



Buchreihe Elektronik

7

Helmut Gläser

Schaltungen mit Thyristoren und Transistoren

Helmut Gläser

Schaltungen mit Thyristoren und Transistoren



Buchreihe Elektronik 7

Verlag Frech Stuttgart-Botnang

© Verlag und Druckerei M. Frech Stuttgart-Botnang

5. Auflage 1974

Druck: Frech Stuttgart-Botnang

ISBN 3-7724-0060-4

I N H A L T

Schaltung 1	
Thyristornachbildung mit Relais	6
Schaltung 2	
Thyristornachbildung mit Komplementärtransistoren	8
Schaltung 3	
Phasenanschnittschaltung	10
Schaltung 4	
Helligkeitsregler	12
Schaltung 5	
Alarmanlage	14
Schaltung 6	
Verzögerungsschalter	16
Schaltung 7	
Impulsgenerator mit Unijunctionstransistor . .	20
Schaltung 8	
Drehzahlregelung für Modelleisenbahn . .	23
Schaltung 9	
Batterieladegerät	26
Schaltung 10	
Frequenzteiler mit Doppelbasistransistoren .	28
Schaltung 11	
Sägezahn-generator	30
Schaltung 12	
Drehzahlregler für Nebenschlußmotore 42 Volt	32

Schaltung 13	
Drehzahlregler	
für Nebenschlußmotore 220 Volt	38
Schaltung 14	
Universal Motorregler	41
Schaltung 15	
Drehzahlregler mit I.-R.-Kompensation	44
Schaltung 16	
Drehzahlmesser	50
Schaltung 17	
Temperaturregler mit Thyristor	52
Schaltung 18	
Tongenerator mit geringem Einzelteilaufwand	54
Schaltung 19	
Tongenerator	
mit Schwingkreis in II-Schaltung	56

Schaltung 20	
Löschgenerator für Tonbandgeräte	58
Schaltung 21	
Fernsteuerempfänger	61
Schaltung 22	
Pendelaudion mit Silicium-Transistor	64
Schaltung 23	
Selektive Schaltstufe	
mit Einschaltverzögerung	67
Schaltung 24	
Gleichspannungswandler	70
Schaltung 25	
Transistor-Zündung	73
Schaltung 26	
Astabiler Multivibrator	
mit hoher Flankensteilheit	76

VORWORT

Noch vor 25 Jahren wurden die meisten elektronischen Geräte der Amateurelektroniker, Fernsteuerer und Funkamateure, nach Röhrenschaltungen aufgebaut. Zögernd wurden dann die ersten Germanium-Transistoren und Dioden eingesetzt.

Zuerst wohl bei den Fernsteueramateuren, denn die Fernsteuergeräte für Modellflugzeuge sollen ja klein und leicht sein. Außerdem war es zu begrüßen, daß der Strom- und Spannungsbedarf dieser Geräte durch den Einsatz von Transistoren wesentlich gesenkt werden konnte.

Heute gibt es nun auch preisgünstige Siliciumbauelemente. Siliciumhalbleiter haben eine geringere Temperaturabhängigkeit als solche auf Germaniumbasis. Außerdem können sie für höhere Span-

nungen ausgelegt werden und arbeiten im allgemeinen auch zuverlässiger.

In diesem Buch werden deshalb fast ausschließlich Schaltungen mit Siliciumhalbleitern veröffentlicht. Den Transistoren ist der letzte Teil dieses Buches gewidmet. Im ersten Teil finden wir ein in „Bastlerkreisen“ noch wenig bekanntes Bauteil, den Thyristor. Dies ist ein steuerbarer Gleichrichter.

Der Thyristor arbeitet ähnlich wie ein Thyatron und hat einen transistorähnlichen Aufbau. Aus diesem Verhalten wurde auch der Name abgeleitet.

Die gezeigten Schaltungen wurden zum großen Teil vom Verfasser entwickelt. Einige Beispiele sind allgemein bekannte Grundschaltungen oder deren Abwandlung; sie wurden der Vollständigkeit halber mit aufgenommen.

Alle Schaltungen aber sind vor der Beschreibung aufgebaut und getestet worden, um ein Optimum an Nachbausicherheit zu erzielen.

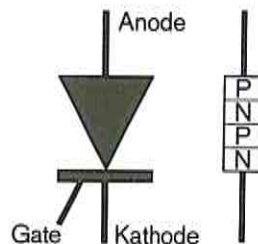
Zum Schluß muß noch darauf hingewiesen werden, daß die Schaltungen nicht frei von Schutzrechten sind und daß ein gewerblicher Nachbau nicht gestattet ist.

Neben Transistoren, Dioden und sonstigen Halbleiterbauelementen, werden in zunehmendem Ma-

ße auch steuerbare Silicium-Gleichrichter verwendet. Für diese Bauelemente hat sich die Bezeichnung Thyristor eingeführt. Die beiden Hauptanschlüsse werden wie bei einer Diode mit Anode und Kathode bezeichnet. Der zusätzliche dritte Anschluß heißt Gate oder auch Tor. Über diesen Anschluß kann der Thyristor gesteuert werden. Liegt negative Spannung an der Anode und der positive Spannungsanschluß an der Kathode, kann kein Strom fließen. Der Thyristor ist so in Sperrrichtung geschaltet. Bei umgekehrter Polung fließt zunächst auch kein Strom. Wird aber an den Toranschluß kurzzeitig eine positive Spannung (über einen Vorwiderstand von ca. $100\ \Omega$ oder einen Zündtransformator) von ca. drei Volt gebracht, kippt der Thyristor in den Ein-Zustand, das heißt, die Anoden-Kathodenstrecke wird niederohmig. Der Thyristor bleibt in diesem Schaltzustand, bis entweder der Strom abgeschaltet oder bei angelegter Wechselspannung die Polarität umgekehrt wird.

Die Spannungsrichtung in der ein Steuern des Thyristors möglich ist, bezeichnet man als Schalt-richtung. Bei Betrieb an Wechselspannung muß der Thyristor während jeder positiven Halbwelle einen Steuerimpuls am Gate erhalten, wenn ein

Stromfluß gewünscht wird. Bei Gleichstrom dagegen genügt ein Steuerimpuls, um den Ein-Zustand zu erreichen. Es fließt dann solange Strom durch den Thyristor, bis die Anordnung von der Versorgungsspannung getrennt wird.



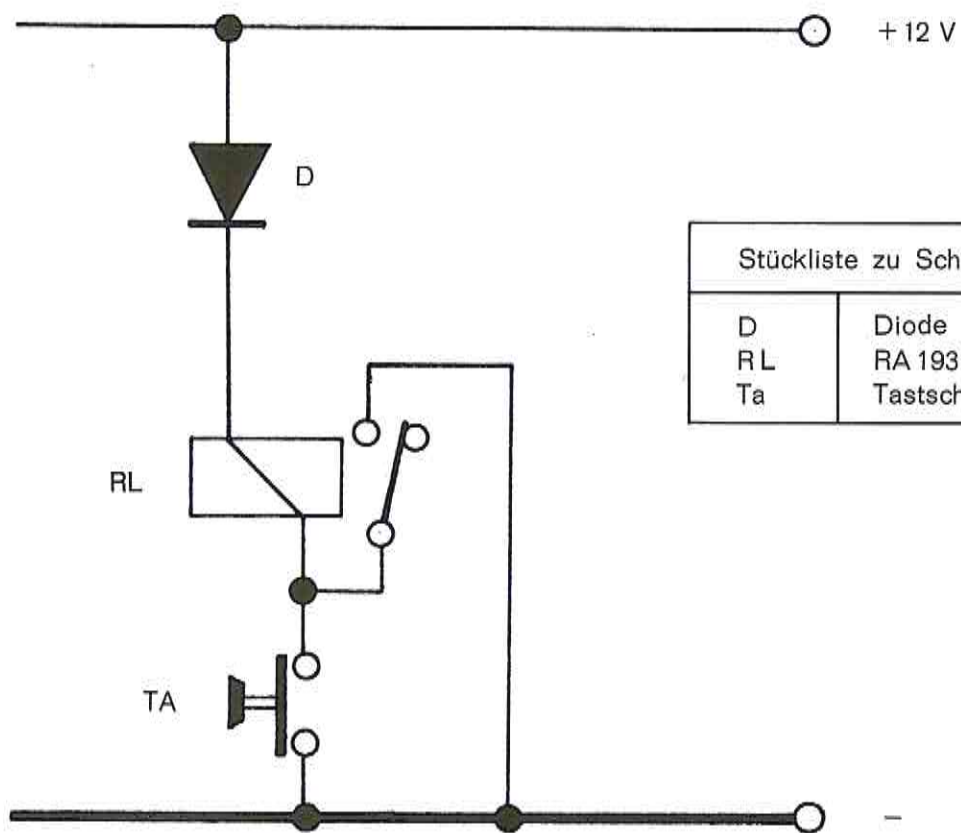
Die Abbildung zeigt das Schaltzeichen für den Thyristor, daneben die Zonenfolge.

Die Anode ist der Anschluß, in den der Strom eintritt wenn sich der Thyristor in niederohmigem Zustand befindet. Die Kathode ist die Austrittselektrode. Es wird bei dieser Darstellung die konventionelle Stromrichtung (von Plus nach Minus) angenommen. Wie aus der Abbildung hervorgeht, gliedert sich der Halbleiterkristall des Thyristors in vier Schichten. Die erste Zone, von der Anode ausgehend, besteht aus p-leitendem Material. Die zweite Schicht ist n-leitend, die dritte p- und die vierte wiederum n-leitend. Es ergeben sich also drei Sperrschichten. Auf diesen Punkt kommen wir bei Schaltung 2 nochmals zurück.

Schaltung 1

Thyristornachbildung mit Relais

Diese Schaltung ist wohl die einfachste Nachbildung eines Thyristors. Es handelt sich dabei um ein Relais mit Selbsthaltekontakt. Wird eine Spannung in der in Schaltung 1 gezeigten Polung angelegt, bleibt das Relais zunächst abgefallen. Drückt man die Taste T 1, schaltet das Relais und wird von seinem Arbeitskontakt im Ein-Zustand gehalten. Die Taste T 1 kann auf die Schaltung keinen Einfluß mehr ausüben. Das Relais kehrt nur nach dem Abschalten der Betriebsspannung in seine Ruhelage zurück und kann nach Wiedereinschalten der Spannung mit T 1 erneut betätigt werden. Wird eine Spannung in umgekehrter Polung angelegt, sperrt die Diode D. Ein Schließen von Taste 1 bleibt ohne jeden Einfluß auf die Schaltung. Es sind scheinbar alle Eigenschaften des Thyristors vorhanden. Ein mechanisch arbeitendes Relais kann allerdings keinen Thyristor ersetzen. Wir wollen uns deshalb Schaltung 2 ansehen, die eine echte Thyristor-Nachbildung darstellt.



Stückliste zu Schaltung 1	
D	Diode 11 J2, BY 100/BY 127 usw.
RL	RA 1931/9, Kaco Relais $\approx 200 \Omega$
Ta	Tastschalter (z. B. Klingelknopf)

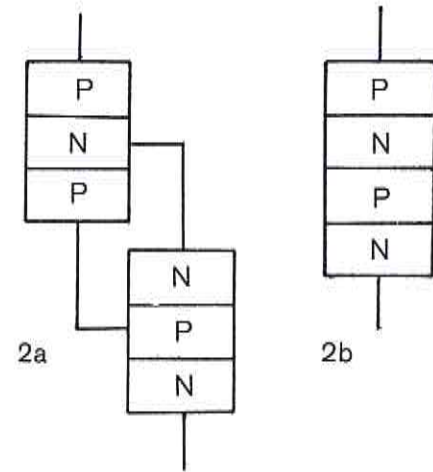
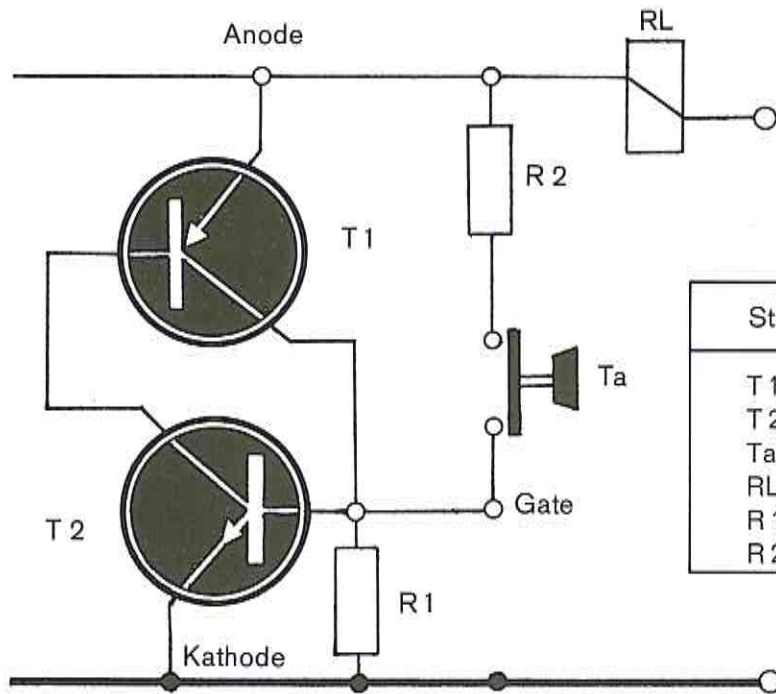
Schaltung 2

Thyristornachbildung mit Komplementärtransistoren

Die Anordnung besteht aus einem komplementären Transistorpaar. Die Schaltung wurde mit den angegebenen Typen ausprobiert; grundsätzlich läßt sich jedes komplementäre Transistorpaar einsetzen. In Schaltung 2 wurde bewußt auf die Kennzeichnung der einzelnen Transistoranschlüsse verzichtet, dafür wurden aber die hier interessierenden Ein- bzw. Ausgänge wie bei einem Thyristor bezeichnet. In Abb. 2 a ist die Zonenfolge der beiden Transistoren mit den erforderlichen Verbindungen aufgezeichnet. Wie man leicht einsieht, läßt sich 2 a ohne weiteres durch 2 b ersetzen. 2 b entspricht der Zonenfolge des Thyristors, somit müßte die Schaltung wie ein Thyristor arbeiten. Sehen wir uns also Schaltung 2 an. Wenn die Taste Ta geöffnet ist und eine Spannung in angegebener Richtung angelegt wird, fließt zunächst noch kein Strom durch den Arbeitswiderstand RL. Beide Transistoren sind gesperrt. Schließt man die Taste Ta, gelangt positive Spannung an die Basis des NPN-Transistors T2. Diese Spannung

öffnet den Transistor. Hierdurch entsteht eine negative Spannung an der Basis des PNP-Transistors T1, der dadurch ebenfalls durchgeschaltet wird. Ein geöffneter Transistors 1 bringt aber seinerseits positive Spannung an die Basis von T2. Beide Transistoren halten sich also gegenseitig in geöffnetem Zustand. Nach Öffnen von Ta fließt weiterhin Strom durch den Lastwiderstand RL. Wird die Spannung umgekehrt gepolt, arbeitet die Anordnung nicht. Beim Schließen der Taste erhält die Basis von T2 negative Spannung. Sie wird also in Sperrichtung vorgespannt. Bleibt Ta geschlossen und wird eine Wechsellspannung angelegt, erzielt man einen Effekt, der dem einer normalen Diode gleicht. Die positive Halbwelle der Wechsellspannung wird durchgelassen, die negative Halbwelle wird gesperrt. Wollte man nur diesen Effekt erzielen, wäre es natürlich billiger und einfacher, direkt eine Silicium-Diode zu verwenden.

Jetzt kommt aber der Pfiff der Sache. Man kann nicht nur die ganze positive Halbwelle durchlassen, sondern auch nur einen Teil davon. Und das ganz einfach dadurch, daß man in Schaltung 2 noch einen Kondensator einfügt. Diese Version zeigt Schaltung 3.



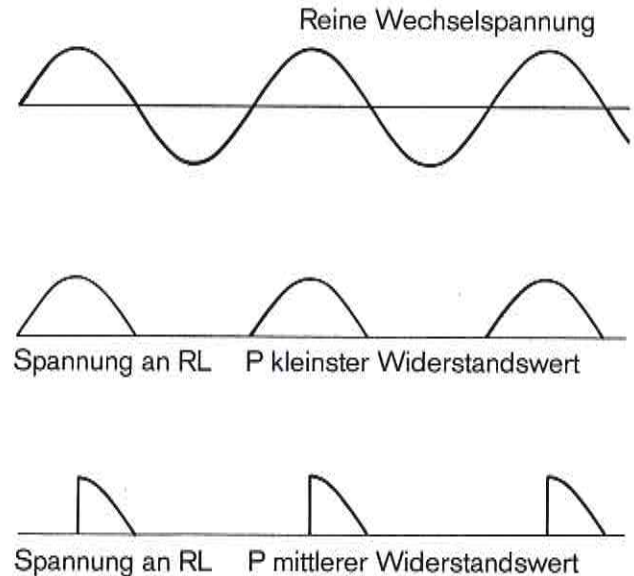
Stückliste zu Schaltung 2

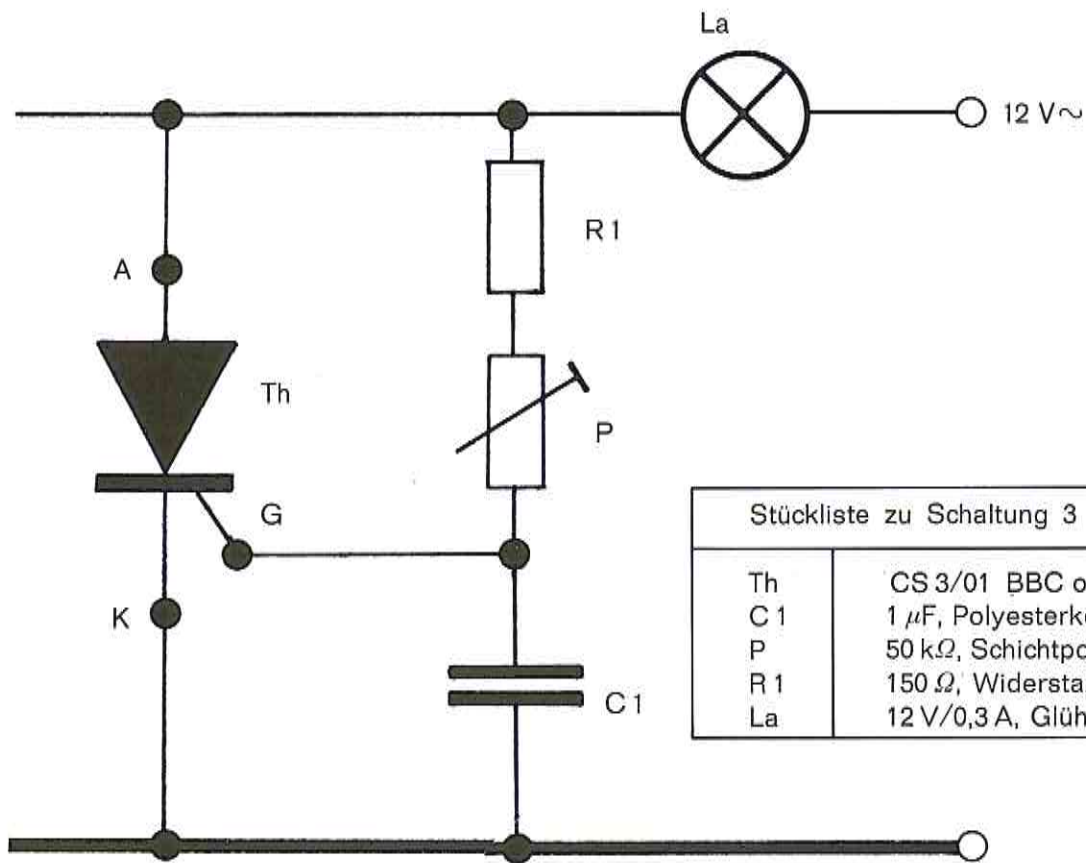
T 1	BC 177
T 2	BC 237
Ta	Taster (z. B. Klingeldrucker)
RL	RA 1931/9, Kaco-Relais
R 1	1 k Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R 2	2,2 k Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt

Schaltung 3

Phasenanschnittschaltung

Anstelle der beiden Transistoren in Schaltung 2 wird bei dieser Schaltung ein Thyristor eingesetzt. Je nach Stellung des Potentiometers P, wird ein mehr oder weniger großer Teil der positiven Halbwelle durchgelassen. Die Schaltung arbeitet also nach dem Phasenanschnittverfahren. Zur Durchsteuerung des Thyristors ist eine bestimmte positive Steuerspannung erforderlich. Durch Verändern des RC-Gliedes P/C 1 erreicht die Steuerspannung zu verschiedenen Zeiten die erforderliche Zündspannung für den Thyristor. Für jede Potentiometerstellung ergeben sich andere Stromflußwinkel. Dies wird auch im Diagramm zu Schaltung 3 anschaulich dargestellt. Da mit kleinerem Zündwinkel auch eine geringere Leistung übertragen wird, lassen sich mit dem Thyristor Steuer- und Regelschaltungen verwirklichen.





Stückliste zu Schaltung 3

Th	CS 3/01 BBC oder ähnl.
C 1	1 μ F, Polyesterkondensator
P	50 k Ω , Schichtpotentiometer
R 1	150 Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
La	12 V/0,3 A, Glühlampe

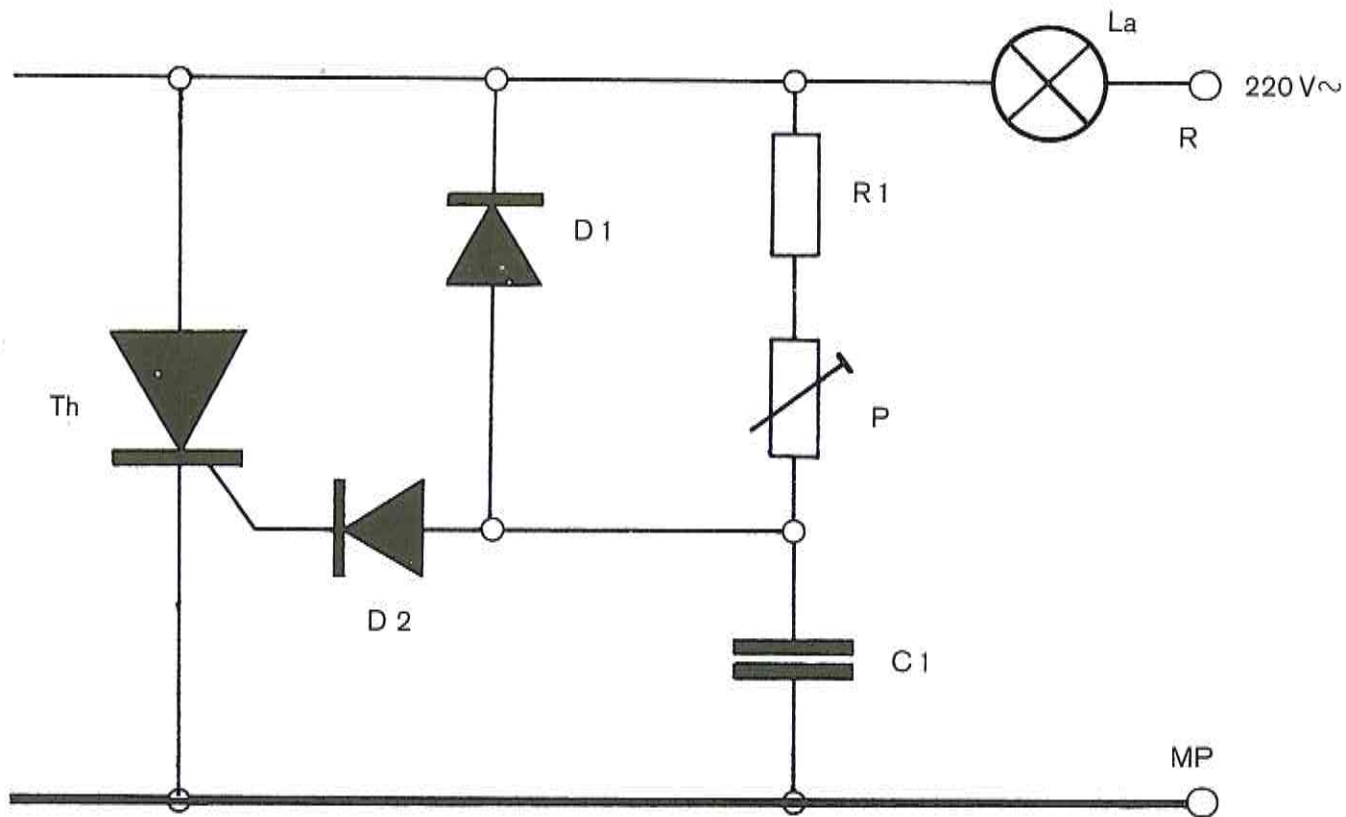
Schaltung 4

Helligkeitsregler

Die Arbeitsweise dieses Helligkeitsreglers gleicht der von Schaltung 3. Es sind hier lediglich zwei Dioden hinzugekommen. Diese Dioden verhindern, daß während der negativen Halbwellen der Wechselspannung eine zu hohe Spannung an das Tor des Thyristors gelangt. Mit der angegebenen Bestückung lassen sich Glühlampen von 40-200 Watt regeln. Der Ausdruck Regler ist für diese Schaltung an sich nicht korrekt. Es müßte eher Helligkeitseinsteller heißen. Ein Regler ist ein Gerät, welches selbsttätig eine vorgegebene Sollgröße trotz Stör-Einflüssen, z. B. Schwanken der Betriebsspannung, weitgehend konstant hält. Da der Ausdruck aber gebräuchlich ist, wollen wir es dabei belassen.

