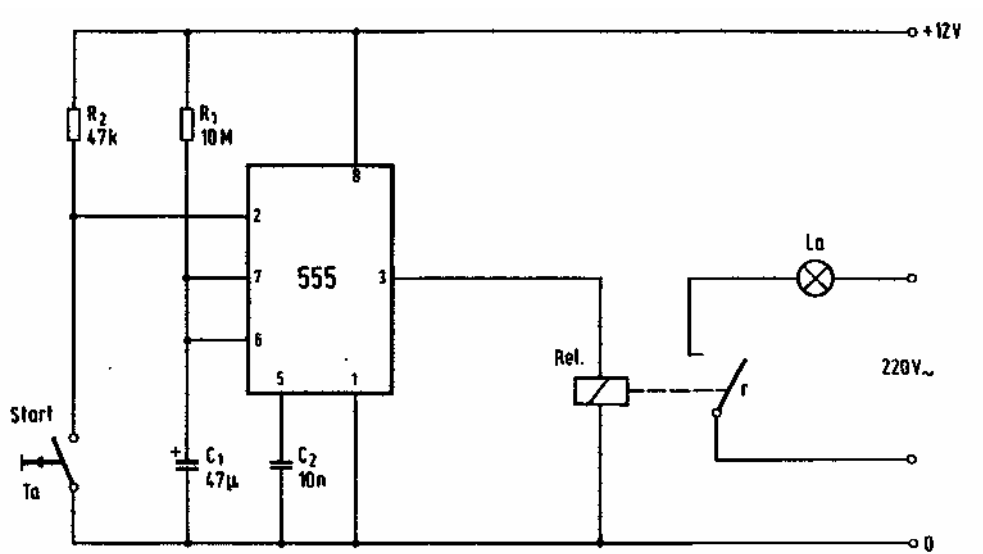


Abb. 52 Treppenhausautomat

beträgt die Zeit ca. 470 s). Danach liegt am Ausgang des Timers wieder L-Potential, und das Relais fällt ab.

Der minimale Spulenwiderstand des Relais beträgt 60 Ω , der Kontakt muß für 220 V sowie für die Leistung der angeschlossenen Lampen ausgelegt sein. Für die Betriebsspannung reicht ein Klingeltransformator (8 V, 100 mA) mit Brückengleichrichtung und einem Siebkondensator 1000 nR

4.2.2 Automatische Türbeleuchtung

Eine Türbeleuchtung, die sich durch Betätigen eines Tasters einschaltet (aber nur bei Dunkelheit) und sich nach einer gewissen Zeit automatisch wieder ausschaltet, zeigt *Abb. 53*. Der Taster Ta (oder ein Schalter) kann z. B. als Mikroschalter von einem Türflügel betätigt werden oder kann als Druckschalter unter der Fußmatte verborgen sein.

Der lichtempfindliche Widerstand LDR (light-depended resistor) bildet mit dem einstellbaren Widerstand R4 einen Spannungsteiler. Bei Dunkelheit ist der LDR hochohmig, so daß die Spannung, an die der Taster Ta angeschlossen ist, niedriger liegt als die untere Schaltschwelle ($= I_A U_B$).

4.2 Treppenhaus-Zeitschalter

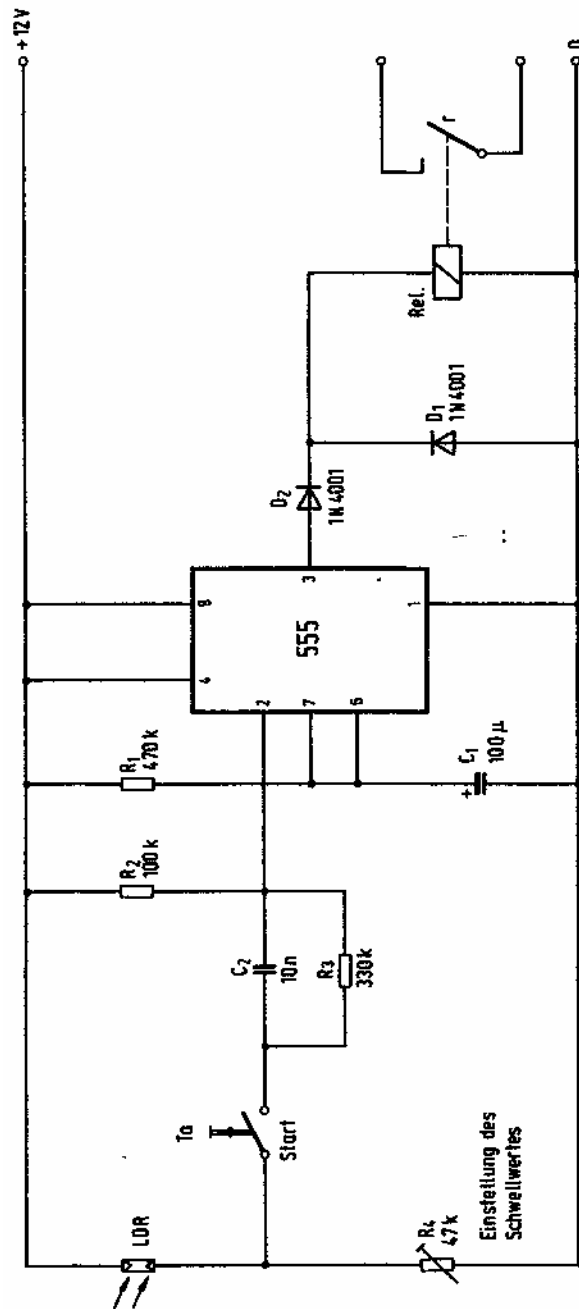


Abb. 59 Astabile Multivibrator-Treppenhauseinstellung

4 Zeitschaltungen

Bei Betätigen des Tasters entsteht am Trigger-Eingang (Pin 2) ein Trigger-Impuls, mit dem der Schaltzyklus gestartet wird. Die Kombination R3C2 dient als Impulsformer.

Bei guter Beleuchtung hat der LDR einen sehr kleinen Widerstandswert, und auf dem Spannungsteiler ist eine hohe Spannung, die höher liegt, als die untere Schaltschwelle, so daß der beim Schließen des Tasters Ta entstandene Impuls den Timer nicht starten kann. Den Schwellwert der Beleuchtung, bei dem der Zeitgeber startet, kann man mit dem Widerstand R4 einstellen.

4.2.3 Automatisches Garagenlicht

Fährt man mit dem Wagen in die Garage, ist es angenehm, wenn sich das Garagenlicht automatisch (bei Beleuchtung durch die Scheinwerfer) einschaltet und nach einer gewissen Zeit wieder ausschaltet. Dies ermöglicht eine einfache Schaltung mit dem Timer 555 (*Abb. 54*).

Aus einem festen und einem lichtempfindlichen Widerstand wird ein Spannungsteiler gebildet. Fällt auf den lichtempfindlichen Widerstand LDR das Licht der Scheinwerfer, verringert sich sein Widerstandswert so, daß die Spannung am Trigger-Eingang (Pin 2) unter die untere Schaltschwelle sinkt, und der Zeitvorgang wird ausgelöst. Das gleiche bewirkt der Taster EIN. Am Ausgang des Timers (Pin 3) erscheint H-Potential, der Triac schaltet durch und die Lampe La geht an.

Nach Ablauf der Zeitspanne (mit den hier angegebenen Werten nach ca. 50 s) erreicht die Spannung auf dem sich aufladenden Kondensator die obere Schaltschwelle (Pin 6), der monostabile Multivibrator kippt zurück in den ursprünglichen Zustand (L-Potential am Pin 3), der Triac schaltet mit dem nächsten Nulldurchgang der Netzspannung aus und die Lampe La erlischt. Ein vorzeitiges Ausschalten ermöglicht der Taster AUS, der auf den Reset-Eingang (Pin 4) eine niedrige Spannung (L-Potential) bringt und dadurch ein sofortiges Umkippen des monostabilen Multivibrators verursacht.

Die Taster EIN und AUS kann man zusammen als einen Umschalter realisieren. Der LDR muß so angebracht werden, daß ihn das Tageslicht nicht beeinflussen kann.

4.2 Treppenhaus-Zeitschalter

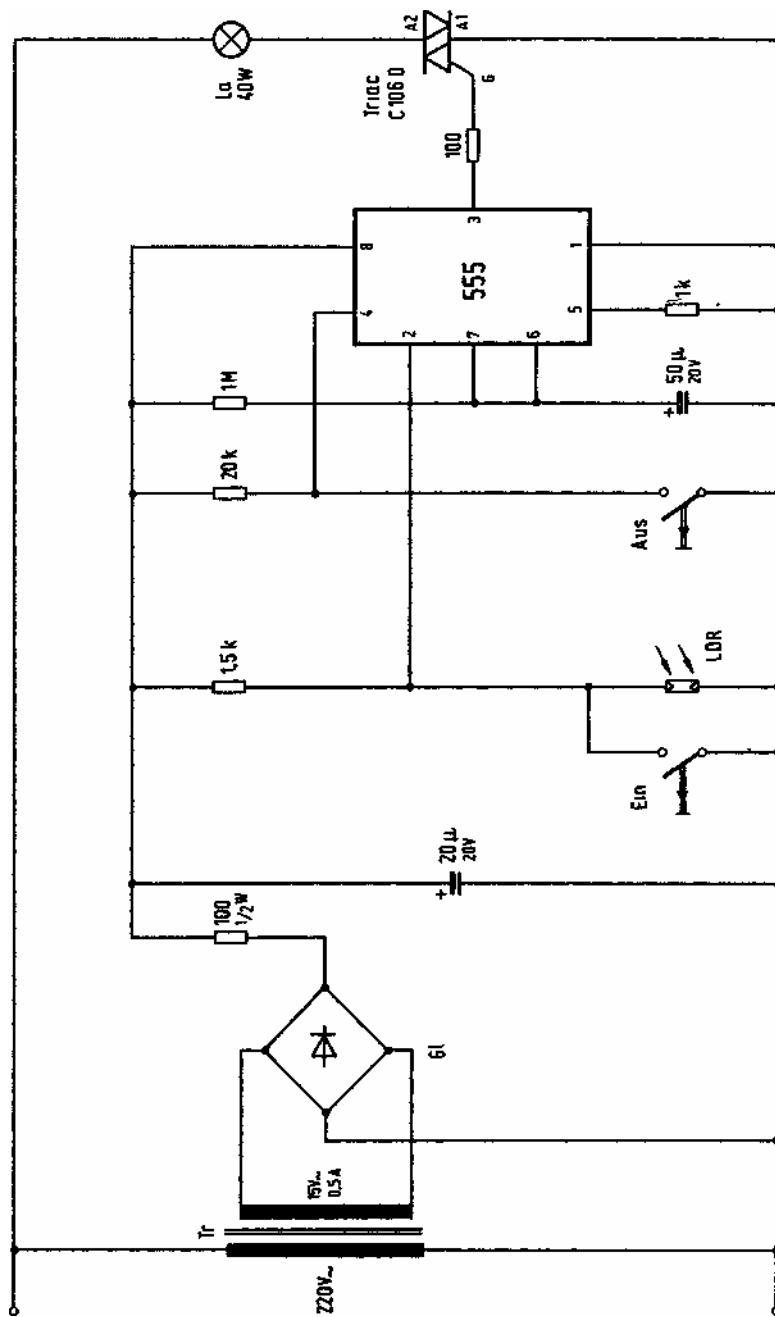


Abb. 54 Automatisches Garagenlicht

4.2.4 Automatisches Nachtlicht

Ein automatisches Abschalten des Lichts im Schlafzimmer (oder irgendeines Gerätes) nach ungefähr einer Stunde ermöglicht ein elektronischer Zeitschalter (*Abb. 55*).

Der Zeitschalter wird gestartet durch Betätigen des doppelten Tasters S1. Einen Teil des Tasters (S1b) überbrückt der Triac und schaltet die Lampe La (oder eine andere Last La) sowie den Transformator Tr ein (und dadurch auch die Betriebsspannung für die Schaltung). Der andere Teil des Tasters (S1a) legt kurzzeitig den Trigger-Eingang (Pin 2) auf L-Potential und löst damit den Zeitvorgang aus. Am Ausgang des Timers (Pin 3) erscheint H-Potential, das den Transistor T durchsteuert und dadurch den Triac voll öffnet.

Nach Ablauf der Zeit (Erreichen der Schwellspannung am Pin 6) kippt der monostabile Multivibrator um, am Ausgang des Timers (Pin 3) liegt L-Potential, der Transistor T sperrt, und der Triac schaltet die Last La und den Transformator Tr vom Netz ab.

Mit dem Taster S2 kann man den Schaltvorgang vorzeitig beenden. An den Reset-Eingang (Pin 4) wird L-Potential angelegt, und der monostabile Multivibrator kippt in den ursprünglichen Zustand um, die Schaltung schaltet die Last und sich selbst aus.

Der zeitbestimmende Kondensator soll einen möglichst kleinen Leckstrom aufweisen. Der Tasterteil S1b muß für 220 V und für die volle Last dimensioniert sein. Die gesamte Schaltung ist mit dem Netz verbunden, die Sicherheitsvorschriften müssen beachtet werden.

4.2.5 Flurlicht-Zeitschalter

Einen Zeitschalter für die Flurlichtbeleuchtung zeigt *Abb. 56*. Der Zeitvorgang wird durch den Taster EIN (oder durch einen anderen parallel geschalteten Taster) ausgelöst. Dadurch bekommt der Trigger-Eingang (Pin 2) kurzzeitig L-Potential, am Ausgang des Timers (Pin 3) erscheint H-Potential. Dieses wird über einen strombegrenzenden Widerstand R4 auf die Steuerelektrode des Triacs geführt, so daß dieser durchschaltet und die Lampe La leuchtet (genauso auch die Leuchtdiode LED, die das Einschalten anzeigt).

Der zeitbestimmende Kondensator C4 lädt sich auf, bis die obere Schaltschwelle erreicht ist (Pin 6), der monostabile Multivibrator kippt

4.2 Treppenhaus-Zeitschalter

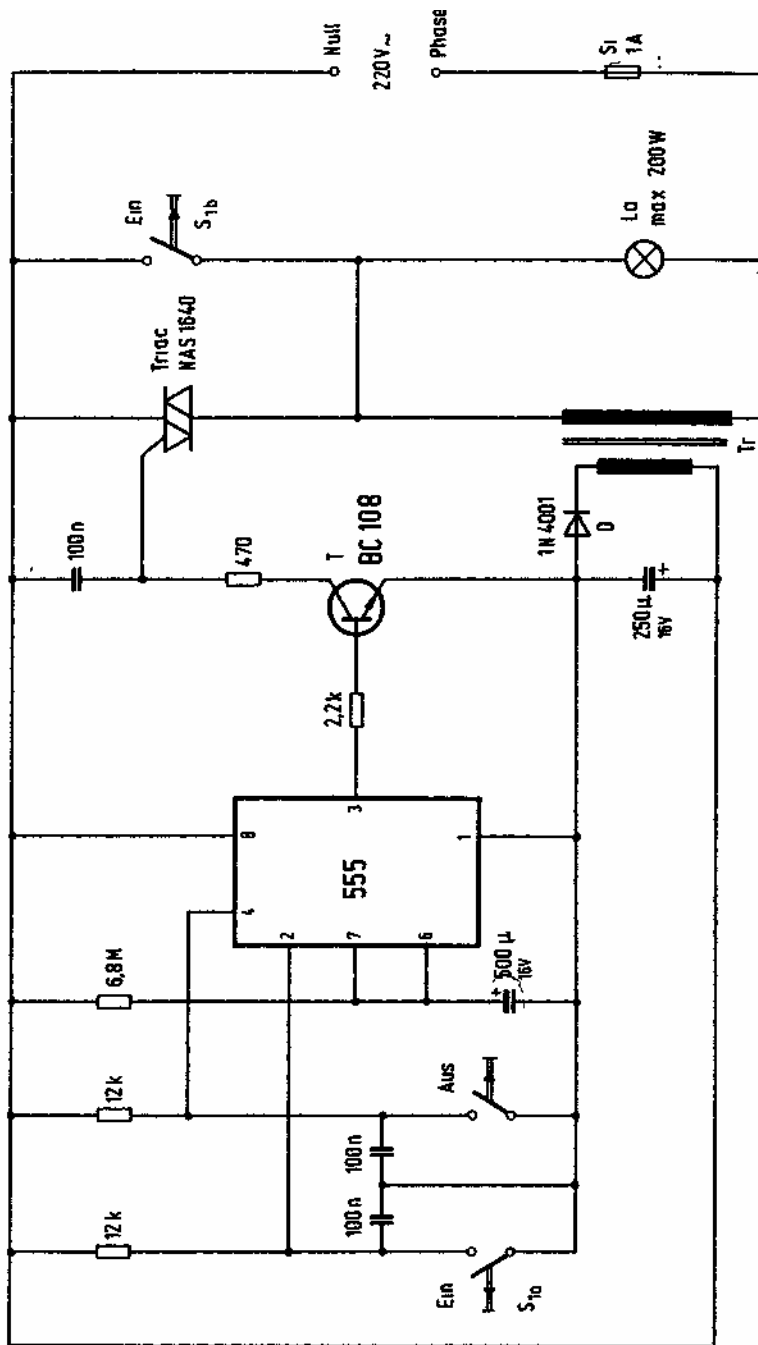


Abb. 55 Automatisches Nachtlicht

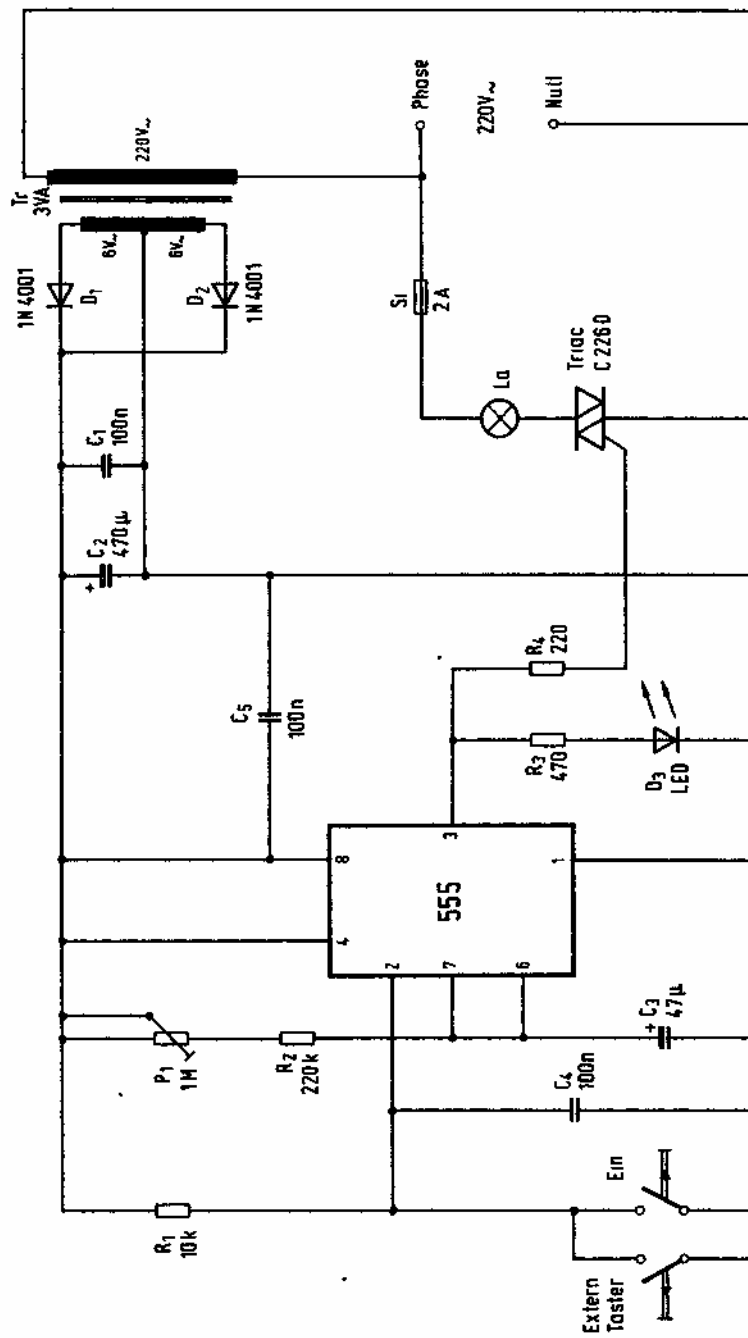


Abb. 56 Flurlichtzeitschalter

in den ursprünglichen Zustand um, am Ausgang des Timers (Pin 3) erscheint L-Potential, der Triac schaltet ab und die Lampe La geht aus.

Die Zeit kann man mit dem Potentiometer Pl einstellen (bei den angegebenen Werten beträgt diese bis zu einer Minute). Andere Zeiten kann man durch Änderung der Kapazität des Kondensators C3 erreichen (empfohlene Werte: 10 pF bis 220 nF).

Der Triac kann ohne Kühlung Lampen bis zu 100 W schalten, mit ausreichender Kühlung bis 500 W. Die Schaltung ist mit dem Netz verbunden, die Sicherheitsvorschriften müssen beachtet werden. Es ist auch ein Betrieb mit niedriger Gleichspannung möglich (z. B. 12 V). Dann können der Transformator und die Dioden durch einen Widerstand von 10 Ω und der Triac durch einen Transistor (z. B. BD 131) ersetzt werden (siehe dazu Abb. 33). Der Wert des Widerstandes R4 ändert sich auf 470 Ω . Der Lampenstrom darf bis zu 2 A betragen (bei 12 V eine Lampe mit 24 W), sonst muß ein leistungsfähigerer Transistor eingesetzt werden.

4.3 Präzisionszeitschalter

Präzisionszeitschalter nutzen die hervorragenden Eigenschaften des Timers 555, besonders die genaue Einhaltung und präzise Wiederholbarkeit der eingestellten Zeiten. Um wirklich genaue Zeiten zu erreichen, muß man als zeitbestimmende Kondensatoren und Widerstände nur Bauteile mit engen Toleranzen benutzen (gewöhnliche Bauteile haben zu große Toleranzen: Widerstände von 5% bis 20%, Kondensatoren meistens noch mehr, was gegenüber der vom Timer 555 erreichbaren Genauigkeit sehr viel ist - siehe dazu Anhang). Deswegen muß man solche Bauteile aussuchen oder geeignete Maßnahmen treffen, die auch bei größeren Toleranzen der Werte von Bauteilen ermöglichen, eine genaue Zeit einstellen zu können (z. B. ist es eine elegante Lösung, die feine Einstellung der Schwellspannung, die die Toleranzen der Bauteile ausgleichen kann, durch Änderung der Kontrollspannung am Pin 5 durchzuführen).

Ebenso wichtig ist auch die zeitliche Konstanz der Werte von den zeitbestimmenden Kondensatoren und Widerständen sowie deren Temperaturstabilität.

4.3.1 Präzisionstimer

Eine der ersten Schaltungen im deutschsprachigen Raum war ein einfacher Zeitgeber für die Messung der Belichtungszeit bei Photoarbeiten. Die Zeit wird mit dem Schalter S grob in Dekaden eingestellt (Abb. 57), eine feine Einstellung ist mit dem Potentiometer P möglich. Erreichbare Zeiten liegen bei den hier angegebenen Werten zwischen 0,1 und 10 000 s.

Durch Betätigung des Tasters Tal wird auf den Trigger-Eingang (Pin 2) ein Start-Impuls gegeben; der als monostabiler Multivibrator beschaltete Timer 555 geht in den nichtstabilen Zustand über, der Ausgang des Timers (Pin 3) liefert einen positiven Rechteckimpuls, dessen Amplitude etwa gleich der Betriebsspannung ist und mit max. 200 mA belastet sein darf. Das Relais Rel zieht an und schaltet mit seinen Kontakten die gewünschten Geräte ein (z. B. die Belichtungslampe).

