

ELEKTRONISCHE EXPERIMENTE

RFT

RADIO-television

ELEKTRONISCHE EXPERIMENTE



MILITÄRVERLAG
DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN
REPUBLIK

Diese Broschüre wurde im Auftrag des VEB *Industrievertrieb
Rundfunk und Fernsehen* Leipzig hergestellt.

1. Auflage, 1. — 15. Tausend

Militärverlag der Deutschen Demokratischen Republik · Berlin 1972

Lizenz-Nr. 5 .

Es-Nr.: K 23

Autoren: Rolf Anders, Dieter Jahn

Lektor: Dipl.-Ing. Jürgen Hauke

Einband: H. Herrmann/H. Grothmann

Zeichnungen: Gisela Heidemann

Typografie: Helmut Herrmann · Hersteller: Dieter Kahnert

Vorauskorrektor: Eva Plake · Korrektor: Ilse Fährndrich

Printed in the German Democratic Republic

Gesamtherstellung: I/16/01 Druckerei Märkische Volksstimme
Potsdam

Redaktionsschluß: 24. Februar 1972

2,50

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	7
1. Schaltzeichen der wichtigsten Bauelemente	8
2. Beschreibung der wichtigsten Bauelemente	10
3. Farbkennzeichnungen von Widerständen	13
4. Die wichtigsten elektrischen Grundgrößen	15
5. Hinweise für das Arbeiten mit elektrischen Bauelementen	16
6. Schaltungsbeschreibungen	18
6.1. Multivibratorschaltungen	18
6.1.1. Schaltung 1: Astabiler Multivibrator	18
6.1.2. Schaltung 2: Monstabiler Multivibrator	19
6.1.3. Schaltung 3: Schmitt-Trigger	21
6.2. Blinkschaltungen	22
6.2.1. Schaltung 4: Doppelblinker	22
6.2.2. Schaltung 5: Einstellbarer Blinker	23
6.3. Relaisschaltungen	24
6.3.1. Schaltung 6: Relaisschaltung mit Anzugverzögerung	24
6.3.2. Schaltung 7: Relaisschaltung mit Abfallverzögerung	25
6.3.3. Schaltung 8: Relaisschaltung mit Anzug- und Abfallverzögerung	26
6.3.4. Schaltung 9: Periodischer Relaisschalter	27
6.4. Sicherheits- und Warnschaltungen	28
6.4.1. Schaltung 10: Optische Sicherheitsschaltung ...	28
6.4.2. Schaltung 11: Lichtschranke	29
6.4.3. Schaltung 12: Thermoschalter	30
6.4.4. Schaltung 13: Fernthermometer	31
6.4.5. Schaltung 14: Akustisches Alarmgerät	33
6.4.6. Schaltung 15: Dämmerungsschalter	33
6.4.7. Schaltung 16: Einstellbare Warnanlage	34
6.5. Niederfrequenzschaltungen	35
6.5.1. Schaltung 17: Sinusgenerator	35

6.5.2. Schaltung 18: 1stufiger NF-Vorverstärker	36
6.5.3. Schaltung 19: 2stufiger NF-Verstärker	37
6.5.4. Schaltung 20: Mischverstärker	38
6.5.5. Schaltung 21: Klangregelnetzwerk mit Verstärkerstufe	39
6.5.6. Schaltung 22: Korrekturschaltung für Magnetbandüberspielungen	40
6.6. Einfache Meß- und Prüfgeräte	41
6.6.1. Schaltung 23: Transistorprüfgerät	41
6.6.2. Schaltung 24: Signalverfolger	42
6.6.3. Schaltung 25: Voltmeter	43
6.6.4. Schaltung 26: Mehrzweckprüfgerät	44
6.7. Stromversorgungsgeräte	46
6.7.1. Schaltung 27: Gleichspannungsquelle für transistorisierte Heimgeräte	46
6.7.2. Schaltung 28: Regelbare Gleichspannungsquelle.	49
7. Meßschaltungen	50
7.1. Widerstandsmessungen	50
7.2. Kapazitätsmessungen	53
7.3. Frequenzmessungen	54
8. Literaturhinweise	56

Vorwort

Der ständige Kontakt des Menschen in der sozialistischen Gesellschaft mit der Elektrotechnik und der Elektronik erstreckt sich nicht nur auf das Berufsleben und ist nicht von einer bestimmten Tätigkeit abhängig. Sei es im Straßenverkehr, im Kino oder im Theater, überall treffen wir auf elektronisch gesteuerte und geregelte Anlagen und Einrichtungen. Selbst aus dem kleinen Bereich unserer Wohnung ist die Elektronik nicht mehr wegzudenken.

Automatisch gesteuerte Waschmaschinen nehmen wir genauso selbstverständlich hin wie die Unterhaltung und Weiterbildung, die uns täglich das Fernsehen und der Rundfunk bieten. Wir merken kaum noch, was alles mit Elektronik zu tun hat. Man ist aber bei der Anwendung der Elektronik nicht nur auf die Geräte angewiesen, die die Industrie anbietet.

Wer sich ein wenig mit der Elektronik beschäftigt, ist bald in der Lage, diese oder jene Schaltung nachzubauen und sie für seine speziellen Zwecke einzusetzen.

Eine solche Beschäftigung ist nicht nur lehrreich, sie macht auch Spaß, und die gewonnenen Erkenntnisse können vielleicht hier und da auch im Betrieb angewendet werden.

Das Anliegen des VEB *RFT Industrievertrieb* ist es nun, Sie mit dieser kleinen Broschüre an einige Grundschaltungen heranzuführen.