Stückliste zu Schaltung 4	
Th	BTY 79/400 R, Thyristor (Valvo)
D 1, D 2	BY 100, Diode oder 1 N 4006
C 1	1 μ F, MP Kondensator
P	10 k Ω , Potentiometer 5 Watt
R 1	220 Ω , Widerstand, 1 Watt
La	40-200 W, Glühlampe 220 Volt

Wir werden später auch noch einige echte Regler kennenlernen. Außer Steuer- und Regelschaltungen gibt es noch andere Anwendungsgebiete für den Thyristor. Zunächst wollen wir einmal einige von diesen Schaltungen ansehen.



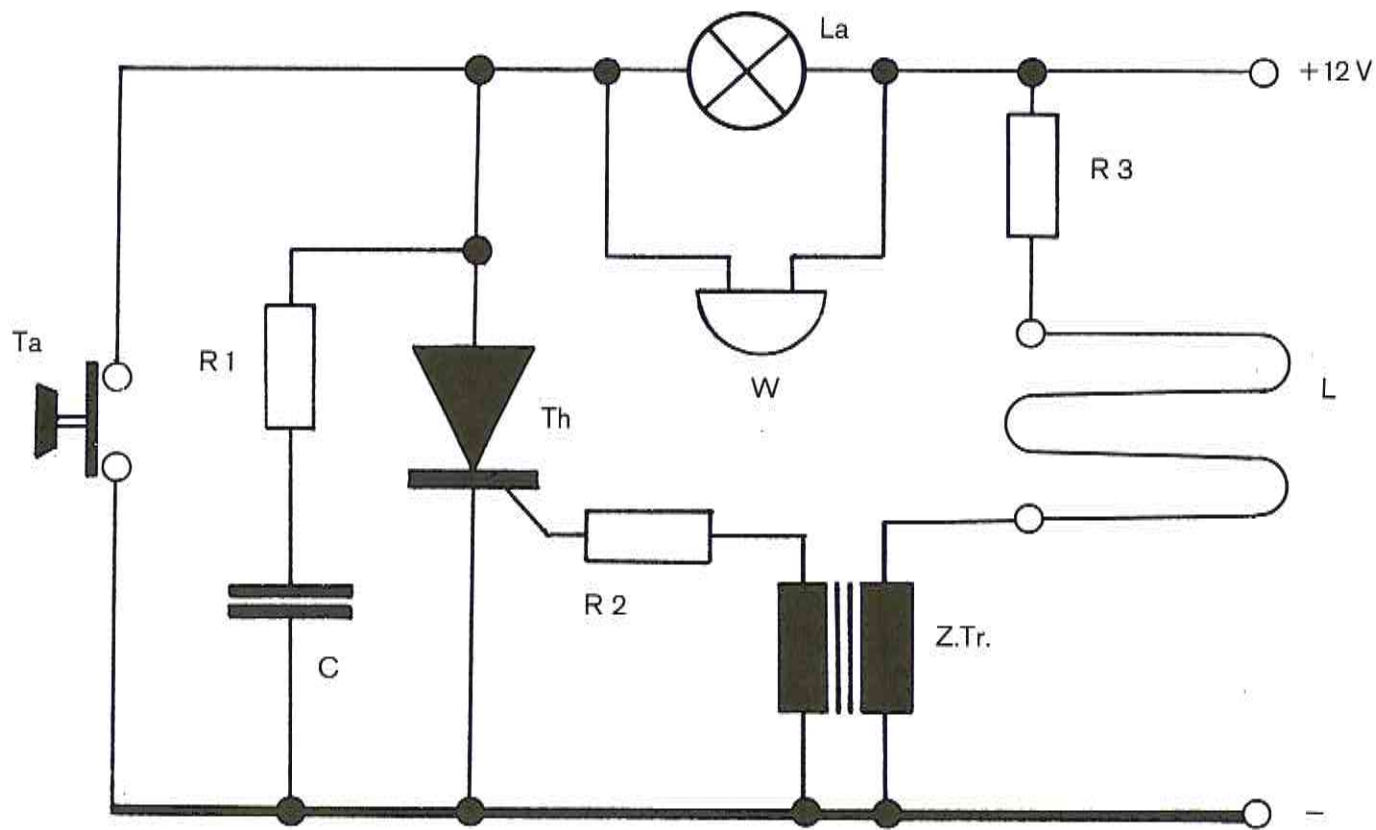
Schaltung 5 Alarmanlage

Hier wird der Thyristor weder mit einer Gleichspannung noch mit einer phasenverschobenen Wechselspannung angesteuert. Die Zündung erfolgt vielmehr durch einen kurzen steilen Impuls. Wird der Sicherungsdraht L zerrissen, kann kein Strom mehr durch die Primärspule des Zündtrafos fließen. Das Magnetfeld des Trafos bricht zusammen. In beiden Wicklungen entsteht ein Spannungsimpuls. Die Spannung der Sekundärwicklung wird dem Gate des Thyristors zugeführt und schaltet diesen ein. Damit ist auch die angeschlossene Klingel und das Alarmlicht in Betrieb gesetzt. Mit der Taste Ta kann ein ausgelöster Alarm gelöscht werden. Außerdem dient die Taste zum Prüfen von Klingel und Alarmlicht. In Bereitschaftstellung fließt ein Strom von nur einem Milliampere. Wird der Alarm ausgelöst, steigt der Strom auf ca. 200 mA. Durch den relativ geringen Stromverbrauch kann die Anlage ohne weiteres mit Trockenbatterien gespeist werden. Für Versuchszwecke reichen bereits drei in Reihe geschaltete Flachbatterien. Soll die Anlage über einen längeren Zeitraum in Betrieb bleiben, empfiehlt es sich,

wiederaufladbare Batterien zu verwenden. Es kämen dann kleine NC-Sammler (z. B. 2mal Deac 6 V 225 mA) in Betracht. Mit der angegebenen Bestückung kann der Thyristor eine Leistung von 12 Watt schalten. Das ist bei 12 Volt Betriebsspannung 1 Ampere. Die Wahl von Alarmlampe und Klingel ist also nicht kritisch. Zur Kühlung des Thyristors ist derselbe auf eine 5 x 5 cm große und 2 mm dicke Aluminiumplatte geschraubt.

Stückliste zu Schaltung 5

Th	C 106 B 1, Thyristor (Neumüller)
W	Gleichstromwecker 12 V oder normaler Wechselstromwecker umgewickelt auf 1300 Wdg. 0,2 Cul
L	Drahtschleife 0,05 Cul o. ä.
La	Glühlampe 12 V 0,1 A
Ta	Drucktaste (z. B. Klingeldrucker)
C	0,068 μ F, Polyesterkondensator
R 1	150 Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R 2	1,5 k Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R 3	12 k Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
Z. Tr.	Zündtrafo Prim. 60 Wdg. 0,3 Cul Sek. 40 Wdg. 0,3 Cul In Schalenkern 18 · 14 o. L.



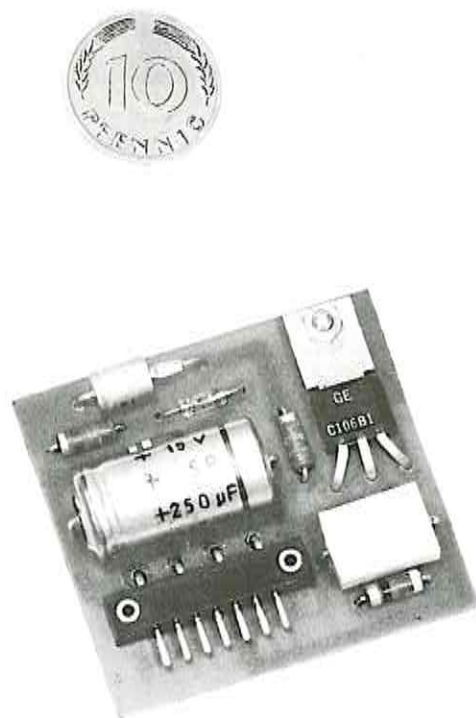
Schaltung 6

Verzögerungsschalter

Eine weitere Anwendung des Thyristors zeigt Schaltung 6. Es handelt sich um eine Einschaltverzögerung, also ein Zeitrelais. Die Schaltung wurde für eine Betriebsspannung von 42 Volt ausgelegt. Wird eine andere Versorgungsspannung gewählt muß — wenn die Verzögerungszeit gleichbleiben soll — auch der Wert des Widerstandes R 1 entsprechend geändert werden. Die Schaltung arbeitet bei Spannungen zwischen 20 und 65 Volt. Doch nun zur eigentlichen Schaltungsbeschreibung. In der Anodenzuleitung des Thyristors liegt das Arbeitsrelais. Der Kondensator C 1 wird über den Widerstand R 1 aufgeladen. Die Spannung an C 1 erreicht nach einer durch den Wert von R 1 und der Kapazität des Kondensators vorgegebenen Zeit die Höhe der Z-Spannung von D 2. Bei Erreichen der Z-Spannung wird die vorher undurchlässige D 2 leitend und es fließt Steuer-

strom. Der Thyristor kippt in den Ein-Zustand, das Relais wird erregt. Auf eine Angabe des verwendeten Relais wurde in der Stückliste verzichtet. Es können beliebige Relais mit Wicklungswiderständen zwischen 200 und 1000 Ohm eingesetzt werden. Mit den angegebenen Werten von R 1 und C 1 erhält man eine Verzögerungszeit von ca. 5 Sekunden. Durch Verändern des Widerstandes R 1 und des Kondensators C 1 kann die Verzögerungszeit in weiten Grenzen geändert werden. R 1 kann auch als Einstellregler ausgeführt werden und gestattet dann einen Feinabgleich der Zeitverzögerung. Der Widerstand R 4 begrenzt den Steuerstrom. Dies ist erforderlich, weil sonst die zulässige Steuerleistung des Thyristors überschritten würde. Die RC-Kombination R 3/C 2 verhindert einen zu raschen Spannungsanstieg an den beiden Hauptanschlüssen des Thyristors. Ein Thyristor schaltet nämlich auch dann in den Ein-Zustand wenn die zulässige Spannungsanstiegsgeschwindigkeit überschritten wird. Die Spannungsanstiegsgeschwindigkeit ist am größten, wenn wie bei Schaltung 6, eine Gleichspannung über einen mechanischen Kontakt zugeführt wird. Der Kondensator C 2 bildet zusammen mit dem Lastwiderstand ein LC-Glied. Die Zeit-

konstante wurde so gewählt, daß der Spannungsanstieg in erlaubten Grenzen bleibt. R3 ist zusätzlich erforderlich, damit beim Zünden des Thyristors die Ladung von C2 nicht schlagartig abfließen kann. Man sollte grundsätzlich vermeiden, einen Kondensator mittels Thyristor zu laden oder zu entladen, ohne daß ein Schutzwiderstand vorgeschaltet ist. Das RC-Glied R3/C2 hat außerdem noch zwei weitere Aufgaben. Eventuell auftretende Spitzenspannungen aus der Stromversorgung werden abgeleitet, auch solche Störspitzen die in dem angeschlossenen Relais beim Abschalten auftreten. Zum anderen dient die Kombination als Schutzbeschaltung gegen Träger-Speicher-Effekt. Beim eingeschalteten Thyristor ist die mittlere Sperrschicht von Ladungsträgern überschwemmt, die Sperrschicht ist also abgebaut. Wird der Thyristor am Wechselspannungsnetz betrieben, fließt auch während der negativen Halbwelle noch solange Strom durch den Thyristor, bis die vorhandenen Ladungsträger abgebaut sind. Nun sperrt der Thyristor schlagartig. Dies hat einen Spannungsstoß zur Folge. Das RC-Glied ist bei richtiger Dimensionierung in der Lage, auch diesen Spannungsstoß unwirksam zu machen. Die TSE-Beschaltung finden wir in ähnlicher Form bei fast



allen Schaltungen mit Thyristoren. Eine Erklärung der Wirkungsweise kann bei den anderen Schaltungen des Buches deshalb wohl unterbleiben. Die gewünschte Funktion dient bei allen Schaltungen dem vorgenannten Zweck.

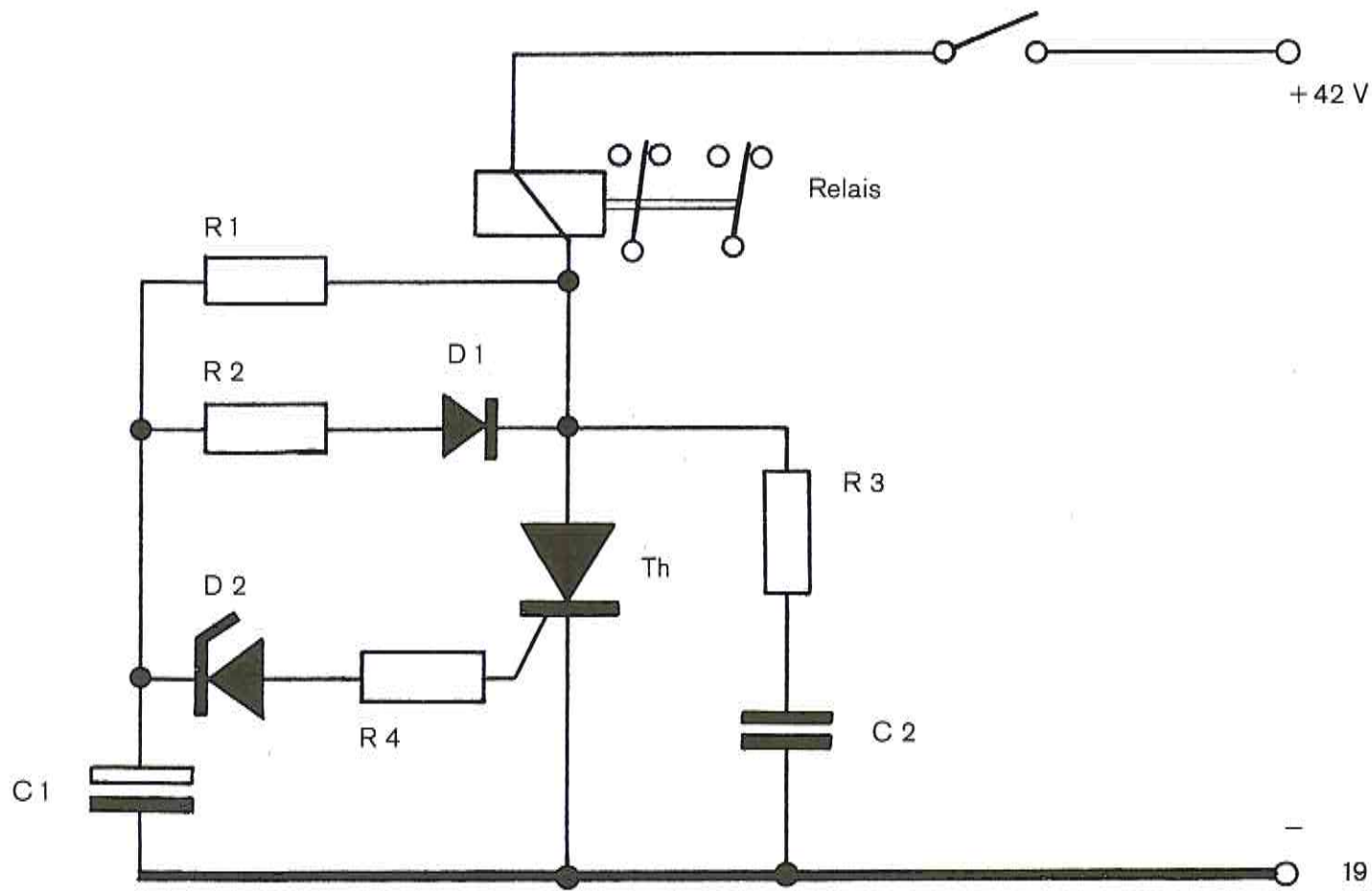
Noch nicht erklärt wurde die Funktion von Diode 1. Darauf wollen wir jetzt eingehen. Während der Verzögerungszeit wurde der Kondensator C 1 aufgeladen. Diese Ladung muß abgeleitet werden, damit nach dem Ausschalten und erneuten Einschalten die volle Verzögerungszeit erreicht wird. Wenn der Thyristor durchgeschaltet ist, liegt die Kathode von D 1 praktisch an Masse. Die positive Ladung des Kondensators C 1 kann abfließen. Bei gesperrtem Thyristor ist auch D 1 in Sperrrichtung vorgespannt, eine Beeinflussung des Ladestroms von C 1 tritt nicht auf. Der mit Diode 1 in Reihe geschaltete Widerstand R 2 verhindert, daß der Entladestrom zu hohe Werte annimmt.

Die Ansteuerung über ein RC-Glied ist die einfachste Möglichkeit den Thyristor zeitverzögernd zu schalten. Für Steuer- und Regelschaltungen sind meistens jedoch aufwendigere Ansteuer-schaltungen erforderlich.

Eine Ansteuerschaltung mit Impulsgenerator wird in Schaltung 7 gezeigt.

Stückliste zu Schaltung 6

Th	C 106 B 1, Thyristor
D 1	OA 91, Diode
D 2	ZY 12 Z-Diode
R 1	47 k Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R 2	150 Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R 3	47 Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R 4	2,2 k Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
C 1	250 μ F/15 V, Elko
C 2	0,1 μ F, Polyesterkondensator



Schaltung 7

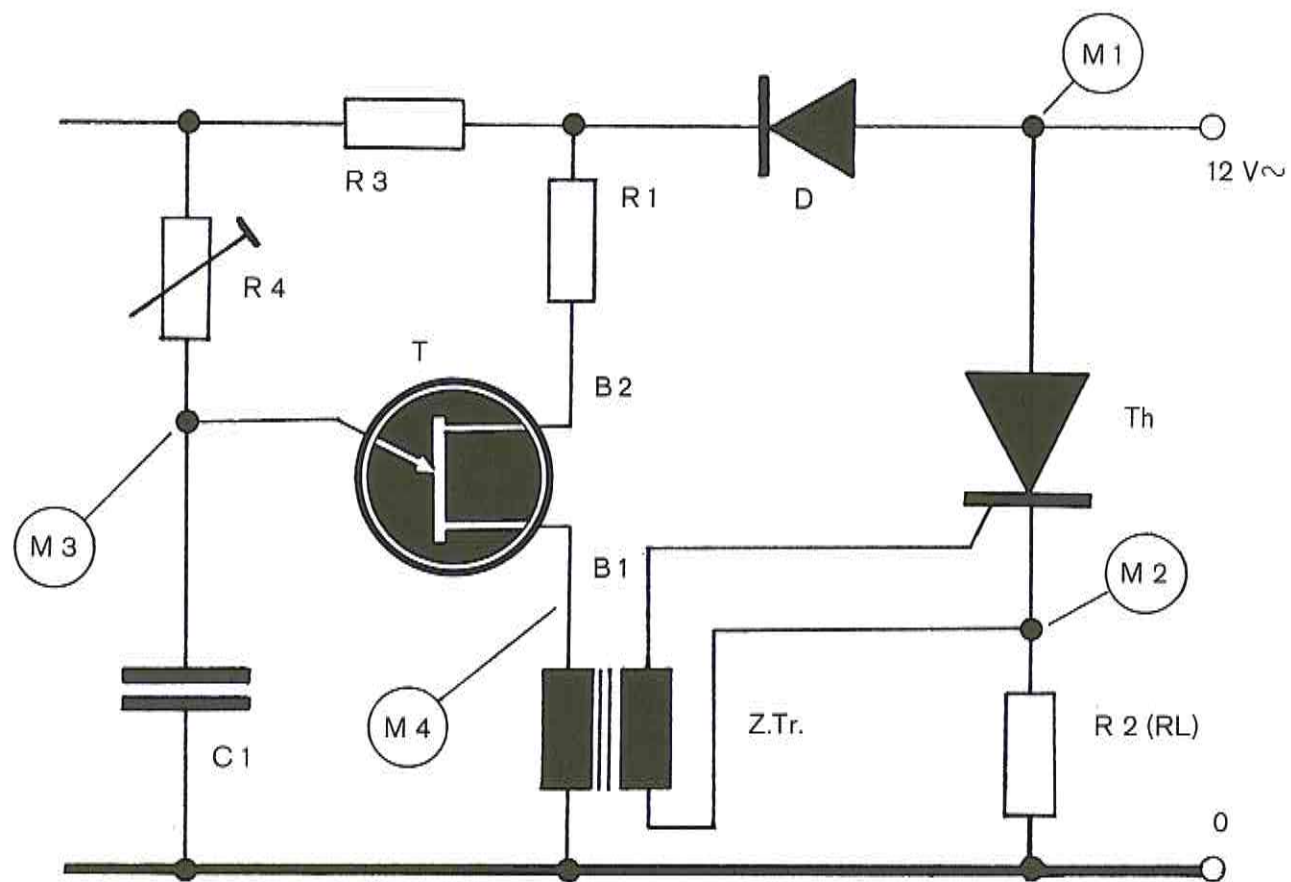
Impulsgenerator mit Unijunctionstransistor

Der hier verwendete Transistor besitzt zwei Basisanschlüsse und einen Emitteranschluß. Er heißt deshalb Doppelbasistransistor. Die beiden Basisanschlüsse haben ohmschen Kontakt mit dem Halbleitermaterial. Es gibt im Aufbau nur eine Sperrschicht. Diese liegt zwischen dem Emitter und dem n-leitenden Halbleiter. Deshalb ist auch noch die Bezeichnung Unijunction-Transistor gebräuchlich. Die Ansteuerung des Transistors erfolgt am Emitter. Die Betriebsspannung liegt an den beiden Basisanschlüssen. Ohne Ansteuerung fließt zwischen den beiden Basen nur ein geringer Reststrom. Gelangt jedoch an den Emitter eine positive Spannung, die ungefähr 50% der Betriebsspannung zwischen B1 und B2 beträgt,

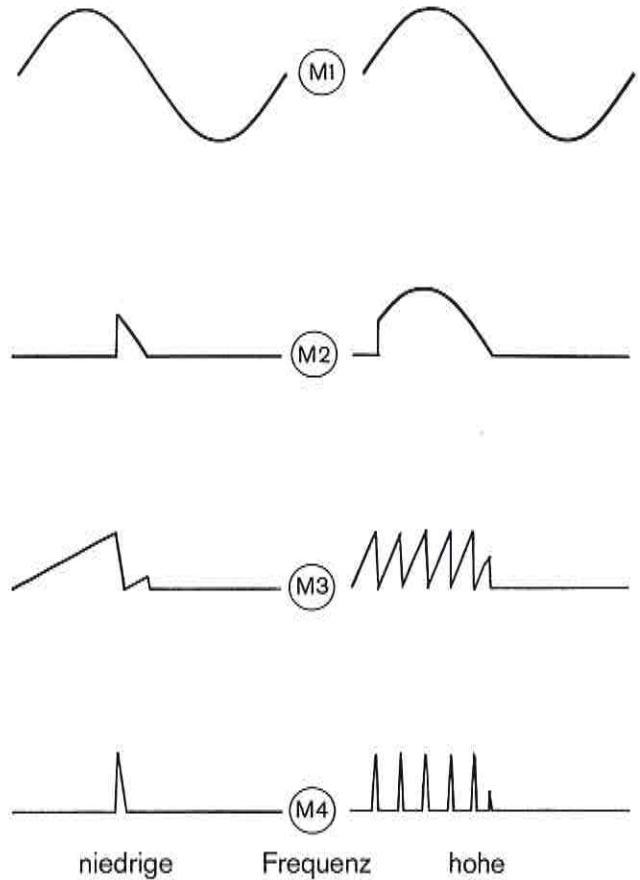
wird sowohl die Strecke Emitter-Basis 1 als auch die B1 - B2-Strecke niederohmig. Der Transistor bleibt leitend, bis die Steuerspannung am Emitter verschwindet. Der Kondensator C1 wird über die Widerstände R3 und R4 aufgeladen. Bei Erreichen der für den Transistor charakteristischen Zündspannung am Emitter, entlädt sich C1 über die Steuerstrecke. Der entstehende Stromstoß wird über den Zündtrafo dem Thyristor zugeführt. Wenn C1 entladen ist, sperrt der Doppelbasistransistor und das nächste Schaltspiel beginnt.

Stückliste zu Schaltung 7

Th	C 106 B 1, Thyristor
T	2 N 2646
D	11 J 2, Diode oder 1 N 4003
R 1	330 Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R 2	12-100 Ω , Lastwiderstand (ev. Glühlampe)
R 3	10 k Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R 4	100 k Ω , Einstellregler
C 1	0,1 μ F, Polyesterkondensator
Z. Tr.	Zündtrafo, wie in Schaltung 8

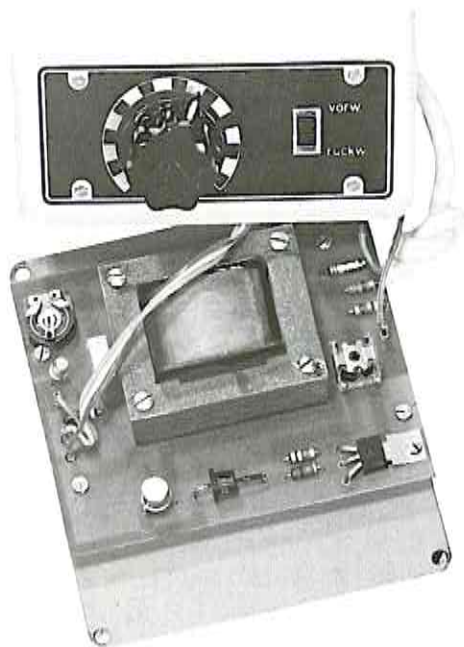


Die Schaltung gibt also eine Impulsreihe ab, deren Folgefrequenz von dem RC-Glied am Emitter bestimmt wird. Durch Verändern des wirksamen Widerstandes von R4 kann der Thyristor mit fast beliebigen Zündwinkeln betrieben werden. Im Funktionsplan zu Schaltung 7 ist zeichnerisch dargestellt, welche Spannungen und Kurvenformen in der gesamten Schaltung auftreten.