Die Länge des Ausgangsimpulses, also die Zeit, in der das Relais angezogen ist, richtet sich nach den mit dem Schalter S und dem Potentiometer P eingestellten Werten. Je größer der Widerstand und die Kapazität

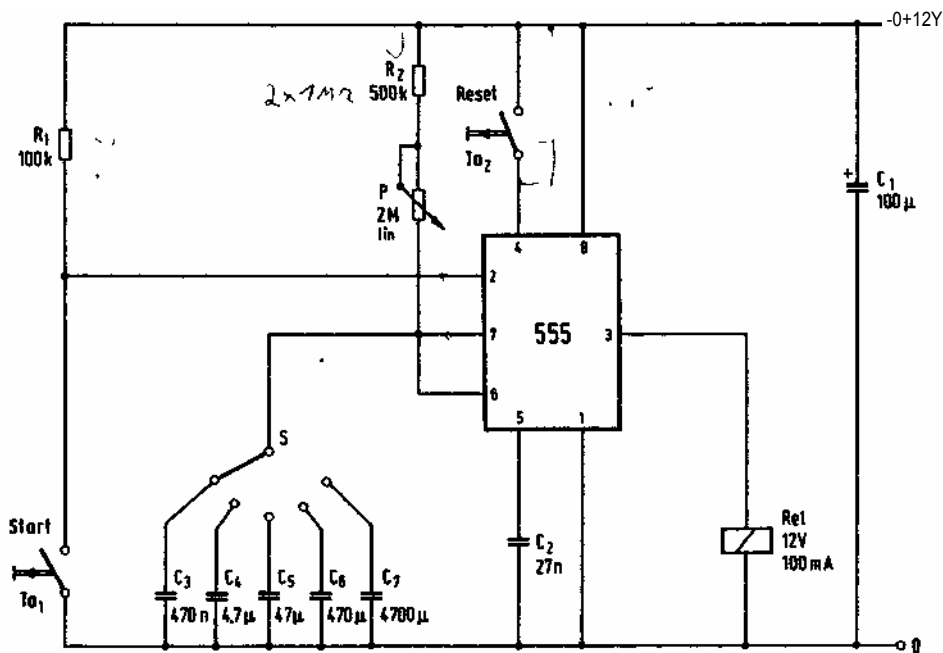


Abb. 57 Präzisionstimer

sind, desto länger wird es dauern, bis sich die Kapazität bis auf die obere Schwellspannung auflädt, die zum Abschalten führt und den monostabilen Multivibrator in den stabilen Zustand zurückversetzt.

Nach Ablauf der eingestellten Zeit führt der Ausgang des Timers (Pin 3) wieder L-Potential, das Relais fällt ab und das angeschlossene Gerät wird ausgeschaltet. Ein vorzeitiges Ausschalten ist durch Betätigen des Tasters Ta2 möglich.

Ist das Relais für eine kleinere Spannung ausgelegt, schaltet man einen Widerstand in Serie mit der Relaispule. Statt eines Relais kann man auch einen Triac anschließen, wobei die Steuerelektrode über einen Widerstand von ca. $150\ \Omega$ mit dem Ausgang des Timers (Pin 3) verbunden wird. Dadurch ist aber die ganze Schaltung mit der Netzspannung verbunden, die Sicherheitsvorschriften müssen beachtet werden.

4.3.2 Phototimer

Einen präzisen Zeitgeber für photographische Vergrößerungsarbeiten zeigt Abb. 58. Die Zeit ist einstellbar in Sekundenschritten von 1 s bis zu 119 s. Mit dem Schalter S1 sind die Sekunden, mit dem Schalter S2 immer je zehn Sekunden wählbar (in Abb. 58 sind wegen der Übersichtlichkeit nur zwei Widerstände gezeichnet, in Wirklichkeit sind es mehrere Widerstände in Serie, die mit den beiden Schaltern so umgeschaltet werden, daß immer einer dazu kommt).

Die Funktion des Zeitgebers ist im allgemeinen die gleiche, wie bei den vorherigen Schaltungen, diesmal ist aber eine feine Einstellung der Schwellspannung vorgesehen, die die Toleranz des zeitbestimmenden Kondensators C2 ausgleicht. Auf den Steuerspannungseingang (Pin 5) wird aus einem Spannungsteiler durch den Potentiometer R9 eine regulierbare Spannung geführt. Dadurch kann man die obere Schaltschwelle verändern, also den Zeitpunkt des Umschaltens beeinflussen und damit die genaue Zeit bestimmen, ohne daß auf die Toleranz der zeitbestimmenden Kapazität geachtet werden muß.

Der elektronische Zeitschalter wird mit dem Schalter S4 gestartet und, wenn notwendig, mit dem Schalter S3 vorzeitig gestoppt.

Der Kontakt r des Relais Rel schaltet zwischen der Lampe La 1 des Vergrößerungsgeräts und der Lampe La 2 der Dunkelkammerbeleuchtung um, wenn der Schalter S5 auf „ZEIT“ steht.

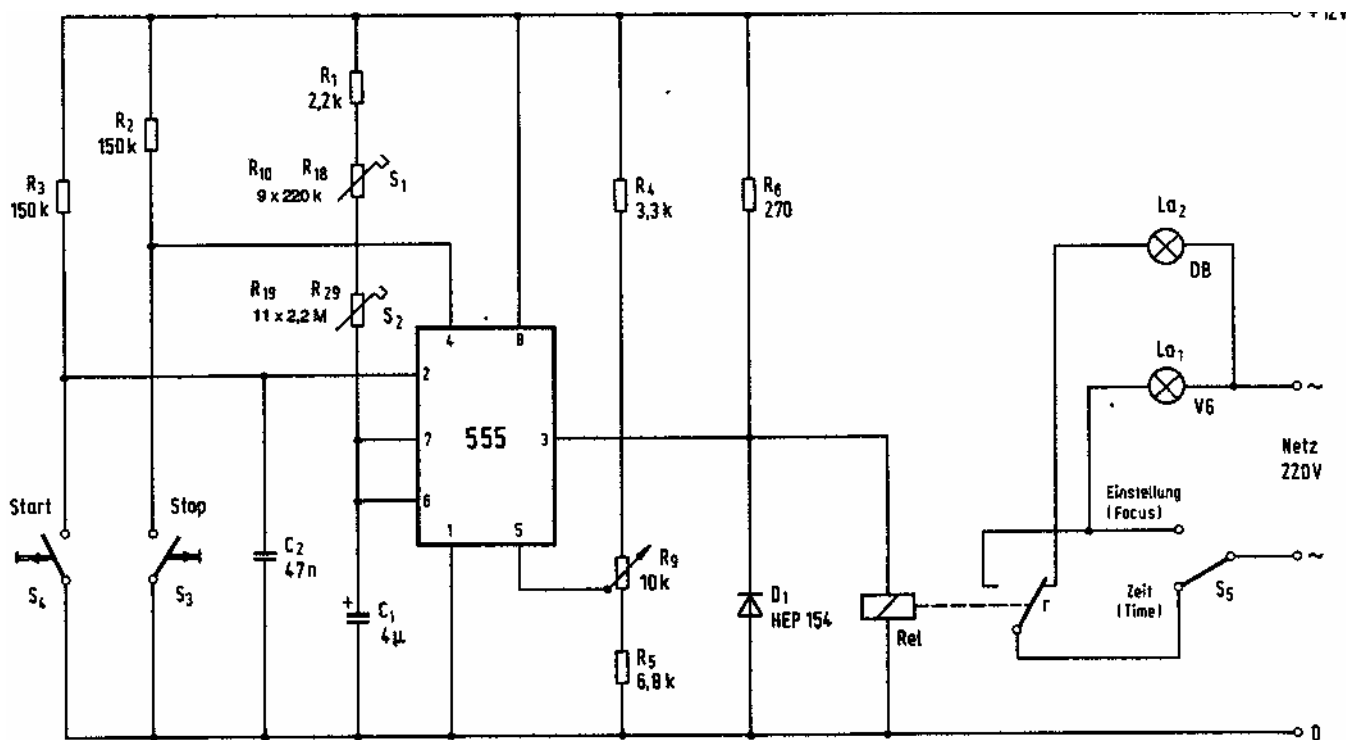


Abb. 58 Phototimer. DB » Dunkelkammerbeleuchtung, VG * Vergrößerungsgerät

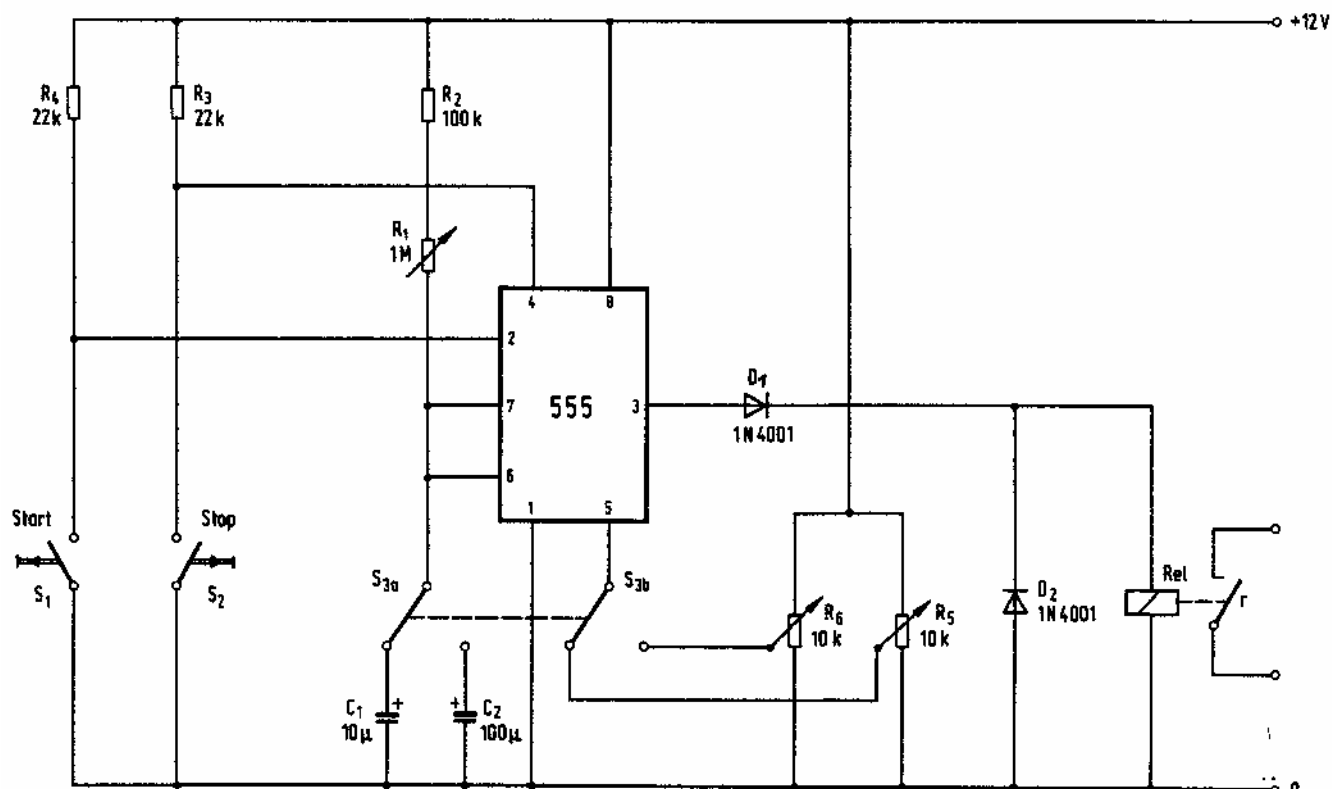


Abb. 59 Zeitgeber mit Relais

4.3.3 Zeitgeber mit Relais

Eine einfache Relaischaltuhr mit Schaltzeiten zwischen 1 s und 100 s in zwei Bereichen zeigt *Abb. 59*. Durch Betätigen des Tasters S1 wird der Zeitvorgang gestartet, mit dem Taster S2 kann er vorzeitig beendet werden.

Die Schaltung ähnelt dem Zeitgeber aus *Abb. 58*, diesmal sind aber die zeitbestimmenden Kondensatoren umschaltbar, und die Einstellung der Schaltzeiten erfolgt für jeden Zeitbereich separat (Ausgleich der Kapazitätstoleranzen jedes Kondensators mit den Potentiometern R5 und R6). Dadurch kann das Potentiometer R1 mit einer Skala versehen werden, die für beide Zeitbereiche die gleiche Aufteilung hat.

Zum Abgleich stellt man zuerst R1 auf den maximalen Wert, den Schalter S3 auf Zeitbereich 10 s (C1), betätigt den Taster S1 und stellt dann R5 so ein, daß sich eine Schaltzeit von genau 10 s ergibt. Danach schaltet man S3 auf Zeitbereich 100 s (C2), betätigt erneut den Taster S1 und stellt dann R6 so ein, daß sich eine Schaltzeit von genau 100 s ergibt. Damit ist der ganze Abgleich beendet.

4.3.4 Belichtungs-Zeitgeber für Photoarbeiten

Der Zeitgeber in *Abb. 60* ist ein Teil der Belichtungssteuerung fürs Vergrößerungsgerät. Der andere Teil ist ein Lichtmesser, der mit dem Zeitgeber mechanisch durch die gemeinsame Achse des Potentiometers P1 verbunden ist, so daß wenn eine bestimmte Helligkeit des Negativs gemessen wird, sich die dazu erforderliche Belichtungszeit einstellt.

Der Zeitgeber wird gestartet durch Betätigen des Tasters Ta, wobei der so entstandene Impuls durch R2C2 differenziert wird, so daß ein sauberes und definiertes Starten des monostabilen Multivibrators gewährleistet ist.

Die Zeiteichung durch das Potentiometer P2 erfolgt in Zusammenarbeit mit dem Belichtungsmesser. Es handelt sich dabei um die Veränderung der Schaltschwelle des Timers 555, die die mit den zeitbestimmenden Bauteilen voreingestellte Zeit beeinflusst.

4.3.5 Duka-Timer

Einen Dunkelkammer(=Duka)-Zeitschalter mit Batteriespeisung und galvanischer Trennung vom Netz zeigt *Abb. 61*. Mit dem Schalter S1 wird

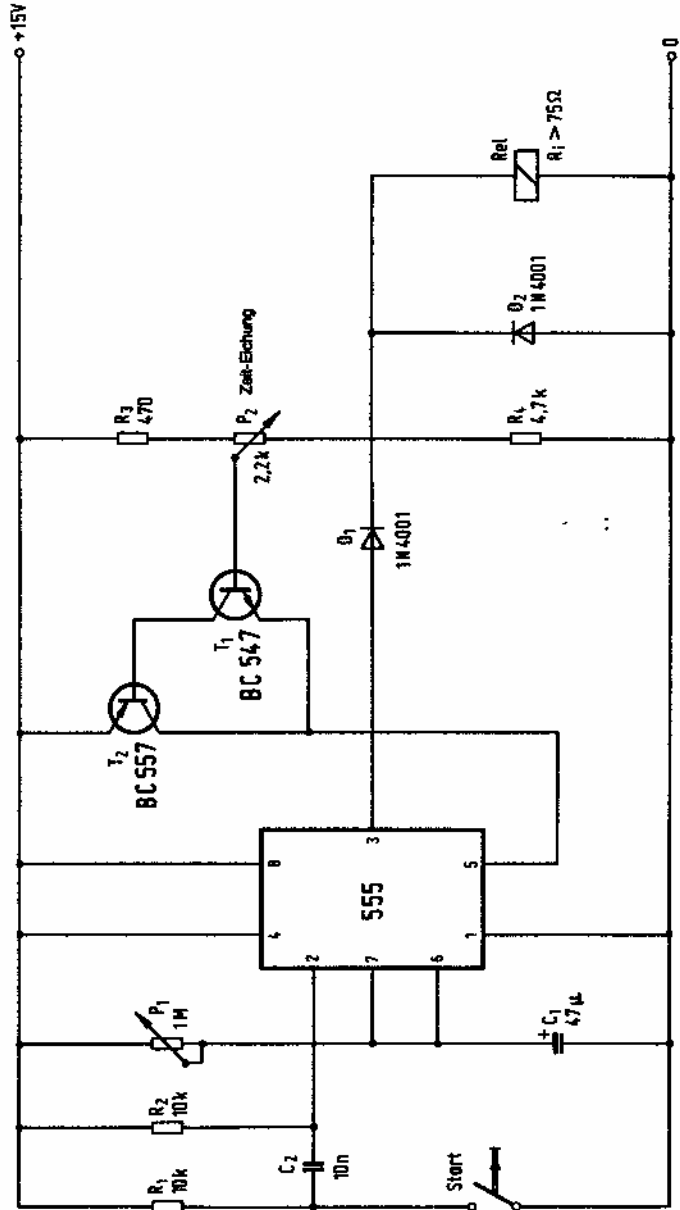


Abb. 60 Belichtungs-Zeitgeber für Photoarbeiten

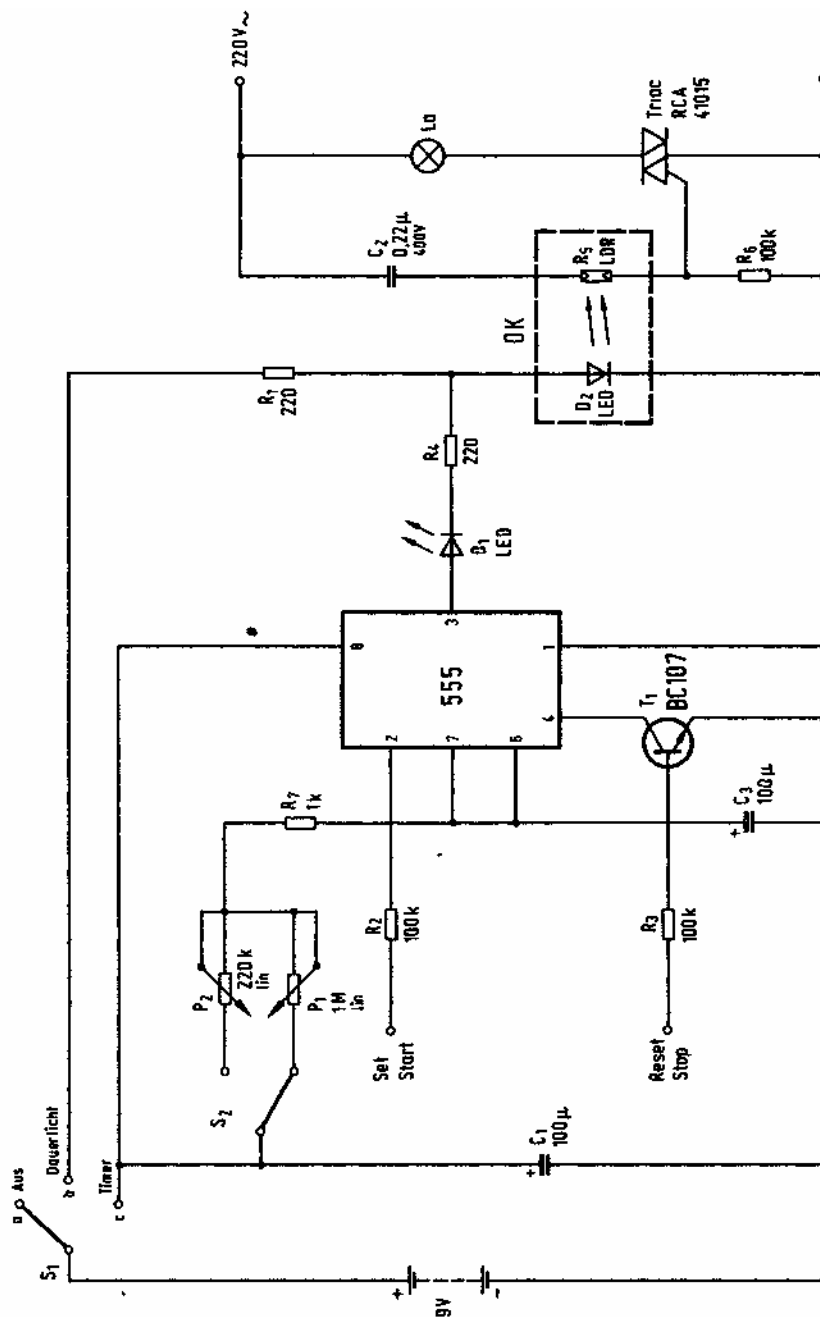


Abb. 61 Duka-Timer (Dunkelkammer-Zeitschalter)

4.3 Präzisions-Zeitschalter

die ganze Schaltung ausgeschaltet (Stellung a), das Dauerlicht eingeschaltet (Stellung b) oder der Zeitschalter in Betrieb genommen (Stellung c). In der Stellung b wird die Leuchtdiode D2 über den Widerstand R1 gespeist, so daß sie auf den lichtempfindlichen Widerstand LDR leuchtet, dessen Widerstand klein wird, der Triac schaltet durch, und die Lampe La des angeschlossenen Vergrößerungsgeräts leuchtet dauernd (dient zur Scharfeinstellung der Vergrößerungsoptik).

Bei der Umschaltung in die Stellung c des Schalters S1 erhält der Timer Betriebsspannung und gleichzeitig beginnt der Schaltvorgang. Am Ausgang des Timers (Pin 3) erscheint H-Potential, die Leuchtdiode D1 leuchtet (dient zur Kontrolle), die über den Widerstand R4 gespeiste Leuchtdiode D2 leuchtet ebenfalls, der Triac schaltet durch und die Lampe La leuchtet.

Die Zeitdauer ist einstellbar, grob durch den Schalter S2 und fein mit den Potentiometern P1 (0,1 bis 100 s) oder P2 (0,1 bis 20 s). Der zeitbestimmende Kondensator C3 soll einen sehr kleinen Leckstrom aufweisen, empfohlen wird ein Tantalelektrolyt. Wenn man einen gewöhnlichen Elektrolytkondensator nimmt, muß er wegen des größeren Leckstroms eine wesentlich kleinere Kapazität haben (z. B. die Hälfte).

Eine Besonderheit dieser Schaltung ist die Möglichkeit, durch einfaches Berühren der Punkte RESET bzw. SET den Schaltvorgang vorzeitig zu stoppen bzw. neu zu starten.

5 Impulsgeneratoren

Impulsgeneratoren mit dem Timer 555 sind astabile Multivibratoren, die ununterbrochen Impulse produzieren. Je nach der Art der Impulse lassen sich die Impulsgeneratoren in mehrere Gruppen einteilen. In Anlehnung an die Einteilung der Ausgangsschaltungen des Timers 555 (Kap. 3) sind hier die Impulsgeneratoren in vier Gruppen geteilt, je nachdem, welche Ausgangsschaltung benutzt wird.

Elektrische Impulsgeneratoren liefern elektrische Impulse für angeschlossene elektronische Schaltungen, optische Impulsgeneratoren produzieren sichtbare oder unsichtbare Lichtimpulse, akustische Impulsgeneratoren geben hörbare Schallimpulse von sich und Impulsgeneratoren mit einem mechanischen Ausgang geben einen Takt für elektrisch betriebene mechanische Geräte (z.B. Scheibenwischer, Pumpe usw.).

5.1 Elektrische Impulsgeneratoren

Elektrische Impulsgeneratoren mit dem Timer 555 liefern Rechteckimpulse einer Frequenz für weitere elektronische Schaltungen (z. B. als Taktgenerator für digitale Systeme) oder Rechteckimpulse (bzw. Sägezahnimpulse) mit einer veränderbaren Frequenz für Meßzwecke (z. B. als Generator zum Experimentieren oder als Zeitbasis eines Oszilloskops). Solche Impulsgeneratoren haben oft die Möglichkeit, nicht nur die Frequenz, sondern auch die Amplitude der Ausgangsimpulse einzustellen.