Es sollen Ihnen durchaus keine umfassenden theoretischen Erkenntnisse vermittelt werden. Wir haben für Sie eine kleine Anzahl von elektronischen Grundschaltungen zusammengestellt, die Sie selbst aufbauen und erproben können. Wir wählten die Schaltungen so aus, daß Sie mit dem geringstmöglichen Materialaufwand auskommen.

VEB RFT Industrievertrieb Rundfunk und Fernsehen

1. Schaltzeichen der wichtigsten Bauelemente

In Stromlaufplänen und Schaltplänen werden bestimmte Bauelemente durch Schaltzeichen dargestellt. Die für das Verstehen der nachfolgenden Schaltungen wichtigsten Schaltzeichen sind in Tabelle 1 zusammengestellt. In den Schaltplänen selbst werden die einzelnen Schaltzeichen durch Kurzzeichen kenntlich gemacht. So zum Beispiel:

- R bedeutet Widerstand
- C bedeutet Kondensator
- S bedeutet Schalter
- Rel bedeutet Relais
- D bedeutet Diode
- T bedeutet Transistor
- L bedeutet Glühlampe
- P bedeutet Einstellregler
- Si bedeutet Sicherung
- Tr. bedeutet Transformator

Die Kurzzeichen erhalten in den Schaltungen noch Nummern. Diese Numerierung ist notwendig, da die elektrischen Werte der Bauelemente nicht im Schaltbild mit angegeben werden, sondern einer zusätzlichen Stückliste entnommen werden müssen und dort unter der entsprechenden Nummer zu finden sind.

Vorwort

Der ständige Kontakt des Menschen in der sozialistischen Gesellschaft mit der Elektrotechnik und der Elektronik erstreckt sich nicht nur auf das Berufsleben und ist nicht von einer bestimmten Tätigkeit abhängig. Sei es im Straßenverkehr, im Kino oder im Theater, überall treffen wir auf elektronisch gesteuerte und geregelte Anlagen und Einrichtungen. Selbst aus dem kleinen Bereich unserer Wohnung ist die Elektronik nicht mehr wegzudenken.

Automatisch gesteuerte Waschmaschinen nehmen wir genauso selbstverständlich hin wie die Unterhaltung und Weiterbildung, die uns täglich das Fernsehen und der Rundfunk bieten. Wir merken kaum noch, was alles mit Elektronik zu tun hat. Man ist aber bei der Anwendung der Elektronik nicht nur auf die Geräte angewiesen, die die Industrie anbietet.

Wer sich ein wenig mit der Elektronik beschäftigt, ist bald in der Lage, diese oder jene Schaltung nachzubauen und sie für seine speziellen Zwecke einzusetzen.

Eine solche Beschäftigung ist nicht nur lehrreich, sie macht auch Spaß, und die gewonnenen Erkenntnisse können vielleicht hier und da auch im Betrieb angewendet werden.

Das Anliegen des VEB *RFT Industrievertrieb* ist es nun, Sie mit dieser kleinen Broschüre an einige Grundschaltungen heranzuführen.

Es sollen Ihnen durchaus keine umfassenden theoretischen Erkenntnisse vermittelt werden. Wir haben für Sie eine kleine Anzahl von elektronischen Grundschaltungen zusammengestellt, die Sie selbst aufbauen und erproben können. Wir wählten die Schaltungen so aus, daß Sie mit dem geringstmöglichen Materialaufwand auskommen.

VEB RFT Industrievertrieb Rundfunk und Fernsehen

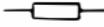
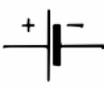
1. Schaltzeichen der wichtigsten Bauelemente

In Stromlaufplänen und Schaltplänen werden bestimmte Bauelemente durch Schaltzeichen dargestellt. Die für das Verstehen der nachfolgenden Schaltungen wichtigsten Schaltzeichen sind in Tabelle I zusammengestellt. In den Schaltplänen selbst werden die einzelnen Schaltzeichen durch Kurzzeichen kenntlich gemacht. So zum Beispiel:

- R bedeutet Widerstand
- C bedeutet Kondensator
- S bedeutet Schalter
- Rel bedeutet Relais
- D bedeutet Diode
- T bedeutet Transistor
- L bedeutet Glühlampe
- P bedeutet Einstellregler
- Si bedeutet Sicherung
- Tr. bedeutet Transformator

Die Kurzzeichen erhalten in den Schaltungen noch Nummern. Diese Numerierung ist notwendig, da die elektrischen Werte der Bauelemente nicht im Schaltbild mit angegeben werden, sondern einer zusätzlichen Stückliste entnommen werden müssen und dort unter der entsprechenden Nummer zu finden sind.

Tabelle 1 Schaltzeichen der wichtigsten Bauelemente

	Widerstand allgemein		1poliger Schalter
	Einstellwiderstand (Trimpotentiometer)		1poliger Umschalter
	Einstellwiderstand (Potentiometer)		1poliger Relaisschalter
	Heißleiter		1poliger Relaisumschalter
	Kondensator		Strommesser
	Elektrolytkondensator		Spannungsmesser
	pnp-Transistor		Spule
	npn-Transistor		Spule mit Eisenkern
	Diode, Gleichrichter		Transformator
	Z-Diode		Feinsicherung
	Relais		Gleich- spannungsquelle
	Sperrschicht- fotoelement		
	Buchse		
	Glühlampe		

2. Beschreibung der wichtigsten Bauelemente

Wir nehmen zunächst Tabelle 1 zur Hand und sehen uns die wichtigsten Bauelemente an.

Der Widerstand:

Die meisten in elektronischen Schaltungen anzutreffenden Widerstände sind als Kohleschichtwiderstände sowie Metallschichtwiderstände ausgeführt. Nur bei höherer Belastung verwendet man Drahtwiderstände. Bei den hier vorliegenden Schaltungen werden, wenn nicht anders vermerkt, Kohleschichtwiderstände verwendet.