Schaltung 8

Drehzahlregelung für Modelleisenbahn

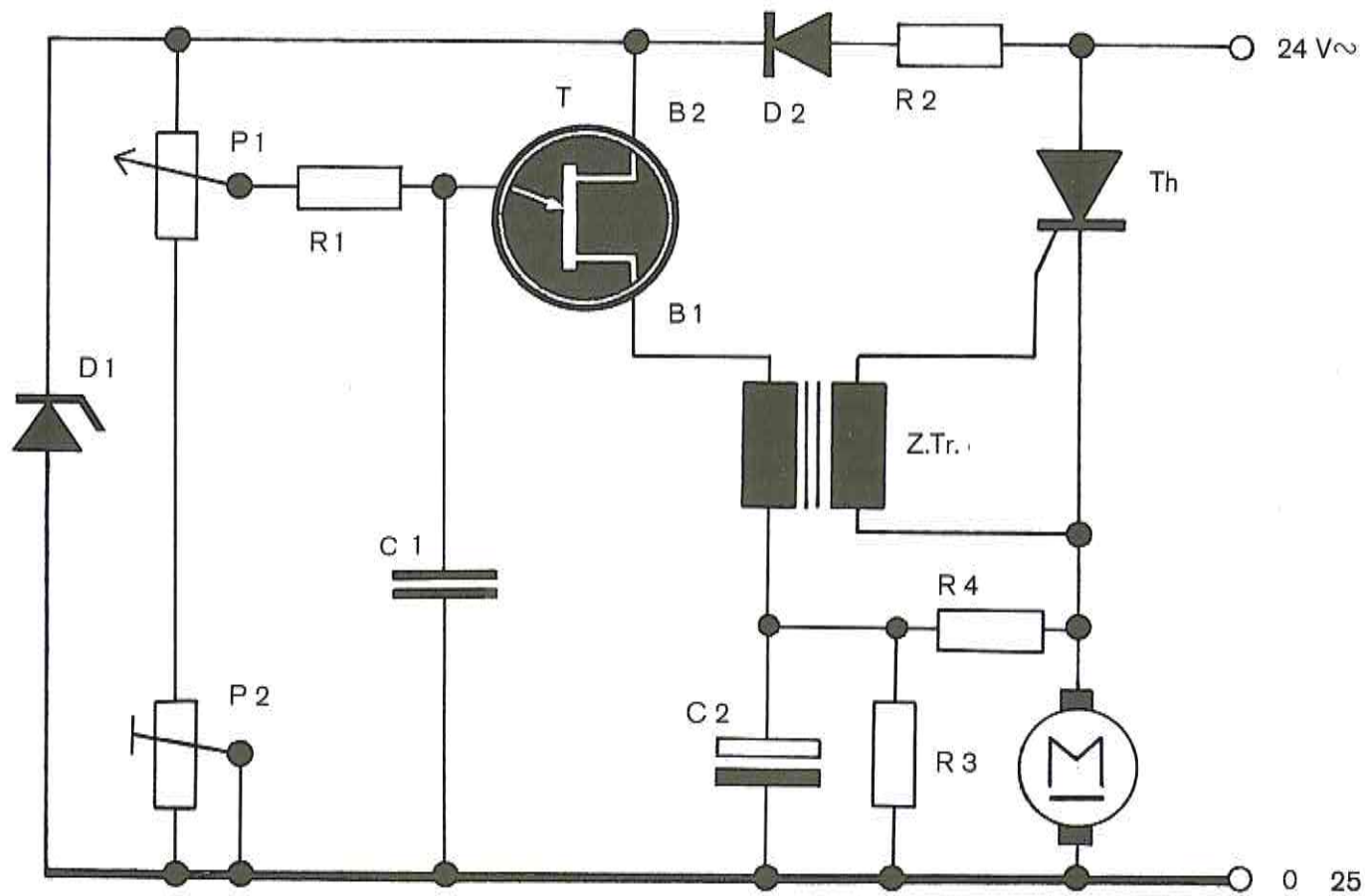


Die Schaltung wurde für Gleichstrom-Modell-eisenbahnen entwickelt; es können aber auch andere Gleichstrommotore mit ihr betrieben werden. So wurde mit dem in Modellbaukreisen seit langem bekannten Monoperm-Super eine kleine Wickelbank aufgebaut. Der Regler P 1 wird mit einem Pedal betätigt. Als angenehm hat sich herausgestellt, daß auch bei niederen Drehzahlen das Drehmoment des Motors erhalten bleibt. Beim Betrieb mit Monoperm-Super wurde eine Betriebsspannung von 12 Volt vorgesehen. Diese Spannung kann einem handelsüblichen Trafo entnommen werden.

Wird die Schaltung als Modellbahnregler eingesetzt, werden 24 Volt Wechselspannung zugeführt. Die Betriebsgleichspannung für den Impuls-generator gewinnt man mit Diode 2 aus der Versorgungsspannung. Bedingt durch die Einweggleichrichtung erhält der Impuls-generator nur während der positiven Halbwellen Spannung. Während der negativen Halbwellen der Wechselspannung werden deshalb keine Zündimpulse erzeugt. Die pulsierende Gleichspannung von Diode 2 wird mittels der Z-Diode D 2 begrenzt. Es wird erreicht, daß der Impuls-generator eine praktisch stabile Versorgungsspannung erhält. Bei Spannungsschwan-

kungen an dieser Stelle würde sich die Impulsfrequenz und somit auch Zündwinkel und Ausgangsspannung des Reglers ändern. Die Impulsfrequenz kann mit dem Potentiometer P1 frei gewählt werden. Der Einstellregler P2 dient zur Grundeinstellung der gewünschten unteren Drehzahl. Jeder Potentiometerstellung ist eine bestimmte Drehzahl zugeordnet. Nun kann, wie bekannt, die Impulsfrequenz durch Ändern der Spannung zwischen B1 und B2 des Unijunctionstransistors beeinflusst werden. Über einen Spannungsteiler R3/R4 wird deshalb die Motorspannung als Sollwertvergleich an Basis 1 zurückgeführt. Bei steigender Belastung beginnt die Motordrehzahl zu sinken und die Spannung, die der Motor während der Sperrzeit des Thyristors abgibt, erniedrigt sich ebenfalls. Die positive Spannung an Basis 1 wird bei Belastung also verringert. Die Folgefrequenz des Impulsgenerators erhöht sich, und der Zündzeitpunkt des Thyristors wird vorverlegt. Es gelingt dem Regler, die eingestellte Solldrehzahl annähernd konstant zu halten.

Stückliste zu Schaltung 8	
Th	C 106 B 1, Thyristor
T	2 N 2646, Doppelbasistransistor
D 1	ZY 8,2 Z-Diode
D 2	11 J 2, Diode oder 1 N 4003
P 1	2,5 k Ω , Potentiometer
P 2	5 k Ω , Einstellregler
R 1	6,8 k Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R 2	5 k Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R 3	330 Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R 4	330 Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
C 1	0,1 μ F, Polyesterkondensator
C 2	1 μ F/15 V, Elko
Z. Tr.	Zündtrafo Prim. 60 Wdg. 0,14 Cul Sek. 60 Wdg. 0,14 Cul in Schalenkern 7 · 11 o. L.



Schaltung 9

Batterieladegerät

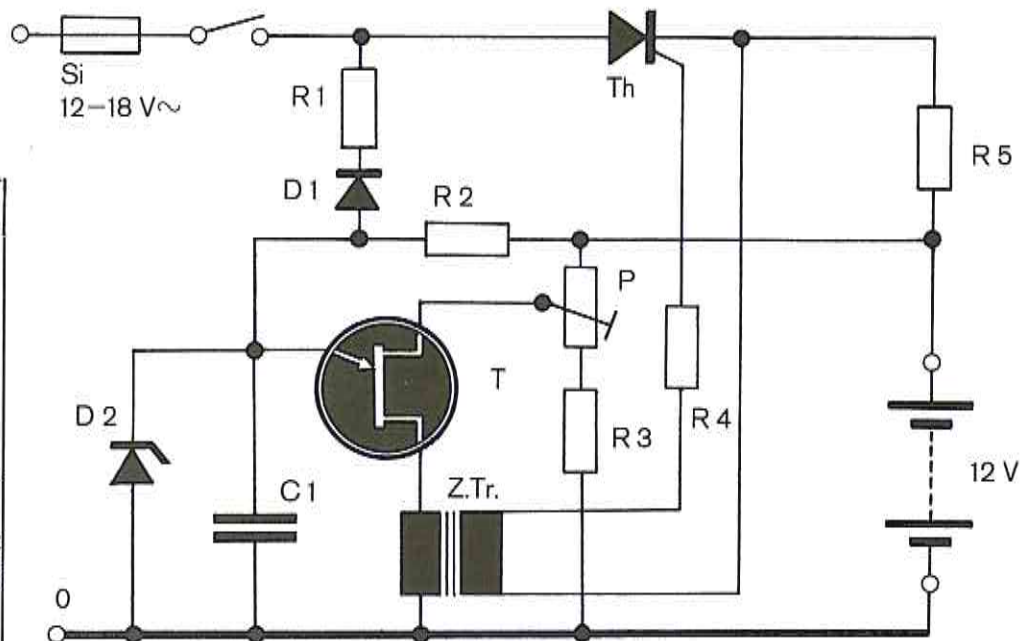
Auch für ein Batterieladegerät kann eine Thyristorsteuerung verwendet werden. Schaltung 9 ist ein Gerät für 12-Volt-Bleisammler. Die Schaltung verhindert ein Laden der Batterie mit verpolter Ladespannung. Außerdem wird bei einem Kurzschluß der Ladeleitung das Gerät automatisch abgeschaltet. Die Ansteuerung des Thyristors wird in schon bekannter Art mit einem Unijunktions-Transistor vorgenommen. Die Stromversorgung erfolgt hier jedoch nicht wie sonst üblich mittels Diode aus der Netzspannung. Dem Impulsgenerator wird vielmehr die Spannung der zu ladenden Batterie zugeführt. Da die untere Grenze der Entladespannung bei 1,85 Volt je Zelle liegt, reicht auch die Spannung einer praktisch leeren Batterie noch aus, den Impulsgenerator in Betrieb zu setzen. Schließt man die Batterie falsch an, erhält auch der Doppelbasistransistor verpolte Spannung und kann nicht arbeiten. Bei einem Kurzschluß der Batterie oder der Ladeleitung fehlt die Spannung für den Impulsgenerator, und es werden keine

Zündimpulse für den Thyristor erzeugt. Wird die Batterie ordnungsgemäß angeschlossen, gelangen Zündimpulse auf das Gate des Thyristors. Der Thyristor zündet, und es fließt ein Ladestrom, dessen Größe von der Eingangswechselspannung und dem Wert des Widerstandes R 5 bestimmt wird. Mit dem in der Stückliste angegebenen Thyristor können Ladeströme bis 1 Ampere verarbeitet werden. Für größere Ladeströme läßt sich ohne weiteres ein Thyristor höherer Leistung einsetzen. Die Zündkreisdimensionierung muß der Ansteuercharakteristik des jeweils eingesetzten Typs entsprechen. Deshalb können auch hier Änderungen erforderlich werden. Mit einem Thyristor C 20 B* kann der Ladestrom bis auf 4 Ampere erhöht werden. Im Zündkreis entfällt der Widerstand R 4. Nach beendeter Ladung schaltet das Gerät automatisch ab. Dies wird erreicht durch die Z-Diode am Emitter des Unijunktionstransistors. Während der Ladung steigt die Batteriespannung von 11 Volt zu Beginn der Ladung bis auf ca. 14 Volt am Ladungsende an. Dem Impulsgenerator wird diese Spannung unverändert zugeführt. Erreicht die Spannung zwischen den beiden Basisanschlüssen des Transistors einen Wert, der höher ist als die doppelte Z-Spannung von D 2,

* oder BTY 91/200 R (Valvo), CS 8 02 d 02 (BBC)

Stückliste zu Schaltung 9

Th	C 106 B1, Thyristor
T	2 N 2646, Doppelbasistransistor
D 1	11 J 2, Diode od. 1 N 4003
D 2	ZY 6,2, Z-Diode
P	1 k Ω , Potentiometer
R 1	1 k Ω , Widerstand 1/4 Watt
R 2	6,8 k Ω , Widerstand 1/4 Watt
R 3	4,7 k Ω , Widerstand 1/4 Watt
R 4	1 k Ω , Widerstand 1/4 Watt
R 5	5 Ω , Widerstand 5 Watt
C	0,1 μ F, Polyesterkondensator
Z. Tr.	Zündtrafo Prim. 60 Wdg. 0,14 Cul Sek. 60 Wdg. 0,14 Cul in Schalenkern 7 · 11 o. L.
Si	1-5 A, Sicherung je nach verwendetem Thyristortyp.



setzen die Impulse aus und der Thyristor bleibt gesperrt. Mit dem Potentiometer P kann die Abschaltsschwelle eingestellt werden. Als Besonderheit ist in dieser Schaltung noch die Diode 1 zu erwähnen. Mit ihr wird erreicht, daß während der negativen Halbwellen der Eingangsspannung keine Zündimpulse erzeugt werden.

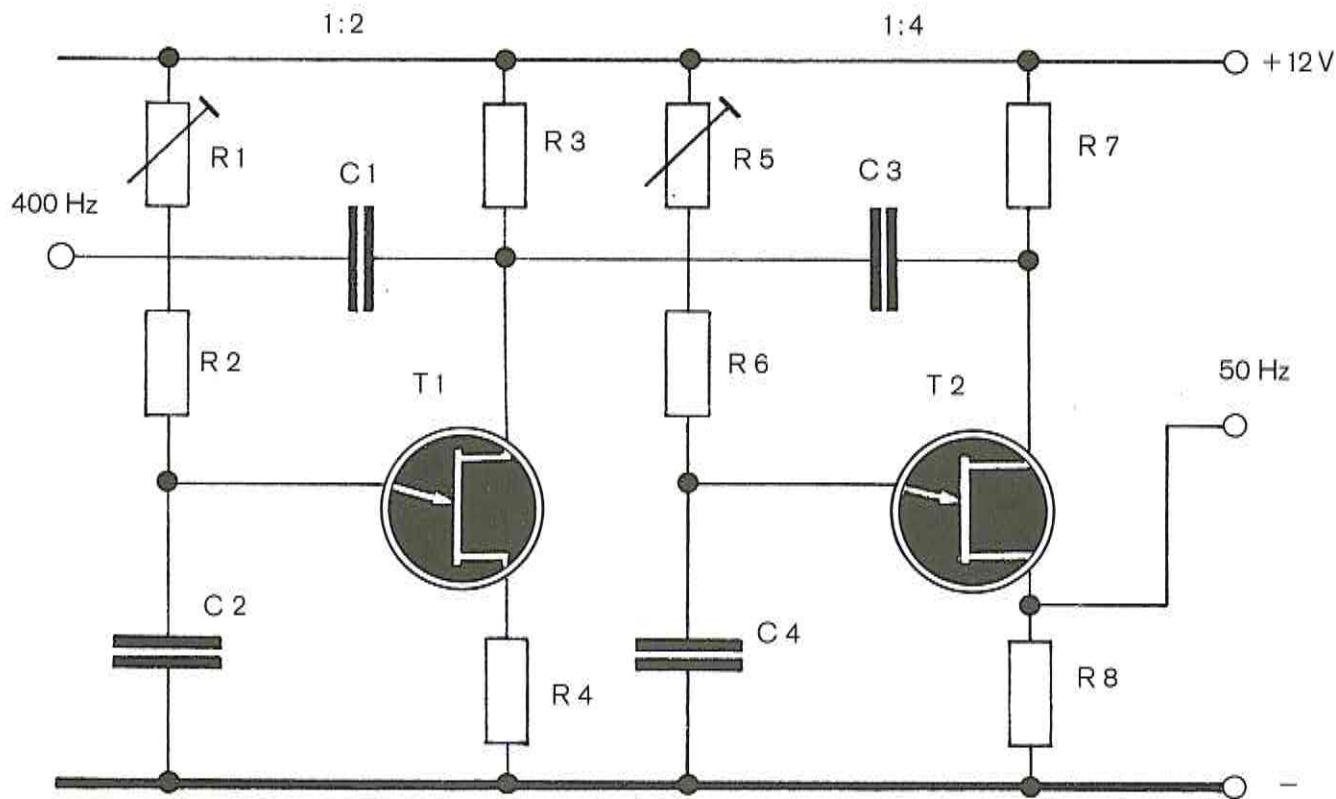
Schaltung 10 Frequenzteiler mit Doppelbasistransistoren

Bisher haben wir den Doppelbasistransistor nur in Ansteuerschaltungen für Thyristoren kennengelernt. Schaltung 10 zeigt deshalb einmal eine andere Einsatzmöglichkeit. Es handelt sich hier um einen Frequenzteiler mit Unijunktionstransistoren. Wie aus der Schaltung ersichtlich ist, besteht der Frequenzteiler aus zwei Generatorschaltungen, die sich im Aufbau stark gleichen. Der einzige Unterschied ist die Bemessung des Kondensators C 2 beziehungsweise C 4. Beide Generatoren können unabhängig voneinander schwingen. Die gewünschte Impulsfrequenz wird mit den Einstellreglern R 1 und R 5 abgeglichen. Durch die Einzelteilbemessung erzeugt die erste Stufe Impulse mit ca. 200 Hz Folgefrequenz. Bei der zweiten Stufe liegt die Frequenz bei 50 Hz. Die beiden Stufen sind über C 3 miteinander verkoppelt. Die zweite Stufe wird also von der vorgeschalteten synchronisiert. Die Impulse der ersten Stufe gelangen dauernd auf die Basis 2 des zweiten Transistors. Die Spannung des zweiten Transistors wird hierdurch im Rhythmus dieser Impulse erniedrigt.

Jeder vierte Impuls löst deshalb bei dem Generator einen Impuls aus, der eine etwas höhere Folgefrequenz hat, als sich mit einem freilaufenden Generator 2 ergeben würde. Generator 2 muß so eingestellt werden, daß er auf einer etwas niedrigeren Frequenz schwingt, als dem Teilverhältnis entsprechen würde. Auf die gleiche Art kann auch Generator 1 mit einer auf C 1 geführten Frequenz synchronisiert werden. Mit den in der

Stückliste zu Schaltung 10

T 1, T 2	2 N 2646, Doppelbasistransistoren
R 1	50 k Ω , Einstellwiderstand 0,1 W
R 2	47 k Ω , Widerstand ¼ Watt
R 3	470 Ω , Widerstand ¼ Watt
R 4	100 Ω , Widerstand ¼ Watt
R 5	50 k Ω , Einstellwiderstand 0,1 W
R 6	47 k Ω , Widerstand ¼ Watt
R 7	470 Ω , Widerstand ¼ Watt
R 8	100 Ω , Widerstand ¼ Watt
C 1	0,015 μ F, Polyesterkondensator
C 2	0,1 μ F, Polyesterkondensator
C 3	0,015 μ F, Polyesterkondensator
C 4	0,33 μ F, Polyesterkondensator



Stückliste angegebenen Einzelteilwerten wird eine Frequenzteilung von 1:8 erreicht. Die Eingangsfrequenz ist 400 Hz; am Ausgang können 50 Hz abgenommen werden.

In Schaltung 10 werden zwar nur zwei Stufen gezeigt, es können aber noch mehrere solcher Generatoren vor- oder nachgeschaltet werden, um höhere Frequenzteilung zu erreichen.

Schaltung 11

Sägezahngenerator

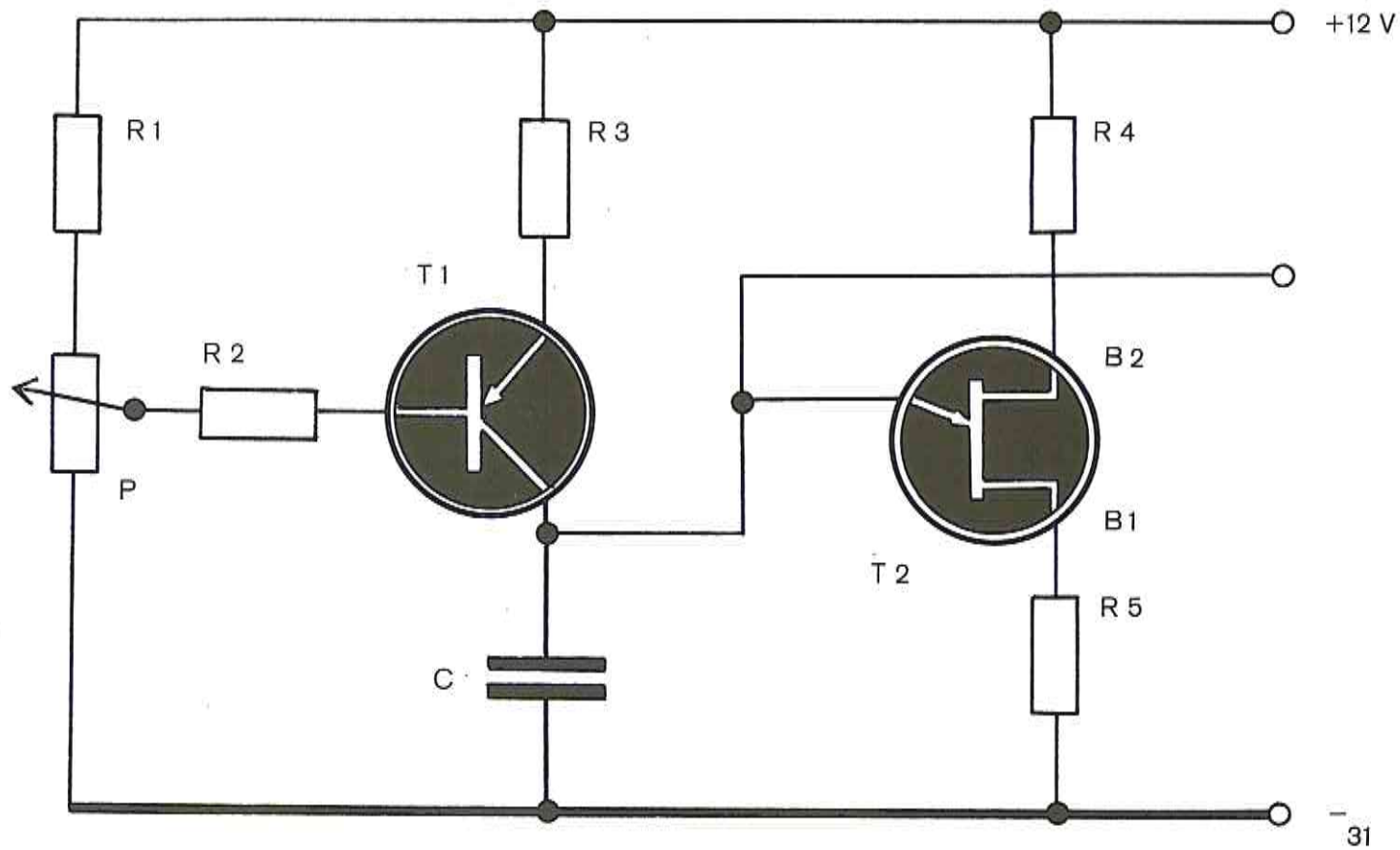
Sägezahngenerator heißt, die Ausgangsfrequenz hat eine Kurvenform, bei der auf einen relativ langsamen Spannungsanstieg ein steiler Abfall der Spannung erfolgt. Der Kondensator C wird über einen Transistor aufgeladen. Dies hat den Vorteil, daß die Anstiegsflanke des Sägezahns annähernd linear verläuft. Der Transistor arbeitet als Konstantstromquelle. Der Ladestrom für C ist weitgehend unabhängig vom Ladezustand des Kondensators. Bei einer Speisung über einen Widerstand nimmt der Ladestrom mit steigender Ladung ab. Die Kurvenform folgt dann einer Exponentialfunktion. Der Transistor T 1 ist durch den Widerstand R 3 stark gegengekoppelt. Da außerdem noch ein Basisvorwiderstand in Reihe mit dem Eingang liegt, erhält man eine Stromeinprägung im Steuerkreis. Dieser Strom, multipliziert mit der Stromverstärkung des Transistors, ergibt den Ladestrom für den Kondensator C. Die Frequenz des Generators kann mit dem Potentiometer P zwischen 400 Hz und 8 kHz variiert werden.

Soll ein noch größerer Frequenzbereich überstrichen werden, muß der Wert des Kondensators mit geändert werden können. Es ist zweckmäßig, verschiedene Kondensatoren mit einem Umschalter, wahlweise mit dem Emitter von T 2 zu verbinden. Je nach Kapazität der jeweils eingeschalteten Kondensatoren ändert sich auch der Frequenzbereich.