5.1.1 Einfacher Impulsgenerator

Für Experimente mit digitalen Schaltungen braucht man einen Impulsgenerator mit verschiedenen Frequenzen, der Impulse mit H-Potential und L-Potential liefert. Für diese Zwecke kann man einen einfachen Impulsgenerator mit sehr schmalen Impulsen benutzen (*Abb. 62*). Die Frequenz ist in vier Stufen wählbar: 100, 10, 1 und 0,1 Hz. Der zeitbestimmende

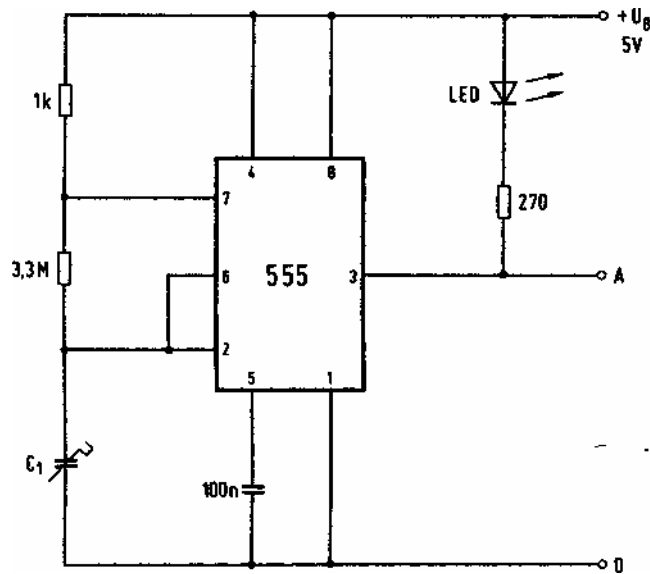


Abb. 62 Einfacher Impulsgenerator

Kondensator ist umschaltbar. Mit einem Schalter wird einer der vier Kondensatoren ausgewählt: 1 nF, 10 nF, 100 nF oder 1 μ F. Die Qualität der Kondensatoren ist für die Eigenschaften des Impulsgenerators entscheidend. (Also sollte man keine Keramiktypen mit meistens größerer Temperaturabhängigkeit der Kapazität benutzen.) Der Timer 555 selbst garantiert ein stabiles Signal auch bei Schwankungen der Temperatur und der Betriebsspannung U_B . Die Leuchtdiode LED am Ausgang des Timers zeigt durch Blinken die Funktion des Impulsgenerators an.

5.1.2 Durchstimmbarer Rechteckgenerator

Einen Rechteckspannungsgenerator mit variabler Frequenz zeigt *Abb. 63*. Der Timer 555 arbeitet als astabiler Multivibrator mit einem veränderbaren Widerstand R_2 , der die Einstellung der Ausgangsfrequenz im Bereich von 650 Hz bis 7,2 kHz erlaubt. In Serie mit dem R_2 ist ein Festwiderstand R_3 geschaltet, der die höchste erzielbare Frequenz bei den angegebenen Werten bestimmt ($R_A = R_2 + R_3$).

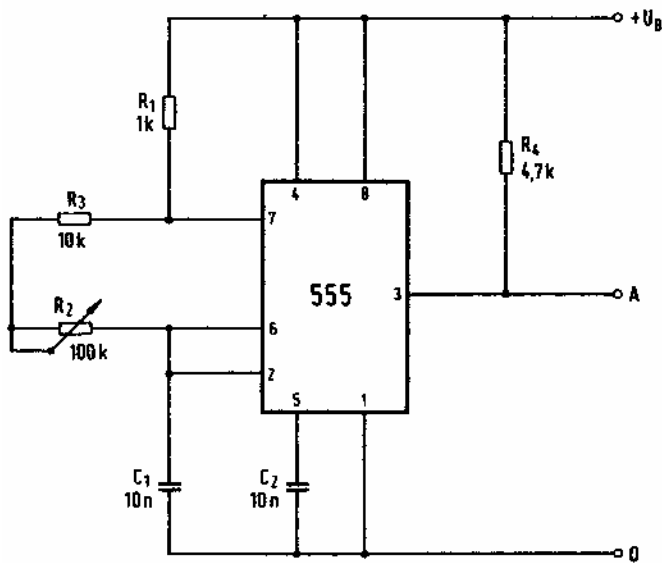


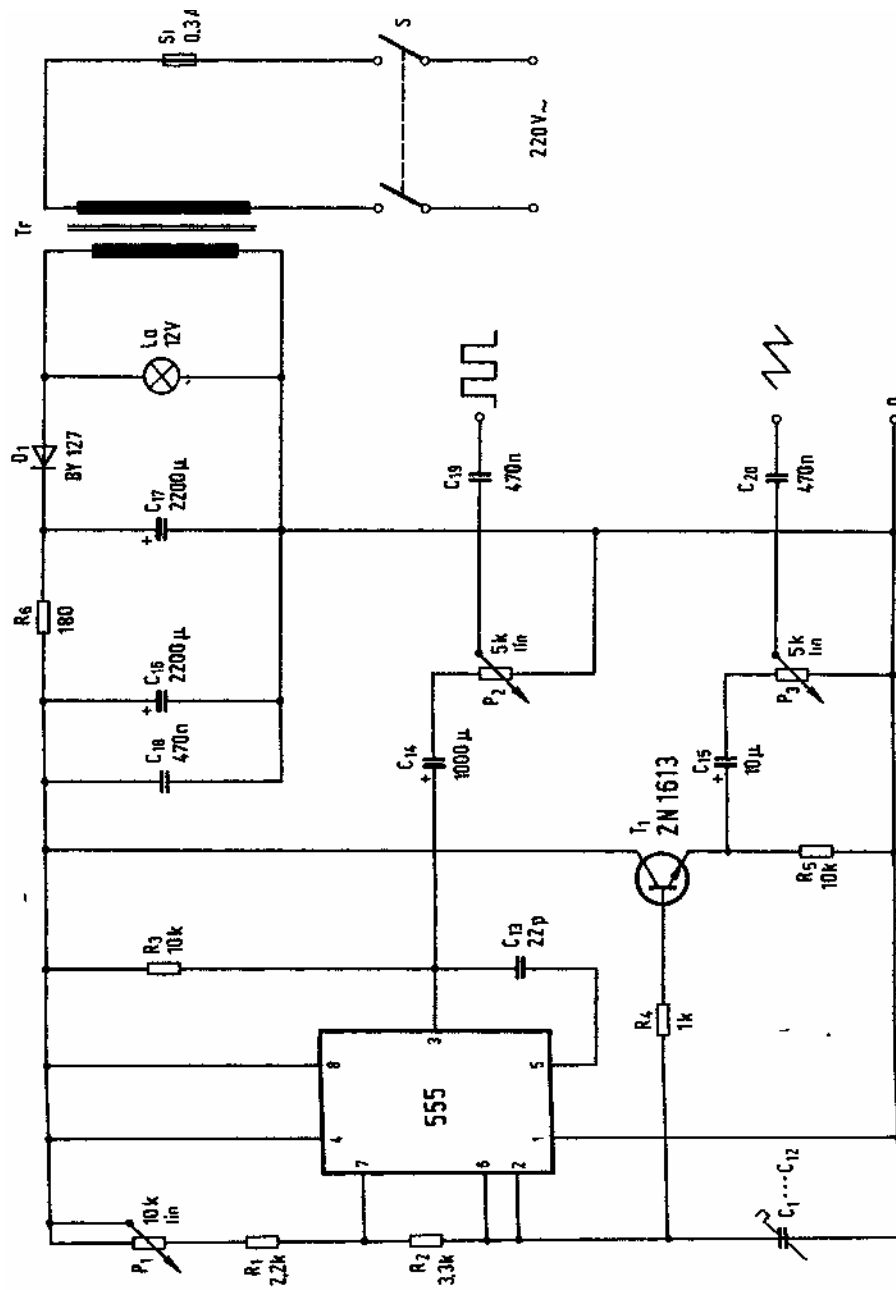
Abb. 63 Durchstimmbarer Rechteckgenerator

5.1.3 Rechteck- und Sägezahngenerator

Einen Generator für rechteckförmige und sägezahnförmige Spannungen mit Frequenzen von 7 Hz bis 16 kHz zeigt *Abb. 64*. Das ganze Frequenzspektrum ist in zwölf Bereiche unterteilt, die durch einen Schalter ausgewählt werden. Dieser zwölfstufige Schalter schaltet die zwölf zeitbestimmenden Kondensatoren um (10 jF, 6,9 jF, 4,7 pF, 2,2 jF, 1 jF, 0,47 jF, 0,33 nF, 0,22 fF, 0,1 fF, 47 nF, 33 nF, 10 nF), die die grobe Einstellung der Frequenz ermöglichen. Die feine Frequenzeinstellung wird mit dem Potentiometer P1 vorgenommen (der Festwiderstand R1 in Serie mit P1 begrenzt den Strom durch den Schalttransistor des Timers 555 bei minimalem Widerstandswert des P1).

Am Ausgang des Timers (Pin 3) mit angeschlossenem Arbeitswiderstand R3 wird die rechteckförmige Ausgangsspannung über den Kondensator C14 abgenommen und an das Potentiometer P2 geführt, so daß sich die Amplitude von Null bis 14 V einstellen läßt.

Die sägezahnförmige Ausgangsspannung wird direkt von den zeitbestimmenden Kondensatoren C1 bis C12 gewonnen, über einen Widerstand R4 an die Basis des Transistors T geführt und von dem Emitter über



Ahh Ad Rechtank und Säurekamentar

den Kondensator C15 abgenommen. Mit dem Potentiometer P3 kann man dann die Amplitude der Sägezahnspannung von Null bis 4 V einstellen. Die Trennungsstufe (Emitterfolger) mit dem Transistor T ist notwendig, um eine Frequenzbeeinflussung bei angeschlossener Last auszuschließen.

Ein einfaches Netzteil mit guter Filterung versorgt den Generator mit der erforderlichen Gleichspannung +15 V (Stromaufnahme ca. 10 mA).

5.1.4 Quarzoszillator

Die Ausgangsfrequenz des astabilen Multivibrators mit dem Timer 555 kann man auch mit einem Quarzresonator stabilisieren, wie man aus der Abb. 65 sieht. Die Ankopplung der Haupteingänge (Pin 2 und 6) erfolgt über einen Schwingquarz X. Das zeitbestimmende Glied R_1 , R_2 , C wählt man so, daß dessen Frequenz f in der Nähe der Quarzfrequenz f_q oder einer subharmonischen f_q/n der Quarzfrequenz liegt. Die Ausgangsfrequenz wird dann f_q oder f_q/n sein. Einen Frequenzfeinabgleich kann man mit einer zum Quarz parallel oder in Serie liegenden Trimmkapazität durchführen.

Abb. 66 zeigt einen Quarzoszillator mit einer Frequenz von 100 kHz, die mit einem parallel geschalteten Kapazitätstrimmer genau eingestellt

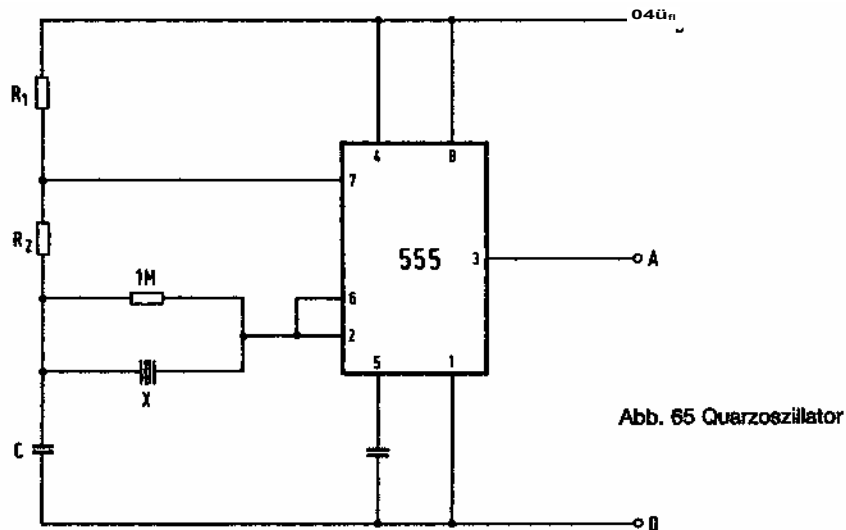
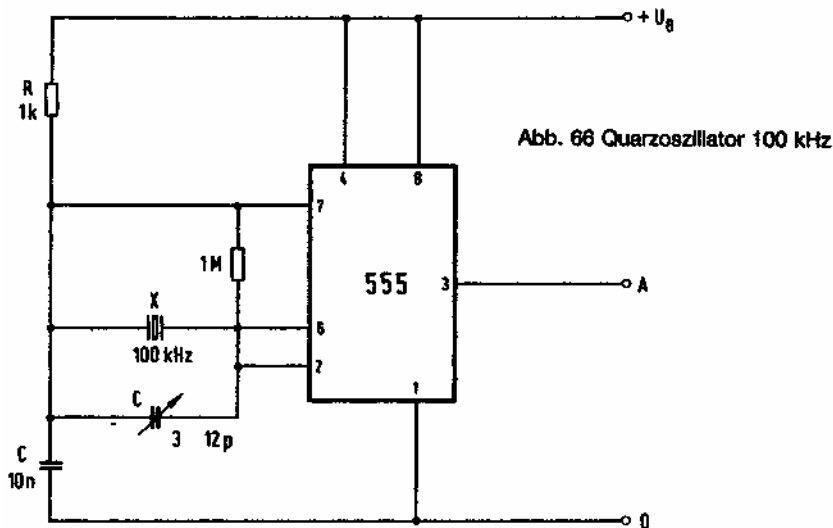


Abb. 65 Quarzoszillator



werden kann. Der Widerstand von 1 MΩ erleichtert das Anschwingen des Oszillators bei Anlegen der Betriebsspannung.

Für einen Schwingquarz mit einer anderen Frequenz (oder für eine subharmonische Frequenz) bestimmt man die erforderlichen Werte des Kondensators C und des Widerstandes R aus der Gleichung $f = 1,443/RC$.

5.1.5 Einstellbarer Impulsgenerator

Abb. 67 zeigt einen Impulsgenerator mit variabler Frequenz, bei dem Pulsdauer und Pulspause unabhängig voneinander zwischen 7,5 μ s und 750 μ s einstellbar sind. Das Prinzip beruht auf zwei voneinander getrennten Auf- und Entladewegen für die Kapazität C1 (siehe dazu Abb. 16), mit denen die Schaltung eines durchstimmbaren Rechteckgenerators (Abb. 63) erweitert wurde. Der Kondensator C1 lädt sich über R1, R2, D1 auf, entlädt sich aber über R4, R3 und D2. Weil man den Wert des Widerstandes R2 bzw. R4 verändern kann, stellt man damit die Pulsdauer bzw. die Pulspause ein. In Serie zu den einstellbaren Widerständen sind noch die Festwiderstände R1 bzw. R3 geschaltet, um minimale Widerstandswerte zu gewährleisten.

Eine andere Variante dieser Schaltung stellt Abb. 68 dar. Es ist ein Rechteckgenerator mit einer festen Frequenz (ca. 1 kHz), wobei das Tastverhältnis zwischen 1% und 99% einstellbar ist. $\wedge \wedge$

5 Impulsgeneratoren

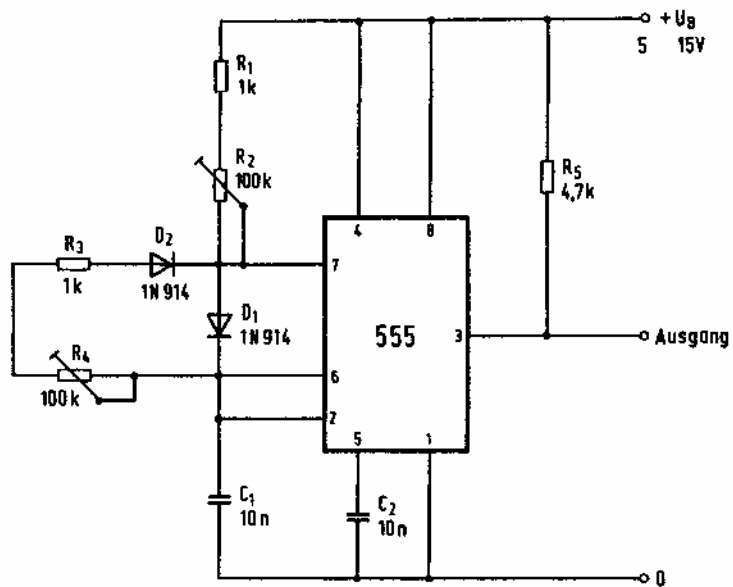


Abb. 67 Impulsgenerator mit einstellbarer Pulsdauer und Pulspause

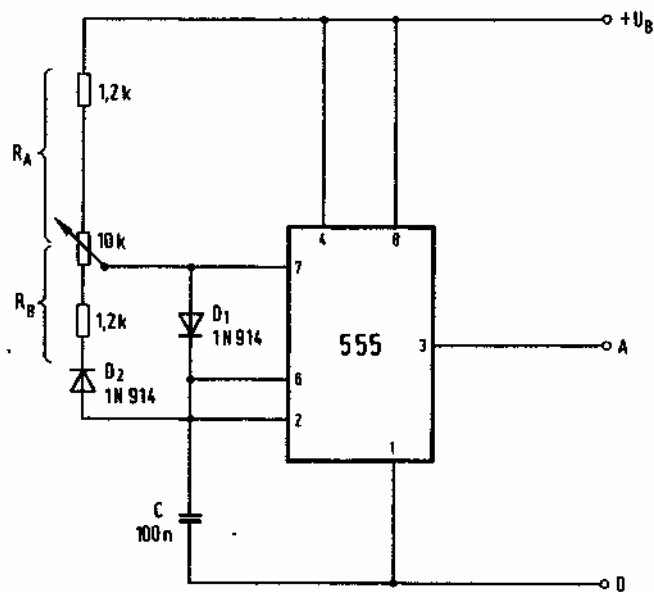


Abb. 68 Impulsgenerator mit einstellbarem Tastverhältnis

5.1.6 Einfacher Nadelimpulsgenerator

Abb. 69 zeigt einen einfachen Impulsgenerator, der sehr schmale Impulse erzeugt. Wenn der innere Transistor (Pin 7) sperrt, bekommt die Basis des Transistors T über den Widerstand R und die Diode D positive Spannung, so daß sich der Transistor T öffnet, und der Kondensator C wird über die Strecke Kollektor-Emitter aus der Betriebsspannung aufgeladen. Nach Erreichen der oberen Schwellspannung (Pin 6) kippt der astabile Multivibrator um, der innere Transistor des Timers schaltet durch, so daß am Pin 7 ein L-Potential erscheint und dadurch der Transistor T sperrt. Der Kondensator C entlädt sich über das Potentiometer P so lange, bis die untere Schwellspannung erreicht ist. Dann kippt der astabile Multivibrator erneut in die ursprüngliche Lage zurück, der Transistor T öffnet sich und der ganze Vorgang wiederholt sich. ___.

Die Ausgangsfrequenz bestimmt man in einem großen Bereich (von einigen Zehntel Hz bis hundert kHz) durch Auswählen der Werte des Potentiometers P und Kondensators C (siehe Anhang).

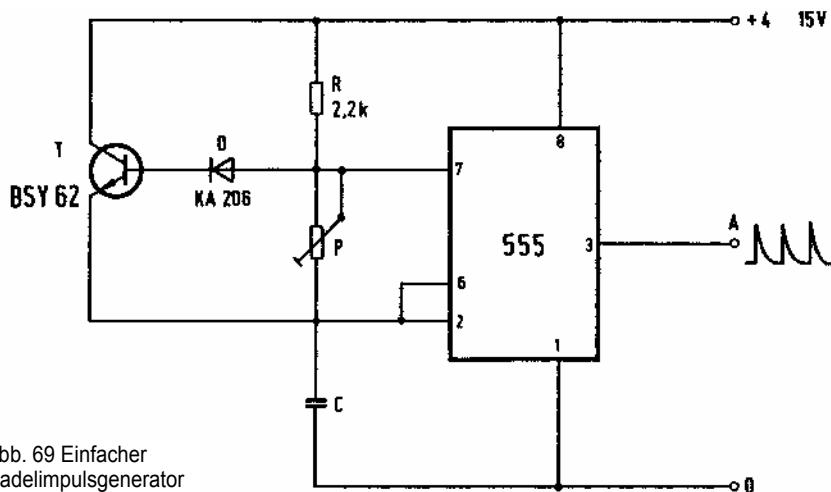


Abb. 69 Einfacher Nadelimpulsgenerator

5.2 Optische Impulsgeneratoren

Impulsgeneratoren mit einem optischen Ausgang nennt man verkürzt optische Impulsgeneratoren. Sie haben am Ausgang einen elektroopti-

5 Impulsgeneratoren

sehen Wandler, der die elektrischen Impulse in optische Impulse umwandelt (z.B. sichtbar als Blinken oder unsichtbar als modulierte Infrarot-Signale).

5.2.1 Taschensignalisator

Abb. 70 zeigt einen einfachen Signalisator, der nach einer gewissen Zeit (Minuten bis Stunden) durch Aufleuchten der Leuchtdiode an etwas erinnern soll. Die Zeit stellt man mit dem Potentiometer P ein. Wenn man einen Kondensator C mit größerer Kapazität benutzt, sollte es ein Tantalelektrolyt sein.

5.2.2 Blinkschaltung

Eine Blinkschaltung mit zwei Leuchtdioden zeigt Abb. 71. Der Ausgang (Pin 3) ist nach Abb. 29 beschaltet: eine Leuchtdiode ist vom Ausgang über einen strombegrenzenden Widerstand R3 mit dem Pluspol der Betriebsspannung verbunden, die andere LED führt über R4 zum Minuspol.

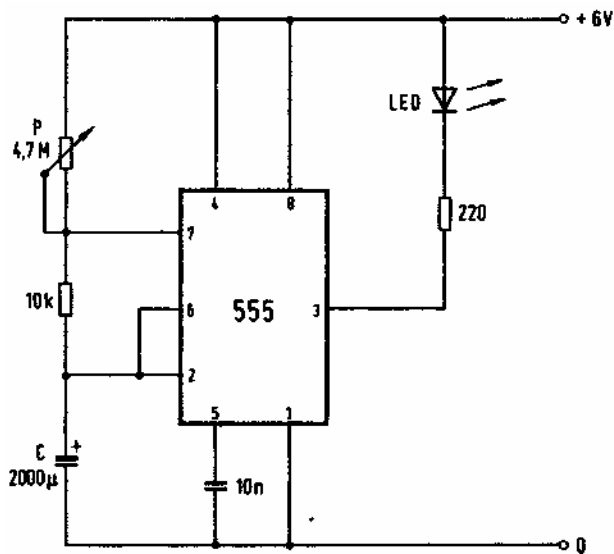


Abb. 70 Taschensignalisator längerer Zeiten

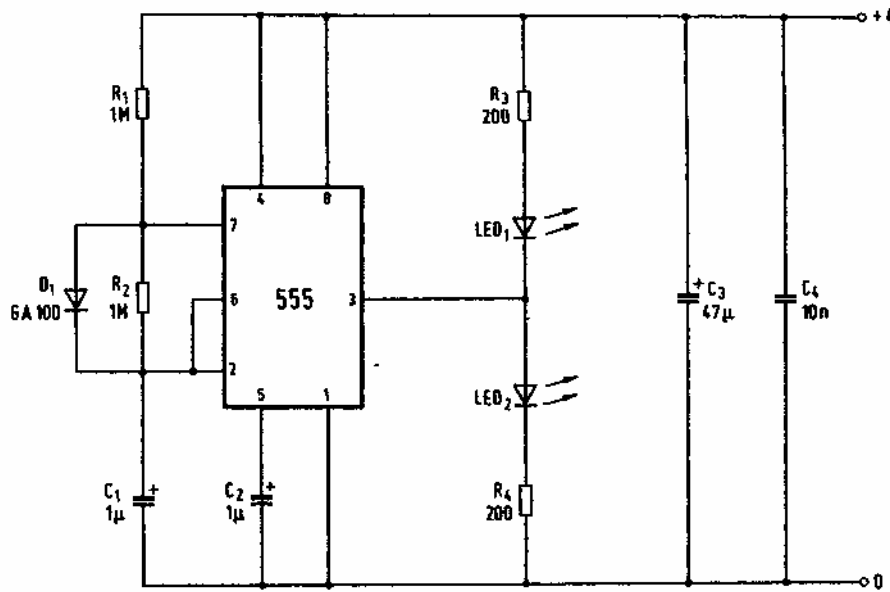


Abb. 71 Blinkschaltung mit zwei Leuchtdioden

Der Eingang ist als astabiler Multivibrator nach Abb. 16 beschaltet: eine Germaniumdiode trennt den Auf- und Entladeweg, so daß bei gleich großen Widerständen R_1 und R_2 ein Tastverhältnis von 0,5 zustande kommt. Die Leuchtdioden leuchten also abwechselnd (etwa im Sekundenrhythmus), die Leuchtzeiten beider Leuchtdioden sind gleich.