Einstellwiderstand (Trimmpotentiometer):

Einstellwiderstände, auch Trimmpotentiometer genannt, dienen als regelbare Widerstände dort, wo einmalig bestimmte Spannungspegel oder Strompegel eingestellt werden müssen. Diese Einstellwiderstände sind meist nicht gekapselt. Der Schleifer wird vielfach mit einem kleinen Schraubenzieher eingestellt. Ihr Aufbau gleicht prinzipiell dem der Potentiometer.

Einstellwiderstand (Potentiometer):

Gekapselte Potentiometer haben die gleiche Aufgabe wie Trimmpotentiometer. Sie werden überall dort eingesetzt, wo bestimmte Pegel öfter geregelt werden müssen (Lautstärkeregler, Klangfarbenregler usw.). Werden die beiden Bahnanschlüsse des Regelwiderstandes an eine Spannungsquelle angeschlossen, so kann man am Schleiferanschluß eine Teilspannung abgreifen, deren Höhe eingestellt werden kann. In diesem Fall arbeitet der Einstellwiderstand als Spannungsteiler.

Heißleiter (Thermistor):

Unter Heißleiter versteht man einen Widerstand, der einen negativen Temperaturkoeffizienten aufweist. Beim Heißleiter sinkt bei steigender Temperatur der Widerstand des Heiß-

leiters. Der Nennwiderstand eines Heißleiters bezieht sich auf eine Umgebungstemperatur von 20 °C. Dieses Bauelement wird vorzugsweise zur Kompensation der unerwünschten Widerstandsänderung anderer Bauelemente eingesetzt. Darüber hinaus lassen sich Heißleiter auch als thermisch-elektrische Wandler einsetzen.

Elektrolytkondensatoren:

Elektrolytkondensatoren haben hohe Kapazitäten bei kleinen Abmessungen. Besonders in transistorisierten Schaltungen finden Elektrolytkondensatoren verstärkten Einsatz. Bei ihrer Verwendung ist darauf zu achten, daß sie gemäß der aufgedruckten Polarität in die Schaltung eingelötet werden. Der in der symbolischen Darstellung voll ausgezeichnete Teil des Kondensators liegt am negativen Potential der Schaltung.

Transistoren:

Transistoren sind stromverstärkende Bauelemente. Man unterscheidet dabei zwischen Germanium- und Siliziumtransistoren sowie zwischen npn- und pnp-Typen. Die in der DDR gefertigten npn-Typen sind fast ausschließlich auf Siliziumbasis hergestellt, während die pnp-Typen auf Germaniumbasis hergestellt werden. Die in der Tabelle eingetragene Polarität wird in der Schaltung nicht angegeben. Auch die Kennzeichnung der Anschlüsse entfällt.

Dioden:

Wie bei Transistoren unterscheidet man auch bei Dioden zwischen Germanium- und Siliziumausführungen. Da Dioden nur in einer Stromflußrichtung leiten (niedriger Innenwiderstand in der Stromflußrichtung), lassen sie sich als Gleichrichter einsetzen. In der entgegengesetzten Richtung (Sperrrichtung) weisen Dioden einen hohen Innenwiderstand auf. Beim Einsatz von Dioden in der Schaltung muß ebenfalls die Polarität beachtet werden. Dioden aus der DDR-Fertigung sind katodenseitig durch einen schwarzen Ring gekennzeichnet. Dioden und Transistoren aus der DDR-Fertigung werden nach einem bestimmten Buchstabensystem bezeichnet.

Es bedeutet der 1. Buchstabe: G Germanium

S Silizium

Es bedeutet der 2. Buchstabe: A Diode

C NF-Transistor

F HF-Transistor

D Leistungstransistor

Wer oft mit Dioden oder Transistoren arbeitet, sollte sich unbedingt die Parameter der einzelnen Typen beschaffen. Sehr zweckmäßig ist auch bei Verwendung von Importtypen eine Transistorvergleichsliste [1].

Z-Dioden:

Z-Dioden lassen sich zur Stabilisierung von Spannungen einsetzen. In der Durchlaßrichtung arbeitet die Z-Diode fast wie eine normale Siliziumflächendiode. In Sperrichtung weist die Z-Diode ebenfalls einen hohen Sperrwiderstand auf. Steigt jedoch die Spannung auf einen bestimmten definierten Wert an (Z-Spannung), so wird die Z-Diode auch in der Sperrichtung niederohmig, und es setzt ein starker Sperrstromanstieg ein.

Sperrschichtfotoelemente:

Die in den Schaltungen vorgesehenen Fotoelemente sind Selenfotoelemente, wie sie in elektrischen Belichtungsmessern verwendet werden. Derartige Selenfotoelemente liefern bei Beleuchtung einen geringen Strom, der sich schon mit einem μA -Meter nachweisen läßt.

3. Farbkennzeichnungen von Widerständen

Haben Widerstände keinen aufgedruckten Widerstandswert, so sind sie mit verschiedenfarbigen Punkten oder Ringen gekennzeichnet, aus denen die Werte des Widerstandes ermittelt werden können. (s. Bild 1)



Bild 1

Gemäß TGL 4615, Bl. 1, gilt für die Farbkennzeichnung nachstehende Tabelle:

Tabelle 2 Widerstandskennzeichnung

Farbe	1. Ring	2. Ring	3. Ring	4. Ring
silbern	—	—	10^{-2}	$\pm 10\%$
golden	—	—	10^{-1}	$\pm 5\%$
schwarz	—	0	10^0	—
braun	1	1	10^1	$\pm 1\%$
rot	2	2	10^2	$\pm 2\%$
orange	3	3	10^3	—
gelb	4	4	10^4	—
grün	5	5	10^5	—
blau	6	6	10^6	—
violett	7	7	10^7	—
grau	8	8	10^8	—
weiß	9	9	10^9	—

Ein Beispiel zur Anwendung der Tabelle:

Es liegt ein Widerstand mit folgender Kennzeichnung vor:

1. Ring: braun (1)

2. Ring: grün (5)

3. Ring: gelb (10^4)

4. Ring: golden (5%)

Es gilt somit: $15 \cdot 10^4 = 150 \text{ k}\Omega$, 5%.