Da der Sägezahngenerator durch Impulse an seiner Basis 2 synchronisiert werden kann, dürfte sich die Schaltung für ein einfaches Kippgerät in Elektronenstrahloszillographen einsetzen lassen.

Stückliste zu Schaltung 11

T 1	Si. PNP Transistor BC 177
T 2	2 N 2646, Doppelbasistransistor
P	50 k Ω , Potentiometer
R 1	10 k Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R 2	22 k Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R 3	1 k Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R 4	330 Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R 5	39 Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
C	0,1 μ F, Polyesterkondensator



Schaltung 12

Drehzahlregler für Nebenschlußmotore 42 Volt

Schaltung 11 bildet auch in leicht abgeänderter Form das Herzstück des Drehzahlreglers nach Schaltung 12. An diesem Regler können Gleichstrom-Nebenschlußmotore mit einer Stromaufnahme bis 6 Ampere angeschlossen werden. Dies ist nämlich der Nennstrom des verwendeten Thyri-

stors BTY 91/200 R der Firma Valvo. Da der für Versuche zur Verfügung stehende Motor eine Ankernennspannung von 31 Volt hatte, wurden als Betriebsspannung des Reglers 42 Volt Wechselspannung festgelegt. Ohne sonstige Änderungen können auch Motore mit 24 Volt Ankerspannung angeschlossen werden. Die erforderliche Gleichspannung für die Feldwicklung wird mit einem Brückengleichrichter aus der Versorgungsspannung gewonnen. Die Regelung des Motors erfolgt über die Ankerspannung. Mit dem Sollwertgeber des Reglers kann diese Spannung zwischen 2 und 32 Volt eingestellt werden. Bei diesen Spannungsgrenzen ist die Ausregelung von Lastschwankungen noch gewährleistet. Bei niedrigeren oder höheren Spannungen am Motor fällt die Drehzahl bei Belastung stark ab, da einerseits bei niedrigen Drehzahlen ein großer Teil der Ausgangsspannung durch die Ankerverluste des Motors verloren geht und andererseits bei höheren Spannungen keine Regelreserve mehr vorhanden ist. Der Regler kann eben nicht mehr Spannung abgeben, wenn nicht auch die Versorgungsspannung erhöht wird.

In Schaltung 12 ist der Thyristor anders angeschlossen als wir es von den anderen Schaltungen

gewohnt sind. Dies mag im ersten Moment etwas verwirren. Der Thyristor wird aber auch hier nur dann gezündet, wenn positive Spannung an seiner Anode liegt. Folglich ist eine Zündung möglich, wenn die Strangspannung negative Werte annimmt. Die Anode des Thyristors ist mit dem Ankeranschluß des Motors verbunden, dessen zweiter Anschluß am Nulleiter liegt. Diese etwas „verdrehte“ Anschlußart war erforderlich, weil die Regel- und Zündeinheit durchweg mit negativen Spannungen arbeitet. Die Regeleinheit erhält die negativen Halbwellen der Betriebsspannung über die Diode 1 als Versorgungsspannung zugeführt. Während der positiven Halbwellen sperrt Diode 1, und der Regler kann während dieser Zeit nicht arbeiten. Während der Sperrzeit des Thyristors ist also auch die Zündeinheit außer Betrieb und es werden keine Zündimpulse erzeugt. Mit Diode 3 werden die durchgelassenen Halbwellen in Höhe der Z-Spannung abgekappt. Erstens wird dadurch gewährleistet, daß an den beiden Transistoren eine stabilisierte Spannung anliegt, zum andern ist auch die Vergleichsspannung am Sollwertgeber unabhängig von Schwankungen der Versorgungsspannung. Der Sollwertgeber muß mit einer reinen Gleichspannung betrie-

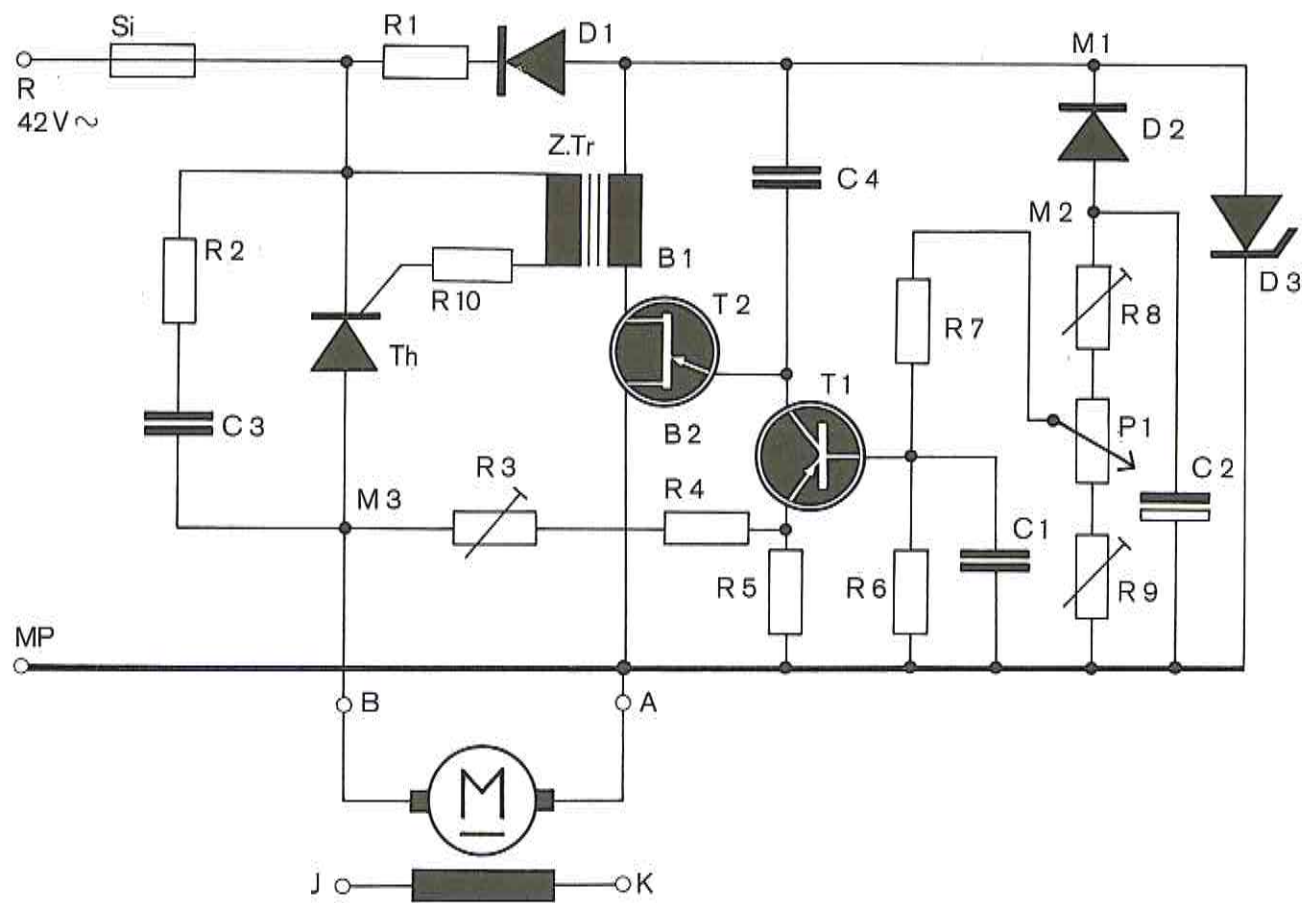
ben werden. Deshalb ist der Kondensator C 2 erforderlich. Um nun aber ein Abfließen der Kondensatorladung zum Regler hin zu unterbinden, wurde die Diode 2 zwischengeschaltet.

Der Sollwertgeber besteht aus den beiden Einstellreglern R 8 und R 9 und dem Potentiometer P. R 8 dient zur Einstellung der oberen Grenze der Ausgangsspannung. Mit R 9 wird die Mindestspannung festgelegt. Mit dem Potentiometer können beliebige, zwischen den durch R 8 und R 9 gegebenen Grenzwerten eingestellt werden. Die Spannung am Schleifer des Potentiometers wird über R 7 der Basis des Transistors T 1 zugeführt. Der Transistor arbeitet genau wie in Schaltung 11 als Konstantstromquelle. Der Kollektorstrom des Transistors lädt den Kondensator C 1 und der Impulsgenerator beginnt zu arbeiten. Die Zündimpulse steuern über den Zündtrafo den Thyristor. Wird die Spannung am Schleifer von dem Potentiometer erhöht, steigt auch der Kollektorstrom von T 1 und die Folgefrequenz des Impulsgenerators. Der Stromflußwinkel des Thyristors wird vergrößert. Bei gezündetem Thyristor gelangt über den Spannungsteiler, bestehend aus den Widerständen R 3, R 4 und dem Emitterwiderstand R 5, negative Spannung an den Emitter von T 1.

Stückliste zu Schaltung 12

Th	BTY 91/200 R, Thyristor
T 1	2 S 302, Transistor oder BC 177 B
T 2	2 N 2646, Doppelbasistransistor
P 1	10 k Ω , Potentiometer
D 1	1 N 4003
D 2	1 N 4003
D 3	ZY 24 Z-Diode
Si	10 A, Sicherung
R 1	1 k Ω , Widerstand 1 Watt
R 2	56 Ω , Widerstand ½ Watt
R 3	5 k Ω , Einstellregler
R 4	1,5 k Ω , Widerstand ½ Watt
R 5	820 Ω , Widerstand ½ Watt

R 6	47 k Ω , Widerstand ½ Watt
R 7	68 k Ω , Widerstand ½ Watt
R 8	5 k Ω , Einstellregler
R 9	5 k Ω , Einstellregler
R 10	22 Ω , Widerstand ½ Watt
C 1	0,1 μ F, Waffelkondensator
C 2	5 μ F, Elko
C 3	0,1 μ F, Polyesterkondensator
C 4	0,068 μ F, Polyesterkondensator
Z. Tr.	Zündtrafo
	Prim. 60 Wdg. 0,3 Cul
	Sek. 35 Wdg. 0,3 Cul
	In Schalenkern 14 · 18 o. L.

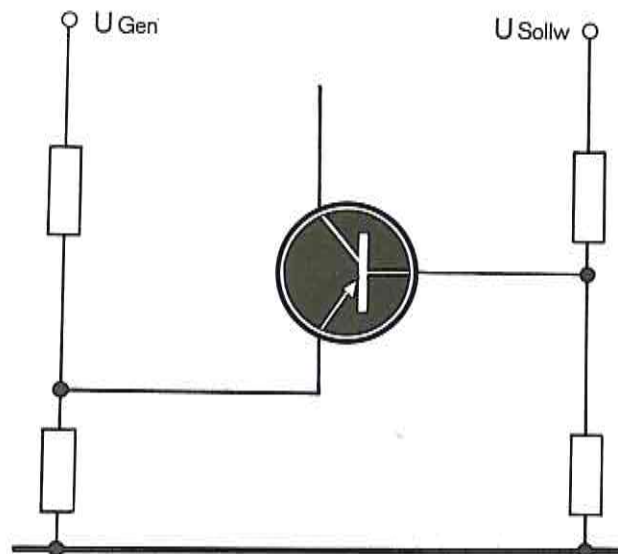


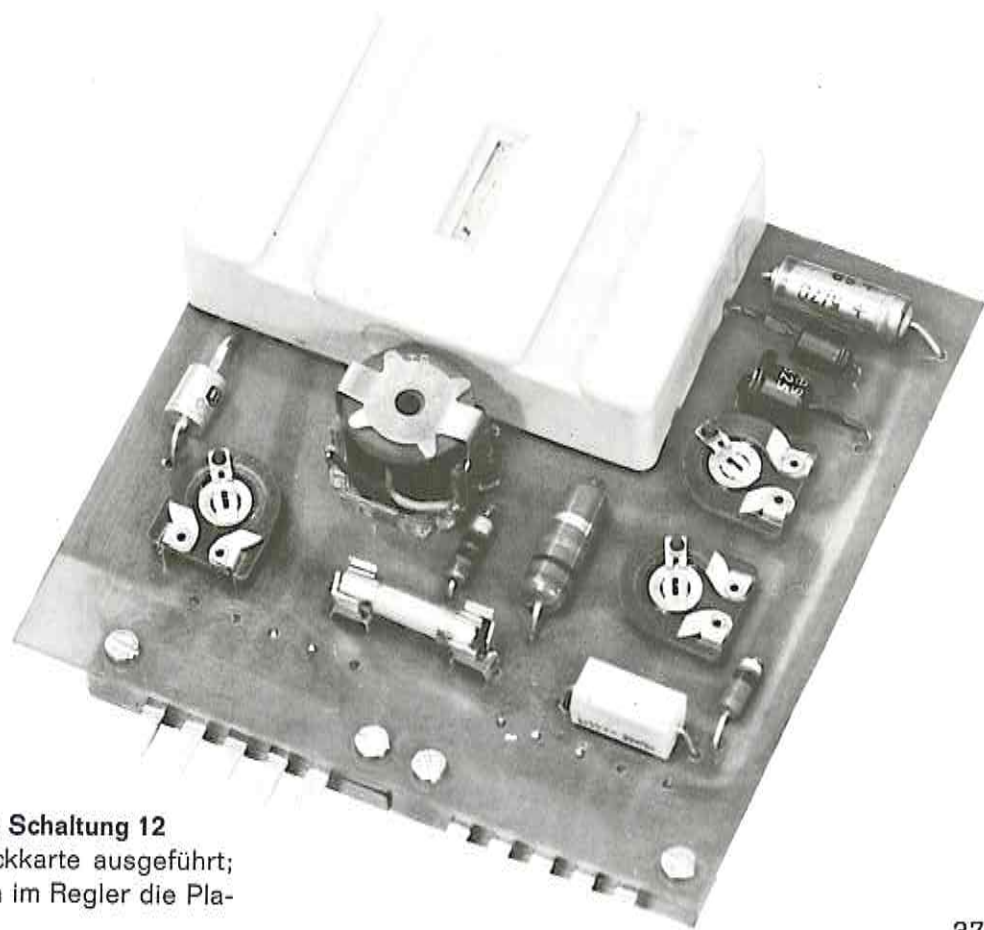
Die wirksame Basis-Emitterspannung dieses Transistors ist dadurch aufgehoben und der Transistor gesperrt. Nach der Zündung des Thyristors werden deshalb keine Zündimpulse mehr erzeugt. Außerdem gelangt während der Sperrzeit des Thyristors die Generatorspannung des Motors an den Emitter von T1. Die wirksame Steuerspannung wird um den Wert der Generatorspannung an R5 verringert.

Bei anlaufendem Motor zündet der Thyristor zunächst mit dem größtmöglichen Stromflußwinkel. Da die Generatorspannung proportional der Drehzahl ist, verringern sich Steuerspannung und Kollektorstrom von T1 mit steigender Drehzahl des Motors.

Die Zündimpulse am Thyristor werden dabei immer weiter zurückverlegt. Schließlich stellt sich ein stabiler Zustand ein. Die mit dem Sollwertgeber vorgewählte Drehzahl ist erreicht. Jede Drehzahländerung stört das Gleichgewicht zwischen Generatorspannung und Stromflußwinkel. Über die Steuerspannung von T1 wird dann sofort auf die Solldrehzahl nachgeregelt. Die Regelung erfolgt durch Spannungsvergleich zwischen Sollwertspannung und Istwert (Generatorspannung des Motors).

Schaltung 12a zeigt die Vergleichsschaltung im Prinzip. Wie man sieht liegt die Basis-Emitterstrecke in der Diagonale einer Brückenschaltung, die aus zwei Spannungsquellen gespeist wird.





Regler ohne Leistungsteil nach Schaltung 12

Die Schaltung wurde als Steckkarte ausgeführt; dadurch läßt sich bei Ausfällen im Regler die Platine leicht austauschen.

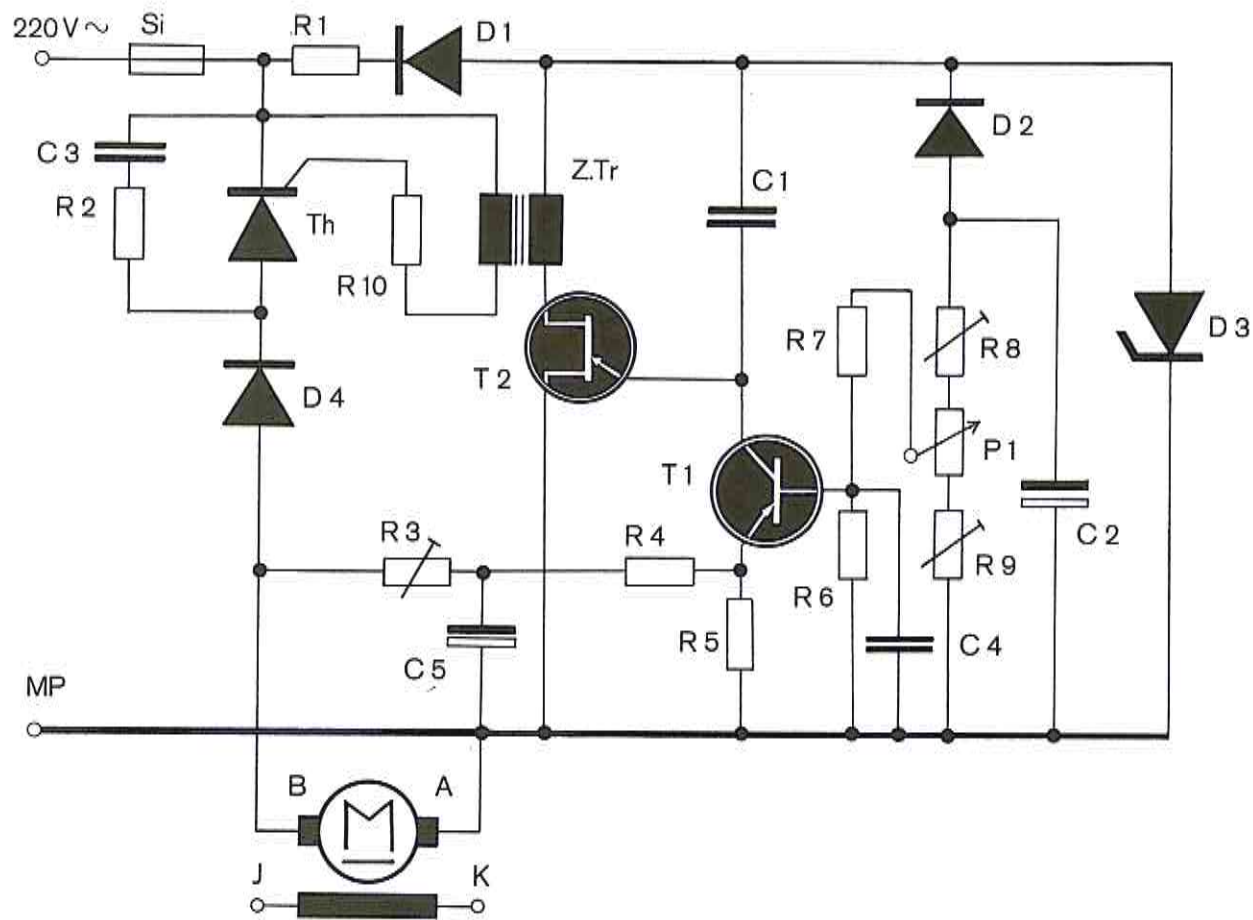
Schaltung 13

Drehzahlregler für Nebenschlußmotore 220 Volt

Schaltung 13 ist die Regelschaltung nach Schaltung 12, jedoch für eine Betriebsspannung von 220 Volt. Die Schaltung wurde an einem Motor mit 0,4 Ampere Ankernennstrom getestet. Es können mit dem verwendeten Thyristor aber auch Motore bis zu 1 Ampere Stromaufnahme angeschlossen werden. Der Thyristor hat eine Spitzenspannung von 400 Volt. Da sich während der positiven Halbwellen die Generatorspannung des

Stückliste zu Schaltung 13

Th	BTY 79/400 R, Thyristor
T 1	BC 177, Transistor
T 2	2 N 2646, Doppelbasistransistor
P 1	10 k Ω , Potentiometer
D 1	BY 100, Diode oder 1 N 4006
D 2	Diode 1 N 4003
D 3	ZY 24, Z-Diode
D 4	BYZ 12, Gleichrichter
Si	4 Amp, Sicherung
R 1	5 k Ω , Widerstand 10 Watt
R 2	100 Ω , Widerstand ½ Watt
R 3	50 k Ω , Einstellregler
R 4	1,5 k Ω , Widerstand ½ Watt
R 5	820 Ω , Widerstand ½ Watt
R 6	47 k Ω , Widerstand ½ Watt
R 7	68 k Ω , Widerstand ½ Watt
R 8	5 k Ω , Einstellregler
R 9	5 k Ω , Einstellregler
R 10	22 Ω , Widerstand ½ Watt
C 1	0,1 μ F, Waffelkondensator
C 2	5 μ F/70 V, Elko
C 3	0,01 μ F, Kondensator (Erofol II 1000 V)
C 4	0,068 μ F, Polyesterkondensator
C 5	2 μ F/170 V, Elko



Motors zum Scheitelwert der Betriebsspannung addiert, reicht die Sperrspannung des Thyristors nicht aus. Es wurde deshalb die Diode 4 vorgeschaltet. Der Thyristor erhält so nur während der negativen Halbwellen Spannung. Selbstverständlich muß Diode 4 eine genügende Spannungsfestigkeit aufweisen. Es wurde ein Typ mit 600 Volt Sperrspannung gewählt. Wird ein Thyristor mit höherer Sperrspannungsfestigkeit eingesetzt, kann selbstverständlich Diode 4 entfallen. Der Widerstand R 1 erhöht sich, bedingt durch die Betriebsspannung, auf 5 k Ω bei 10 Watt Belastbarkeit. Ebenfalls ist bei Diode 1 die höhere Betriebsspannung zu berücksichtigen. Der Widerstand R 3 wurde auf 50 k Ω vergrößert. Die Belastbarkeit dieses Widerstandes soll mindestens 1 Watt sein. In die Rückführung zum Regler wurde der Kondensator C 5 eingebaut. C 5 verhindert, daß die Regelung durch Kollektorstörungen des Motors beeinflusst wird und dadurch instabil arbeitet. Der Regelbereich von Schaltung 13 beträgt 1:30, entsprechend den Ausgangsspannungen 6 und 180 Volt.

Bei Schaltung 12, 13 und auch der folgenden Schaltung 14 muß für eine ausreichende Kühlung des Thyristors gesorgt werden. Am günstigsten

ist es, die für den jeweiligen Typ vorgesehenen Wärmeableiter zu verwenden. Es kann aber auch ein Aluminiumblech zur Kühlung benutzt werden. Die erforderliche Größe für den jeweiligen Anwendungsfall kann nach der Faustformel:

$$A \text{ cm}^2 = \frac{P \text{ (mW)}}{\Delta t \text{ (C)}}$$

bestimmt werden. A ist die Fläche des Kühlbleches in Quadratzentimetern, P die Verlustleistung des Thyristors in Milliwatt und Δt die Temperaturdifferenz zwischen der höchsten auftretenden Umgebungstemperatur zur Temperatur des Thyristorgehäuses. Die Formel ist nur anwendbar, wenn das Kühlblech eine annähernd quadratische Form hat und der Thyristor in der Mitte des Bleches sitzt. Die Formel gilt bei einer Blechstärke von 1,5 mm. Da die Verlustleistung eines Thyristors aber nicht ganz einfach zu bestimmen ist, wird man die erforderliche Kühlfläche durch Versuch ermitteln. Man nimmt ein relativ großes Blech. Dieses wird dann Zug um Zug solange verkleinert, bis die Gehäusetemperatur ca. 30° C über der Umgebungstemperatur liegt. Die Geräte werden dann bis zu 50° C Umgebungstemperatur einwandfrei arbeiten.

Schaltung 14

Universal-Motorregler

Schaltung 14 gestattet den Anschluß von Gleichstrom-Nebenschlußmotoren, sowie auch von den in Bohrmaschinen usw. eingesetzten Reihenschlußmaschinen. Die Schaltung nutzt beide Halbwellen der Netzwechselspannung. Der eigentlichen Regelanordnung ist deshalb der Brückengleichrichter G1 vorgeschaltet. Die Stromversorgung der Feldwicklung von Nebenschlußmotoren ist durch den Gleichrichter leicht möglich. Die Anschlüsse J und K sind hierfür vorgesehen. Beim Betrieb von Reihenschlußmotoren bleiben diese Anschlüsse unbeschaltet. In den Ankerstromkreis des Motors ist der Thyristor Th eingefügt. Er arbeitet wie auch bei den vorhergehenden Schaltungen im Phasenanschnitt. Von Bedeutung im Hauptstromkreis ist noch die Freilaufdiode D1 zu erwähnen. Durch die induktive Komponente des Ankerwiderstandes ist es möglich, daß der Strom

im Hauptstromkreis beim Ende der vorhergehenden Spannungshalbwelle noch nicht abgeklungen ist. Der Thyristor bleibt durchgeschaltet und eine Steuerung ist nicht möglich. Dies tritt besonders bei niedrigen Drehzahlen und hoher Belastung auf. Die Freilaufdiode übernimmt diesen Strom, dadurch ist ein sicheres Abschalten des Thyristors im Spannungs-Nulldurchgang gewährleistet. Die Flußspannung über der Freilaufdiode muß bei Übernahme des vollen Motorstromes kleiner sein, als die Spannung am Thyristor beim Fließen des minimalen Haltestromes. Um dies sicherzustellen ist die Diode 4 noch in den Hauptstromkreis eingefügt. Die Haltespannung ist damit um die Flußspannung dieser Diode erhöht.