Eine solche Blinkschaltung kann man als Prüfschaltung für den Zeitgeber selbst oder für verschiedene Effekte ausnutzen (z. B. für eine Brosche in Tierform, indem man anstelle der Augen zwei kleine Leuchtdioden vorsieht, oder als Blinkschaltung vor dem Bahnübergang einer Modelleisenbahn usw.).

5.2.3 Infrarot-Sender

Abb. 72 zeigt einen astabilen Multivibrator mit einer angeschlossenen Infrarot-Diode, die Leuchtimpulse im Infrarot-Bereich sendet. Die Impulse sind 1 μs breit (bestimmt durch R_2 und C_2), und die Pause dauert 1 ms (bestimmt durch R_1 , R_2 und C_2).

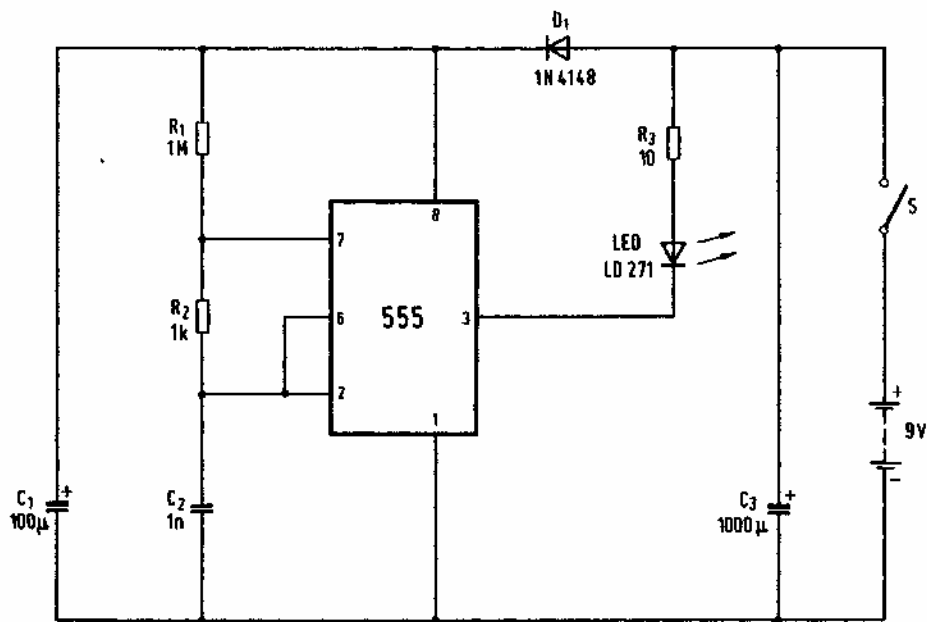


Abb. 72 Infrarot-Sender

Die Diode D1 trennt den Zeitgeberbereich von den Spannungsschwankungen, die durch relativ große Ströme der Infrarot-Diode verursacht werden, obwohl zum Ausgleich ein Kondensator (C3) mit großer Kapazität vorgesehen ist.

5.2.4 Impulsgenerator mit IR-LED

Abb. 73 zeigt einen Impulsgenerator mit angeschlossenem Schalttransistor T2, der die Infrarot-Diode schaltet (Strom ca. 100 mA). Die Frequenz der Impulse ist mit dem Potentiometer P einstellbar. Der astabile Multivibrator wird durch Eingangssignale ein- und ausgeschaltet. Der Transistor T1 dient als Inverter, und wenn er leitet, hat er am Kollektor L-Potential, das, an den Reset-Eingang (Pin 4) angelegt, die astabile Funktion (also die Erzeugung der Impulse) unterbricht (siehe dazu Abb. 18). Dieser Impulsgenerator wird als IR-Sender benutzt, um mit den Signalen, die aus einem Mikrocomputer kommen, drahtlos die Peripheriegeräte zu steuern.

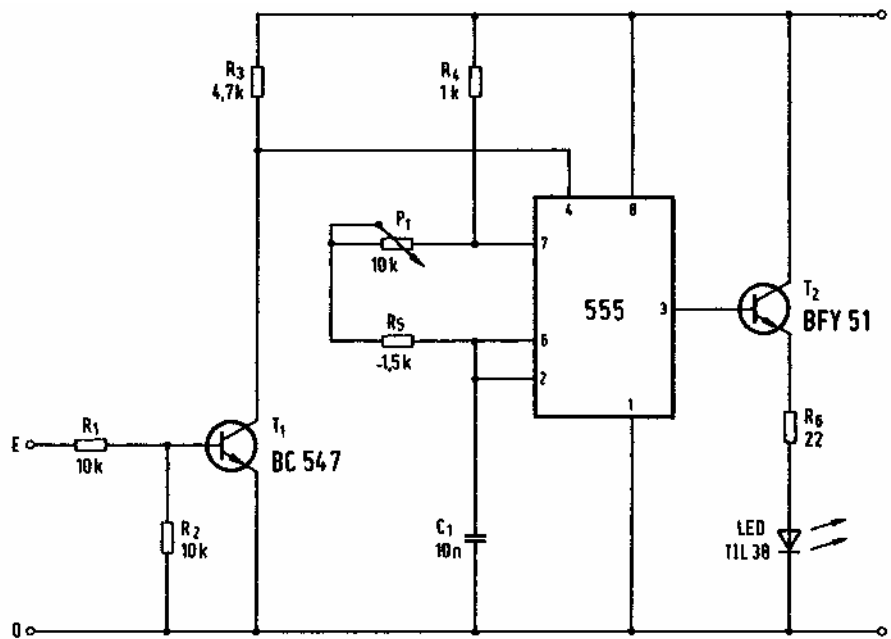


Abb. 73 Impulsgenerator mit Infrarot-Leuchtdiode

5.3 Akustische Impulsgeneratoren

Impulsgeneratoren mit einem akustischen Ausgang nennt man verkürzt akustische Impulsgeneratoren. Sie haben am Ausgang einen elektroakustischen Wandler (z.B. Lautsprecher), der die elektrischen Impulse in akustische Impulse umwandelt. Gemeint sind damit aber nicht die Tongeneratoren, die einen Ton erzeugen (siehe dazu Kap. 6), sondern nur solche Generatoren, die einzeln hörbare Impulse produzieren.

Ein Beispiel für einen akustischen Impulsgenerator ist ein Metronom, das eine Takthilfe für Musiker darstellt. In der mechanischen Ausführung besteht das Metronom aus einem mit tickendem Schlagwerk versehenen aufrechten Pendel mit regulierbaren Anschlägen (ablesbar in Zahl pro Minute).

Mit dem Präzisionstimer 555 kann man elektronische Metronome bauen, die nicht nur als Ersatz dienen, sondern noch bessere Eigenschaften als mechanische Metronome haben (sie brauchen allerdings eine elektrische Stromquelle).

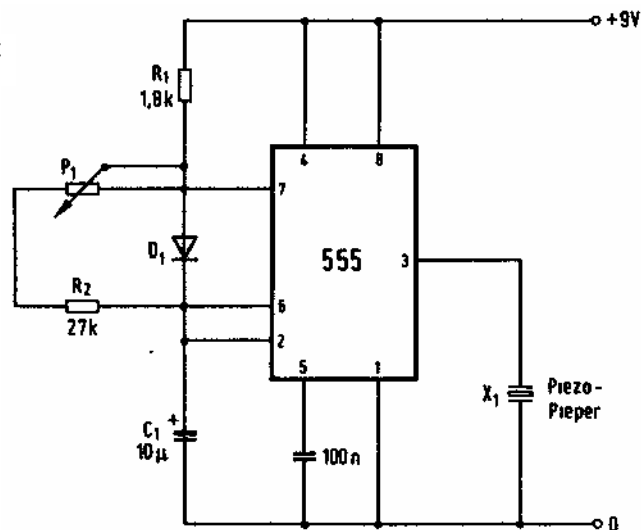
5.3.1 Metronom mit Piezogeber

Abb. 74 zeigt die Schaltung eines elektronischen Metronoms, dessen elektroakustischer Wandler aus einem direkt am Ausgang des Timers (Pin 3) angeschlossenen Piezotonger besteht (siehe Abb. 35).

Einen dem echten mechanischen Metronom ähnlichen Klang erzeugen sehr kurze Tonimpulse, deren Breite durch die Ladezeit des zeitbestimmenden Kondensators C_1 über den Widerstand R_1 und die Diode D_1 bestimmt wird (siehe dazu Abb. 16). Der Ausgang des Timers hat für diese kurze Zeit H-Potential, so daß der Piezotonger kurze Tonimpulse abgibt.

Der Kondensator C_1 entlädt sich über den Widerstand R_2 und das Potentiometer P_1 (und den inneren Transistor). Dieser Entladezweig bestimmt die Länge der Impulspausen und somit auch die Frequenz des astabilen Multivibrators. Die Impulsrate kann man mit dem Potentiometer P_1 zwischen 30 und 220 Impulsen pro Minute einstellen.

Abb. 74 Metronom mit Piezotonger



5.3.2 Taschenmetronom

Ein einfaches Metronom mit einem kleinen Lautsprecher zeigt Abb. 75. Die zugrundeliegende Schaltung als astabiler Multivibrator entspricht

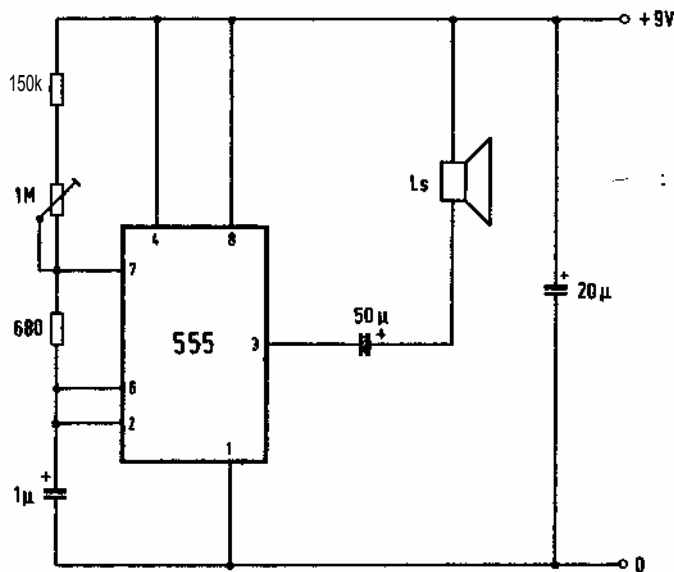


Abb. 75 Taschenmetronom

Abb. 14, der Ausgang des Timers (Pin 3) ist beschaltet ähnlich wie in Abb. 36 und 37. Die Impulsrate ist einstellbar von 40 bis 220 Impulsen pro Minute.

5.3.3 Elektronisches Metronom

Abb. 76 zeigt die Schaltung eines elektronischen Metronoms mit einem kleinen Lautsprecher, der durch einen Schalttransistor mit kurzen Impulsen (400 μ s) aus dem Ausgang des Timers (Pin 3) betrieben wird.

Der Kondensator C lädt sich über die Widerstände R_A und R_B auf, entlädt sich aber nur über R_B . Für eine bessere Stabilität (als bei der Benutzung eines Elektrolytkondensators) ist der Kondensator C aus guten Folienkondensatoren zusammengesetzt.

Wegen des kurzen Stromstoßes von etwa 1 A, den die Batterie nicht in der kurzen Zeit liefern kann, ist ein Ausgleichskondensator mit einer größeren Kapazität (1 000 μ F) parallel zur Batterie geschaltet. Dieser

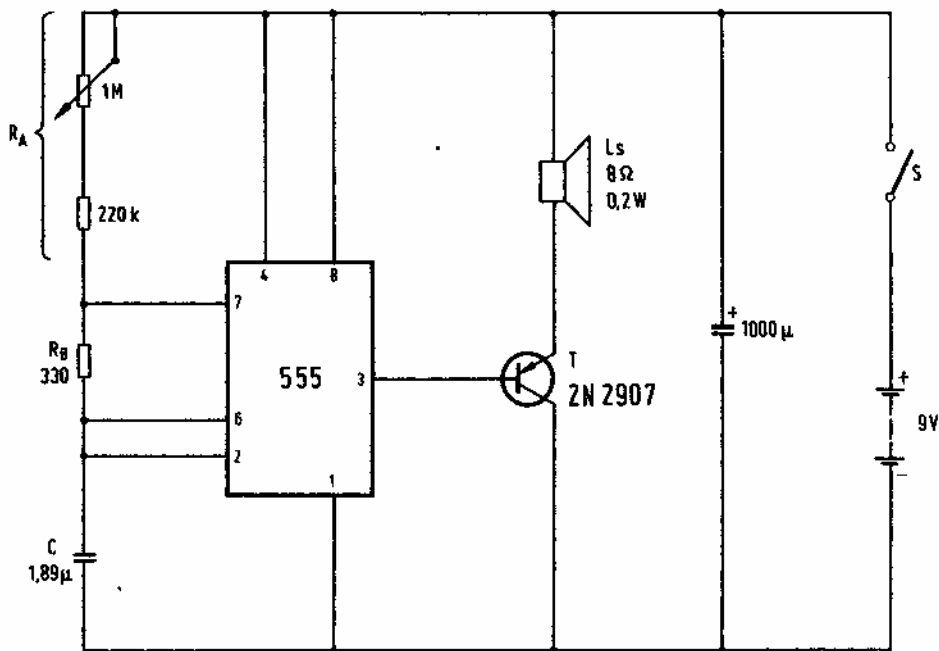


Abb. 76 Elektronisches Metronom

Kondensator liefert die notwendige Ladungsmenge bei jedem Impuls. In den Pausen wird er aus der Batterie nachgeladen.

5.3.4 Kleines elektronisches Metronom

Eine Schaltung, die teilweise den Dirigenten ersetzen soll (Abb. 77) besteht aus dem Timer 555, als astabiler Multivibrator beschaltet (siehe dazu Abb. 12), aus einem Germaniumtransistor und einem kleinen Lautsprecher.

Der zeitbestimmende Kondensator C1 lädt sich über die Widerstände R1 und R2, entlädt sich dann „blitzschnell“ über den inneren Transistor, und der am Ausgang des Timers (Pin 3) entstandene kurze Impuls mit L-Potential öffnet über die Widerstände R3 und R5 den Transistor T. Der Widerstand R5 bildet zusammen mit R4 einen regelbaren Spannungsteiler, mit dem man die Lautstärke der akustischen Impulse einstellen kann

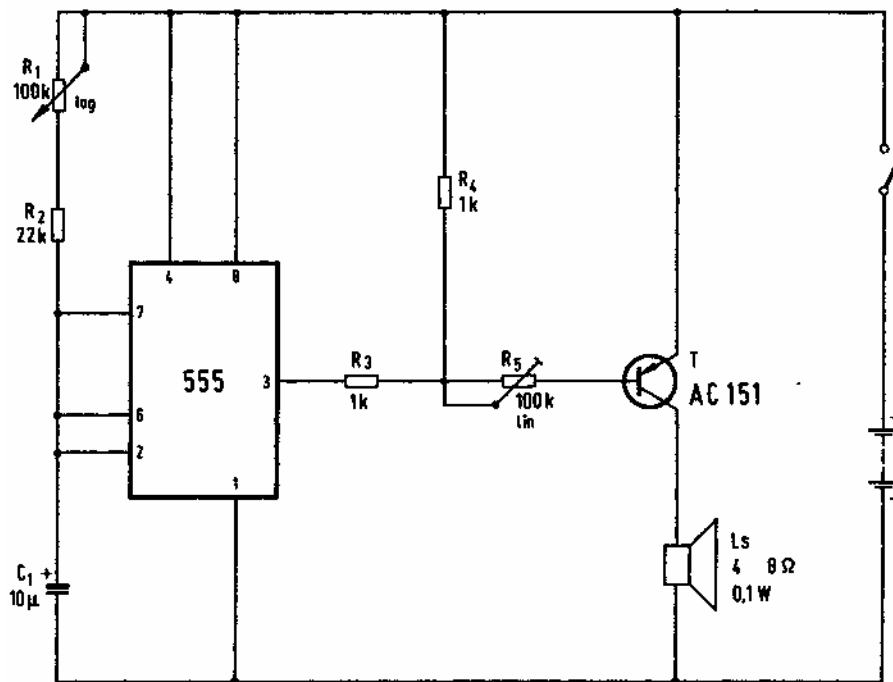


Abb. 77 Kleines elektronisches Metronom

(je nach Lautstärke liegt der Stromverbrauch aus der Batterie bei 5 bis 10 mA).

5.3.5 Metronom

Abb. 78 zeigt eine „ausgetüftelte“ Schaltung eines elektronischen Metronoms, das nicht nur akustische, sondern auch optische Impulse abgibt. Der Timer 555 arbeitet wie gewöhnlich als astabiler Multivibrator. Der zeitbestimmende Kondensator C1 lädt sich über P1, R1 und R2, entlädt sich aber kurz nur über R2 und erzeugt am Ausgang des Timers (Pin 3) kurze Impulse mit L-Potential.

Der Kondensator C3 lädt sich über den Widerstand R3 aus der Batterie während der Pause (am Ausgang des Timers ist H-Potential) und entlädt sich beim Impuls (am Ausgang des Timers ist L-Potential) über den Lautsprecher und die Leuchtdiode D1, so daß nicht nur ein akustisches

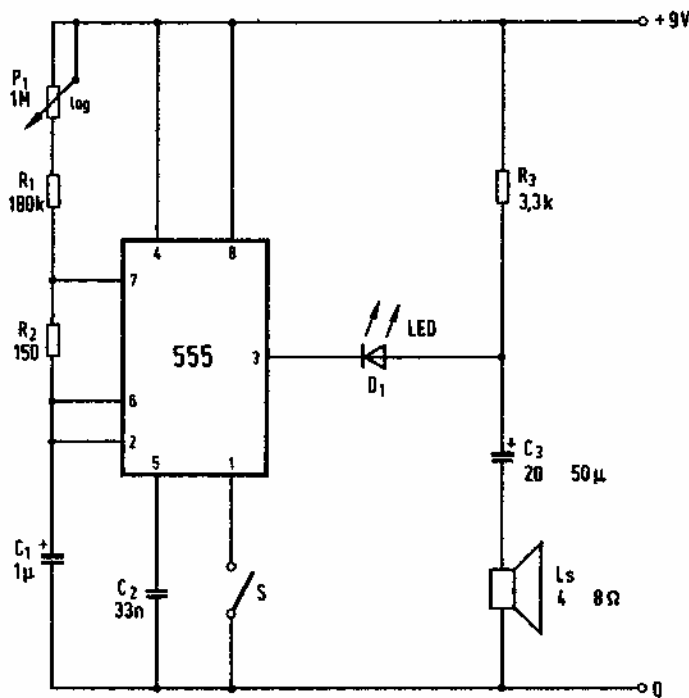


Abb. 78 Metronom mit akustischer und optischer Anzeige

Signal, sondern auch ein optischer Impuls entsteht (die Leuchtdiode blinkt).

Die Impulsrate kann man mit dem Potentiometer P1 von 40 bis 210 Impulse pro Minute einstellen. Der Wert des Widerstandes R1 hat Einfluß auf die höchste einstellbare Frequenz.

Der Schalter zum Ausschalten des Timers ist angeschlossen an Pin 1 und schaltet nicht die ganze Schaltung aus. Es fließt immer ein vernachlässigbarer Reststrom (ca. 1

5.4 Impulsgeneratoren mit mechanischem Ausgang

Hierbei handelt sich um Impulsgeneratoren, die am Ausgang des Timers einen elektromechanischen Wandler angeschlossen haben (z.B. ein Relais). Als mechanische Impulsgeneratoren kann man sie aber nicht direkt bezeichnen. Es handelt sich mehr um eine Einteilung nach der Art der Beschaltung vom Ausgang des Timers 555 im Sinne des Kapitels 3.4.

5.4.1 Blinkgeberschaltung für Kraftfahrzeuge

Der als astabiler Multivibrator beschaltete Timer 555 (Abb. 79) gibt etwa 90 Impulse pro Minute auf das Relais Rel. Dessen Kontakt r schaltet die Blinklampen L (links) oder R (rechts) ein und aus, je nachdem, welche Stellung der Schalter S mit seinem Teil S_b einnimmt. Dieser kombinierte Schalter schaltet mit S_a die Betriebsspannung für den Timer ein. Die Kontrolllampe K wird über die Dioden D2 und D3 gespeist. Diode D1 schützt den Ausgang des Timers gegen Spannungsspitzen beim Abschalten des Relais.

Obwohl am Ende doch optische Impulse kommen (das Blinken der Lampen), handelt es sich hier nicht um einen optischen Impulsgenerator*. Die Lampen werden nämlich über einen elektromechanischen Wandler betrieben - über das Relais - und nicht direkt vom Ausgang des Timers (Pin 3).

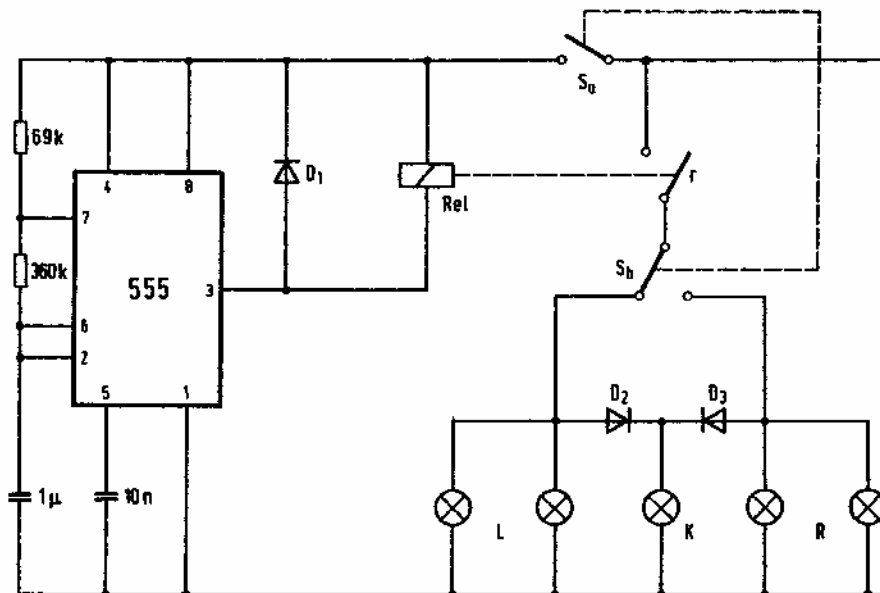


Abb. 79 Blinkgeberschaltung für Kraftfahrzeuge

5.4.2 Intervallschalter für Scheibenwischer

Ein elektronischer Intervallschalter (Abb. 80) ermöglicht automatisch längere Pausen zwischen den Bewegungen des Wischers. Die Intervallzeit kann man von 3,2 bis 50 s einstellen, die Einschaltzeit des Scheibenwischers kann 1 bis 3,2 s betragen.

Der Timer 555 ist beschaltet als astabiler Multivibrator nach Abb. 19 und dessen Ausgang nach Abb. 44.