4. Die wichtigsten elektrischen Grundgrößen

Die wichtigsten elektrischen Grundgrößen, mit denen Sie es als Elektronikamateur zu tun haben, sind Spannung, Strom, Frequenz, elektrische Leistung, Widerstand einer Leitung bzw. eines Bauelementes, Kapazität einer Leitung bzw. eines Bauelementes sowie Induktivität einer Leitung bzw. eines Bauelementes.

Für diese Größen sind in Tabelle 3 die wichtigsten Einheiten sowie die Vorsätze zur Bildung von Vielfachen und Teilen dieser Einheiten aufgeführt.

Tabelle 3 Elektrische Grundgrößen

Größe	Einheit	
	Name	Kurzzeichen
elektrische Spannung	Volt	V
elektrischer Strom	Ampere	A
elektrischer Widerstand	Ohm	Ω
Kapazität	Farad	F
Induktivität	Henry	H
Leistung	Watt	W
Frequenz	Hertz	Hz

Die Vorsätze zur Bildung von Vielfachen und Teilen dieser Grundgrößen:

Name:	Kurzzeichen:	Bedeutung:
Tera	T	$= 10^{12} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000$
Giga	G	$= 10^9 = 1\ 000\ 000\ 000$
Mega	M	$= 10^6 = 1\ 000\ 000$
Kilo	k	$= 10^3 = 1\ 000$
Milli	m	$= 10^{-3} = 0,001$
Mikro	μ	$= 10^{-6} = 0,000\ 001$
Nano	n	$= 10^{-9} = 0,000\ 000\ 001$
Piko	p	$= 10^{-12} = 0,000\ 000\ 000\ 001$

5. Hinweise für das Arbeiten mit elektrischen Bauelementen

Bevor Sie mit dem Aufbau von Schaltungen beginnen, ist es notwendig, einige technische Voraussetzungen hierfür zu schaffen.

Werkzeuge

Das wichtigste Werkzeug ist für Sie der Lötkolben. Er soll eine Leistung von etwa 40 W haben. Zum Löten benötigen Sie weiterhin Lötzinn (Lötdraht mit Kolophoniumseele). Außerdem sind noch eine kleine Flachzange, ein kleiner Seitenschneider sowie ein kleiner Schraubenzieher erforderlich.

Chassismaterial

Als Chassismaterial eignet sich besonders kupferkaschiertes Hartpapier, wie Sie es von den gedruckten Schaltungen her kennen werden. In den einschlägigen Amateurfilialen werden sogenannte Universalleiterplatten angeboten. Diese Platten sind für den experimentellen Aufbau von Schaltungen bestens geeignet.

Bei Verwendung dieser Leiterplatten ist es notwendig, daß Sie sich noch etwas Schaltdraht in verschiedenen Stärken beschaffen.

Meßgeräte

Obwohl Sie nicht für jede Schaltung unbedingt ein Meßgerät benötigen, ist ein Meßinstrument für den ernsthaften Elektronikamateur unentbehrlich. Sollen später einmal kompliziertere Schaltungen aufgebaut werden, so sollten Sie sich gleich von vornherein zum Erwerb eines Vielfachmessers entschließen. Der Innenwiderstand eines solchen Vielfachmessers muß im Spannungsmeßbereich möglichst hochohmig sein.

Sollten Sie sich für den Selbstbau von einfachen Meßgeräten interessieren, so möchten wir Sie auf die Literaturempfehlungen im Anhang dieser Broschüre hinweisen.

Bauelemente

Beim Arbeiten mit elektrischen Bauelementen müssen einige Dinge beachtet werden, um Ausfälle von Bauelementen zu vermeiden.

So muß darauf geachtet werden, daß die Anschlußdrähte der Bauelemente vor dem Löten nur so weit gekürzt werden, wie es unbedingt erforderlich ist. Beim Biegen dieser Anschlußdrähte darf die Biegestelle nicht unmittelbar am Körper des Bauelementes sein. Brechen nämlich dort die Anschlußdrähte ab, so kann das Bauelement nicht mehr verwendet werden. Besondere Aufmerksamkeit muß dem Löten von Transistoren und Dioden gewidmet werden. Beim Einlöten dieser Bauelemente ist der Anschlußdraht nahe der Lötstelle mit einer kleinen Flachzange zu halten, so daß die beim Löten auftretende hohe Temperatur über die Zange abgeleitet wird. Anderenfalls kann der Transistor bzw. die Diode durch die Lötwärme zerstört werden. Die Lötdauer selbst soll nicht mehr als 2 bis 3 s betragen.

Es muß beim Aufbau der Schaltung weiterhin beachtet werden, daß die Parameter der verwendeten Bauelemente oft vom Nennwert abweichen. Es kann deshalb durchaus vorkommen, daß eine ordnungsgemäß aufgebaute Schaltung trotzdem nicht funktioniert. In derartigen Fällen kommt man dann nur durch Experimentieren zum Ziel. Die Werte der funktionsbestimmenden Bauelemente sind dann allmählich zu verändern. Bei Transistoren ist in solchen Fällen mit anderen Verstärkungsgruppen zu probieren.