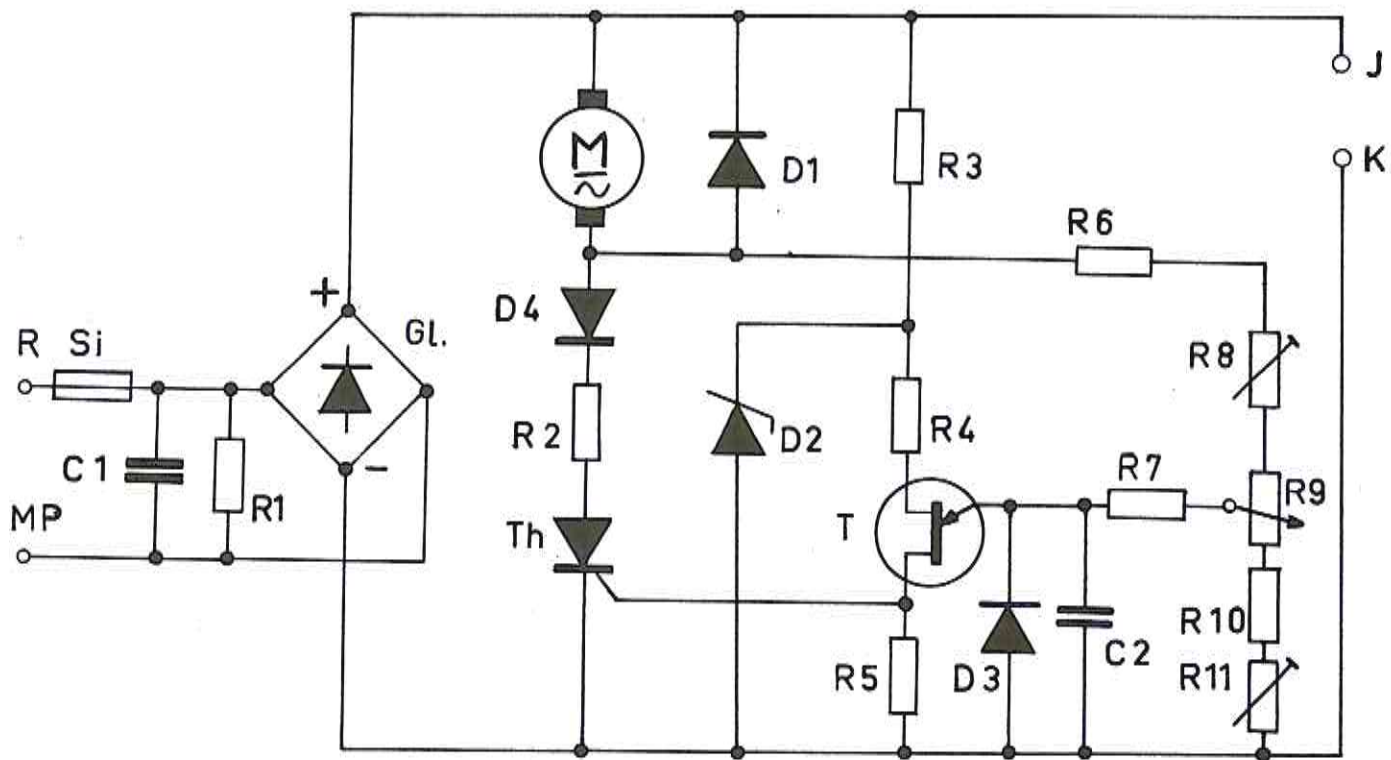
Die Zündung des Thyristor wird mit dem Impuls-generator in üblicher Weise vorgenommen. Seine Betriebsspannung erhält er über den Vorwiderstand R 3. Die Z-Diode D 2 hält diese Spannung auf 12 Volt begrenzt. Die Drehzahlverstellung ist mit dem Potentiometer R 9 vorzunehmen. Die Einstellregler R 8, R 11 und die Widerstände R 6, R 10 dienen zum Festlegen der minimalen und maximalen Drehzahl. Sie sind zweckmäßigerweise so einzustellen, daß mit R 9 die Motorspannung zwischen 15 und 200 Volt variiert werden kann.

Steigende Spannung am Motor erniedrigt nun die Spannung am Abgriff von R 9, während ein Absinken der Motorspannung sofort ein Ansteigen der Steuerspannung an dieser Stelle zur Folge hat. Die eingestellte Drehzahl bleibt deshalb auch bei Belastungsschwankungen annähernd konstant.

Da die Schaltungen 13, 14 und 15 mit Netzwechselspannung von 220 Volt arbeiten, ist es unbedingt erforderlich, die bestehenden Schutzvorschriften zu beachten. Vor allem sei darauf aufmerksam gemacht, daß auch Teile des Impulsgenerators volle Wechselspannung führen können. Bevor man also mit den Fingern in die Schaltung faßt, ist unbedingt der Netzstecker zu ziehen. Auch der ganze Aufbau gehört in ein geschlossenes Gehäuse. Eine offene Verdrahtung ist hier nicht nur unschön, sondern auch gefährlich. Wird ein Metallgehäuse verwendet, muß dieses mit dem Schutzleiter des Netzes verbunden werden. (gelb-grüner Draht vom Schutzkontakt des Schukosteckers.) Im allgemeinen wird man ein stabiles Kunststoffgehäuse verwenden, da sich dieses meist mit den vorhandenen Mitteln besser bearbeiten läßt. Ein solches Gehäuse erhält bei sauberer Bearbeitung ein fast industriemäßiges Aussehen.

Stückliste zu Schaltung 14

Th	BT 102/500 R, Thyristor (Valvo)
T	2 N 2646, Unijunktion-Transistor (Neye)
Gl	B 250/C 2000, Si-Brückengleichr. (Siem.)
D 1, D 4	BYX 38/600, Si-Diode (Valvo)
D 2	ZY 12, Si-Z-Diode (Intermetall)
D 3	OA 91, Ge-Diode (Valvo)
C 1	5 nF/1000 V, Erofol II (Roederst.)
C 2	0,33 μ F/250 V, KF-Kondensator (Valvo)
R 1	100 k Ω , Widerstand 1 Watt
R 2	1 Ω , Widerstand 4 Watt
R 3	15 k Ω , Widerstand 8 Watt
R 4	330 Ω , Widerstand 1/2 Watt
R 5	120 Ω , Widerstand 1/2 Watt
R 6	15 k Ω , Widerstand 1/2 Watt
R 7	33 k Ω , Widerstand 1/2 Watt
R 8	25 k Ω , Einstellregler 0,2 Watt
R 9	500 k Ω , Potentiometer 2 Watt
R 10	27 k Ω , Widerstand 1/2 Watt
R 11	250 k Ω , Einstellregler 0,2 Watt
Si	2 Amp, Sicherung mittelträge



Schaltung 15

Drehzahlregler mit I.-R.-Kompensation

Ein weiterer Drehzahlregler, der aus dem 220 Volt Lichtnetz versorgt wird, ist Schaltung 15. Dieser Regler ist wieder für Nebenschlußmotore gedacht. Die Regelung wurde gegenüber den vorherigen Schaltungen wesentlich verbessert. Dies wirkt sich besonders bei niedrigen Drehzahlen aus. Der Regler arbeitet mit einer sogenannten I.-R.-Kompensation. D. h. bei niedrigen Drehzahlen wird ein Teil der Reglerausgangsspannung der Sollwertspannung aufgestockt. Durch diese Maßnahme können die Ankerverluste des Motors kompensiert werden. Mit dem Einstellregler R 14 wird der Arbeitspunkt der Kompensationsschaltung eingestellt. Ein Drehzahlabfall bei niedrigen Drehzahlen und Belastung mit Nenndrehmoment, tritt nicht mehr auf. Je nach Stellung des Reglers R 14 kann die Drehzahl des Motors bei Belastung sogar zunehmen. Der Regelbereich der Schaltung wird ebenfalls durch die Kompensation erweitert. Es ist ein Drehzahlverhältnis von 1:60 zwischen Minimal- und Maximaldrehzahl erreichbar.

Um Regelbereich und Genauigkeit voll ausnützen zu können, muß der Impulsgenerator temperaturstabil arbeiten. Zwar ist durch den Emitterwiderstand und die dadurch bedingte Gleichstromgegenkopplung des Transistors T 1 eine gewisse

Stückliste zu Schaltung 15

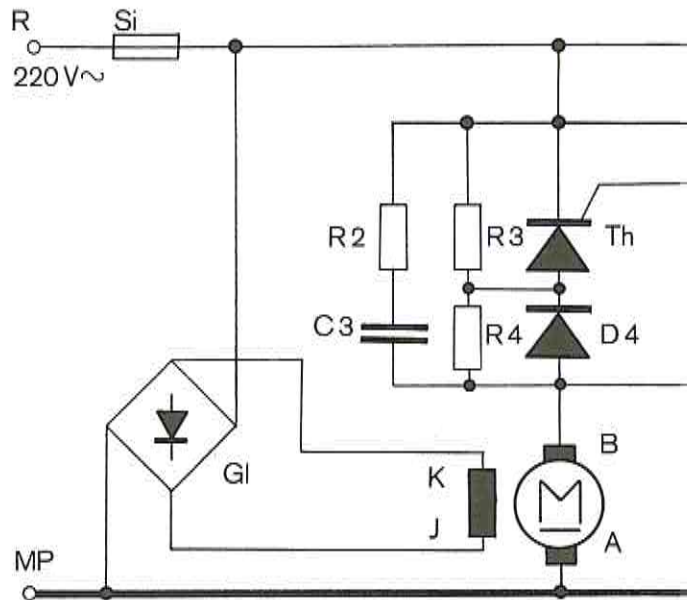
Th	BTY 79/400 R, Thyristor
T 1	2 S 302, Transistor oder BC 177 B
T 2	2 N 2646, Doppelbasistransistor
P 1	2,5 k Ω , Potentiometer
D 1	BY 100, Diode
D 2	1 N 4003, Si-Diode
D 3	ZY 22, Z-Diode
D 4	BYZ 12, Diode
Gl	B 250 C1200, Brückengleichrichter
Si	4 Amp., Sicherung
R 1	5,1 k Ω Widerstand 10 Watt
R 2	100 Ω , Widerstand ½ Watt
R 3	220 k Ω , Widerstand ½ Watt
R 4	330 k Ω , Widerstand ½ Watt
R 5	22 Ω , Widerstand ½ Watt
R 6	50 k Ω , Widerstand 1 Watt
R 7	220 k Ω , Widerstand ½ Watt
R 8	10 k Ω , Einstellregler

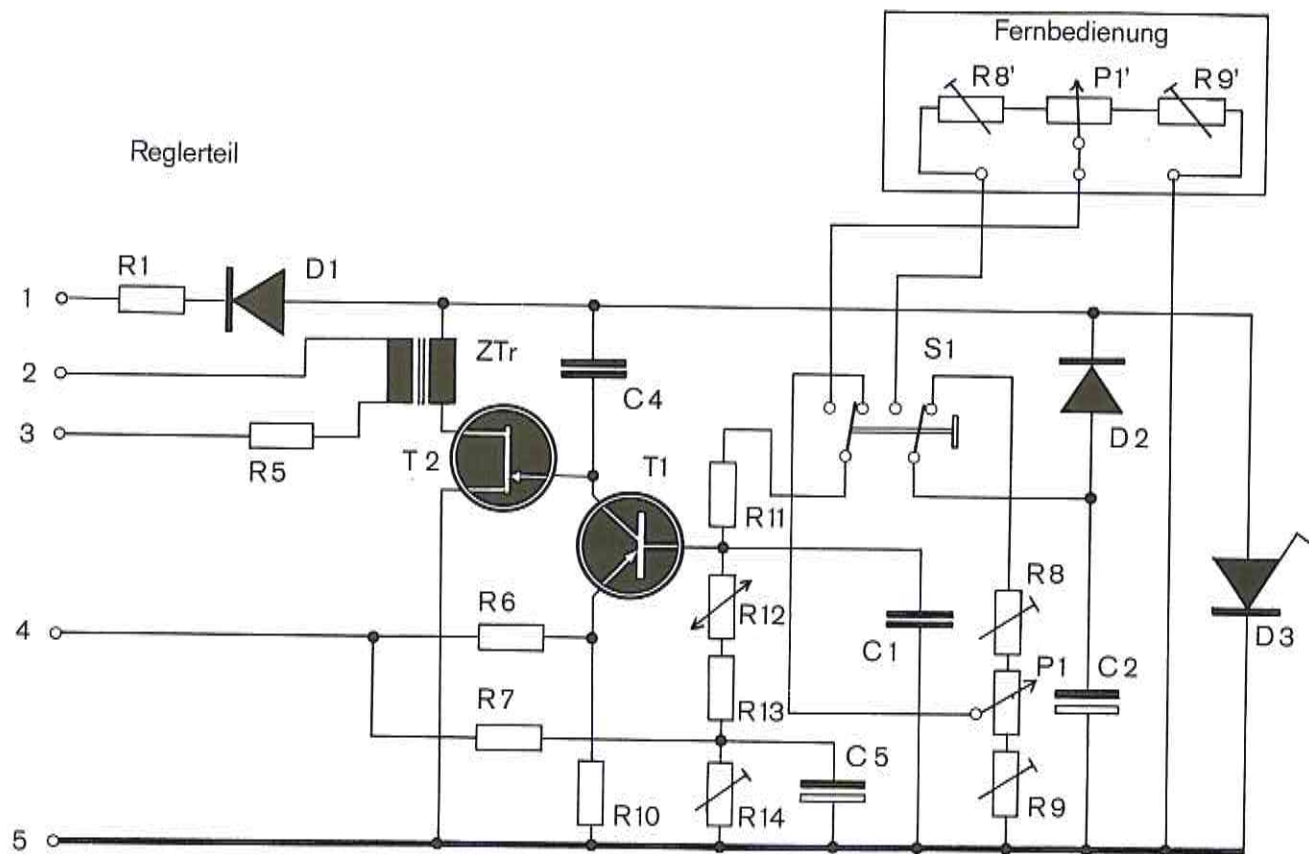
R 9	5 k Ω , Einstellregler
R 10	820 Ω , Widerstand ½ Watt
R 11	68 k Ω , Widerstand ½ Watt
R 12	4,7 k Ω , NTC-Widerstand
R 13	22 k Ω , Widerstand ½ Watt
R 14	1 k Ω , Widerstand ½ Watt
C 1	0,1 μ F, Waffelkondensator
C 2	5 μ F/70 V, Elko
C 3	0,01 μ F/1000 V, Kondensator (Erofol II)
C 4	0,068 μ F, Polyesterkondensator
C 5	5 μ F/70 V, Elko
Z. Tr.	Zündtrafo Prim. 60 Wdg. 0,3 Cul Sek. 35 Wdg. 0,3 Cul In Schalenkern 18 · 14 o. L.
S 1	Kippschalter 2 · Um

Stabilität gegeben. Es wurde aber zusätzlich im Basisspannungsteiler ein NTC-Widerstand eingebaut.

Soll bei Nachbauten die Temperaturunabhängigkeit erhalten bleiben, müssen unbedingt die in der Stückliste angegebenen Teile verwendet werden. Außerdem ist es zweckmäßig, alle zur Zündeinheit gehörenden Teile in Kunstharz einzugießen. Dadurch ist gewährleistet, daß alle Teile in gutem Wärmekontakt miteinander stehen und sich immer gleichmäßig aufwärmen. Da der Regler 15 sonst nach dem gleichen Prinzip arbeitet wie die Schaltungen 12 und 13, soll auf eine Beschreibung der anderen Schaltungsfunktionen verzichtet werden. Zu bemerken wäre allerdings noch, daß der Regler auch fernbedient und programmgesteuert werden kann, wenn die Sollwertgeberanschlüsse umschaltbar auf eine Anschlußbuchse geführt werden. Im Mustergerät wurde hierfür eine handelsübliche dreipolige Buchse benutzt. Die Fernbedienung ist in Schaltung 15 mit eingezeichnet. Die Einstellregler und das Potentiometer haben die gleichen Daten wie auch die Teile des eingebauten Sollwertgebers. Soll eine Programmsteuerung vorgenommen werden, gibt man verschiedene Spannungen zum jeweils gewünschten Zeitpunkt

Leistungsteil

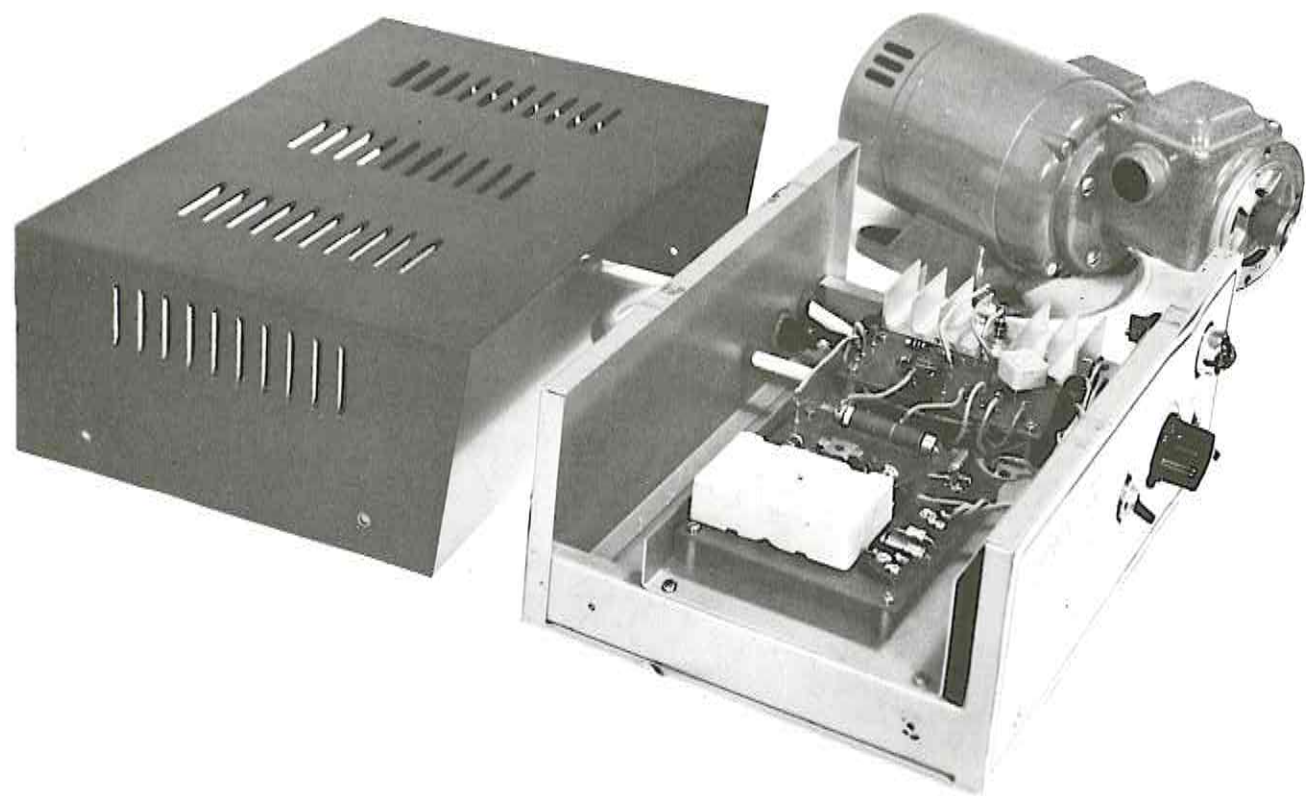




auf den Reglereingang. Der Reglereingang wird dazu vom Schleifer des Potentiometers P 1 abgetrennt. Die Motordrehzahl folgt dann dem ablaufenden Programm. Wenn nun schon ein Drehzahlregler vorhanden ist, möchte man natürlich auch gerne wissen welche Drehzahl man am Regler eingestellt hat. Zur Kontrolle der Motordrehzahl gibt es Tachogeneratoren und mechanische Drehzahlmesser, die nach dem Fliehkraftprinzip arbeiten.

Tachogeneratoren sind kleine Dynamomaschinen, die mit der Motorwelle gekuppelt werden. Da dem Amateur nicht alle Bezugsquellen für Elektronikzubehör offen stehen, wurde als Tachogenerator ein Distlermotor benutzt. Der Motor gibt eine seiner Drehzahl proportionale Spannung ab. Diese Spannung wird mit einem Voltmeter gemessen. Die Skala kann direkt in U/M geeicht werden.





Schaltung 16

Drehzahlmesser

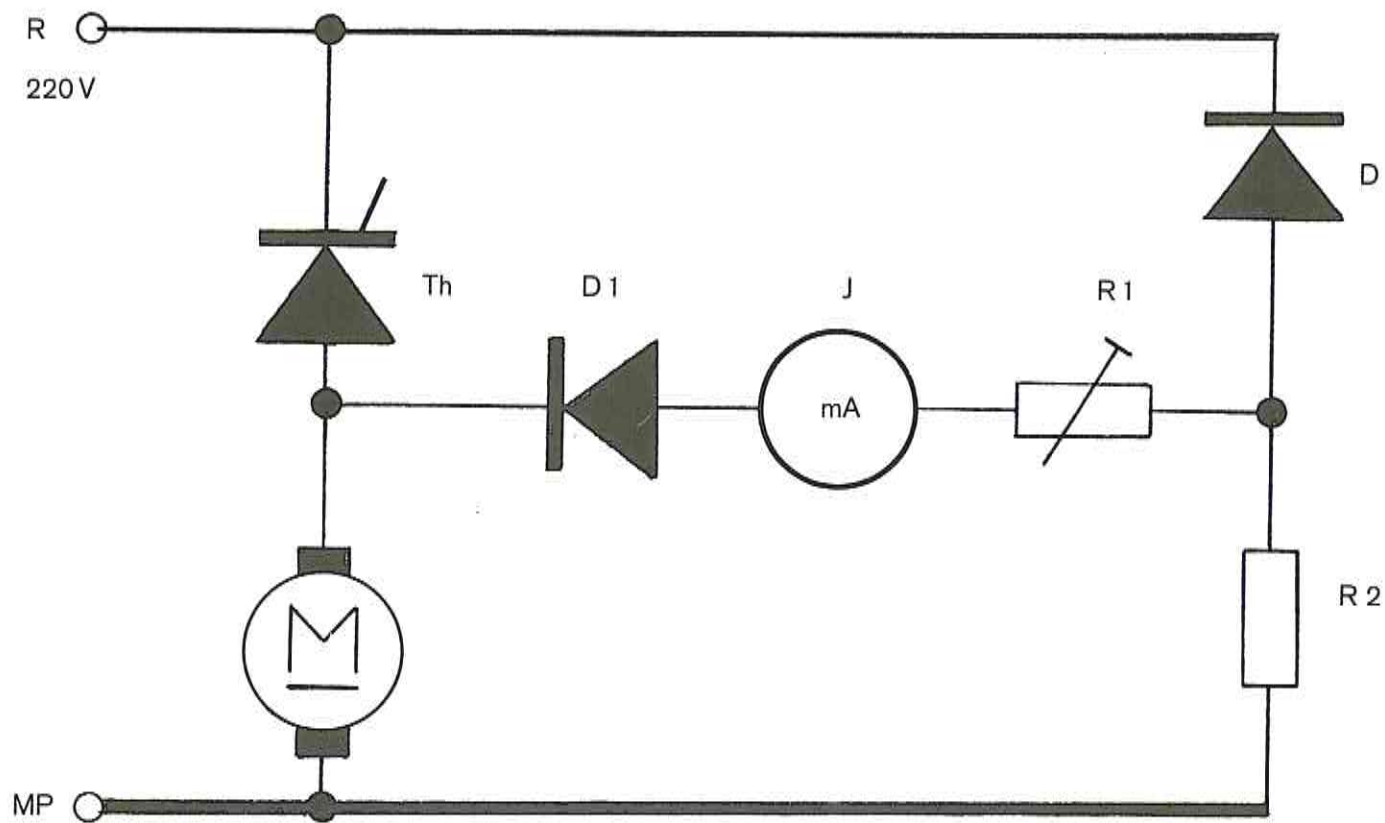
Werden nicht allzu hohe Anforderungen an die Meßgenauigkeit gestellt, können mit Thyristorschaltungen, wie z. B. Schaltung 15, einfache elektronische Drehzahlmesser aufgebaut werden. Einen Bauvorschlag zeigt Schaltung 16.

In dieser Schaltung wird die Generatorspannung des Motors gemessen, denn sie ist in etwa der Motordrehzahl proportional. Damit die Versor-

gungsspannung den Meßwert nicht verfälscht, wird während der negativen Halbwellen der Wechselspannung und somit auch während der Öffnungszeiten des Thyristors der Strompfad des Instrumentes gesperrt. Die beiden Dioden D 1 und D 2 arbeiten als elektronische Schalter für das Instrument. Der Wert der Widerstände R 1 und R 2 richtet sich nach der Empfindlichkeit des verwendeten Meßwerks. Beim Musteraufbau stand ein mA-Meter mit einem Endausschlag von 1 mA zur Verfügung. Um den Anzeigebereich voll auszunützen, wurde R 1 als Einstellregler ausgeführt. Mit R 1 wird bei Maximaldrehzahl auf Vollausschlag eingeregelt. Wenn die Skala in U/M erreicht wird, kann die Motordrehzahl am Instrument direkt abgelesen werden.