Bei Anlegen der Betriebsspannung U_B lädt sich der Kondensator C_1 über die Spule des Relais Rel , die Diode D_1 , das Potentiometer P_1 und den Widerstand R_1 so lange, bis die obere Schwellspannung (Pin 6) erreicht ist. Dann kippt der Multivibrator um, am Ausgang des Timers (Pin 3) erscheint L-Potential, das Relais zieht an, der innere Transistor des Timers (Pin 7) öffnet sich, und der Kondensator C_1 entlädt sich über den Widerstand R_2 und das Potentiometer P_2 so lange, bis die untere Schwellspannung (Pin 2) erreicht ist. Dann kippt der Multivibrator in den ursprünglichen Zustand um, am Ausgang des Timers ist wieder H-Potential, das Relais fällt ab und der ganze Vorgang wiederholt sich.

Die Diode D_1 sorgt dafür, daß sich der Kondensator C_1 über R_1 und P_1 zwar auflädt, jedoch über diese nicht wieder entlädt, wenn der Ausgang (Pin 3) L-Potential führt. Somit ist die Entladezeit allein von P_2 und R_2 abhängig. Mit dem Potentiometer P_1 wird die Einschaltzeit eingestellt. In

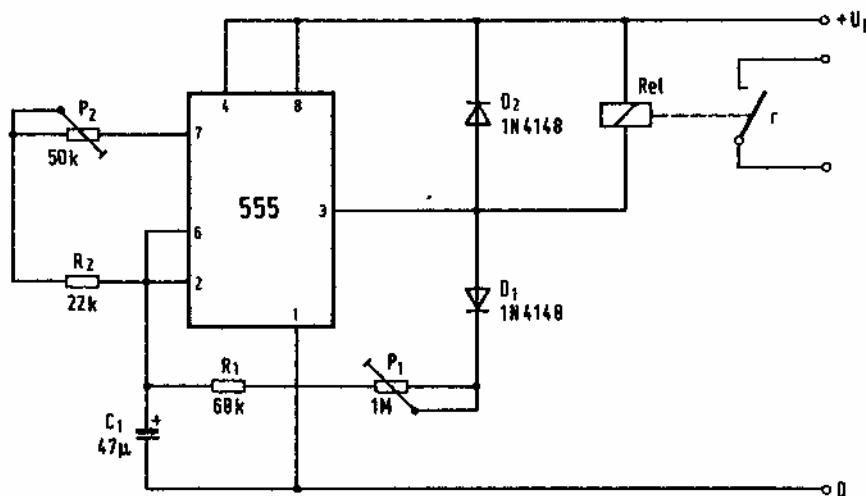


Abb. 80 Intervallschalter für Scheibenwischer

dieser Zeit wird der Scheibenwischer eingeschaltet durch den Kontakt r, der parallel zum Wischerschalter im Auto liegt.

Die Intervallzeit wird mit dem Potentiometer P1 eingestellt. Für den praktischen Betrieb kann man statt eines Potentiometers einen Schalter mit drei Widerständen benutzen (z.B. 82 k Ω , 220 k Ω und 470 k Ω für die Intervallzeiten 7, 13,5 und 25,2 s).

5.4.3 Brennstoffpumpe-Treiber

Ein als astabiler Multivibrator beschalteter Timer 555 steuert den Transistor T, an dessen Emitter der Antriebssolenoid (Elektromagnet) einer elektrischen Brennstoffpumpe liegt (Abb. 81). Die Hochleistungspumpe arbeitet mit 16 Pumpenhüben pro Sekunde, und die Arbeitsfrequenz (dadurch auch das Pumpvolumen) kann man mit dem Widerstand R2 einstellen.

Die Diode D schützt den Ausgang des Timers gegen induktive Gegenspannungen aus der Spule. Sollte ein größerer Ausgangsstrom benötigt werden als 1 A, muß man anstelle des angegebenen Typs einen leistungsfähigeren Transistor benutzen.

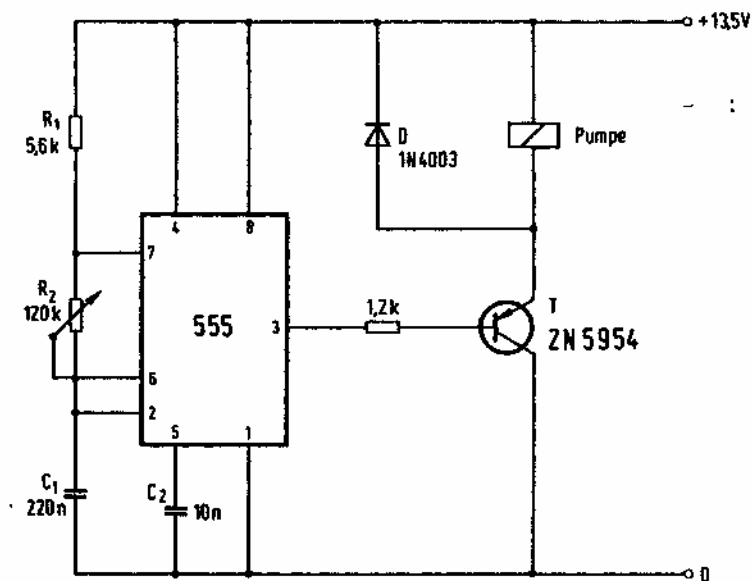


Abb. 81 Der Timer 555 treibt eine elektrische Brennstoffpumpe

6 Tongeneratoren

Tongeneratoren mit dem Timer 555 sind astabile Multivibratoren mit einem akustischen Ausgang (siehe Kap. 3.3). Die Frequenz liegt im hörbaren Bereich, und die Werte des zeitbestimmenden Kondensators und der Widerstände sind dementsprechend ausgelegt (zur Dimensionierung siehe Kap. 2.2.2 und Anhang).

Die Tongeneratoren lassen sich in Eintongeneratoren und Mehrtongeneratoren einteilen. Beide können gesteuert bzw. geschaltet sein. Die Mehrtongeneratoren können umschaltbar sein, so daß man durch entsprechende Steuerung auch eine Melodie erhält. Die Mehrtongeneratoren können aber auch durchgehend durchstimmbar sein, also mit einem sich kontinuierlich ändernden Ton arbeiten. Solche Tongeneratoren nennt man modulierte Tongeneratoren. Die Modulation der Höhe des Tones ist beim Timer 555 besonders einfach.

6.1 Eintongeneratoren

Eintongeneratoren sind Generatoren (Oszillatoren), die nur einen einzigen Ton (eine bestimmte Frequenz) erzeugen. Zu benutzen sind sie als Alarm- oder Warntonggeber, als akustische Indikatoren einer elektrischen Größe (oder einer anderen Wirklichkeit, die z. B. in elektrische Spannung umgewandelt wird), zum Auslösen irgendwelcher Vorgänge, die auf ein bestimmtes akustisches Signal reagieren usw.

6.1.1 Tongenerator mit Piezowandler

Abb. 82 zeigt einen einfachen Tongenerator mit einem piezoelektrischen Wandler. Die Grundfrequenz ist ca. 4 kHz. Eine andere Variante mit der gleichen Grundfrequenz hat folgende Werte der Bauteile: $R_1 = 10\text{ k}\Omega$, $R_2 = 27\text{ k}\Omega$, $C_1 = 10\text{ nF}$, $C_2 = 100\text{ nF}$, $R_3 = 220\text{ }\Omega$. Der in der Reihe mit dem Piezowandler liegende Widerstand R_3 beeinflusst die Lautstärke und

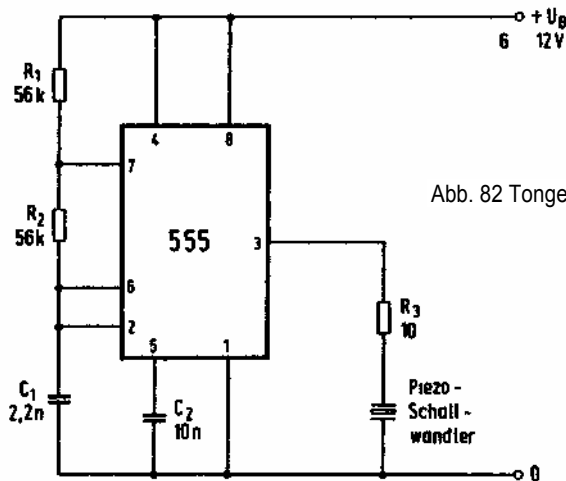


Abb. 82 Tongenerator mit Piezowandler

den Klang des Tones und begrenzt gleichzeitig den Spitzenstrom der Ausgangsstufe. Das Ändern des Verhältnisses zwischen der Breite der Impulse und der Länge der Pausen bewirkt ebenfalls eine Klangänderung.

6.1.2 Tongenerator 800 Hz

Abb. 83 zeigt einen einfachen Tongenerator mit einer Grundfrequenz von 800 Hz. Der Ausgang des Timers 555 ist mit einem Lautsprecher nach Abb. 36 beschaltet, wobei die zu niedrige Impedanz des Lautsprechers auf den erforderlichen Wert mit einem seriellen Widerstand ergänzt ist. Der Gesamtwiderstand soll mindestens 75 Ω betragen, da der Ausgang des Timers 555 nicht mehr als 200 mA abgeben kann. Die akustische Ausgangsleistung ist abhängig sowohl von der Betriebsspannung $\bar{U}_B$ als auch vom Lautsprecherwiderstand. In einem Lautsprecher mit einer Impedanz von 75 Ω kann sich bei einer Betriebsspannung $\bar{U}_B = 15$ V eine elektrische Leistung bis zu 750 mW in akustische Energie umwandeln. ~ ~ ~ •

6.1.3 Akustischer Warnsignalgeber

Abb. 84 stellt eine Schaltung für die akustische Erinnerung an nicht angeschaltete Autoscheinwerfer dar. Der Timer 555 ist als astabiler

6 Tongeneratoren

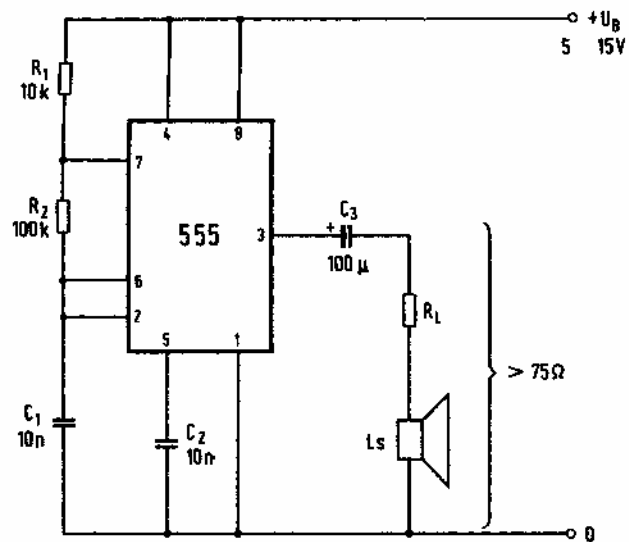


Abb. 83 Tongenerator 800 Hz

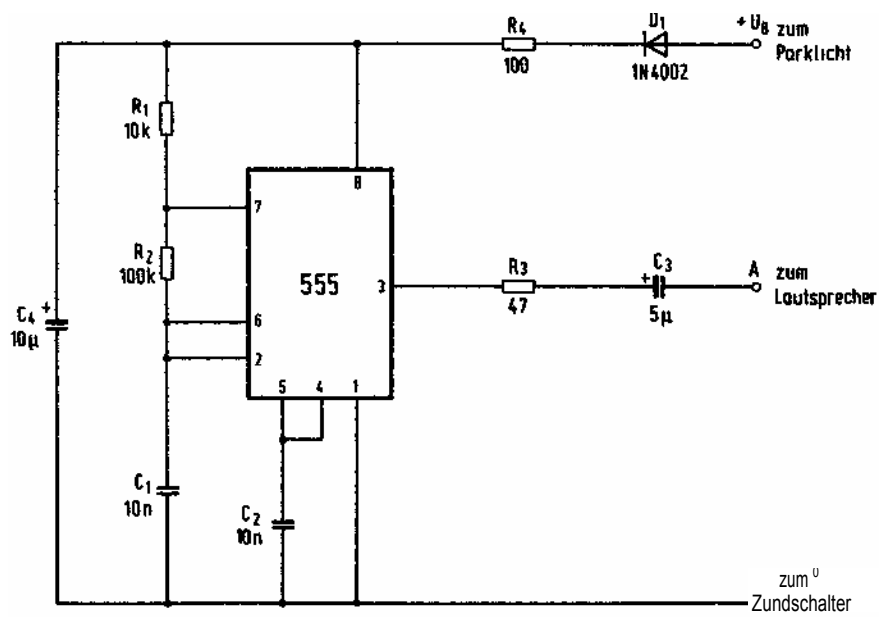


Abb. 84 Akustischer Wamsignalgeber

Multivibrator beschaltet und erzeugt im Lautsprecher des Autoradios einen gut hörbaren Ton, wenn die Zündung ausgeschaltet wird und die Leitungen zu den Scheinwerfern noch unter Spannung stehen.

Die Diode D1 sichert, daß der Timer nur dann die Betriebsspannung erhält, wenn die Scheinwerfer an- und die Zündung ausgeschaltet ist. Das Siebglied (aus dem Widerstand R4 und dem Kondensator C4) schützt den Schaltkreis vor kurzen induktiven Spitzen im Bordnetz. Über den Widerstand R3 und den Kondensator C3 wird das erzeugte Signal mit etwa 50 mA in die niederohmige Schwingspule des Autoradiolautsprechers eingespeist. Dabei sollte ein Anschluß des Lautsprechers an Masse liegen. Durch Vergrößern des Widerstandes R3 kann man die Lautstärke verringern.

Die Schaltung kann man auch als akustische Kontrolle der Blinkgeber oder als Warnsignal für andere nicht ausgeschaltete elektrisch betriebene Geräte benutzen.

6.1.4 Alarntongenerator

Einen Tongenerator mit angeschlossenem einstufigen Transistorverstärker für Alarmzwecke zeigt *Abb. 85*. Durch die zwei zeitbestimmenden

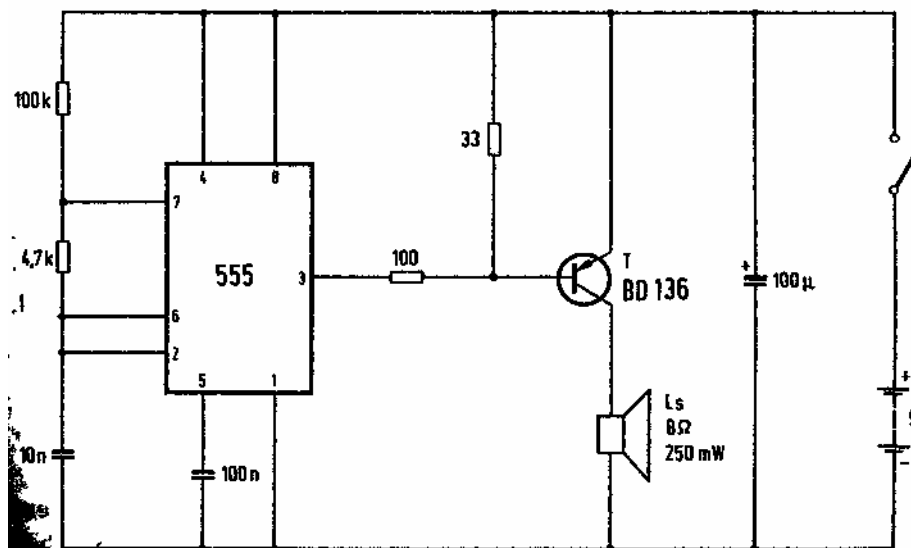


Abb. 85 Alarntongenerator

6 Tongeneratoren

Widerstände ist ein Tastverhältnis von 1:20 festgelegt, und der erzeugte Ton ist als Alarmton sehr durchdringend.

Der Ausgang des Timers (Pin 3) ist nach Abb. 39 beschaltet, die Lautstärke kann man durch Ändern der Widerstände in der Basis des Transistors einstellen. Im Alarmfall schließt man den Schalter S, und der Alarmton wird erzeugt. Den Schalter kann man natürlich durch einen Relaiskontakt oder einen anderen elektronischen Schalter (z. B. Thyristor) ersetzen, der von anderen elektronischen Schaltungen gesteuert wird. So kann man ganze Alarmanlagen mit einem Alarmtongenerator am Ausgang bauen.

Eine andere Möglichkeit ist z.B. ein kompaktes Alarmgerät für die Handtasche. Aus der 9-V-Batterie werden ca. 50 mA entnommen.

6.1.5 1750-Hz-Rufton

Die Funkamateure benutzen für mobile Verbindungen und für andere Verbindungen mit kleiner Leistung spezielle Wiederholungssender (Relais genannt), die an günstigen Stellen installiert sind. (Wegen der Verbreitungsbedingungen der Radiowellen kann man nicht direkt von überall nach überall funken.) Diese Sender sind nicht immer in Betrieb, lassen sich aber ferngesteuert einschalten. Das Einschalten erfolgt durch einen Ton bestimmter Frequenz (1750 Hz). Ein Sender, mit dem man das Relais „ruft“, also ferngesteuert einschaltet („öffnet“), braucht einen Ruftongenerator, der die genaue Frequenz erzeugt, auf die der Empfänger des Relais reagiert und den Relais-Sender einschaltet.

Abb. 86 zeigt einen Ruftongenerator, der immer, wenn nötig, mit dem Schalter S eingeschaltet wird. Der Timer 555 ist als astabiler Multivibrator beschaltet, dessen Frequenz sich auf die geforderten 1750 Hz mit dem Potentiometer „Tonhöhe“ genau einstellen läßt. Die am Ausgang des Timers (Pin 3) angeschlossene RC-Kombination wandelt die Rechteckschwingungen in annähernd sinusoidale Spannungen um. Die Amplitude der NF-Spannung, die weiter zum Modulator des Senders geführt wird, kann man mit dem Potentiometer „Hub“ einstellen.

6.2 Geschaltete Tongeneratoren

Tongeneratoren, die nicht einen kontinuierlichen Ton liefern, sondern deren Ausgangssignal oft (regelmäßig oder unregelmäßig) unterbrochen wird, nennt man geschaltete Tongeneratoren. Als Beispiele dienen Ton-

6.2 Geschaltete Tongeneratoren

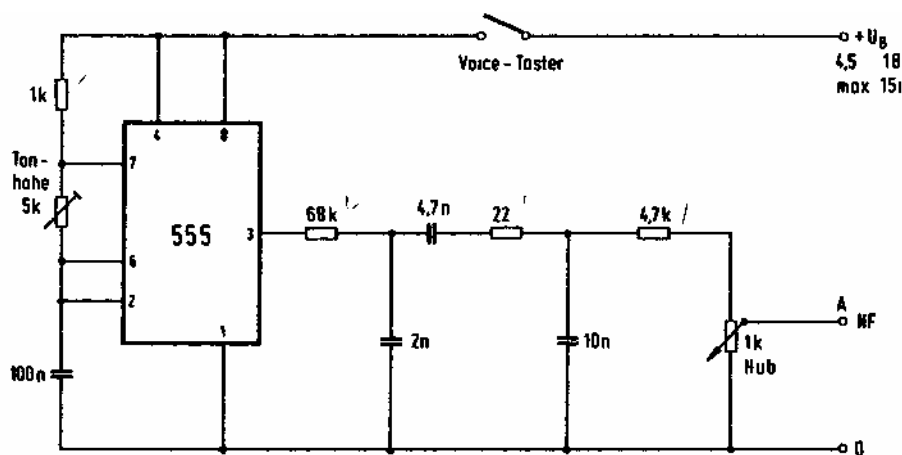


Abb. 86 1750-Hz-Rufton

generatoren zum Üben von Morsezeichen, Alarmgeneratoren oder Tongeneratoren, die verschiedene Töne getrennt bzw. nacheinander erzeugen (mehrtonige Türklingeln, einfache Musikinstrumente usw.).

6.2.1 Morse-Tongenerator

Abb. 87 zeigt einen einfachen Tongenerator zum Üben von Morsezeichen. Die Frequenz beträgt mit den angegebenen Werten ca. 720 Hz. (Mit einem Potentiometer in Serie mit dem Widerstand R_1 kann man die Frequenz auf einen anderen Wert einstellen. Eine einstellbare Tonfrequenz im Bereich von 850 bis 1200 Hz bekommt man bei folgenden Werten: statt R_1 kommt ein fester Widerstand 10 k Ω und in Serie ein Potentiometer 47 k Ω als veränderbarer Widerstand, $R_2 = 22$ k Ω und $C_1 = 22$ nF.)

Der Timer 555 wird mit der Morsetaste im gemeinsamen Anschluß (Pin 1) ein- und ausgeschaltet. Die Morsetaste kann man auch in die Plusleitung zur Batterie schalten und Pin 1 an den gemeinsamen Pol legen.

Soll die Lautstärke veränderbar sein, kann man entweder einen regelbaren Widerstand in Serie mit dem Lautsprecher schalten oder am Ausgang des Timers (Pin 3) einen Widerstand 47 Ω und ein Potentiometer 470 Ω gegen den gemeinsamen Pol anschließen. Von diesem wird das

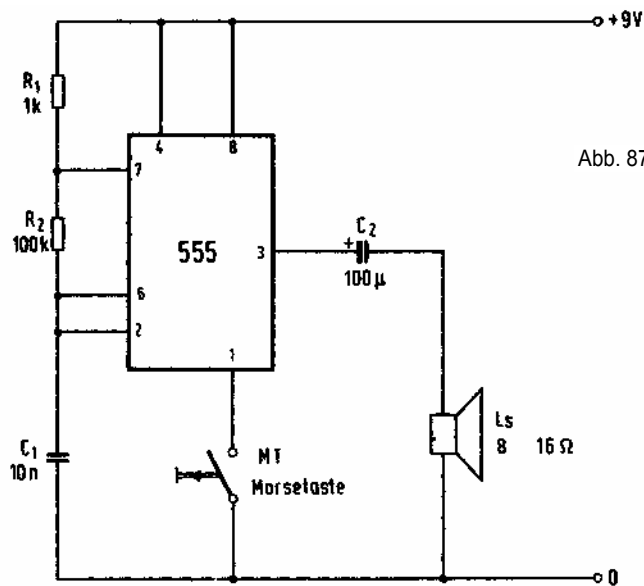


Abb. 87 Morse-Tongenerator

Signal abgenommen und über den Kondensator C2 an den Lautsprecher gelegt. Das Potentiometer wird mit einem Kondensator 100 nF überbrückt.

6.2.2 Morse-Piepmatz

Abb. 88 zeigt ebenfalls einen einfachen Eintongenerator zum Üben von Morsezeichen. Der Timer 555 ist beschaltet als astabiler Multivibrator nach Abb. 14 und sein Ausgang (Pin 3) nach Abb. 36. Die Morsetaste MT ist im Ladekreis des zeitbestimmenden Kondensators C1 geschaltet. Bei gedrückter Morsetaste fließt der Ladestrom durch die Widerstände R1 und R2 und lädt den Kondensator C1 bis zur oberen Schwellspannung, der astabile Multivibrator schwingt und der Lautsprecher La gibt einen Ton ab.