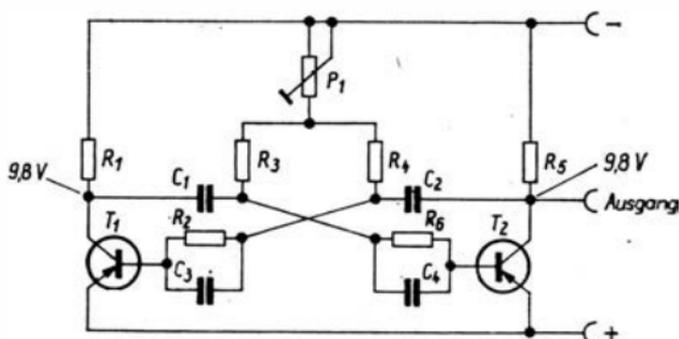
Alle verwendeten Widerstände sollen, wenn in der Schaltung nicht besonders angegeben, mit 0,25 W belastbar sein. Alle verwendeten Kondensatoren müssen für eine Betriebsspannung von mindestens 15 V ausgelegt sein. Entsprechende Abweichungen gehen aus den einzelnen Bauanleitungen hervor.

6. Schaltungsbeschreibungen

In den nachfolgenden Abschnitten werden Sie nun mit einigen Bauanleitungen bekannt gemacht. Die dabei verwendeten Schaltungen können als Grundsaltungen elektronischer Baugruppen und Geräte angesehen werden. Alle Schaltungen wurden hinsichtlich ihrer Funktionstüchtigkeit im Labor überprüft, so daß sie bei Beachtung der Hinweise sicher funktionieren.

6.1. Multivibratorschaltungen

6.1.1. Schaltung 1: Astabiler Multivibrator



Schaltung 1

Bauelemente: $R_1 = R_5 = 470 \Omega$
 $R_3 = R_4 = 10 \text{ k}\Omega$
 $R_2 = R_6 = 10 \text{ k}\Omega$
 $P_1 = \text{Trimpotentiometer } 50 \text{ k}\Omega$
 $C_1 = C_2 = \text{Kondensator } 4,7 \text{ nF}$
 $C_3 = C_4 = \text{Kondensator } 300 \text{ pF}$
 $T_1 = T_2 = \text{Transistor GC 116 c}$

Die Schaltung des astabilen Multivibrators ist eine wichtige Grundsaltung, mit der rechteckige Meß-, Prüf oder Steuer-

spannungen erzeugt werden. Die Frequenz des Multivibrators läßt sich durch Austausch der Kondensatoren C_1 und C_2 in weiten Grenzen verändern.

Die RC-Glieder in den Basisleitungen der Transistoren bewirken eine steile Anstiegflanke der Rechteckschwingungen. Mit dem Potentiometer P_1 läßt sich die Ausgangsspannung optimal einstellen. Als Faustformel für die Berechnung der Schwingungsdauer gilt die Beziehung:

$$\tau = R \cdot C \cdot 0,7.$$

Diese Beziehung stimmt allerdings nicht genau, genügt jedoch für eine überschlägige Berechnung. Hierin ist R der eingestellte Wert von $P_1 + R_3 + R_6$ bzw. $P_1 + R_4 + R_2$, und C ist C_1 bzw. C_2 .

τ wird in s eingesetzt, R in Ω und C in F.

Da der astabile Multivibrator Rechteckschwingungen erzeugt, sind seine Grundschnwingungen sehr oberwellenreich. Diesen Umstand nutzt man in der Servicetechnik aus. Man baut solche Multivibratoren zusammen mit einer Batterie in einen Prüfstift ein (Tobitest). An der Tastspitze des Prüfstiftes liegt einer der beiden Kollektoranschlüsse. Mit Hilfe derartiger Prüfstifte läßt sich ein Fehler in Rundfunk- und Fernsehgeräten leichter finden. Bei einem Rundfunkempfänger tastet man mit dem Prüfstift, von der Endstufe des Gerätes ausgehend, die Schaltung bis zum Eingangsteil hin ab. Dabei ist ständig der Ton aus dem Lautsprecher zu beachten. Setzt dieser aus, so ist anzunehmen, daß die angetastete Stufe defekt ist. Die Betriebsspannung der Schaltung beträgt 12 V.

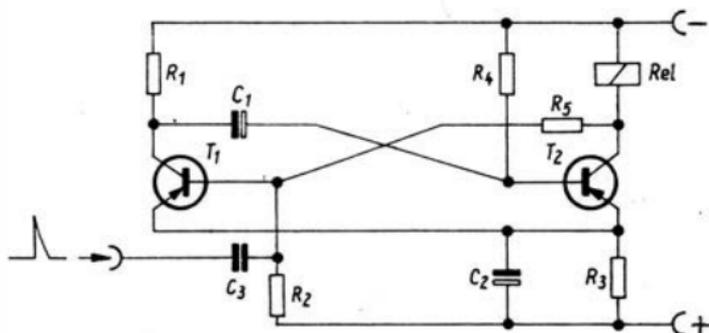
6.1.2. Schaltung 2: Monostabiler Multivibrator

Bauelemente: $R_1 = 2,7 \text{ k}\Omega$
 $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$
 $R_3 = 100 \Omega$
 $R_4 = 100 \text{ k}\Omega$
 $R_5 = 27 \text{ k}\Omega$
 $C_1 = \text{Elektrolytkondensator } 500 \mu\text{F}$
 $C_2 = \text{Elektrolytkondensator } 10 \mu\text{F}$

$C_3 = \text{Kondensator } 0,1 \mu\text{F}$

Rel = Relais 88Ω

$T_1 = T_2 = \text{GC } 123$



Schaltung 2

Ebenso wie der astabile Multivibrator ist die Schaltung des monostabilen Multivibrators eine wichtige Grundschaltung der Elektronik. Während der bistabile Multivibrator auf Grund seiner Dimensionierung 2 stabile Schaltzustände hat, gibt es beim monostabilen Multivibrator nur 1 stabilen Zustand. Die Wirkungsweise der Schaltung ist folgende:

Wird auf den Eingang des Multivibrators ein kurzer Steuerimpuls gegeben, so kann am Ausgang des Multivibrators ein Rechteckimpuls abgenommen werden, dessen Länge durch die Zeitkonstante

$$\tau = R_4 \cdot C_1$$

bestimmt wird.