Stückliste zu Schaltung 16

D 1	BY 100, Diode oder 1 N 4006
D 2	BY 100, Diode oder 1 N 4006
R 1	100 k Ω , Einstellregler 0,5 Watt
R 2	150 k Ω , Widerstand 1 Watt
J	mA-Meter 1 mA Vollausschlag



Schaltung 17

Temperaturregler mit Thyristor

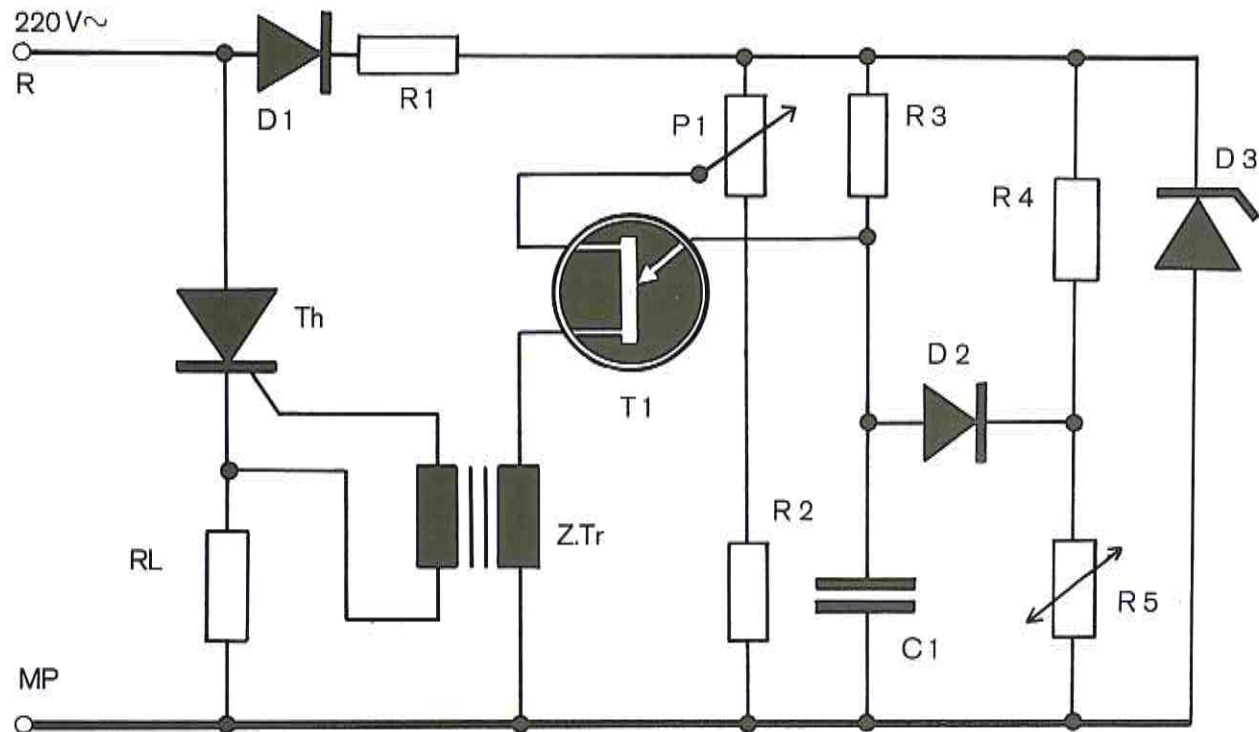
Nun aber nach den Motorsteuerungen als letzte Thyristorschaltung ein Temperaturregler.

Der Thyristor wird aus dem Impulsgenerator mit dem Transistor T 1 angesteuert. Der angeschlossene Heizkörper, mit RL bezeichnet, erhält Betriebsspannung und wird aufgeheizt. Über Diode 2 besteht eine Verbindung des Unijunktion-Generators mit dem Spannungsteiler aus den Widerständen R 4 und R 5. Dieser Spannungsteiler ist so ausgelegt, daß bei Temperaturen unterhalb des angestrebten Sollwertes die Diode 2 in Sperrrichtung vorgespannt ist. Der Spannungsteiler nimmt bis zur eingestellten Solltemperatur keinen Einfluß auf den Impulsgenerator. Wird nun der NTC-Widerstand R 5 durch die steigende Temperatur aufgeheizt, nimmt sein Widerstand ab bis die Diode 2 leitend wird. Die Impulse des Zündgenerators werden unterdrückt und der Thyristor ist ausgeschaltet. Um den Meßort für die Temperatur frei wählen zu können, ist der Widerstand R 5

zweckmäßigerweise von der Schaltung getrennt in einer Meßsonde untergebracht. Nach dem Abschalten des Thyristors fällt die Temperatur sowohl in dem zu regelnden Medium als auch am Widerstand R 5. Schon bei geringem Unterschreiten der Solltemperatur beginnt der Impulsgenerator zu arbeiten und es erfolgt ein erneutes Aufheizen auf die eingestellte Temperatur. Die Regelung pendelt in engen Grenzen um den eingestellten Wert. Mit dem Potentiometer P 1 kann zwischen 50 und 95 Grad Celsius ein beliebiger Sollwert eingestellt werden. Um ein Arbeiten des Reglers auf niedrigeren Temperaturen zu ermöglichen, muß der Widerstand R 4 vergrößert werden. Abschließend sei noch gesagt, daß der Meßort für R 5 durch Versuche ermittelt werden muß, um bei den jeweils gegebenen Verhältnissen möglichst kleine Temperaturschwankungen zu bekommen.

Stückliste zu Schaltung 17

Th	BTY 79/400 R, Thyristor
T 1	2 N 2646, Doppelbasistransistor
D 1	BY 100, Diode oder 1 N 4006
D 2	BA 100, Diode oder 1 N 4148



D 3	ZY 24, Z-Diode
R 1	5 k Ω , Widerstand 10 Watt
R 2	6,8 k Ω , Widerstand $\frac{1}{2}$ Watt
R 3	12 k Ω , Widerstand $\frac{1}{2}$ Watt
R 4	1,5 k Ω , Widerstand $\frac{1}{2}$ Watt

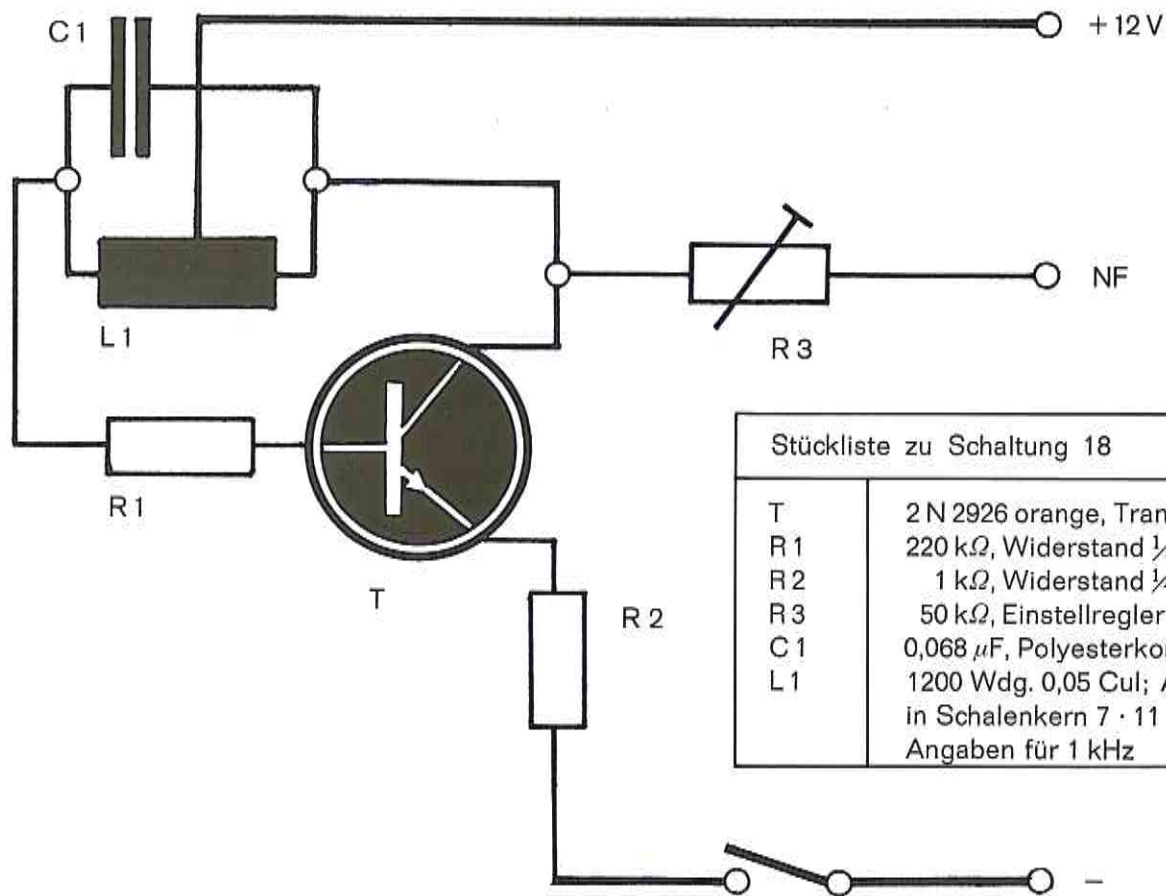
R 5	4,7 k Ω , NTC-Widerstand
P 1	5 k Ω , Potentiometer
C 1	0,1 μ F, Polyesterkondensator
RL	$\geq 70 \Omega$, Heizkörper (z. B. Tauchsieder 500 Watt oder ähnliches)

Schaltung 18

Tongenerator mit geringem Einzelteilaufwand

Daß Schaltungen mit Siliciumtransistoren einen sehr geringen Aufwand an Einzelteilen haben können, zeigt Schaltung 18. Der gezeigte Tongenerator besteht aus nur sechs Bauelementen. An Stelle des sonst gewohnten Basisspannungsteilers wird hier nur ein einziger Widerstand eingesetzt. Dies ist ohne weiteres vertretbar, da die Temperaturabhängigkeit des Kollektorstromes bei Siliciumtransistoren geringer ist als bei Germaniumtypen. Außer der Basisvorspannung wird auch ein Teil der Ausgangswechselspannung über R 1 auf die Basis geführt. Im Kollektor liegt der Schwingkreis mit L 1 und C 1. Die in der Stückliste angegebenen Daten beziehen sich auf eine Schwingfrequenz von 1 kHz. Mit dem Emitterwiderstand R 2 kann die Gegenkopplung des Generators, wenn erforderlich, noch korrigiert werden. Der in der Stückliste vorgeschlagene Wert garan-

tiert ein sicheres Anschwingen. Kleine Abweichungen von der angestrebten Sinusform der Ausgangsspannung mußten dabei unberücksichtigt bleiben. Durch Vergrößern von R 2 kann die Kurvenform verbessert werden, man sollte bei Änderungen aber immer kontrollieren, ob ein sicheres Anschwingen noch gewährleistet ist. Mit dem Widerstand R 3 wird eine Entkopplung des Tongenerators zur nachfolgenden Verstärkerstufe erreicht. Da er als Trimmwiderstand ausgeführt ist, kann ein Feinabgleich der Ausgangsspannung über die Reglerstellung vorgenommen werden. Da der Tongenerator in einer Funkfernsteueranlage arbeitet, wurden Temperaturversuche durchgeführt. Im Bereich zwischen -10 und $+40$ Grad arbeitete die Schaltung zufriedenstellend. Die Frequenzkonstanz ist für den normalen Fernsteuerbetrieb ausreichend. Wesentlich bessere Ergebnisse in bezug auf das Frequenzverhalten werden erreicht, wenn für C 1 ein Styroflexkondensator verwendet wird. Der Platzbedarf für den Schaltungsaufbau ist durch die relativ großen Abmessungen dieser Kondensatoren allerdings wesentlich größer, als wenn Polyesterkondensatoren eingesetzt werden. Die Musterschaltung ist auf eine Platine von 13×26 mm aufgebaut.



Stückliste zu Schaltung 18

T	2 N 2926 orange, Transistor o. BC 108
R 1	220 k Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R 2	1 k Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R 3	50 k Ω , Einstellregler
C 1	0,068 μ F, Polyesterkondensator
L 1	1200 Wdg. 0,05 Cul; Anzapfung 50% in Schalenkern 7 · 11 AL 160; Angaben für 1 kHz

Schaltung 19

Tongenerator mit Schwingkreis in Pi-Schaltung

Bei Schaltung 18 wird die Spule L vom Kollektorstrom durchflossen. Der Schalenkern des Schwingkreises wird dadurch vormagnetisiert. Eine temperatur- oder spannungsbedingte Änderung des Kollektorstromes bringt auch stets eine Änderung der Vormagnetisierung mit sich. Die Induktivität der Spule ist, außer von der Windungszahl und dem verwendeten Schalenkern, auch von

der Vormagnetisierung abhängig. Bei jeder Arbeitspunktverschiebung des Transistors erfolgt demnach auch eine Frequenzänderung. Für den praktischen Betrieb ist das zwar meist belanglos, aber man sollte bei Schalenkernen mit nur kleinem Luftspalt, den Kollektorstrom möglichst klein und konstant halten.

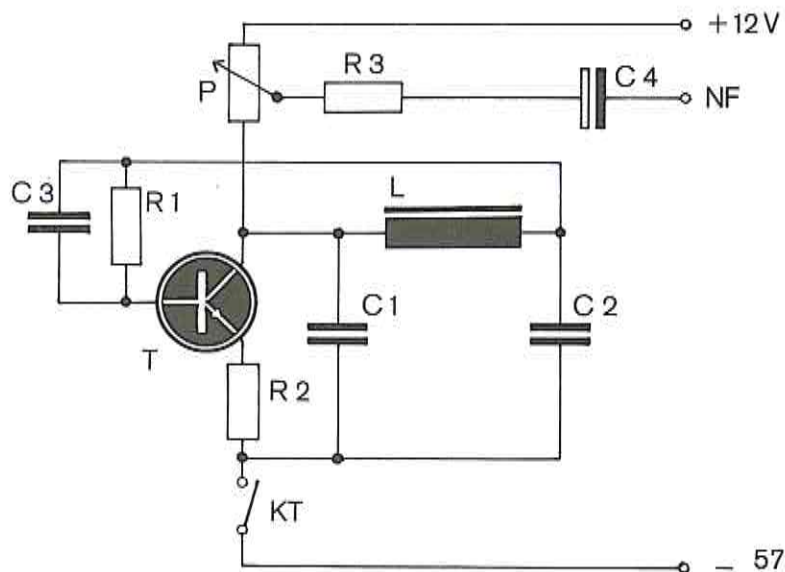
Schaltung 19 vermeidet eine Vormagnetisierung durch den Kollektorstrom. Über die Schwingkreis-spule fließt nur der geringe Basisstrom des Transistors. Dieser ist so klein, daß er keinen merkbaren Einfluß ausübt. Wie man aus der Schaltung ersieht, besteht der Schwingkreis aus der Spule L und den beiden Kondensatoren C 1 und C 2. Diese drei Teile sind zu einem II-Filter zusammengeschaltet. Zwischen Eingang und Ausgang eines II-Filters entsteht für die Resonanzfrequenz eine Phasendrehung von 180 Grad. Da der Eingang mit dem Kollektor und der Ausgang mit der Basis des Transistors verbunden ist, erfolgt eine Rückkopplung wie sie für die Schwinganfachung erforderlich ist. Der Basisvorwiderstand wurde wechselstrommäßig mit dem Kondensator C 3 überbrückt. Man erreicht dadurch ein schnelles Anschwingen des Tongenerators.

Mit dem Einstellpotentiometer P kann die Ausgangsspannung zwischen 0 und 1 Volt variiert werden. Diese Werte gelten bei einem Abschlußwiderstand von $5\text{ k}\Omega$. R3 dient als Entkopplungswiderstand und mit C4 wird eine Gleichstromtrennung erreicht. Die Stabilität der Schwingfrequenz wird in dieser Schaltung fast ausschließlich

durch die Eigenschaften der Spule L und den Kondensatoren C1 und C2 bestimmt. Mit den in der Stückliste angegebenen Teilen wurde eine Toleranz von 0,5% über den ganzen Temperaturbereich sicher eingehalten. Wesentlich bessere Ergebnisse lassen sich auch hier mit Styroflexkondensatoren erzielen.

Stückliste zu Schaltung 19

T	2 N 2926 or. Trans.o.BC108,237o.ä.
P	5 k Ω , Potentiometer
R1	100 k Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R2	820 Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R3	15 k Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
C1	0,1 μF , Polyesterkondensator
C2	0,1 μF , Polyesterkondensator
C3	0,1 μF , ker. Waffelkondensator
L	Schwingkreisspule 1300 Wdg. 0,05 Cul in Schalenkern 14 · 8 AL 250
C4	1 μF /15 V, Elko (nicht immer erforderlich) Angaben für 1 kHz



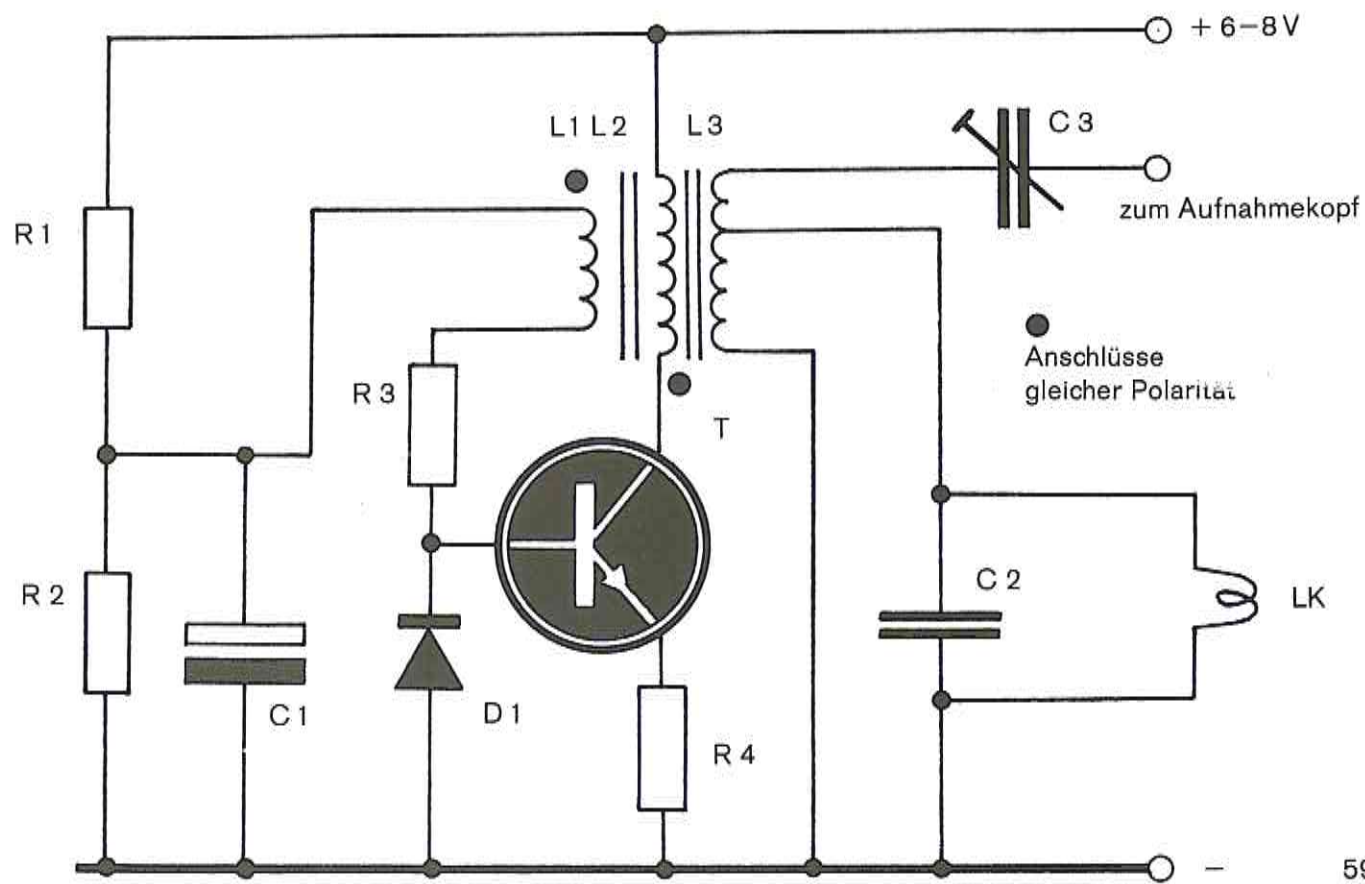
Schaltung 20

Löschgenerator für Tonbandgeräte

Stückliste zu Schaltung 20

R 1	1,8 k Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R 2	220 Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R 3	39 Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R 4	1 Ω , Draht
C 1	1 μ F/35 Volt, Elko
C 2	2,2 nF, Erofol II
C 3	10/80 pF, Trimmer
D 1	OA 91, Diode
T	BFY 52, Transistor
LK	Löschkopf 1 mH (Bogen)
L 1	9 Wdg. 0,18 Cul
L 2	14 Wdg. 0,3 Cul
L 3	300 Wdg. 0,18 Cul Zapf bei 260 Wdg. gewickelt in Siemens- Schalenkern 14 x 18 B 65561 - A0 100 - A0 25 - AL 100

Bei diesem Generator erfolgt die Rückkopplung über eine sogenannte Rückkopplungswicklung. Dabei ist auf den richtigen Winkelsinn zu achten, da sonst statt einer Rückkopplung eine Gegenkopplung entsteht. Sollte der Generator trotz richtigem Aufbau nicht schwingen, kann man versuchsweise diese Wicklung umpolen. Der Baustein ist als Löschgenerator für ein Tonbandgerät gedacht. Löschgeneratoren sind erforderlich, um ein bespieltes Band vor einer Neuaufnahme zu löschen. Da die Löschfrequenz über dem Hörbereich liegen muß, wurde die Schwingfrequenz auf 60 kHz gelegt. Der Schwingkreis wird aus der Wicklung L 3 und dem Kondensator C 2 gebildet. Da der Löschkopf der Spule L 3 parallelgeschaltet ist, nimmt auch er einen Einfluß auf die Frequenz. Ein Abgleich sollte deshalb immer mit angeschlossenem Löschkopf erfolgen. Wird der Löschkopf entfernt, liegt die Schwingfrequenz um ca. 40% tiefer. Die Spannung am Löschkopf beträgt bei 6 Volt Speisespannung 70 Volt. Am Hochpunkt von L 3 werden ca. 100 Volt gemessen. Hier kann als Schwingkontrolle eine Glühlampe angeschlossen werden. Über den Trimmkondensator C 3 nimmt man die Vormagnetisierung des Aufsprechkopfes vor. C 3 gestattet das Einpegeln des



Vormagnetisierungsstromes auf den empfohlenen Wert.

Für die richtige Arbeitspunktstellung des Transistors sorgen die Widerstände R 1 und R 2. C 1 legt den Spannungsteilerabgriff für die Wechselspannung auf Massepotential. Diese Eingangsschaltung wird bei den allermeisten trafogekoppelten Stufen angewendet (L 1/L 2 bilden ja einen Transformator). Der Widerstand R 3 begrenzt den Eingangsstrom der Schaltung, um eine Überlastung der Basis-Emitterstrecke zu vermeiden. Aus dem gleichen Grund ist auch Diode 1 eingebaut. D 1 leitet die negativen Halbwellen der Schwingspannung ab, die Basis-Emitterstrecke könnte sonst leicht durch zu hohe Spannung in Sperrichtung zerstört werden. Der Widerstand R 4 besteht aus einem dünnen Widerstandsdraht von 1 cm Länge. Das verwendete Material hatte einen Widerstand von 100 Ohm pro Meter. Unbedingt erforderlich ist R 4 nicht. Auf eine Kühlfläche für den Transistor sollte man jedoch nicht verzichten. Am besten wird einer der handelsüblichen Kühlsterne auf das Transistorgehäuse aufgesteckt. Eigene Kühlkörperkonstruktionen erfordern viel Zeit und sehen meist nicht sehr elegant aus.

Schaltung 21

Fernsteuerempfänger

Obwohl es schon seit einigen Jahren bewährte Superhetempfänger für die Modellsteuerung gibt, werden Pendelempfänger immer noch gern benutzt. Deshalb wird ein Vorschlag eines solchen Empfängers in Schaltung 21 gebracht. Der Empfänger besteht aus einem Pendelaudion mit dem Transistor T 1 und einem nachgeschalteten dreistufigen NF-Verstärker. Die Schaltung des Pendelaudions wurde von der bekannten Schaltung des Polytone-Empfängers übernommen. Diese Schaltung hat sich sehr bewährt und ist wohl in mehreren tausend Exemplaren nachgebaut worden. Als ersten Schritt zum Übergang auf Bestückung der Schaltung mit Siliciumtransistoren wurde der NF-Verstärker mit Silicium-Planar-Transistoren ausgerüstet. Die Stufen sind gleichstromgekoppelt und werden mit dem Spannungsteiler R 7 und R 5 auf

den richtigen Arbeitspunkt gebracht. Wenn durch Temperatureinflüsse der Arbeitspunkt von T 2 oder T 3 verschoben wird, erfolgt über den Spannungsteiler sofort eine Korrektur, da R 7 ja die Spannung am Emitter von T 3 abgreift. Der Transistor T 4 ist in die Temperaturkompensation mit einbezogen, weil er als Emitterfolger sowieso nur eine der Basisspannung annähernd gleiche Spannung am Emitter aufweisen kann. Die Basisspannung wird aber durch den Kollektorstrom von T 3 bestimmt.