6.2.3 Blinkgeber-Klick

Eine Schaltung für die akustische Anzeige von eingeschalteten Blinkleuchten zeigt Abb. 89. Besonders bei elektronischen Blinkgebern fehlt

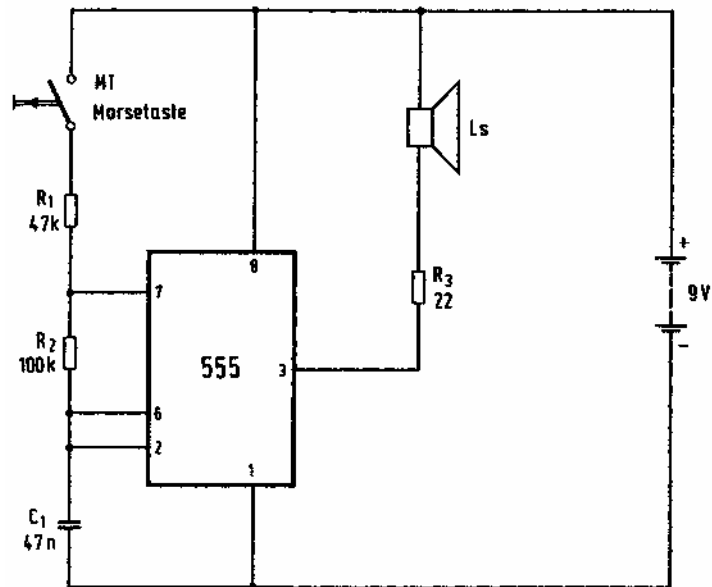
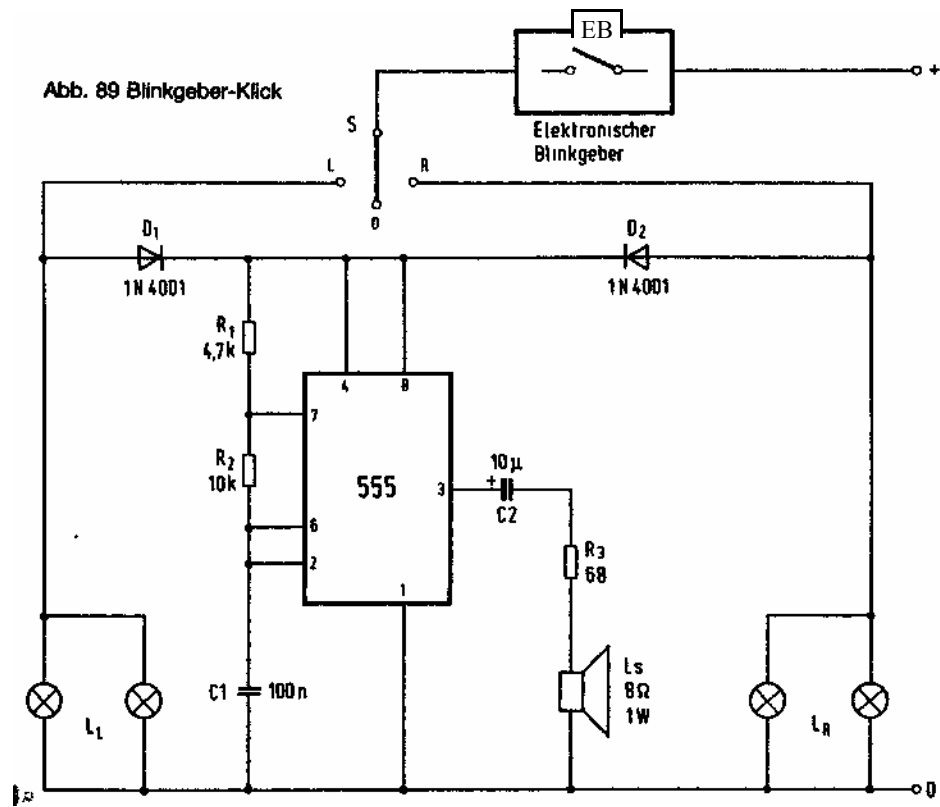


Abb. 88 Morse-Piepmatz



6 Tongeneratoren

eine hörbare Kontrolle des Einschaltens und des Ausschaltens (mechanische Blinkgeber und Blinkgeber mit Relais produzieren charakteristische „Klick“-Geräusche).

Der Timer 555 als astabiler Multivibrator bildet einen Eintongenerator, der geschaltet wird. Er ist in Betrieb, wenn der elektronische Blinker EB gerade eingeschaltet ist und der Schalter S in der Stellung L oder R steht (L = links, R = rechts). Dann bekommt er über die Dioden D1 oder D2 die erforderliche Betriebsspannung und gibt über den Lautsprecher ein akustisches Signal.

Die Lautstärke kann man durch Vergrößern des Wertes des Widerstandes R3 verringern. Die Tonhöhe ändert man am besten durch Ersetzen des Kondensator C1 mit einem anderen Wert. Die Stromaufnahme der Schaltung beträgt ca. 30 mA.

6.2.4 Mehrfachklingel

Die Mehrfachklingel (Abb. 90) erzeugt drei verschiedene Töne, je nachdem, welche Taste man drückt. Eine Besonderheit ist, daß die Schaltung mit den Tasten Ta1 bis Ta3 gleichzeitig eingeschaltet wird. Dieses Einschalten erreicht man durch die Entkopplungsdioden D1 bis D3.

Die drei Töne haben folgende Frequenzen: beim Drücken der Taste Ta1 entstehen 200 Hz, bei Ta2 300 Hz und bei Ta3 500 Hz.

Der Timer 555 ist beschaltet als astabiler Multivibrator mit umschaltbarem Aufladewiderstand. Am Ausgang (Pin 3) ist ein Lautsprecher nach Abb. 36 angeschlossen.

6.2.5 Kinderorgel

Auf dem gleichen Prinzip beruht die Schaltung einer Kinderorgel (Abb. 91): der Aufladewiderstand ist in zwölf Stufen durch die Tastenschalter S1 bis S12 umschaltbar. Mit den Potentiometern P1 bis P12 kann man verschiedene Töne einstellen, so daß man die meisten Kinderlieder

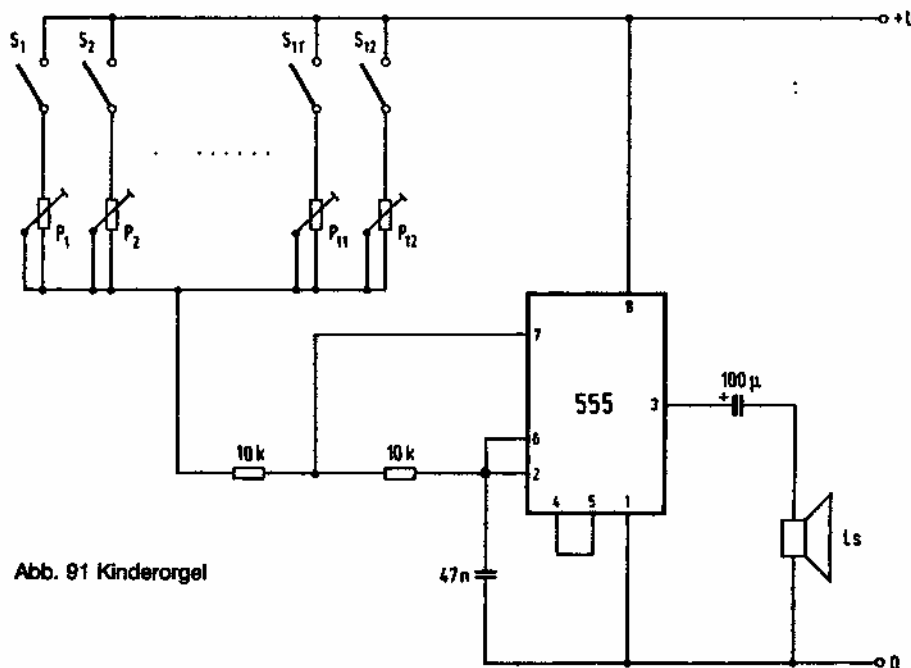


Abb. 91 Kinderorgel

gespielt werden können. Die Kinderorgel läßt sich noch sehr einfach erweitern: die Halbierung des Wertes vom zeitbestimmenden Kondensator bedeutet die Erhöhung aller Töne um eine Oktave.

Die Tasten sollten so gestaltet sein, daß die Fläche groß, der Hub gering und die Auslösung „weich“ ist. Die durch die Einfachheit bedingte Impulslängenveränderung ist etwas ungünstig, da gewisse Klangfarbenveränderungen von Ton zu Ton als Nebeneffekt festzustellen sind.

6.2.6 800-Hz-Einton-Alarm

Eine Alarmschaltung mit dem Timer 555 zeigt *Abb. 92*. Sie besteht aus dem einfachen Eintongenerator von *Abb. 83*, der durch das Signal am Hilfeingang „Reset“ (Pin 4) geschaltet wird. Dazu dient eine Gleichstrom-Schaltstufe mit dem Transistor T. Sein Emitter bekommt von einem festen Spannungsteiler mit den Widerständen R3 und R4 eine Spannung, die die Hälfte der Betriebsspannung U_B ist. Der Kollektor des Transistors T ist über den Widerstand R5 mit dem gemeinsamen Pol (0 V) verbunden. An den Kollektor ist gleichzeitig auch der Hilfeingang „Reset“ angeschlossen, so daß, wenn durch den Transistor T kein Strom fließt, am Pin 4 über den Widerstand R5 L-Potential liegt und die astabile Funktion des Timers 555 unterbrochen wird (siehe dazu *Abb. 18b*).

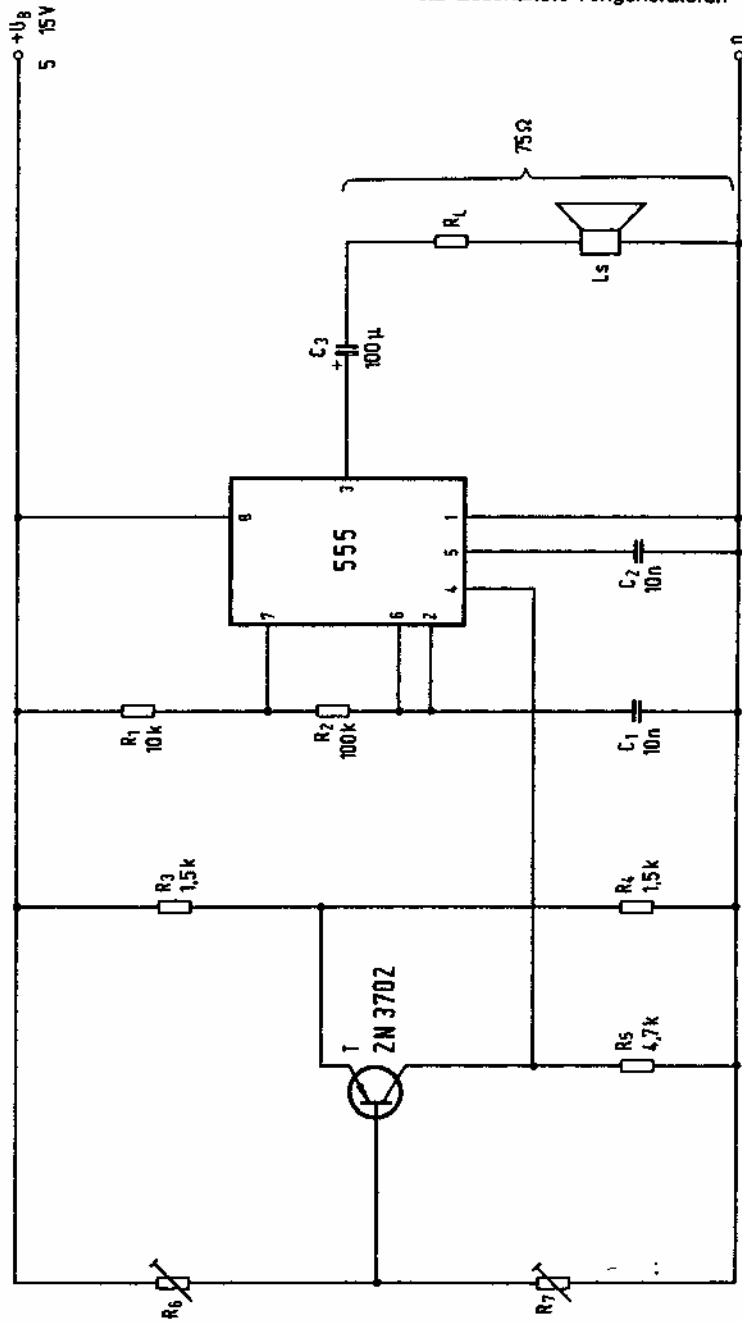
Die Widerstände R6 und R7 bilden ebenfalls einen Spannungsteiler, an dem die Basis des Transistors T liegt. Solange die Spannung an der Basis von T größer als die Hälfte der Betriebsspannung U_B ist, bleibt der Transistor T gesperrt, auf Pin 4 liegt L-Potential und der astabile Multivibrator kann nicht schwingen.

Sinkt die Basisspannung unter die Hälfte der Betriebsspannung U_B , wird der Transistor T leitend, die Spannung an dessen Kollektor wird positiv, auch der Reset-Eingang bekommt H-Potential und der astabile Multivibrator schwingt.

Die Werte der Widerstände R6 und R7 sind veränderbar: entweder von Hand einstellbar oder durch Einwirkung verschiedener physikalischer Größen (Licht, Temperatur usw.). Die Verkleinerung der Spannung an der Basis von T (dadurch das Öffnen des Transistors und das Schwingen des Tongenerators) kann man dadurch erzielen, daß sich entweder der Widerstandswert von R6 vergrößert oder der Widerstandswert von R7 verringert.

Will man erreichen, daß bei Dunkelheit ein Alarmsignal ertönt, setzt man statt R6 einen lichtempfindlichen Widerstand und statt R7 ein

6.2 Geschaltete Tongeneratoren



Potentiometer 10 kQ ein, mit dem man bei Tageslicht die Spannung an der Basis von T größer als die Hälfte der Betriebsspannung U_B einstellt. Bei Dunkelheit vergrößert sich der Wert des lichtempfindlichen Widerstandes (LDR), die Spannung an der Basis von T sinkt, T wird leitend und der Tongenerator schwingt.

Soll dagegen der Alarm bei Helligkeit ausgelöst werden, setzt man statt R6 ein Potentiometer 10 kQ und statt R7 ein LDR ein. Mit dem Potentiometer stellt man bei Dunkelheit die Spannung auf der Basis von T größer als die Hälfte der Betriebsspannung U_B ein. Bei Helligkeit verringert sich der Widerstandswert des LDR, die Spannung an der Basis von T sinkt, T wird leitend und der Tongenerator schwingt.

Der lichtempfindliche Widerstand (Photowiderstand, Kadmiumsulfid-Photozelle usw.) soll an der Schaltschwelle einen Widerstandswert von 470 Q bis 10 kQ haben.

Das gleiche gilt auch für einen temperaturabhängigen Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten, den man für einen Alarm bei Untertemperatur statt R6 oder bei Übertemperatur statt R7 einsetzt.

6.3 Modulierte Tongeneratoren

Modulierte Tongeneratoren erzeugen Töne mit sich ändernder Frequenz. Die Änderung der Tonhöhe wird durch verschiedene äußere Einflüsse auf den Timer 555 in der Grundsaltung als astabiler Multivibrator bewirkt. Um eine Änderung der Frequenz zu erreichen, kann man entweder die Lade- und Entladewiderstände ändern, die Kapazität des zeitbestimmenden Kondensators verändern, die Lade- oder Entladevorgänge beeinflussen oder zur Modulation den dazu geeigneten Hilfseingang „Steuerspannung“ (Pin5) benutzen.

6.3.1 Feuchtigkeitsindikator

Einen einfachen Feuchtigkeitsindikator (*Abb. 93*) bildet der als astabiler Multivibrator beschaltete Timer 555. Der akustische Ausgang ist nach *Abb. 41* ausgeführt. Zur Änderung der Ausgangsfrequenz wird die von der Feuchtigkeit abhängige Änderung des Widerstandswertes zwischen zwei Elektroden einer Sonde benutzt.

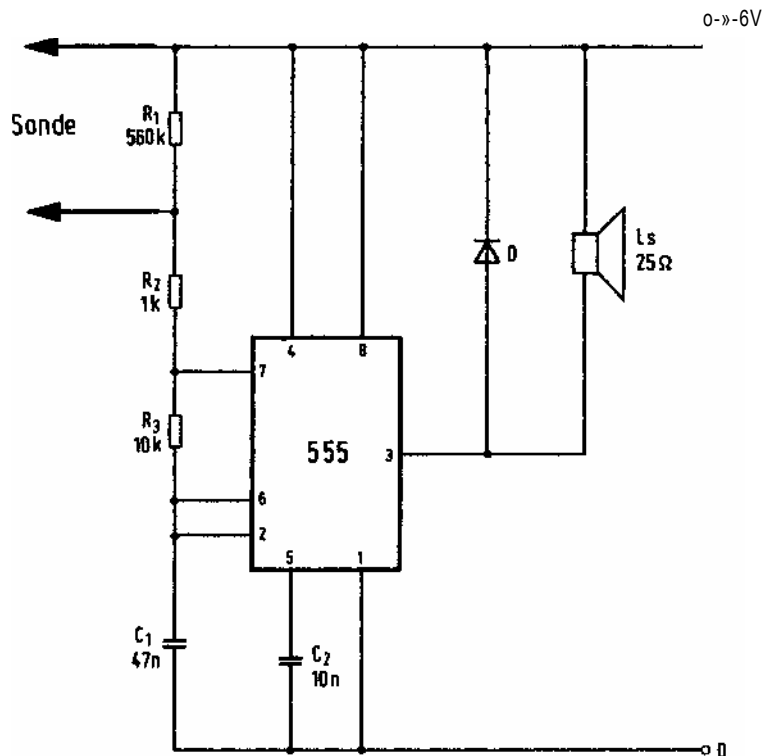


Abb. 93 Feuchtigkeitsindikator

Der Aufladevorgang erfolgt über drei Widerstände (R_1 bis R_3), wobei parallel zu dem oberen Widerstand R_1 eine einfache Feuchtigkeitssonde angeschlossen wird. Die Sonde besteht aus zwei gegenseitig isolierten Nadeln (Länge ca. 150 mm, Abstand 10 mm), die in den zu messenden Boden oder anderes lockeres Material eingesteckt werden. Der Widerstandswert der Sonde ist vom Feuchtigkeitsgrad abhängig, und verschiedene Werte bedeuten unterschiedliche Töne des Indikators. Mit etwas Erfahrung kann man nach der Höhe der Töne den Grad der Feuchtigkeit abschätzen.

Ein solcher Indikator läßt sich genauso für andere Zwecke benutzen. Als Beispiele seien der Regenindikator genannt (als Sonde benutzt man am besten zwei Elektroden in einem Löschpapier), oder der Trinkglas-Randwächter für Blinde (als Sonde dienen zwei über den Glasrand gebogene Elektroden, deren Spitzen die Höhe der eingegossenen Flüssigkeit bestimmen) usw.

6.3.2 Trilleralarm

Abb. 94 zeigt eine Schaltung von einem steuerbaren Tongenerator mit veränderbarer Frequenz. Der Timer 555 ist als astabiler Multivibrator, sein Ausgang nach Abb.37 beschaltet. Gesteuert wird der Tongenerator durch logische Spannung am Steuereingang (Hilfseingang „Reset“, Pin 4).

Der astabile Multivibrator arbeitet nicht, solange am Steuereingang L-Potential vorhanden ist. Er kann erst dann arbeiten, wenn am Steuereingang H-Potential anliegt.

Der Kondensator C2 lädt sich über die Widerstände R1, R2 und die Diode D1 aus der Betriebsspannung U_B so lange auf, bis die obere Schwellspannung erreicht ist. Der Multivibrator kippt um, der innere Transistor schaltet durch, am-Ausgang „Entladung“ (Pin 7) erscheint L-Potential, die Diode D1 sperrt und trennt praktisch den Kondensator C2 ab. Der Timer 555 arbeitet jetzt als astabiler Multivibrator, dessen Frequenz lediglich nur durch den Kondensator C1 und die Widerstände R1 und R2 bestimmt wird.

Der Kondensator C2 entlädt sich inzwischen über das Potentiometer P1, bis die Spannung U_{C2} einen Wert erreicht, bei dem die Diode D1

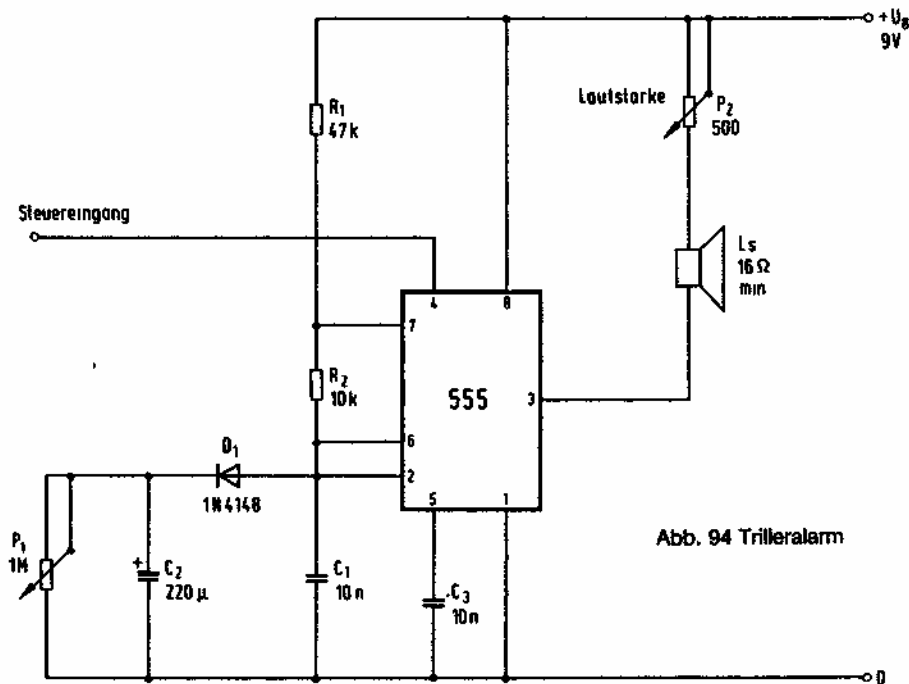


Abb. 94 Trilleralarm

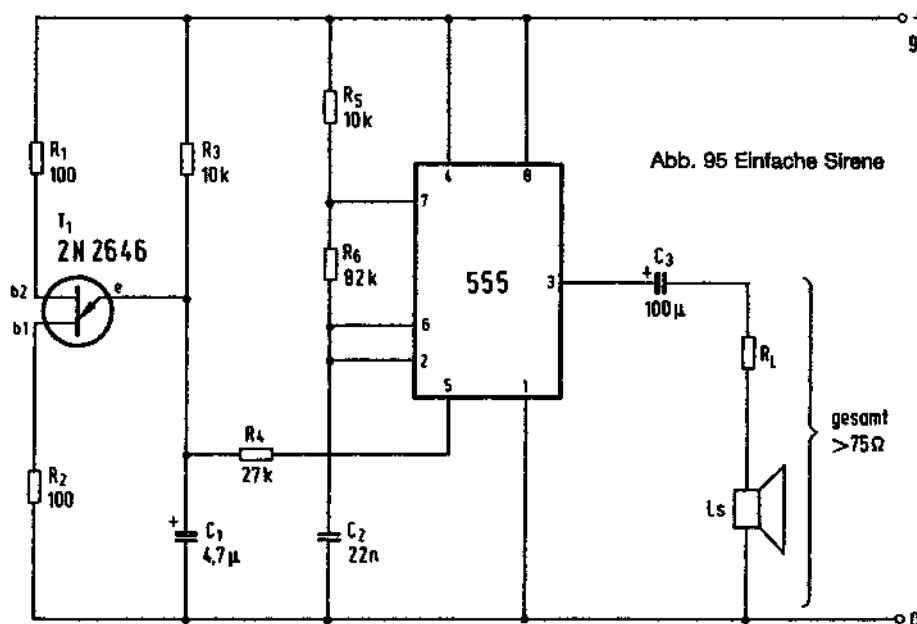
wieder leitend wird und der Vorgang sich wiederholt. Das Laden des Kondensators C2 verursacht eine Frequenzänderung und somit den trillernden Ton.

Der Lautsprecher sollte eine minimale Impedanz von 16 Ω haben. Die Lautstärke reguliert man mit dem Potentiometer P2.

Der Alarm wird durch den Steuereingang ausgelöst. Solange er L-Potential führt, ist der Multivibrator blockiert. Bekommt er H-Potential, beginnt der astabile Multivibrator nach kurzer Zeit zu schwingen. Den Steuereingang kann man entweder mit Schaltern oder mit Logikbausteinen ansteuern.