In der vorliegenden Schaltung wurde an Stelle des Kollektorzustandes von T_2 ein Relais eingesetzt. Mit den angegebenen Bauelementen ergibt sich bei einer Betriebsspannung von 12 V eine Impulslänge von etwa 10 s. Auf Grund der Bauelementestreuung kann dieser experimentell ermittelte Wert natürlich abweichen.

Wird also auf den Eingang der Schaltung ein Impuls gegeben, so zieht das Relais an und fällt nach einer Zeit von etwa 10 s wieder ab. Bis zum nächsten Impuls muß sich C_1 erst entladen, wozu bei dieser Dimensionierung von C_1 eine Wartezeit von etwa 20 bis 30 s notwendig ist. Wird der nächste Impuls schon

früher auf den Eingang gegeben, so ist C_1 noch nicht völlig entladen, und der Impuls am Schaltungsausgang wird wesentlich kürzer.

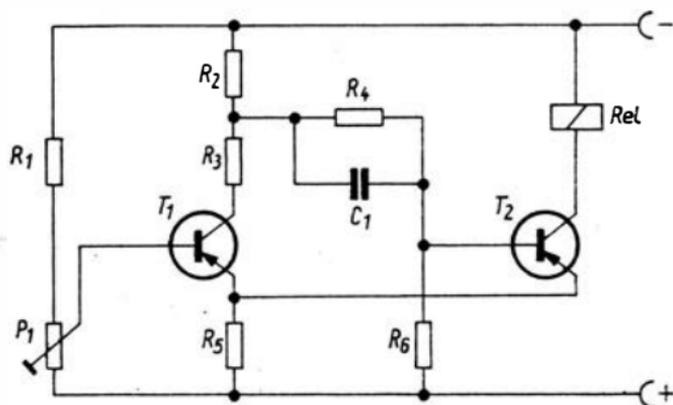
Bereits diese einfache Schaltung läßt sich schon als Zeitbaustein einsetzen. Man braucht dazu lediglich C_1 durch eine Taste zu überbrücken. Bei Betätigung der Taste zieht das Relais an und fällt nach einigen Sekunden wieder ab.

Setzt man an Stelle des Relais einen Widerstand ein, so läßt sich der monostabile Multivibrator als Frequenzteiler oder als Impulsformer einsetzen.

Zeitbausteine, deren Grundform soeben besprochen wurde, dienen z. B. in Fotolabors als Belichtungshren beim Kopieren und Vergrößern. Die Zeiten werden durch Veränderung von C_1 grob und durch Veränderung von R_4 fein eingestellt. Allerdings lassen sich mit derartig einfachen Bausteinen die Schaltzeiten nicht sehr genau einstellen.

Sollte in der vorliegenden Schaltung Schwingneigung auftreten, so muß R_4 vergrößert werden. Im Ruhezustand muß am Kollektor von T_2 eine Spannung von -9 V gemessen werden. Am Kollektor von T_1 liegt eine Spannung von $-0,6\text{ V}$.

6.1.3. Schaltung 3: Schmitt-Trigger



Schaltung 3

Bauelemente: $R_1 = 820\ \Omega$
 $R_2 = 330\ \Omega$

$R_3 = 47\ \Omega$
 $R_4 = 820\ \Omega$

$$\begin{array}{ll}
 R_5 = 100 \Omega & C_1 = 4,7 \text{ nF} \\
 R_6 = 470 \Omega & \text{Rel} = 88 \Omega \\
 P_1 = 1 \text{ k}\Omega & T_1 = T_2 = \text{GC 116 c}
 \end{array}$$

Das wesentlichste Merkmal des Schmitt-Triggers ist folgendes: Wird an den Eingang eines Schmitt-Triggers eine Spannung gelegt, so passiert zunächst gar nichts, solange diese Spannung nicht einen bestimmten Schwellwert erreicht. Erst wenn die Spannung einen bestimmten Wert erreicht bzw. übersteigt, schaltet der Schmitt-Trigger. Das heißt, der erste Transistor wird durchgesteuert und der nächste Transistor gesperrt, so daß das im Kollektorkreis von T_2 liegende Relais abfällt. Dieser plötzliche Schaltvorgang bei langsamem Ansteigen der Eingangsspannung läßt sich etwa mit der langsamen Betätigung eines Kippschalters vergleichen.

Auch hier wird bei langsamer Bewegung des Schaltknebels an einem bestimmten Punkt der Schaltvorgang plötzlich ausgelöst. Der gesamte Vorgang läßt sich mit dem Potentiometer P_1 leicht demonstrieren. Wenn man das Potentiometer langsam durchdreht, so schaltet der Trigger um, sobald an der Basis von T_1 etwa $-1,5 \text{ V}$ erreicht sind. Die Rückschaltung erfolgt allerdings nicht mehr bei $-1,5 \text{ V}$, sondern bei etwa $-1,25 \text{ V}$, also bei einer positiveren Spannung.

Die Einsatzmöglichkeiten des Schmitt-Triggers sind sehr vielfältig. Setzt man z. B. an Stelle von P_1 und bei einer etwas anderen Dimensionierung der Schaltung einen Thermistor ein, so erhält man einen Thermoschalter. Weiterhin läßt sich der Schmitt-Trigger als Impulsverstärker, Impulsschalter usw. einsetzen.