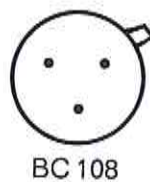
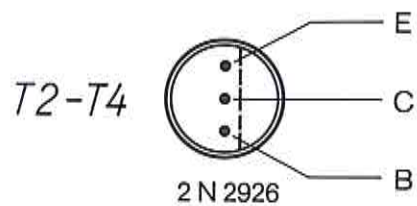
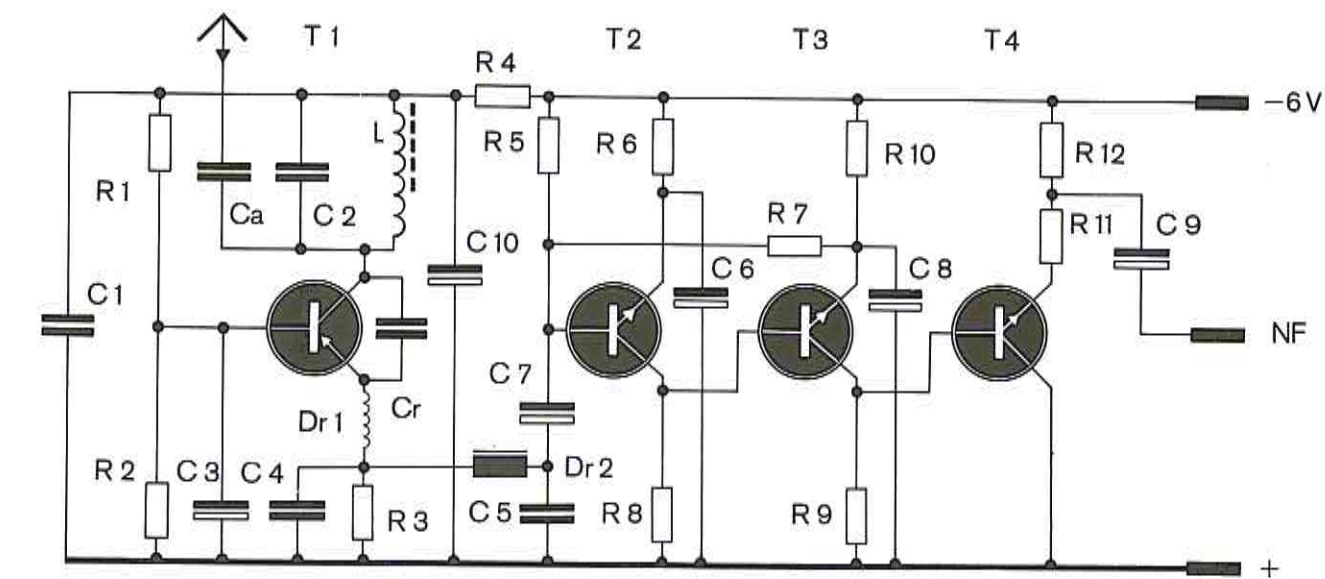
Bei starkem Sendersignal wird die verstärkte Niederfrequenz am Empfänger Ausgang auf 2 Volt begrenzt. Dies ist für die üblicherweise angeschlossenen Tonkreisschaltstufen ein zu hoher Pegel. Die Stufen werden übersteuert. Aus diesem Grund ist der Arbeitswiderstand im Emitter aufgeteilt in die Widerstände R 11 und R 12. So kann eine Teilspannung in der erforderlichen Größe abgenommen werden.

Soll der Empfänger zu Abhörzwecken dienen, wird R 11 und R 12 entfernt und durch ein Potentiometer von 1 k Ω ersetzt. Den Schleiferanschluß des Potentiometers verbindet man mit C 9. Die beiden anderen Anschlüsse werden mit dem Emitter von T 4 und Anschluß — 6 V verlötet.

Stückliste zu Schaltung 21

T 1	AF 125, Transistor
T 2	2 N 2926 or., Transistor o. BC 108
T 3	2 N 2926 or., Transistor o. BC 108
T 4	2 N 2926 or., Transistor o. BC 108
Dr. 1	HF-Drossel auf Widerstand Fa. R. Reuter
Dr. 2	Pendelfrequenzdrossel Fa. R. Reuter
L	7½ Wdg. Culs auf Körper 5 mm Empfangsspule 27,12 MHz Kern FC-FU II 40,68 MHz Alukern
R 1	10 kΩ, Widerstand ¼ Watt
R 2	10 kΩ, Widerstand ¼ Watt
R 3	5,1 kΩ, Widerstand ¼ Watt
R 4	100 Ω, Widerstand ¼ Watt
R 5	18 kΩ, Widerstand ¼ Watt
R 6	820 Ω, Widerstand ¼ Watt
R 7	10 kΩ, Widerstand ¼ Watt

R 8	5,1 kΩ, Widerstand ¼ Watt
R 9	5,1 kΩ, Widerstand ¼ Watt
R 10	5,1 kΩ, Widerstand ¼ Watt
R 11	330 Ω, Widerstand ¼ Watt
R 12	330 Ω, Widerstand ¼ Watt
C 1	5 nF, Styroflexkondensator
C 2	50 pF, ker. Kondensator
C 3	2 µF/15 V, Elko
C 4	10 nF, Polyesterkondensator
C 5	47 nF, Polyesterkondensator
C 6	25 µF/15 V, Elko
C 7	10 µF/15 V, Elko
C 8	25 µF/15 V, Elko
C 9	25 µF/15 V, Elko
C 10	25 µF/15 V, Elko
Ca	10 pF, ker. Kondensator
Cr	20 pF, ker. Kondensator



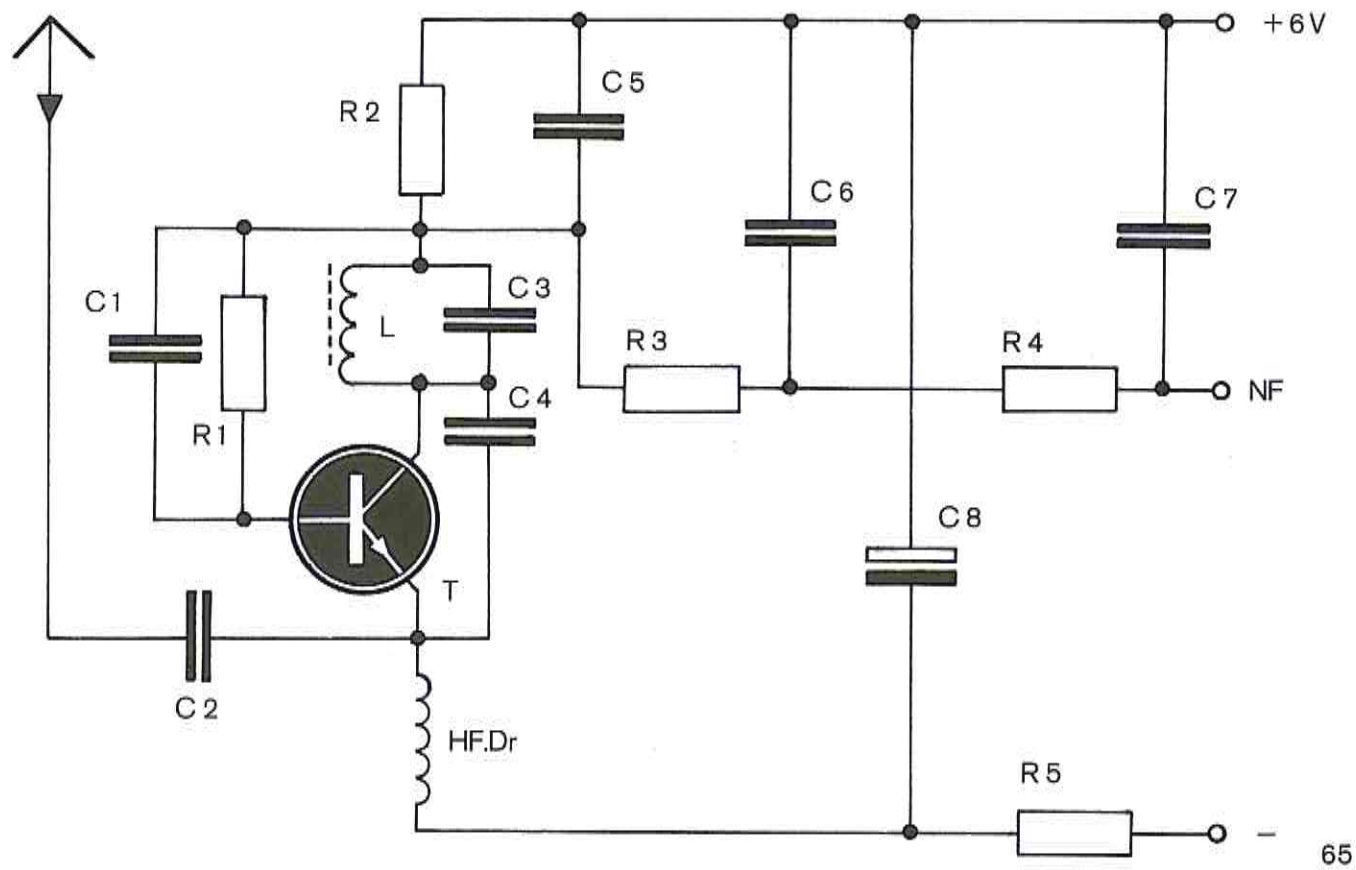
Schaltung 22

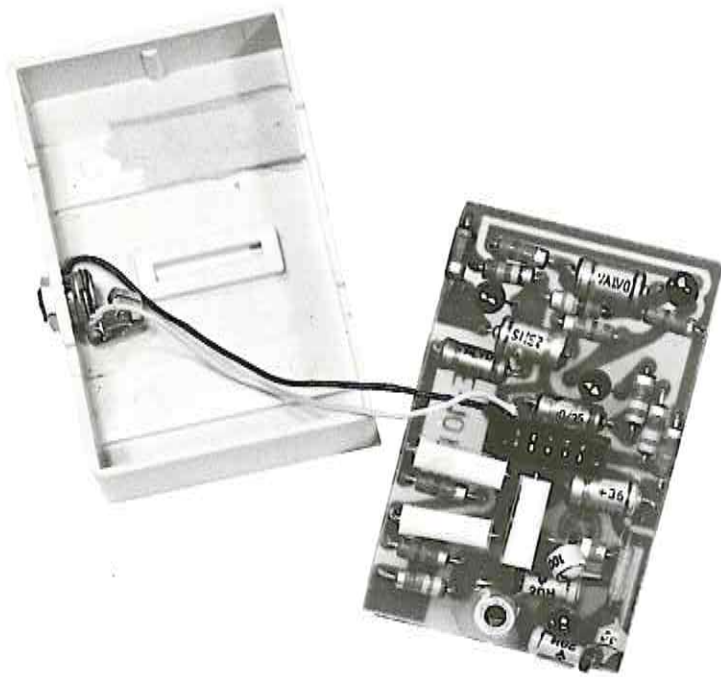
Pendelaudio mit Silicium-Transistor

Da auch im Pendelaudio ein Siliciumtransistor wünschenswert erschien, wurde Schaltung 22 entwickelt. Die Stufe ist aufgebaut wie ein HF-Oszillator in Basisschaltung. Die Rückkoppelung erfolgt zwischen Kollektor und Emitter. Der Kondensator C 4 ist hierfür zuständig. Die HF-Drossel verhindert ein Abfließen der Hochfrequenz nach Masse. Bei richtiger Bemessung des Widerstandes R 2 und der R C-Kombination R 1/C 1 reißt die Oszillatorspannung periodisch ab. Aus dem Oszillator wird ein Pendelaudio. Durch das ständige Anschwingen und Abreißen der Eigenschwingungen findet eine Entdämpfung des Empfangskrei-

Stückliste zu Schaltung 22

T	2 N 2926 orang. Transistor
L	10 Wdg. 0,4 Cul, Schwingkreisspule Auf Körper 5 mm Kern FC-FU II
HF.-Dr.	HF-Drossel auf Ferritstift (Fa. R. Reuter)
R 1	100 k Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R 2	3,3 k Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R 3	5,1 k Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R 4	5,1 k Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
R 5	100 Ω , Widerstand $\frac{1}{4}$ Watt
C 1	110 pF, ker. Kondensator
C 2	5 pF, ker. Kondensator
C 3	20 pF, ker. Kondensator
C 4	20 pF, ker. Kondensator
C 5	0,01 μ F, Folienkondensator
C 6	0,01 μ F, Folienkondensator
C 7	0,01 μ F, Folienkondensator
C 8	25 μ F/15 V, Elko





ses statt. Es wird eine hohe Eingangsempfindlichkeit erreicht. Den Abgleich auf die genaue Empfangsfrequenz ermöglicht der Abgleichkern in der Spule L. Die Angaben in der Stückliste gelten für 27,12 MHz. Zum Umstellen auf die Fernsteuerfrequenz 40,68 MHz braucht der Ferritkern nur durch einen Aluminiumkern ersetzt zu werden. Wird eine modulierte Hochfrequenz empfangen, erscheint der Modulationsinhalt am Widerstand R 2. Allerdings ist diese Niederfrequenz noch von der Pendelfrequenz überlagert. Da die Pendelschwingungen nicht auf den NF-Verstärkereingang gelangen dürfen, wurde ein zweigliedriger Tiefpaß zwischen Pendelaudio und NF-Verstärker gelegt.

Am NF-Ausgang des Empfängers konnten nach dieser Maßnahme keine Pendelschwingungen mehr nachgewiesen werden.

Schaltung 22 kann anstelle des Pendelaudions in Schaltung 21 eingesetzt werden. Das Pendelaudio mit Germaniumtransistor wird hinter dem Widerstand R 16 und der Drossel 2 von der übrigen Schaltung abgetrennt. Schaltung 22 wird sinngemäß mit der Betriebsspannung verbunden. Der NF-Anschluß ist mit dem Elko C 7 in Schaltung 21 zu verbinden. Kondensator C 5 entfällt, da er durch C 7 aus Schaltung 22 ersetzt ist.

Selektive Schaltstufe mit Einschaltverzögerung

Eine Tonfrequenzschaltstufe mit nachgeschaltetem Zeitglied ist vorteilhaft, wenn über Funk mit einem Modulationston eine bestimmte Funktion ausgelöst werden soll. Die Zeitverzögerung verhindert, daß jedes kurze Relaisflattern, durch Störungen oder Empfängerrauschen verursacht, sofort ein Ansprechen des Ausgangsrelais bewirkt. Die vom Empfänger kommende Tonfrequenz wird über den Einstellregler R 1 der Basis des Transistors T 1 zugeführt. Mit R 1 läßt sich die Ansprechempfindlichkeit der Schaltstufe einstellen. Frequenzen, die nicht der Resonanzfrequenz des Tonkreises entsprechen, fließen über LT und CT ab.

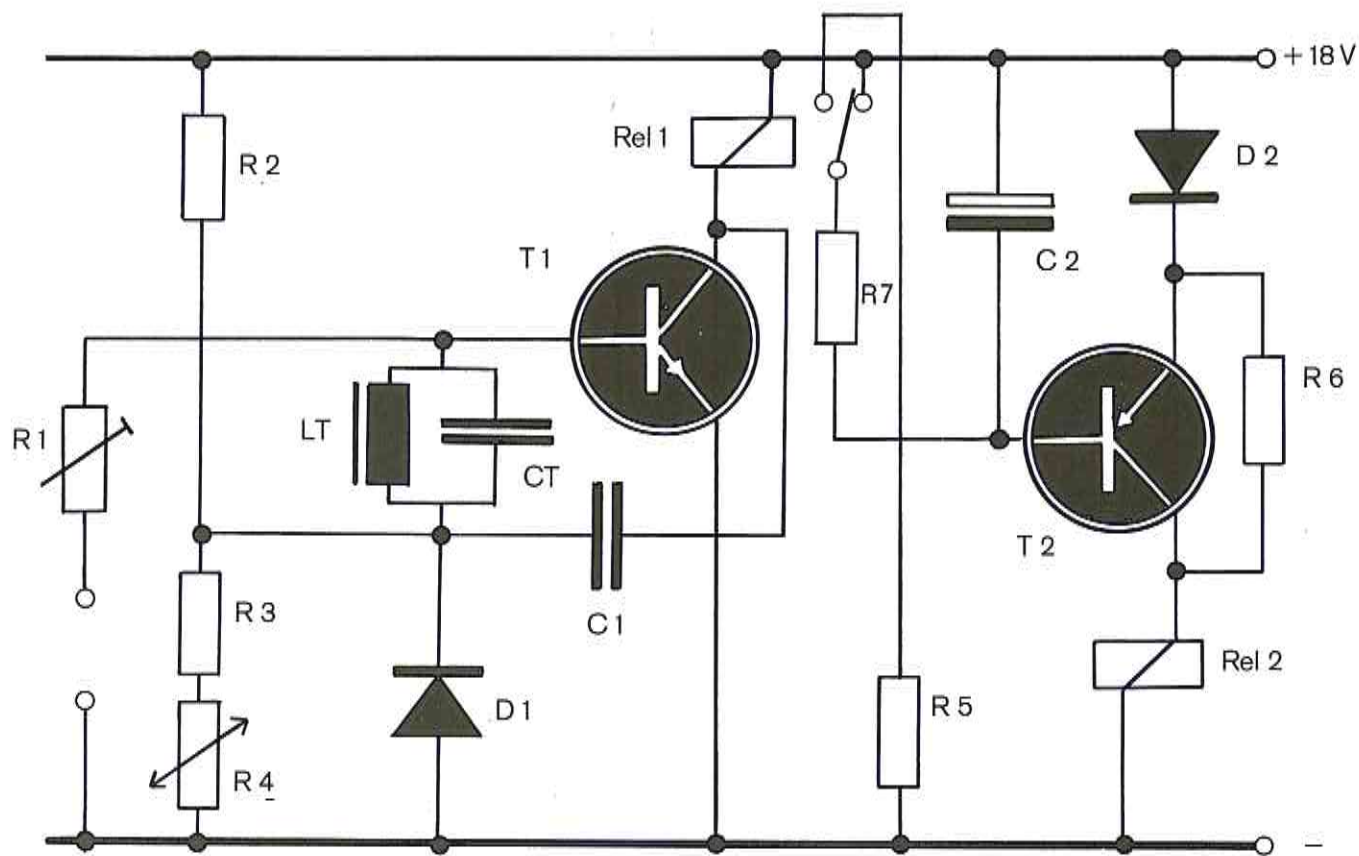
Für eventuelle Spannungsreste, die als Steuerungsspannung auf den Transistor 1 wirken, stellt der Kondensator C 1 eine Gegenkopplung dar. Wird die Stufe mit ihrer Sollfrequenz angesteuert, ist der Tonkreis in Resonanz, und die Basis von T 1 erhält Steuerspannung. Die verstärkte Tonfrequenz am Kollektor gelangt über C 1 an das untere Ende des Schwingkreises zurück. Dies ergibt dann eine Mitkopplung. Außerdem liegt an diesem Punkt die Diode 1. Die Wechselfspannung wird gleichgerichtet und die positive Richtspannung steuert den Transistor nach höheren Werten des Kollektorstromes. Die Stromverstärkung des Transistors wächst, und die Stufe schaukelt sich selbst hoch, bis fast die ganze Betriebsspannung an der Relaiswicklung abfällt. Bei Ausfall der Ansteuerungsspannung geht die Stufe in ihre Ruhelage und das Relais fällt wieder ab. Eine Selbsterregung der Tonschaltstufe ist nicht möglich. Solange der Ruhekontakt von Relais 1 geschlossen ist, liegt die Basis von T 2 gegen Plus und der Kondensator C 2 ist kurzgeschlossen. Der Emitter von T 2 erhält negative Vorspannung durch die Schwellenspannung der Diode 2. Es fließt kein Kollektorstrom und Relais 2 bleibt ebenfalls in Ruhelage. Zieht Relais 1 an, wird der Kondensator C 2

über den Widerstand R 5 aufgeladen. Die Spannung am Kondensator steigt. Erreicht die Spannung Werte, die höher sind als die Spannung an D 2, beginnt im Transistor 2 Steuerstrom zu fließen und der Transistor schaltet mit seinem Kollektorstrom Relais 2 ein.

Die gewünschte Schaltfunktion ist damit ausgelöst. Die Anzugsverzögerung liegt mit den angegebenen Werten bei 0,5 Sekunden. Fällt während der Verzögerungszeit das Relais kurzzeitig ab, entlädt sich der Kondensator C 2 sofort und vollständig. Relais 2 kann deshalb nur dann anziehen, wenn die Schaltstufe länger angesteuert wird, als die Verzögerungszeit beträgt. Durch das sofortige Entladen von C 2 bei Relaisabfall verhindert man, daß eine Störimpulsfolge im Kondensator gespeichert wird und unbeabsichtigt Relais 2 in Betrieb setzt.

Stückliste zu Schaltung 23

T 1	2 N 2926 or., Transistor o. BC 108
T 2	AC 124, Transistor
D 1	OA 91, Diode
D 2	11 J 2, Diode
Rel 1	300 Ω , Kaco-Relais
Rel 2	230 Ω , Siemens Kammrelais
R 1	25 k Ω , Einstellregler
R 2	180 k Ω , Widerstand 1/4 Watt
R 3	4,7 k Ω , Widerstand 1/4 Watt
R 4	4,7 k Ω , NTC-Widerstand
R 5	10 k Ω , Widerstand 1/4 Watt
R 6	10 k Ω , Widerstand 1/4 Watt
R 7	100 Ω Widerstand 1/4 Watt
C 1	0,1 μ F, Waffelkondensator
C 2	500 μ F/15 V, Elko
LT, CT	Tonkreis, Daten je nach Frequenz



Schaltung 24

Gleichspannungswandler

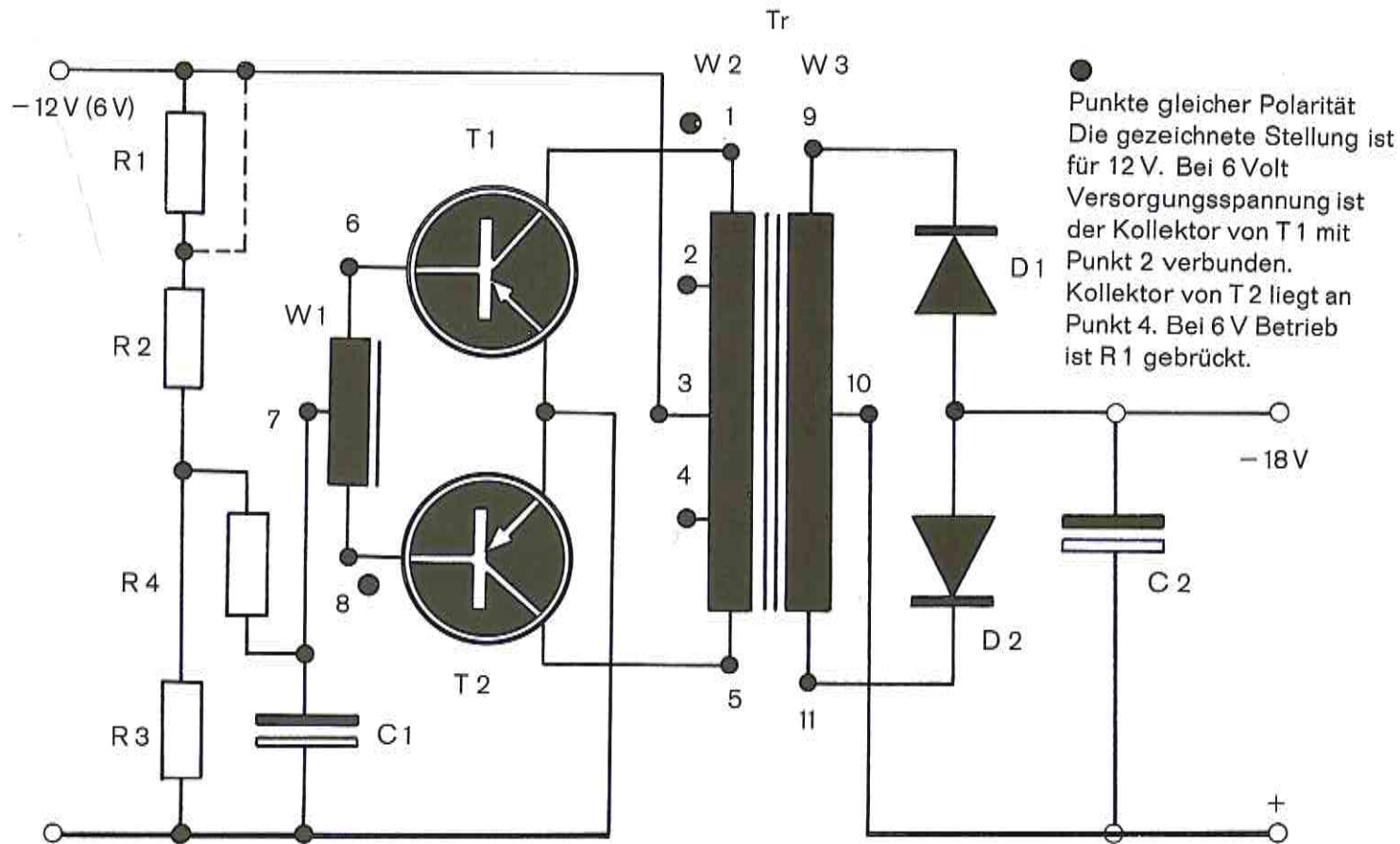
Der Gleichspannungswandler hat 6 oder 12 Volt Eingangsspannung; die Ausgangsspannung ist in beiden Betriebsfällen 18 Volt. Er dient zur Stromversorgung von kleinen Amateursendern, die im Mobilbetrieb eingesetzt werden sollen. Die Ausgangsspannung wurde auf 18 Volt festgelegt, weil für die meisten käuflichen Senderbausteine diese Nennspannung vorgeschrieben ist.