6.3.3 Einfache Sirene

Abb. 95 zeigt eine Schaltung einer einfachen Sirene. Der Timer 555 ist als astabiler Multivibrator beschaltet, dessen Frequenz durch den Kondensator C2 und die Widerstände R5 und R6 bestimmt ist. An den Hilfeingang „Steuerspannung“ (Pin5) ist eine Modulationsspannung angeschlossen, die von einem einfachen Generator mit dem Transistor T1 erzeugt wird. Diese Modulation verursacht die Frequenzänderungen der Ausgangstöne.



Der Generator ist mit den Widerständen R1 bis R3, dem Kondensator C1 und dem Transistor T1 (UJT - unijunction transistor, ein Transistor mit nur einem Übergang) aufgebaut. Am Kondensator C1 entsteht annähernd eine sägezahnförmige Spannung, wobei die Generatorfrequenz bei einigen Hz liegt. Diese Spannung wird über den Widerstand R4 auf den Steuereingang (Pin 5) geführt und moduliert die Frequenz des Multivibrators. Das Ergebnis ist ein Ton, dessen Frequenz periodisch zunächst schnell ansteigt und dann relativ langsam abnimmt. Dies geschieht mehrmals in der Sekunde so schnell, daß man es akustisch nicht bewußt verfolgen kann, es wird ein Sirenenton wahrgenommen.

6.3.4 Alarmsirene

Abb. 96 zeigt eine Alarmsirene, die aus drei Teilen besteht: dem Hauptoszillator mit dem Timer 555, dem Wobbeloszillator mit dem Transistor T1 und einem einfachen Verstärker mit dem Transistor T2 (siehe auch *Abb. 39*).

Der Timer 555 arbeitet als astabiler Multivibrator mit einstellbarem Tastverhältnis. Die Dioden D2 und D3 trennen die Lade- und Entladewege des zeitbestimmenden Kondensators C4. Mit dem Potentiometer P kann man durch die Änderung des Tastverhältnisses die gewünschte Klangfarbe einstellen. Die Grundfrequenz beträgt ca. 1 kHz. Der heulende Ton der Sirene wird durch Modulation mit einem sinusähnlichen Signal vom Wobbeloszillator erreicht.

Dieses Signal mit einer Frequenz von etwa 1 Hz wird durch einen RC-Wobbeloszillator mit dem Transistor T1 erzeugt. Die Betriebsspannung des Wobbeloszillators wird über den internen Widerstand des Timers 555 (5 k Ω - siehe dazu die Blockschaltung) und die Diode D1 bezogen.

Das am Ausgang des Timers (Pin 3) liegende Signal wird einem einfachen Verstärker mit dem Transistor T2 zugeführt und verstärkt. Die Sirene wird durch das Anlegen der Betriebsspannung U_B eingeschaltet. Eine andere Möglichkeit des Ein- und Ausschaltens besteht durch Benutzen des Reset-Eingangs (Pin 4).

6.3.5 Anti-Nagetier-Schaltung

Eine interessante Idee für einen Tongenerator bringt *Abb. 97*. Es handelt sich um einen Ultraschallgenerator (es ist ein Tongenerator, dessen Töne

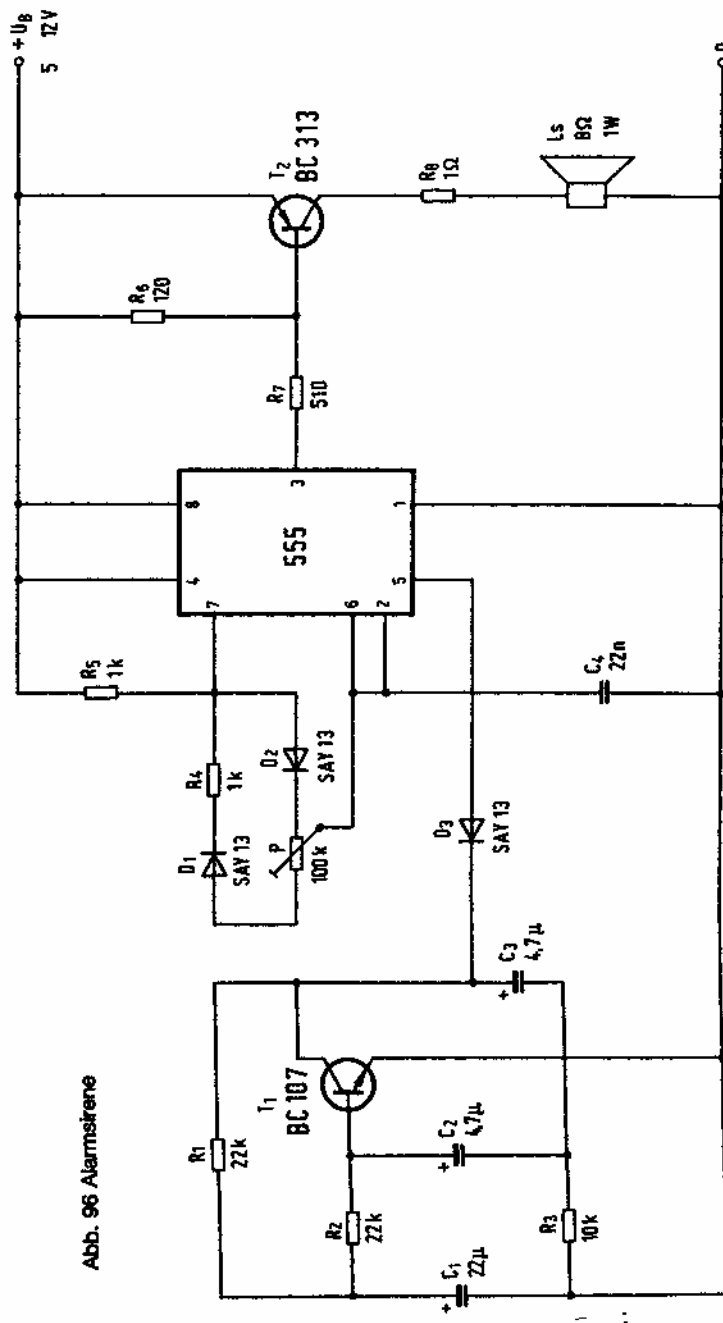


Abb. 96 Alarmsirene

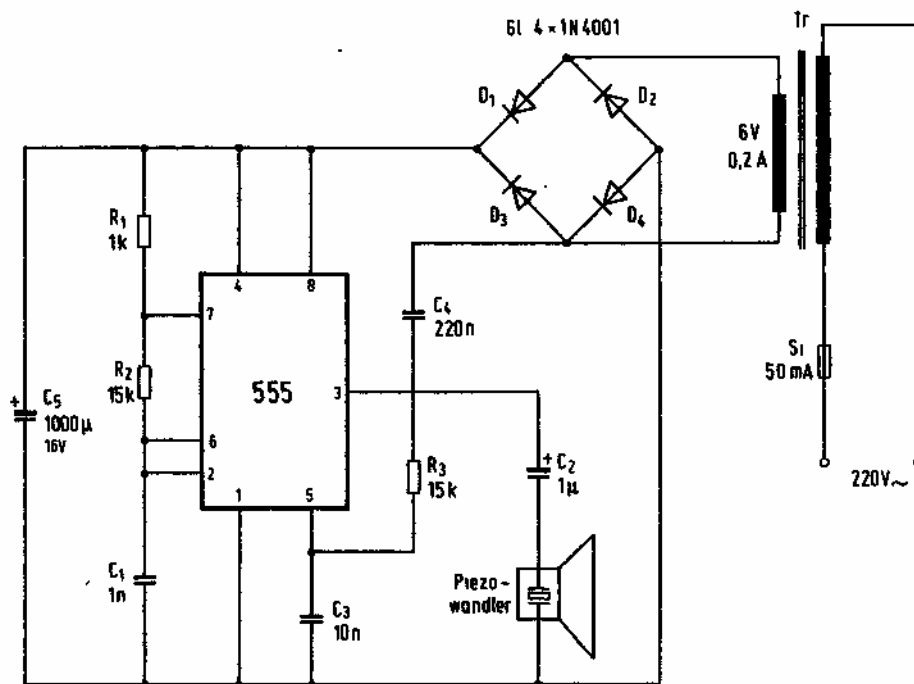


Abb. 97 Anti-Nagetier-Schaltung

zwar nicht für Menschen, jedoch für Nagetiere hörbar sind). Das Signal, das die Nager vertreibt, ist ein hochfrequenter Schall. In der hier vorgestellten Schaltung ändert sich die Frequenz des Signals ständig im Bereich von 20 bis 40 kHz. Die Tiere sollen sich nicht an einen Ton gewöhnen und auf Dauer gegen diesen immun werden.

Der Timer 555 arbeitet als astabiler Multivibrator, die Grundfrequenz ist durch die Werte der Widerstände R_1 , R_2 und des Kondensators C_1 bestimmt. Das Modulationssignal wird aus der Sekundärwicklung des Netztransformators gewonnen und über den Kondensator C_4 und den Widerstand R_3 auf den Hilfeingang „Steuerspannung“ (Pin 5) geführt. Das Ausgangssignal ist mit einer Frequenz 50 Hz moduliert (gewobbelt).

Am Ausgang des Wobbeloszillators (Pin 3) ist ein piezoelektrischer Wandler angeschlossen. Es handelt sich hier um einen leistungsstarken piezokeramischen Hornhohtöner, der genügend Schalldruck abgibt. Bei der Aufstellung des Lautsprechers sollte man darauf achten, daß der Hornhohtöner den Schall bündelt.

7 Verschiedene Anwendungen

Es gibt tausende von Anwendungen für den Timer 555, und viele davon lassen sich nicht in die vorherigen Kapitel eingliedern. Nur als Beispiel dazu, was man alles mit dem Timer machen kann, sind hier noch einige interessante Schaltungen wiedergegeben:

7.1 OhneRC-Glied

Obwohl der Timer 555 als Zeitbaustein, also mit Benutzung eines zeitbestimmenden Kondensators und eines dazugehörigen Widerstandes (oder Widerständen), also eines RC-Gliedes, konstruiert wurde, existieren Schaltungen ohne RC-Glied, mit denen andere hervorragende Eigenschaften des Bausteins ausgenutzt werden.

Es geht nicht darum, eine Schaltung ganz ohne Widerstände oder Kondensatoren zu bauen, sondern es fehlt das die Frequenz oder die Zeit bestimmende RC-Glied.

7.1.1 Pegelwandler

Einen einfachen Pegelwandler zwischen TTL- und CMOS-Logik zeigt *Abb. 98*. Der Timer 555 ist als ein invertierender Komparator nach *Abb. 22* beschaltet, dessen Schwellspannungen durch eine Steuerspannung am Hilfseingang (Pin 5) geändert wurden. Diese Spannung kommt aus einem Teiler, der so dimensioniert ist, daß die Eingangsschwellen des Pegelwandlers gerade den logischen Spannungen (L-Potential und H-Potential) der digitalen TTL-Schaltungen entsprechen.

Am Ausgang A (Pin 3) bekommt man ein Signal mit logischen Spannungen der digitalen CMOS-Schaltungen. Wenn man den zweiten Ausgang des Timers 555 (Pin 7) über einen Arbeitswiderstand an die TTL-Betriebsspannung 5 V anschließt, kann man noch zusätzlich ein TTL-Signal entnehmen.

7 Anwendungen

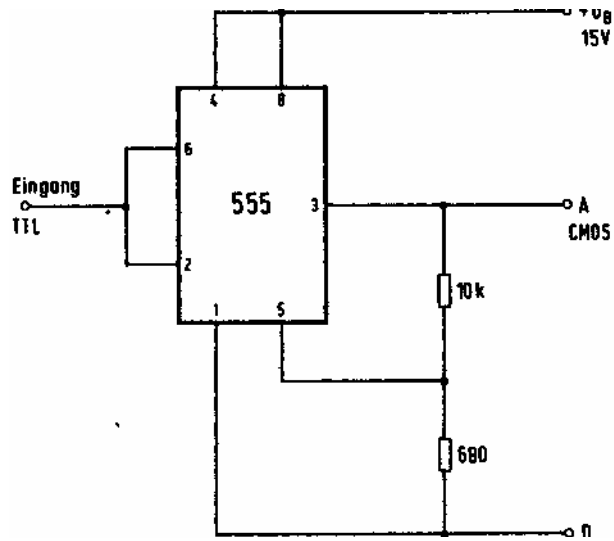


Abb. 98 Pegelwandler

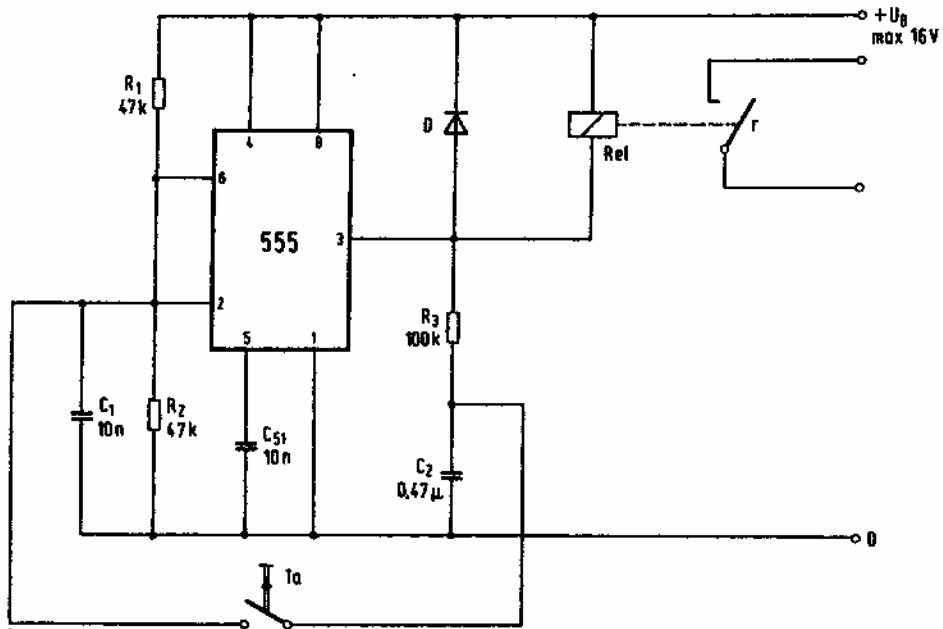


Abb. 99 Bistabile Kippstufe

7.1.2 Bistabile Kippstufe

Abb. 99 zeigt den Timer 555 als Flipflop (bistabiler Multivibrator) mit einer Beschaltung des Ausgangs nach Abb. 44. Die Schaltung kann z.B. zum Ein- und Ausschalten eines Relais mit einem Digitaster dienen.

Mit einem Kondensator (etwa 10 nF) parallel zu R1 oder R2 wird ein definierter Ausgangszustand (nach Anlegen der Betriebsspannung $\bar{U}_B$) erreicht. Der maximal zulässige Ausgangsstrom des Timers 555 (200 mA) bestimmt zusammen mit der Betriebsspannung $\bar{U}_B$ den minimalen Spulenwiderstand des Relais.

7.2 Mit RC-Glied

Die meisten Schaltungen mit dem Timer 555 sind Schaltungen mit einem zeitbestimmenden RC-Glied. Nicht immer lassen sie sich aber in eine bestimmte Gruppe von Schaltungen mit ähnlicher Funktion oder Bedeutung einreihen.

7.2.1 Kapazitiver Meßaufnehmer

Die Ausgangsfrequenz eines als astabiler Multivibrator arbeitenden Timers 555 hängt von der Kapazität des zeitbestimmenden Kondensators

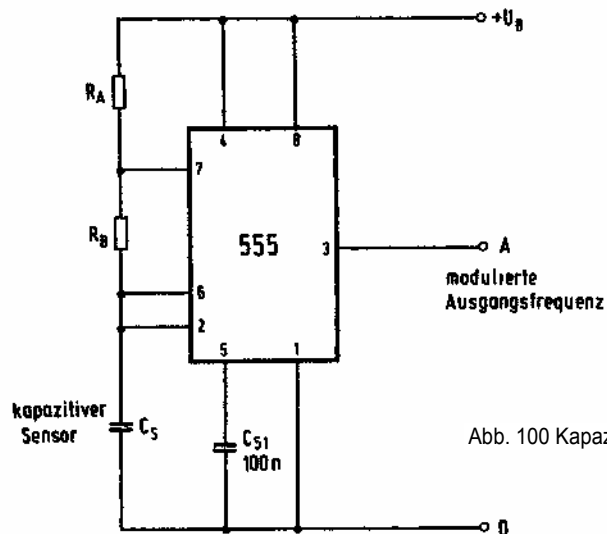


Abb. 100 Kapazitiver Meßaufnehmer

ab. Wenn sich diese Kapazität ändert, ändert sich auch die Frequenz. Nach diesem Prinzip arbeitet der kapazitive Meßaufnehmer (*Abb. 100*), der die durch eine physikalische Größe sich ändernde Kapazität des Kondensators C_s in die Änderung der Grundfrequenz überführt.

Der Kondensator C_s stellt die Kapazität eines Sensors (Meßaufnehmers) dar, der als variabler Kondensator durchgeführt wird (z.B. eine Kondensatorkonstruktion zur Längenmessung oder ein Kondensatormikrophon zur Messung von Schalldruck).

Das Ausgangssignal kann (auch nach einem längeren Übertragungsweg) an einen Frequenz-Spannungswandler angeschlossen sein, der ihn in eine Spannung umwandelt, die der momentanen Kapazität des Sensors entspricht.

7.2.2 Stabilisierte negative Spannungsquelle

Den Timer 555 kann man auch zur Spannungsumwandlung benutzen. In der abgebildeten Schaltung einer stabilisierten negativen Spannungsquelle (*Abb. 101*) erzeugt er aus einer positiven Betriebsspannung U_B eine negative Hilfsspannung. An den Ausgang des als astabiler Multivibrator

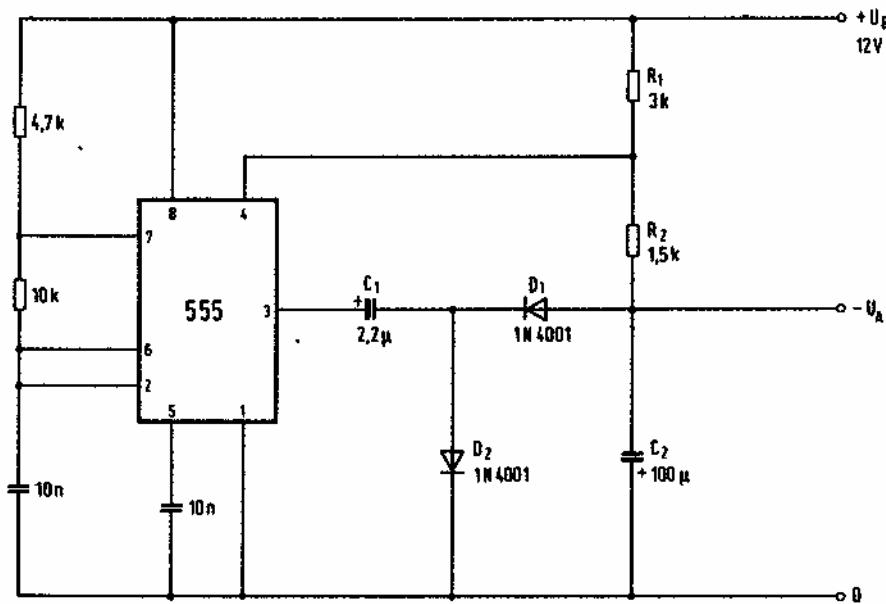


Abb. 101 Stabilisierte negative Spannungsquelle

beschalteten Timers (Pin 3) ist eine Gleichrichterschaltung angeschlossen, die nach dem Pumpschaltungsprinzip arbeitet.

Am Ausgang des Timers (Pin 3) entsteht eine Rechteckspannung, die den Kondensator C1 abwechselnd über die Diode D2 auflädt (aus der Betriebsspannung U_B , wenn am Ausgang gerade H-Potential ist) und über die Diode D1 entlädt (wenn der Ausgang L-Potential führt). Der Entladestrom durch die Diode D1 erzeugt am Kondensator C2 eine negative Ausgangsspannung.

Gegenüber anderen bekannten Spannungsquellen, die eine nicht stabilisierte Spannung erzeugen, ist die hier vorgestellte Schaltung mit einer Stabilisation der Ausgangsspannung ausgestattet, die durch die Beschaltung des Hilfseingangs „Reset“ (Pin 4) erreicht wird. Zwischen dem Pluspol der Betriebsspannung U_B und dem Minuspol der Ausgangsspannung U_A ist ein Teiler, an den auch der Reset-Eingang (Pin 4) angeschlossen ist. Das Verhältnis der beiden Widerstände des Teilers bestimmt die gewünschte Ausgangsspannung.

Hat die negative Ausgangsspannung den gewünschten Wert, so wird die Schaltschwelle des Reset-Eingangs erreicht, der Multivibrator hört auf zu schwingen, und ein weiteres Ansteigen der Ausgangsspannung ist ausgeschlossen. Fällt die Ausgangsspannung ab, blockiert der Reset-Eingang die Funktion des Multivibrators nicht mehr, so daß er schwingt, der Pumpvorgang setzt automatisch wieder ein und die Ausgangsspannung steigt erneut. Dadurch wird die negative Ausgangsspannung U_A stabilisiert.

Bei den angegebenen Werten werden -5 V aus 4-12 V erzeugt. Es können bis zu 60 mA entnommen werden. Einen anderen Wert der Ausgangsspannung kann man durch eine entsprechende Wahl der Widerstände des Teilers erreichen. Der Spannungsteiler berechnet sich nach der Gleichung: $R1/R2 = (U_B - 0,7 \text{ V}) / (U_A + 0,7 \text{ V})$. Die Widerstände sollten nicht zu hoch ohmig gewählt werden (parallelgeschaltet sollen sie nicht mehr als 2 k Ω haben). Die positive Betriebsspannung U_B muß stets mehrere Volt über dem Betrag der gewünschten Ausgangsspannung U_A liegen.

7.2.3 Computerstimme-Modulator

Eine Schaltung zur Erzeugung einer computerähnlichen Stimme aus einem gewöhnlichen Sprachsignal zeigt *Abb. 102*.

Der Timer 555 ist als astabiler Multivibrator nach *Abb. 16* beschaltet (mit einer Diode für ein Tastverhältnis von annähernd 1:1) und dient dem

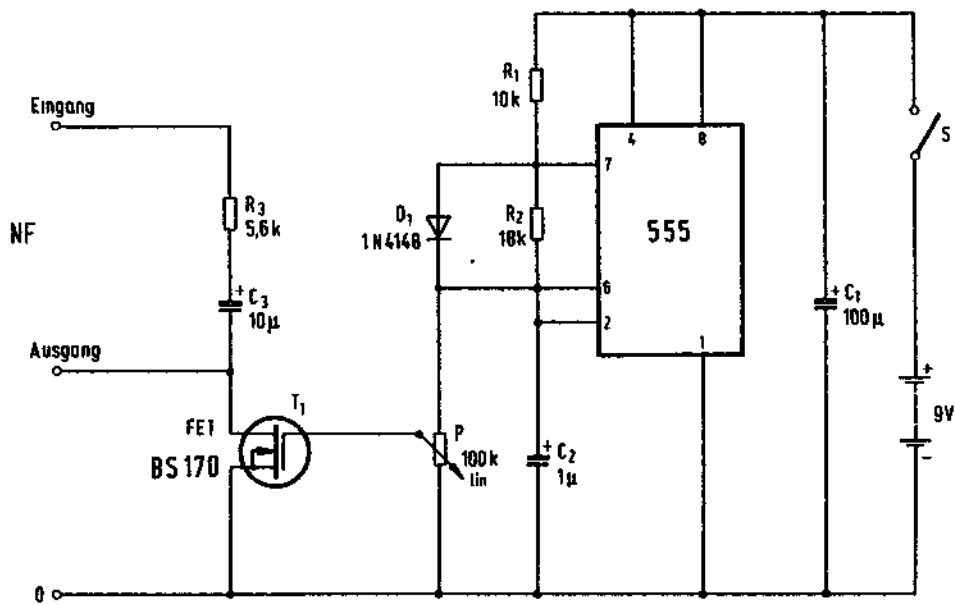


Abb. 102 Computerstimme-Modulator

Modulator mit dem Transistor T1 als Quelle der Modulationsspannung. Diese Spannung ist nicht vom Ausgang des Timers (Pin 3), sondern direkt von dem zeitbestimmenden Kondensator C2 abgenommen, so daß sie einen sägezahnförmigen Verlauf hat. Mit dem Potentiometer P kann man den Modulationshub von Null bis zum Maximum einstellen.