Die vorliegende Schaltung arbeitet mit einer Betriebsspannung von 12 V . Am Kollektor von T_1 sind bei abgefallenem Relais $2,5 \text{ V}$ und am Kollektor von T_2 12 V meßbar. Bei angezogenem Relais liegen an denselben Meßpunkten $9,5$ und 9 V .

6.2. Blinkschaltungen

6.2.1. Schaltung 4: Doppelblinker

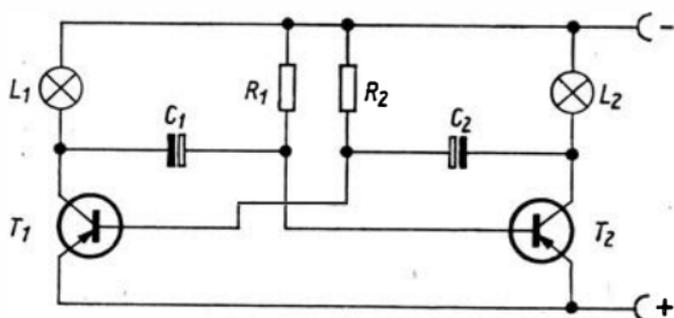
$$\begin{array}{l}
 \text{Bauelemente: } R_1 = 12 \text{ k}\Omega \\
 R_2 = 12 \text{ k}\Omega
 \end{array}$$

$$C_1 = 500 \mu\text{F}$$

$$C_2 = 500 \mu\text{F}$$

$$L_1 = L_2 = \text{Glühlampe } 12 \text{ V, } 0,12 \text{ A}$$

$$T_1 = T_2 = \text{GC } 121$$



Schaltung 4

Die praktische Anwendung einer Multivibratorschaltung zeigt dieses Schaltbild. Die Wirkungsweise ist die eines astabilen Multivibrators. In den Kollektorkreisen der beiden Transistoren sind 2 Glühlämpchen angeordnet, die abwechselnd aufleuchten. Mit der angegebenen Dimensionierung wird eine Leuchtdauer von etwa 2 s erreicht. Die Schaltung eignet sich als Warn- und Signaleinrichtung. Die Betriebsspannung beträgt 12 V.

6.2.2. Schaltung 5: Einstellbarer Blinker

Bauelemente: $R_1 = 330 \Omega$

$R_2 = 15 \text{ k}\Omega$

$R_3 = 15 \text{ k}\Omega$

$P_1 = 100 \text{ k}\Omega$

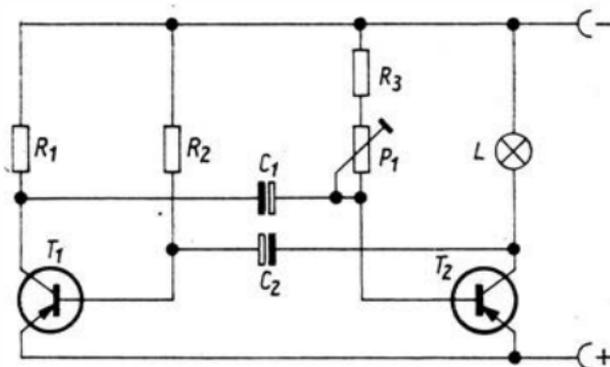
$C_1 = 500 \mu\text{F}$

$C_2 = 100 \mu\text{F}$

$T_1 = T_2 = \text{GC } 121$

$L = \text{Glühlampe } 12 \text{ V, } 0,12 \text{ A}$

Der einstellbare Blinker ist ebenfalls ein astabiler Multivibrator. Allerdings ist diese Schaltung asymmetrisch ausgelegt. Das heißt, Impuls- und Pausendauer sind unterschiedlich groß.



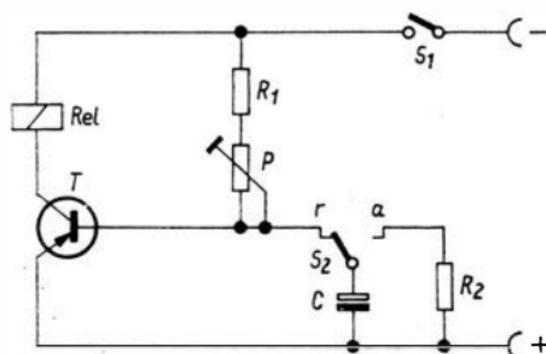
Schaltung 5

Die Leuchtdauer der Glühlampe beträgt etwa 1,5 s. Die Pausendauer zwischen den Leuchtsignalen läßt sich mit Hilfe von P_1 zwischen 3 und 40 s stufenlos einstellen. Eine solche Schaltung läßt sich z. B. als Blinkgeber für Kraftfahrzeuge einsetzen. Dann müssen aber stärkere Glühlampen und leistungstärkere Transistoren eingesetzt werden.

Die Betriebsspannung für diese Schaltung beträgt 12 V.

6.3. Relaisschaltungen

6.3.1. Schaltung 6: Relaisschaltung mit Anzugverzögerung



Schaltung 6

Bauelemente: $R_1 = 3,3 \text{ k}\Omega$
 $R_2 = 10 \Omega; 0,25 \text{ W}$

- P = 50 k Ω
- C = 100 μ F
- S₁ = 1poliger Kippschalter
- Rel = Relais 88 Ω
- T = Gc 121

Schaltverzögerungen lassen sich zwar schon mit Kondensatoren erreichen, sollen die Schaltverzögerungen allerdings fein einstellbar sein und länger dauern, so kann man das mit Transistoren realisieren.