Der Wandlertrafo für Schaltung 24 ist als Trafo für GW 6/12-18 bei der Fa. Reuter in Haiger zu beziehen. Eine Eigenanfertigung des Trafos ist aber ohne Schwierigkeiten möglich.

Die Wicklungen w1, w2 und w3 sind in einem Schalenkern 23 x 28 mm untergebracht. Es wurde ein Kern ohne Luftspalt verwendet. W1 liegt als unterste Wicklung auf dem Wickelkörper. Sie besteht aus 2 x 10 Windungen Kupferlackdraht mit

Stückliste zu Schaltung 24

T 1	AD 136, Transistor
T 2	AD 136, Transistor
D 1	E 40 C 500, Gleichrichter
D 2	E 40 C 500, Gleichrichter
R 1	270 Ω , Widerstand $\frac{1}{2}$ Watt
R 2	150 Ω , Widerstand $\frac{1}{2}$ Watt
R 3	39 Ω , Widerstand $\frac{1}{2}$ Watt
R 4	82 Ω , Widerstand $\frac{1}{2}$ Watt
C 1	2 μ F/15 V, Elko
C 2	1000 μ F/35 V, Elko
Tr	Wandlertrafo (Fertigfabrikat Fa. R. Reuter)
	Anschlüsse 1 = braun
	2 = gelb/schwarz
	3 = blau
	4 = grün/braun
	5 = grau
	6 = gelb
	7 = blank
	8 = schwarz
	9 = rot
	10 = grün
	11 = rot



● Punkte gleicher Polarität
Die gezeichnete Stellung ist für 12 V. Bei 6 Volt Versorgungsspannung ist der Kollektor von T1 mit Punkt 2 verbunden. Kollektor von T2 liegt an Punkt 4. Bei 6 V Betrieb ist R1 gebrückt.

W1, W2 und W3 auf gemeinsamem Kern

Kühlkörper 2 mm Aluminiumblech 12 cm² je Transistor oder Kühlstern

0,2 mm Durchmesser. Die Anzapfung (Anschluß 7) liegt in der Mitte, also bei 10 Windungen. Bei Wicklung 2 werden die Teilwicklungen 1/2 mit 4/5 und 2/3 mit 3/4 bifilar gewickelt. Anschließend werden die Teilstücke so zusammengesetzt, daß sich eine Reihenfolge wie nachstehend beschrieben ergibt. 1/2 14 Windungen 2/3 13 Windungen, 3/4 13 Windungen und 4/5 wieder 14 Windungen. Dabei ist bei gleichem Wickelsinn der Teilstücke immer das Ende der einen Wicklung mit dem Anfang der nächsten Wicklung der Numerierung entsprechend verbunden. Soll der Wandler nur für 12 Volt Eingangsspannung benutzt werden, können die Zapfpunkte 2 und 4 natürlich weggelassen werden. W 2 ist dann wesentlich einfacher herzustellen. Das gleiche gilt, wenn nur mit 6 Volt Betriebsspannung gearbeitet werden soll. Für W 2 sind dann nur 2 x 13 Windungen bifilar gewickelt aufzubringen. W 2 ist in diesem Fall mit Kupferlackdraht 0,3 mm Durchmesser gewickelt. Wicklung 3 hat 2 x 44 Windungen 0,2 mm Kupferlackdraht. Sie ist ebenfalls aus zwei Teilstücken bifilar gewickelt und nachträglich zusammengesaltet worden.

Die Wahl der Transistoren ist nicht kritisch. Der Wandler schwingt auch mit den in Sonderange-

boten erhältlichen Transistoren aus Lagerbeständen verschiedener Firmen. Die Leistungsfähigkeit der Schaltung ist jedoch stark von den verwendeten Exemplaren abhängig. Die besten Ergebnisse wurden mit zwei AD 136 erzielt. Wenn der Ausgangsnennstrom auf 200 mA festgelegt wird, ergibt sich zwischen Leerlauf und Vollast ein Spannungsabfall von nur 0,7 Volt. Der Wandler kann kurzzeitig bis zu 100% überlastet werden, ohne daß sich bleibende Schäden einstellen.

Doch nun noch etwas über die Wirkungsweise der Schaltung. Dazu ist wohl nicht viel zu sagen, da ein Gegentaktwandler nicht allzugroße Geheimnisse birgt.

Die Transistoren T 1 und T 2 steuern den Kollektorstrom wechselseitig über die Teilwicklungen 1/3 und 5/3 der Trafowicklung W 2. Die Ansteuerung der Transistoren erfolgt über die Rückkopplungswicklung W 1. Die somit im Trafo vorhandene Wechselfspannung kann an der Wicklung 3 hochtransformiert abgenommen werden. An den Wandlertrafo wurde eine Gleichrichteranordnung in Mittelpunktschaltung angeschlossen. Nach der Siebung der gleichgerichteten Spannung durch den Kondensator C 2 steht am Ausgang eine gut geglättete Spannung zur Verfügung.

Transistor-Zündung

Eine Transistorzündung für Kraftfahrzeuge wurde bereits in Band 5 der Buchreihe, zu der auch der vorliegende Band gehört, veröffentlicht. Es soll deshalb nur kurz auf das Schaltungsprinzip eingegangen werden.

Der Transistor arbeitet in Kollektorschaltung. Dies ist von Vorteil, da der Kollektor bei Leistungstransistoren immer mit dem Gehäuse verbunden ist. In allen Fahrzeugen, bei denen der Minuspol der Batterie in Masse liegt, kann der Transistor ohne Zwischenlage von Isoliermaterial direkt mit Karosserieteilen verbunden werden. Karosserie oder Fahrgestellteile sind wie bei Kraftfahrzeuginstallationen allgemein üblich als Rückleitung zur Batterie ausgenutzt. Der Hauptvorteil der Kollektorschaltung ist in diesem Fall jedoch die Kühlfläche, die sich durch die direkte Montage an geeigneter Stelle ergibt. Theoretisch steht das ganze Fahrzeug als Wärme-Ableiter zur Verfügung. Daß man sich nicht gerade die wärmste Stelle am Motorblock als Montagestelle aus sucht, ist wohl selbstverständlich. Der in Schaltung 25 eingesetzte Transistor AU 110 hat eine zulässige Kollektor-Emitter-Sperrspannung von 155 Volt. Die in der früheren Schaltung eingesetzte Z-Diode zum Schutz des Transistors vor der

Rückschlagspannung aus der Zündspule konnte deshalb gegen eine Glimmlampe ohne Vorwiderstand ausgetauscht werden.

Die Glimmlampe soll den Transistor vor zu hohen Spannungsspitzen zwischen Kollektor und Emitter schützen. Es wird deshalb ein Typ mit 100 Volt Zündspannung gewählt.

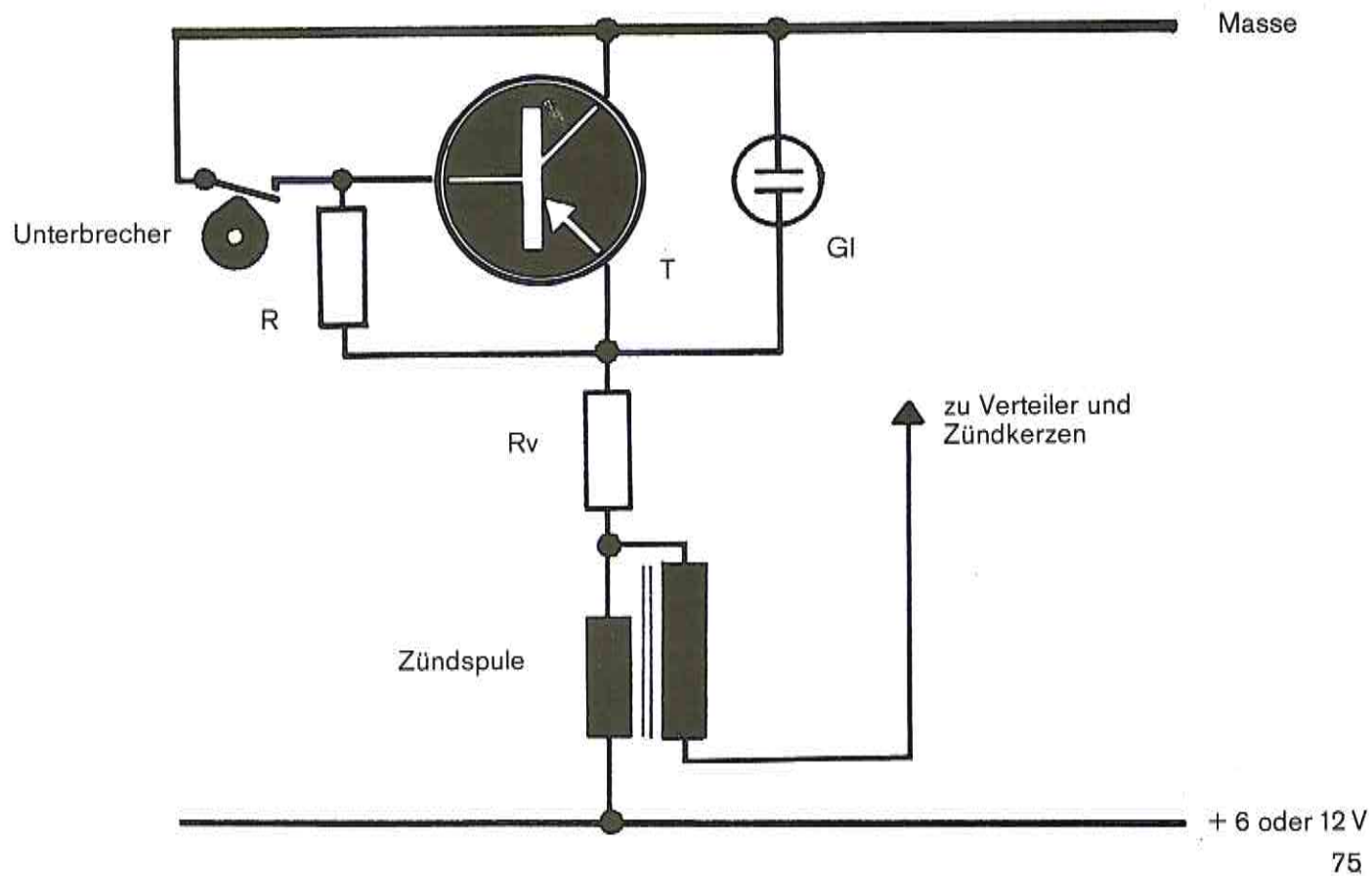
Da die bei der vorgeschriebenen Zündspule betriebsmäßig auftretenden Spitzenspannungen unter 100 Volt liegen, bleibt die Glimmlampe normalerweise dunkel. Bei Defekten im Zündsystem (z. B. Bruch des Zündkabels, Kerzenstecker abgezogen, Verteiler defekt usw.) beginnt die Lampe zu flackern.

Auch Leute die es sonst nicht merken, können feststellen ob ihre Zündung am Wagen richtig arbeitet. Die Beschaffung des Widerstandes Rv dürfte einige Schwierigkeiten bereiten. Bei der Musteranlage für 6 Volt wurden kurzerhand 6,5 m Kupferlackdraht von 0,8 mm Durchmesser auf ein Pertinaxrohr gewickelt. Das ist vielleicht nicht sehr fein und fachgerecht, aber es geht. So man hat, kann man selbstverständlich fein säuberlich Widerstandsdraht auf einen Keramikkörper aufwickeln. Bei 12 Volt Batteriespannung werden in Rv ca. 50 Watt elektrische Energie in Wärme um-

gesetzt. Dies ist bei der Beschaffung und der Montage dieses Bauteiles zu berücksichtigen. Der Einbau der Anlage in das Kraftfahrzeug ist denkbar einfach. Der Kollektor des Transistors ist durch das Verbinden mit der Karosserie sowieso an den Minuspol der Betriebsspannung angeschlossen. Die Leitung vom Unterbrecher wird von der Zündspule abgezogen und mit der Basis von T verbunden. Die Normalzündspule ist durch die Ausführung für Transistorzündung zu ersetzen. Zuletzt wird noch der Emitterschluß mit der Zündspule und die Zündspule mit dem Zündschloß verbunden. Nachdem noch der Funkenlöschkondensator am Unterbrecherkontakt entfernt wurde, ist die Anlage betriebsbereit.

Stückliste zu Schaltung 25

T	AU 110, Transistor Valvo
R	820 Ω , Widerstand $\frac{1}{2}$ Watt
Rv	0,3 (1,5) Ω , Widerstand 12 (50) W
Gl	Glimmlampe 100 Volt ohne Vorwiderstand
	Zündspule
	TZ 6/12, Fa. Bosch



Schaltung 26

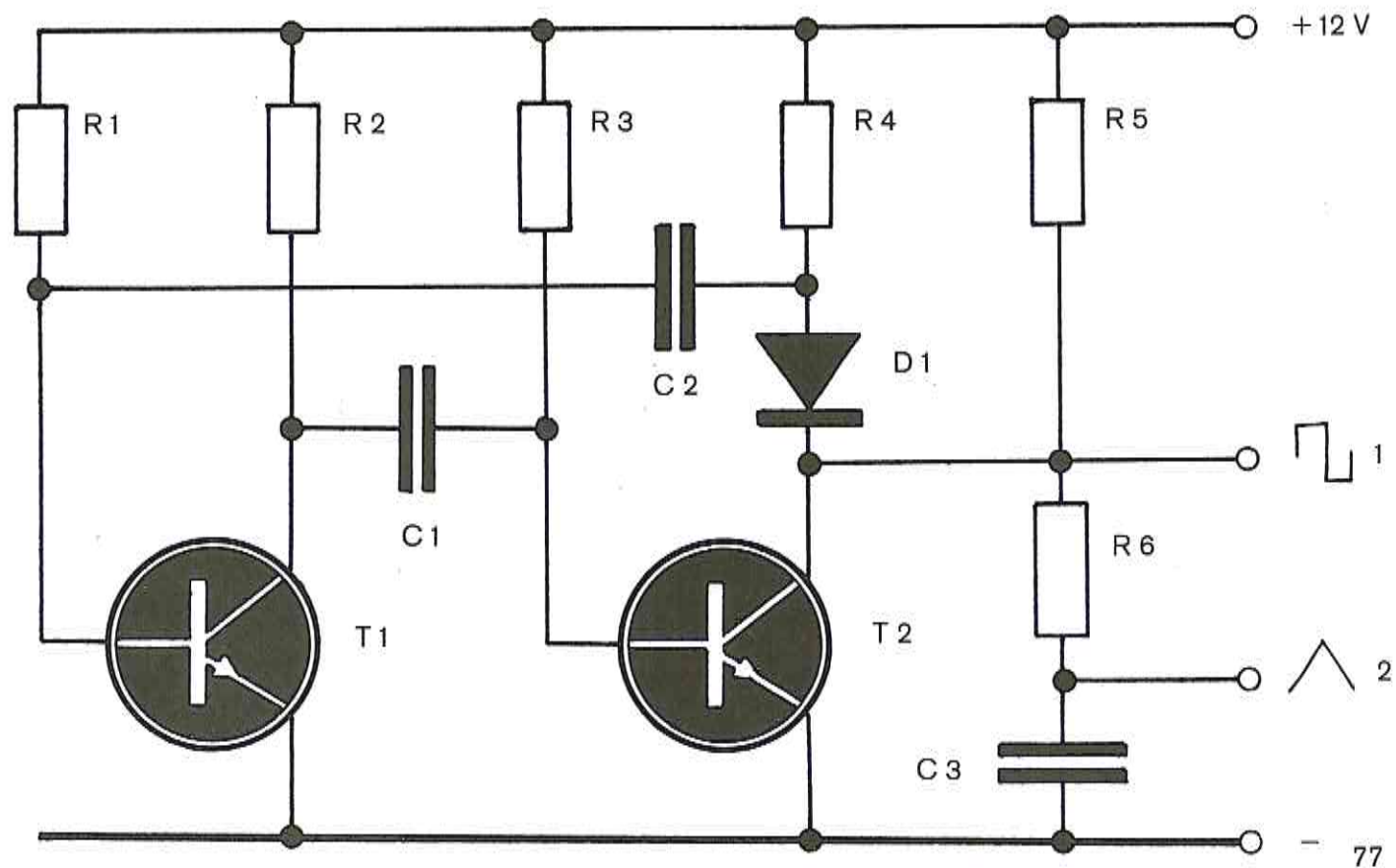
Astabiler Multivibrator mit hoher Flankensteilheit

Als letzte Schaltung wird ein astabiler Multivibrator gezeigt. Für die Schaltung ergeben sich vielfältige Einsatzmöglichkeiten. Tongeneratoren bei einfachen Ansprüchen, Taktgeber für Zählschaltungen, Steuer und Regelgeräte sind das Anwendungsgebiet. Am Ausgang 2 kann eine Dreiecksspannung abgenommen werden. Eine solche Kurvenform, mit einer einstellbaren Gleichspannung überlagert, gestattet einen Schmitt-Trigger im Tast-Pausen-Verhältnis proportional der einstellbaren Gleichspannung zu verändern. Bei den meisten Multivibrationsschaltungen weicht eine Flanke der Schwingung durch die Wirkung der Rückkopplungskondensatoren (hier C 1 und C 2) von der idealen Rechteckform ab. In Schaltung 26 wird dieser Effekt mittels D 1 verhindert. Der

Ausgang ist durch die Schalterdiode vom Rückkopplungskondensator getrennt. Die Kurvenform am Ausgang 1 wurde durch die Entkopplung der idealen Rechteckform stark angenähert. Die Schwingfrequenz des Multivibrators kann durch Austauschen der Kondensatoren C 1 und C 2 geändert werden. Mit den angegebenen Werten lag die Frequenz bei 2,5 kHz.

Stückliste zu Schaltung 26

T 1	BFY 52, Transistor
T 2	BFY 52, Transistor
D 1	BA 100, Diode
R 1	3,0 k Ω , Widerstand 1/4 Watt
R 2	100 Ω , Widerstand 1/4 Watt
R 3	3,0 k Ω , Widerstand 1/4 Watt
R 4	220 Ω , Widerstand 1/4 Watt
R 5	220 Ω , Widerstand 1/4 Watt
R 6	3,3 k Ω , Widerstand 1/4 Watt
C 1	0,1 μ F, Polyesterkondensator
C 2	0,1 μ F, Polyesterkondensator
C 3	0,01 μ F, Polyesterkondensator





Buchreihe Elektronik

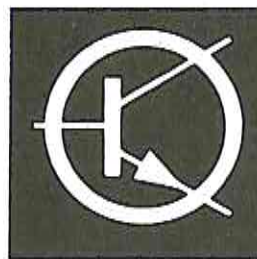
- | | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| 1 30 Transistor-Schaltungen | 27 Transistor-Tasten |
| 2 35 Transistor-Schaltungen | 28 Minispione I |
| 3 36 Elektronik-Schaltungen | 29 Stabilisierungsschaltungen |
| 5 Transistoren – neu | 30 Integrierte Schaltungen |
| 6 37 Schaltungen | 31 Impuls-Schaltungen |
| 7 Thyristoren/Transistoren | 32 Dioden und Gleichrichter |
| 8 Fernsteuer-Schaltungen | 33 Schwingkreis-Tabellen |
| 9 NF-Verstärker | 34 Oszillografie |
| 10 38 Transistor-Schaltungen | 35 Stereo-Anlagen |
| 11 Antennenverstärker | 37 Elektronische Warngeräte |
| 12 Fotowiderstände | 38 Tunneldioden |
| 13 Fotozellen | 39 Netzgeräte-Baubuch |
| 14 Fotohalbleiter | 40 Elektronik-Bauelemente 1 |
| 15 Digital-Elektronik | 41 Elektronik-Bauelemente 2 |
| 16 NF-Sonderschaltungen I | 42 Elektronik-Bauelemente 3 |
| 17 NF-Sonderschaltungen II | 43 Elektronik-Bauelemente 4 |
| 18 Thyatron PL 21 | 44 Elektronik-Bauelemente 5 |
| 19 Schalten und Verstärken | 45/46 Minispione II |
| 20 Messen an Halbleitern | 47 Schaltungen mit dem IC 741 |
| 21 Auto-Elektronik | 48 Triacs, Thyristoren 1 |
| 22 Relais-Schaltungen | 49 Triacs, Thyristoren 2 |
| 23 Schaltbeispiele monolith. IS | 50 Antennen-Rotoren |
| 24 Netzgeräte-Berechnungen | 51 Bemessen von Relais |
| 25 Neue Halbleiter | 52/53 Fernsteuer-Baubuch |
| 26 Moderne Bauelemente | 54 Heimelektronik |

Jeder Band ca. 80 Seiten,
ca. 30 Zeichnungen, Fotos oder
Schaltbilder.
Doppelband ca. 120 Seiten,
ca. 80 Zeichnungen, Fotos oder
Schaltbilder

Wir schicken Ihnen gerne
ein alphabetisches Register,
das Hinweise auf die mehr als
1000 Schaltungen enthält,
die bisher in dieser Reihe
erschienen sind.

Verlag Frech, 7 Stuttgart 1

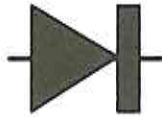
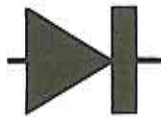
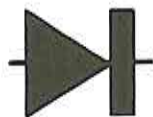
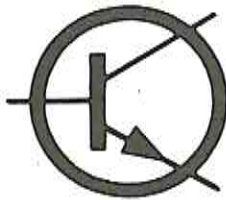
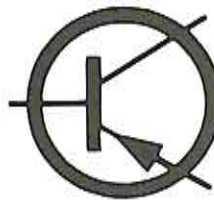
- | | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| 55 Astabile Kippschaltungen | 84 Kurzwellenjagd |
| 56 Winkelfunktions-Tabellen | 85 Digitale Meßtechnik |
| 57 Schaltungen für KW | 87 Unterhaltungselektronik |
| 58 Oszillatoren | 88 Kompaktlabor |
| 59 Gedruckte Schaltungen | 89/90 Leistungsregelung |
| 60 Elektronik-Rechnen | 91 Windungszahlen-Tabelle |
| 62 Elektronik-Diagramme | 92 Digital-Uhren |
| 63 Laser | 93 Lichtfernsteuerung |
| 64 Primfaktoren-Tabelle | 94 Drahtlose Schaltgeräte |
| 65 Moduln | 95 Filtern und Sieben |
| 66 Rechenverstärker | 97 Elektronik in Haus und Hof |
| 67 Schaltalgebra u. Dualzahlen | 98/99 Arbeiten mit 74 XX |
| 71 Feldeffekt-Transistoren | 100/101 Elektronik-Heimlabor |
| 72 Lichtleiter | 102 L/C-Meßbrücke |
| 73 Steuer- und Regelschalt. | 105 Handbuch TTL 1 |
| 74 Analoge u. digitale Schalt. | 106 Handbuch TTL 2 |
| 75 Elektroakustik | 110 Lichtorgeln |
| 76 Überwachungseinrichtungen | |
| 77 Zeitgeber | Bauanleitungen: |
| 78 Elektronik Hits | ESG 1.01 Autoboy |
| 79 Operationsverstärker | ESG 1.02 Frequenzmeßgerät |
| 80 Mikro- u. Miniatur-Empfänger | ESG 1.03 Batterieladegerät |
| 81 Schall- und Bildaufzeichnung | ESG 1.04 Drehzahlregler |
| 82 HF-Spannungsmessungen | ESG 1.05 NF-Verstärker |
| 83 Digital-Grundbausteine | ESG 1.06 Tongenerator |



In 5 Bändchen "Elektronik-Bauelemente 1-5" vermittelt Dr. Bergtold angenehm und zeitsparend alles Wissenswerte darüber im Rahmen üblicher Schaltungen aus der modernen Elektronikpraxis. Die übersichtlich gezeichneten Schaltungen enthalten genaue Bemessungsangaben. Jeder Band ist in sich abgeschlossen; alle 5 ergänzen sich in idealer Weise. Ein reichhaltiges Stichwortverzeichnis macht diese 5 Bände zu einem wichtigen Nachschlagewerk.

Verlag Frech
Stuttgart-Botnang

80 Seiten



Bergtold

Elektronik-Bauelemente





ISBN 3-7724-0060-4

Der Thyristor — ein steuerbarer Siliziumgleichrichter — sperrt ohne Startimpuls am Steueranschluß in beiden Richtungen. Dadurch unterscheidet er sich von einem normalen Siliziumgleichrichter. Der Thyristor schaltet sofort wieder in den nicht leitenden Zustand, wenn der durch ihn fließende Strom einen bestimmten Wert unterschreitet. Trotz der Ähnlichkeit mit dem Thyatron überragt er dieses durch verschiedene Vorteile: sofortige Betriebsbereitschaft, da kein Heizstrom benötigt wird — geringe Freiwerdezeit — kleinere Abmessungen — robustere Ausführung. Der Thyristor wird besonders vorteilhaft in der Steuer- und Regeltechnik eingesetzt.