Das Sprachsignal gelangt vom Eingang über einen Entkoppelungswiderstand R3 und einen Trennkondensator C3 an den Ausgang der Schaltung sowie an den Drain des Feldeffekttransistors T1, der als gesteuerter Widerstand arbeitet. Je nach Einstellung des Schleifers vom Potentiometer P wird das Sprachsignal mehr oder weniger amplitudenmoduliert (Lautstärkesprünge bis zu 60 dB mehrmals pro Sekunde im Rhythmus der Modulationsspannung). Dadurch entsteht ein charakteristischer Klang, den man als Computer-Stimme bezeichnet.

8 Anhang

Um den Timer 555 benutzen zu können, braucht man die Anschlußbelegung. Genauso von Vorteil sind Kenntnisse über die elektrischen Daten sowie über die Möglichkeit einer schnellen Dimensionierung der Bauteile in einem monostabilen oder astabilen Multivibrator. Diese nützlichen Informationen sind hier zusammengestellt.

8.1 Technische Daten

Die technischen Daten des Timers 555 bestehen aus mechanischen und elektrischen Daten. Aus einer Vielzahl von möglichen technischen Daten sind im folgenden nur die wichtigsten wiedergegeben.

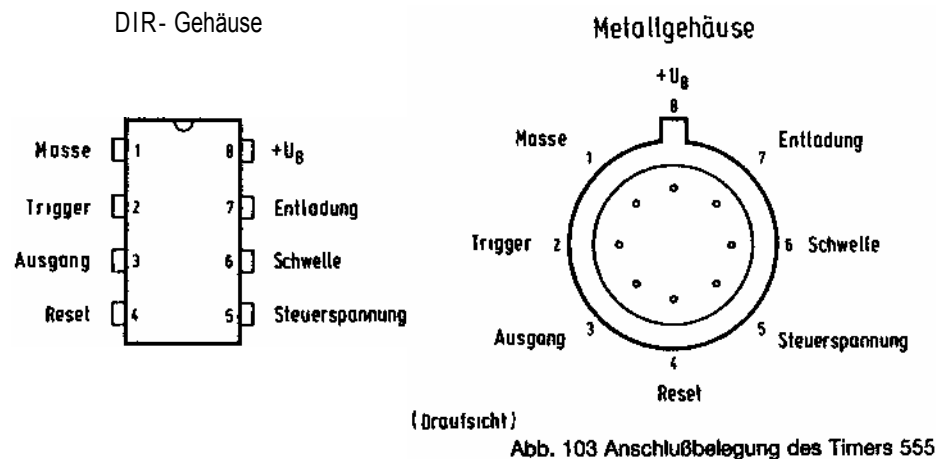
8.1.1 Mechanische Daten

Der Timer 555 wird in mehreren Ausführungen hergestellt und geliefert. Die am meisten verbreitete Version ist in einem zweireihigen Gehäuse untergebracht, mit der Bezeichnung DIL (dual-in-line) oder DIP (DIL-Plastik), wenn es sich um ein Plastikgehäuse handelt. Diese Art von Gehäuse wurde von den digitalen Bausteinen übernommen (z.B. Reihe 74..), weil aber für den Timer 555 nur acht Anschlüsse notwendig sind, ist das ursprüngliche Gehäuse gekürzt (bei den digitalen Bausteinen hat man gewöhnlich 14, 16 und mehr Anschlüsse) und damit miniaturisiert - daraus folgt die ebenfalls oft benutzte Bezeichnung: miniDIP.

Es gibt auch noch ein kleineres Plastikgehäuse, das für die moderne Oberflächenmontage geeignet ist und einfach mit dieser Montageart bezeichnet wird: SMD (surface mounted device).

Für Industrieanwendungen mit einem erweiterten Temperaturbereich wird der Timer 555 auch in einem Metallgehäuse (ähnlich TO-99, wie ein Transistor, aber mit acht Anschlüssen) hergestellt.

Die Anschlußbelegung in den verschiedenen Gehäusetypen gibt *Abb. 103* wieder.



8.1.2 Elektrische Daten

Die elektrischen Daten des Timers 555 geben eine kleine Übersicht über die wichtigsten elektrischen Eigenschaften und über die für die Benutzung zu beachtenden Grenzwerte wieder. Weiterführende Daten entnimmt man den Herstellerunterlagen.

Kennwerte

Stromaufnahme (ohne Last)

Schwellspannung	I_B	(mA)	3 bis 15
Schwellstrom	U_6	(V)	$\%U_B$
Triggerspannung	I_6	(mA)	$<0,25$
Triggerstrom	U_2	(V)	WU_B
Resetspannung	I_5	(mA)	0,5
Resetstrom	U_4	(V)	0,4 bis 1
Wiederholungsgenauigkeit	I_7	(mA)	0,1
Temperaturdrift		(%)	1
Betriebsspannungsdrift		(ppm/K)	50
Frequenzbereich		(%/V)	0,1
	f	(Hz)	10^{-3} bis 10^6

Grenzwerte

Betriebsspannung	U_B	(V)	4,5 bis 16
Ausgangsstrom			
Sperrschichttemperatur	I_3	(mA)	200
	T_j	(°C)	150

8.2 Nomogramme

Die Zeitverzögerung T bei der monostabilen Funktion hängt von dem zeitbestimmenden Kondensator C und dem Widerstand R nach der Gleichung in Kap. 2.2.1 ab. Für die Auswahl der Bauelemente - ohne rechnen zu müssen - und um zu einer bestimmten Kapazität schnell den entsprechenden Widerstand zu finden (oder umgekehrt), ist die Gleichung in ein Nomogramm umgewandelt (Abb. 104).

Die Ausgangsfrequenz f bei der astabilen Funktion hängt von dem Kondensator C und den Widerständen R_A und R_B nach der Gleichung in Kap. 2.2.2 ab. Diese Gleichung ist ebenfalls in ein Nomogramm umgewandelt (Abb. 105), so daß die Dimensionierung der Bauteile genauso schnell erfolgen kann.

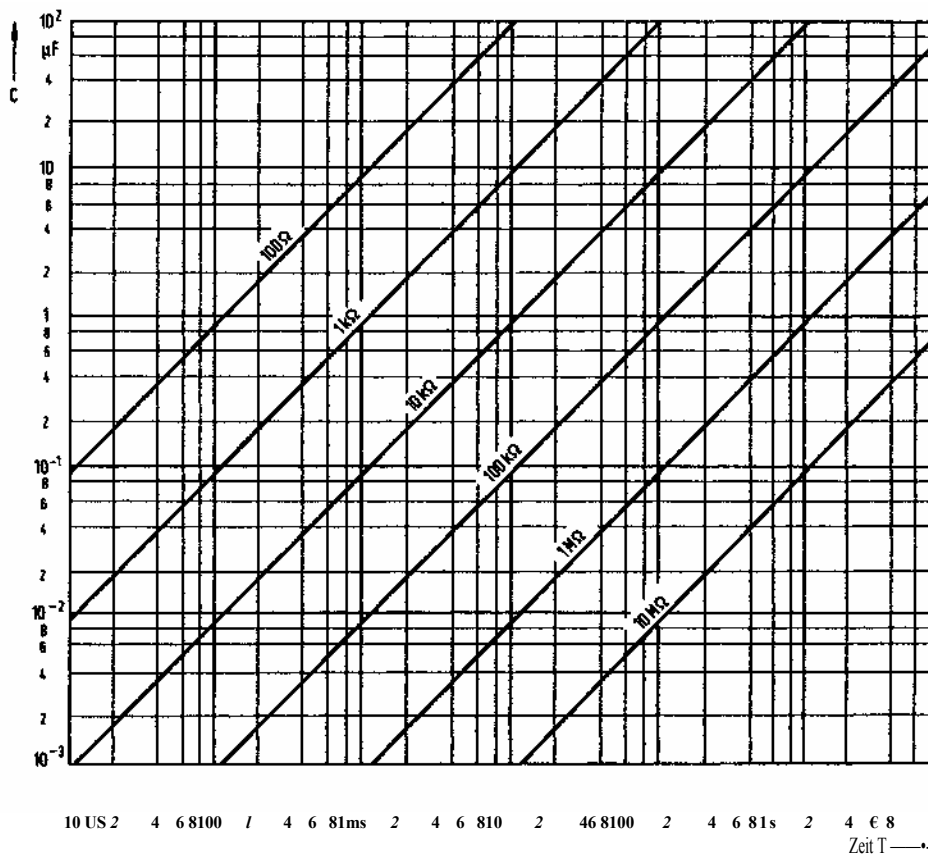


Abb. 104 Nomogramm für die Verzögerungszeit T bei monostabiler Funktion in Abhängigkeit von R und C

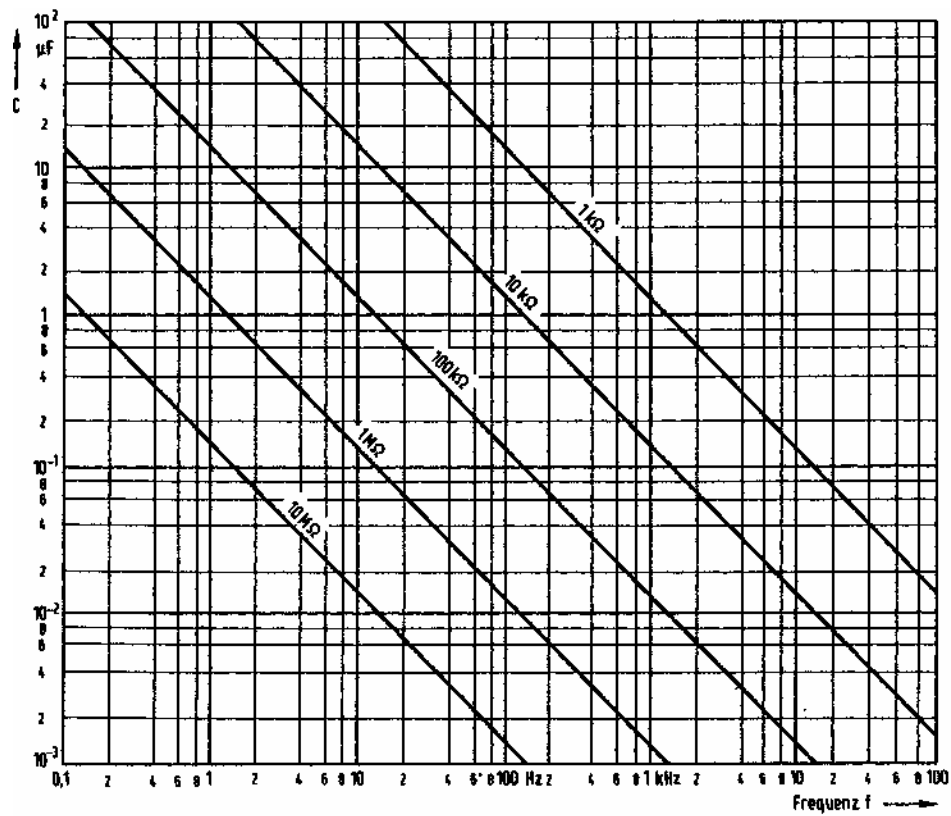


Abb. 105 Nomogramm für die Ausgangsfrequenz bei astabiler Funktion in Abhängigkeit von R_A , R_B und C , (wobei $R = R_A + 2 \cdot R_B$).

Literaturnachweis

- 1 LI Howard M. Berlin: The 555 Timer Applikations Sourcebook with Experiments. E & L Instruments, Inc., Derby, Connecticut, USA, 1976
L2 Integrierte Zeitgeberschaltungen der 555er Familie. Technische Informationen für die Industrie, Nr. 770527, Valvo 1977
L3 Marton, R. T.: Timer 555. elrad 1978, H. 2, S. 7-11; H. 3, S. 19-23; H. 4, S. 14-17; H. 5, S. 20-23
L4 Roland Jeschke: Blinken, Tönen, Steuern mit dem Timer 555. Frech-Verlag, Stuttgart 1979
L5 Blank, Dieter: Der integrierte Schaltkreis NE 555. Funkschau 1980, H. 11, S. 87-90; H. 12, S. 79-80
- 2 Abb. 20 Bockstahler, Robert, W.: Bistable action of 555 varies with manufacturer. Electronics 1976, Feb.19, S. 131
- 4 Abb. 48 Bettlese-Timer. Elektor 1973, H. 11, S. 36-37
Abb. 49 Gerhard O. W. Fischer: Elektronischer Zeitschalter. Funkschau 1976, H. 3, S. 70-71
Abb. 50 Nach(t)leuchte. elrad 1986, H. 2, S. 40-41
Abb. 51 Verzögerte Scheinwerfer-Ausschaltung, elrad 1978, H. 2, S. 10-11
- Abb. 56 Giles Read: Corridor light Controller. Practical Electronics 1987, H. 8, S. 40-41
Abb. 57 Präzisionstimer. Elektor 1973, H. 7, S. 63
Abb. 58 A. A. Mangieri: Photo timer. Electronics Hobbyist, Spring/Summer 1976, S. 76
Abb. 59 Relaischaltuhr, elrad 1978, H. 2, S. 9-10
Abb. 60 Belichtungssteuerung für Schwarzweiß-Vergrößerungen. elrad 1983, H. 11, S. 48-50
Abb. 61 duka-timer. Elektor 1973, H. 12, S. 42-45

Literatur

- Abb. 62 Radio electronics, Nov. 1977
- Abb. 63 L3, S. 21-22, Bild 15
- Abb. 64 Fischer, Gerhard, O. W.: Rechteck- und Sägezahn-generator.
Funkschau 1975, H. 25, S. 93-94 Abb. 65 L2, S.15, Bild 20
- Abb. 66 Althouse, J.: IC timer, stabilised by crystal, can provide
subharmonic frequencies. Electronic Design 1974, H. 23, S.
148;
L1, S. 3-10, Fig. 3-11
- Abb. 67 L3, S. 20-21, Bild 16;
Astabile Schaltungen mit dem 555. elrad 1985, H. 2, S. 49-50,
Bild 13 (Schreibfehler bei C2 - richtig ist 100 nF) Abb. 68
- Robbins, Michael, S.: IC timer's duty cycle can stretch over
99%. Electronics 1973, June 21, S. 129;
L3, S. 20-21, Bild 17;
Astabile Schaltungen mit dem 555. elrad 1985, H. 2, S. 49-50,
Bild 14
- Abb. 69 Toute l'electronique 1976, H. 8/9 Abb. 70 Radio electronics,
Dec. 1975 Abb. 71 Praktische Schaltungen für die Anfängerpraxis.
Funkamateur
1985, H. 2, S. 66
- Abb. 72 Der Infrarot-Sender, elrad 1984, H. 2, S. 28-31 Abb. 73
Mikrobäze (CS-Praha) 1986, H. 3, S. 46-47 Abb. 74 Metronom, elrad
1985, H. 12, S. 48 Abb. 75 Populär electronics, April 1974 Abb. 76
- Fiedler, Bernhard, Dipl.-Ing.: Elektronisches Metronom.
Funkschau 1976, H. 10, S. 425-426 Abb. 77 Elektronisches
Metronom. Zierl, Richard: Unterhaltsame
Elektronik selbstgebaut, Franck'sche, Stuttgart 1981, S.
27-31 Abb. 78 Burger, O.: Elektronicky metronom. Amatörsk6
radio 1985,
H. 4, S. 132 Abb. 79 Zimmerman, R.: Der Zeitgeberschaltkreis B
555 D und seine
vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten. Funkamateur 1984,
H. 5, S. 233-236 Abb. 80 Emmerl, Heinrich; Bauer,
Bernhard: Intervallschalter für
den Scheibenwischer. ELO 1976, H. 2, S. 14-16 Abb. 81
- Sarpangal, Sudarshan: IC timer drives electric fuel pump.
Electronic 1976, Nov. 25, S. 131

- 6 Abb. 82 Erzeugung akustischer Signale, elrad 1984, H. 7/8, S. 91-96, Bild 22
- Abb. 83 Schaltungen für Lautsprecher, elrad 1984, H. 11, S. 53-56
- Abb. 84 Akustischer Warnsignalgeber für Autoscheinwerfer mit Timer 555. radio fernsehen elektronik 1987, H. 5, S. 332
- Abb. 85 Alarmton. Elektor 1976, H. 7/8, S. 35 Abb. 86 1750-Hz-Rufton für TS-440 S und andere Geräte. cq-DL 1987, H. 2, S. 81
- Abb. 87 Praktische Schaltungen für die Anfängerpraxis. Funkamateur 1985, H. 2, S. 66
- Abb. 88 Morse-Piepmatz. elrad 1978, H. 12, S. 28 Abb. 89 Blinkgeber-Klick. Elektor 1978, H. 7/8, S. 18 Abb. 90 Sichla, F., Ing.: Der Timer B 555 D und seine Möglichkeiten der Tonerzeugung. Funkamateur 1986, H. 1, S. 14-15; H. 2, S. 66-69, Bild 7.
- Abb. 91 dito, Bild 6 L4, Bild 63 Abb. 92 L3, Bild 24 Abb. 93 Kohout, Libor: Zapojeni s dasovařem 555. Amatřrsk6 radio 1979, Reihe B, H. 2, S. 68-69 Abb. 94 Trilleralarm, elrad 1983, H. 3, S. 33 Abb. 95 Schaltungen für Lautsprecher, elrad 1984, H. 11 fS. 53-56 Abb. 96 Paatz, W., Ing.: Alarmsirene mit Zeitgeberschaltkreis B 555 D. Funkamateur 1984, H. 6, S. 303
- 7 Abb. 97 Anti-Nager-Schaltung. Elektor 1986, H. 7/8, S. 20
- Abb. 98 L5, Bild 3
- Abb. 99 Sturm, H. P.; Blattnik, C.: Timer 555 als Flipflop. Funkschau 1980, H. 23, S. 132
- Abb. 100 Ein preiswerter Aufnehmer-Verstärker, elrad 1978, H. 2, S. 45
- Abb. 101 Knauf, Thomas, Dipl.-Ing.: Stabilisierte negative Hilfsspannung. Elektronik 1980, H. 9, S. 88
- Abb. 102 Füllman, Ren; Neumayr, Hans: Zur Computerstimme durch Amplitudenmodulation. ELO 1985, H. 7, S. 114-115

Sachverzeichnis

A

Alarm 116
- sirene 122
- tongenerator 109
Anstiegsgeschwindigkeit
20
Anti-Nagetier-Schaltung 122
Anwendungen mit RC
Glied 127
- ohne RC-Glied 125
Ausgänge 21
Ausgangsschaltungen 48
- akustische 55
- elektrische 49
- mechanische 58
- optische 51
- potentialtrennende 60
Ausgangsstrom 17, 48
- stufe 14
Ausschaltkomparator 14, 15 Auto-
Innenbeleuchtung 66
Automatisches Garagenlicht 72
- Nachtlicht 74
- Türbeleuchtung 70

B

Belichtungs-Zeitgeber für
Photoarbeiten 82 Bett-Lese-Timer
64 Blinkgeber-Klick 112 -
Schaltung für Kraftfahrzeuge 103
Blinkschaltung 94 Blockschaltung
14 Brennstoffpumpe-Treiber 105

CMOS-Version 11

Computerstimme-Modulator 129

D

Darlington 18, 20 Daten,
mechanische 131
- , technische 131
- , elektrische 132
DIL 131 DIP 131
discharge 17, 18
Duka-Timer 82

Einschaltkomparator 14, 15
- schwelle 15
Eintongeneratoren 106
Elektromagnet 58
Endstufe 15 Entladezeit
37
- ladung 18

Feuchtigkeitsindikator 118
Flipflop 14, 23
Flurlichtzeitschalter 74
Frequenz 38
Funktionsbeschreibung 13

Garagenlicht 72
Gegentaktausgangsstufe
21
Gehäuse 131
Glühbirne 53
Grundsaltungen 13

H

Hauptausgang 48
- eingänge 15, 21
Hilfs-Eingänge 21
- eingang Reset 43
Hysterese 16, 46, 47

I

ICL 7555 11
 Impulsgenerator 22
 - einfacher 86
 - einstellbarer 91
 - mit IR-LED 96
 Impulsgeneratoren 86
 - akustische 97
 - elektrische 86
 - mit mechanischem Ausgang 102
 - optische 93 Induktivität
 59, 60 Infrarot-Sender 95
 Innenschaltung 18, 19
 Intervallschalter für
 Scheibenwischer 104
 IR-LED 96

K

Kinderorgel 115
 Kippschaltung 22
 - stufe, bistabile 23, 45
 Komparator 14 Kopfhörer
 57

L

Ladezeit 37 Last,
 externe 21
 Lautsprecher 56
 LDR70, 72, 118
 LED 51, 94, 96
 Leuchtdiode 102

M

Mehrfachklingel 115
 Meßaufnehmer, kapazitiver 127
 Metallgehäuse 131 Metronom 101
 - elektronisches 99, 100
 - mit Piezogeber 98 mini
 DIP 131 Morse-Piepmatz
 112
 - Tongenerator 111
 Multivibrator 22
 - astabiler 22, 33
 - bistabiler 23, 44
 - monostabiler 22, 23

N

Nadelimpulsgenerator 93 Nager
 124 National Semiconductors
 45 Nomogramm 133, 134

O

Operationsverstärker 14, 18
 Optokoppler 62

Pegel wandler 125
 Periodendauer 38
 Phototimer 79
 - widerstand 62, 70, 118
 Piezoelement 55
 - geber 98
 - summer 55
 - wandler 106, 124
 Plastikgehäuse 131
 Präzisionsltimer 78
 - Zeitschalter 77 Pulsgenerator,
 einstellbarer 91

Quarzoszillator 90

RC-Glied 23, 25
 Rechtecklgenerator 87, 88
 - und Sägezahn-generator 88
 Referenzspannung 18, 21, 25
 - Spannungen 15, 40, 41
 Regenindikator 119
 Reset-Eingang 18, 29 RS-
 Flipflop 15
 Rückstellleingang 18
 - signal 20

Sägezahn-generator 88
 Schalthysterese 16 -
 schwelle 15

Scheinwerfer-Ausschaltung 68
 Schmitt-Trigger 16, 23,
 45
 Schutzdiode 59, 60
 Schwellspannung 23
 Signetics 5, 11, 45
 sink 17
 Sirene, einfache 121 SMD 131
 source 17 Spannungsspitzen
 59, 60
 - quelle 128
 - teuer 14, 15, 18
 - teuer, innerer 40
 - vergleicher 14 Speicher-
 Flipflop 14 Start 22
 Steuerlspannung 18, 41,
 47
 - eingang 41

Taschenlmetronom 98
 - signalisator 94 Tastverhältnis
 38 Thyristor 50 Tongenerator
 800 Hz 107
 - mit Piezowandler 106
 - Morse 111
 Tongeneratoren 106
 - geschaltete 110
 - modulierte 118
 Transformator 56
 Transistorschalter 14
 Treppenhauslautomat 69
 - Zeitschalter 69

threshold 15, 17
 Triac 50, 62
 Trigger 15
 - Eingang 25, 45
 - Impuls 22, 23
 Trilleralarm 120 Trinkglas-
 Randwächter 119 TTL-
 Schaltungen 49
 Türbeleuchtung 70

Y

Überlastung 41
 UJT 122
 Ultraschallgenerator 122
 Univibrator 22

Valvo/Philips 5

W

Warnsignalgeber, akustischer 107

Zeitgeber 11, 22
 - mit Relais 82
 - Belichtungs- 82
 Zeitschalter 22
 -Duka82
 - einfache 63
 - elektronischer 65
 - Flurlicht- 74
 - Treppenhaus- 69
 Zeitschaltungen 63