Bei der gezeigten Anzugverzögerung liegt im Ruhezustand die Basis von T über den Ruhekontakt r des Relais am Kondensator C. Wird jetzt S₁ geschlossen, so erhält die Basis von T über R₁ und P Strom. Gleichzeitig lädt sich aber auch C über den Kontakt r auf, so daß der Anstieg des Basisstroms verzögert wird. Mit dem Potentiometer P läßt sich die gewünschte Verzögerung einstellen. Ist der Anzugstrom erreicht, so wird der Kondensator durch den Relaiskontakt S₂ von der Basis getrennt und an den Widerstand R₂ gelegt.

Da R₂ niederohmig ist, wird C schnell entladen, so daß die Schaltung sofort wieder betriebsbereit ist. Der Bereich des Potentiometers läßt sich allerdings nur im ersten Drittel benutzen. Damit ist eine maximale Verzögerungszeit von etwa 1 s erreichbar.

Relaisschaltungen mit Anzugverzögerung spielen z. B. im Fernspreverkehr eine Rolle. Aber auch Modelleisenbahner bedienen sich bei automatischen Zug- und Weichensteuerungen derartiger Schaltungen.

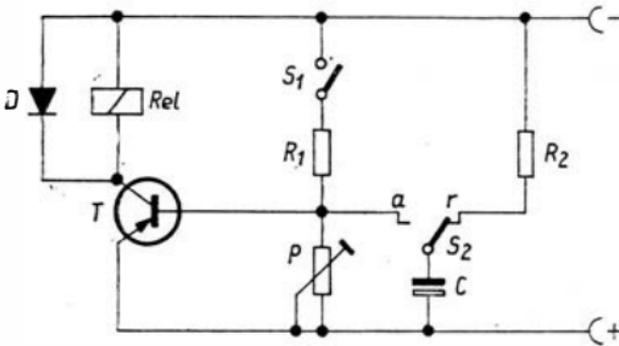
Die Betriebsspannung beträgt 12 V.

6.3.2. Schaltung 7: Relaisschaltung mit Abfallverzögerung

- Bauelemente:
- R₁ = 3,3 k Ω
 - R₂ = 100 Ω
 - C = 1000 μ F
 - P = 100 k Ω
 - S₁ = 1poliger Schalter
 - Rel = Relais 88 Ω

T = GC 121

D = GA 105



Schaltung 7

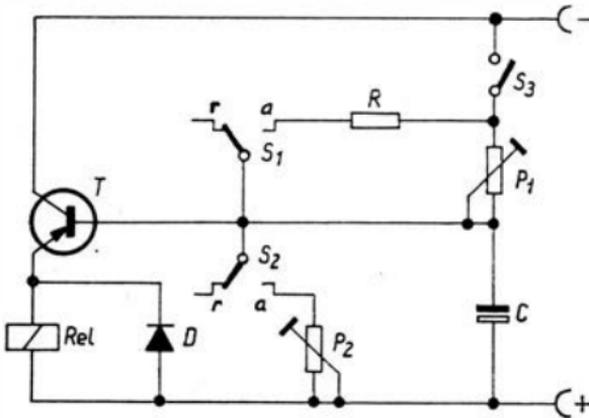
Diese Schaltung ist das Gegenstück zu Schaltung 6. Wird der Schalter S_1 geschlossen, so zieht das Relais verzögerungsfrei an. Dabei wird der Kondensator C vom Relaisumschalter S_2 an die Basis von T gelegt. Vorher lag C über den Ruhekontakt r und den niederohmigen Widerstand R_2 an der Betriebsspannung und wurde aufgeladen. Nach dem Öffnen des Schalters S_1 entlädt sich jedoch der Kondensator über P , so daß die Basis erst nach den Entladung von C keine Vorspannung hat und T das Relais zurückschaltet. Mit P ist maximal eine Abfallverzögerung von 1 s einstellbar. Die Betriebsspannung beträgt 12 V.

Die dem Relais parallelgeschaltete Diode soll den Transistor vor Spannungsspitzen schützen, die beim Schaltvorgang durch die Relaiswicklung entstehen. Dies gilt auch für die anderen Relaisschaltungen.

6.3.3. Schaltung 8: Relaisschaltung mit Anzug- und Abfallverzögerung

Bauelemente: $R = 6,8 \text{ k}\Omega$
 $P_1 = 100 \text{ k}\Omega$
 $P_2 = 100 \text{ k}\Omega$
 $C = 1000 \mu\text{F}$

- Rel = Relais 88 Ω
- S₃ = 1poliger Schalter
- D = GA 105
- T = GC 121



Schaltung 8

Bei dieser Schaltung lassen sich Anzug- und Abfallverzögerung eines Relais unabhängig voneinander einstellen.

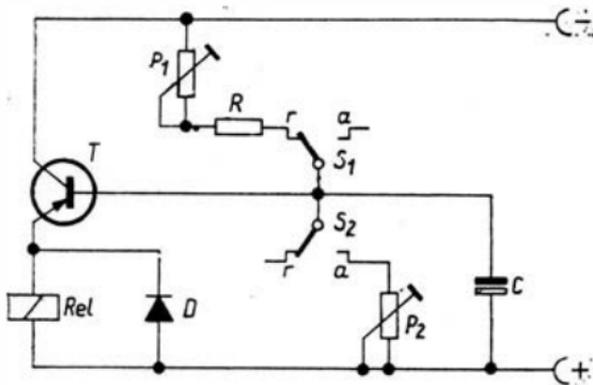
Bei Schließen von S₃ wird zunächst der Kondensator C aufgeladen. Der Ladestrom und somit die Anzugverzögerung wird mit dem Potentiometer P₁ eingestellt. Zieht das Relais an, so werden gleichzeitig der Widerstand R und das Potentiometer P₂ an die Basis des Transistors gelegt. Die Einstellung von P₂ bestimmt die Abfallverzögerungszeit. Mit der angegebenen Dimensionierung lassen sich Anzugverzögerungen von etwa 1 s und Abfallverzögerungen von etwa 3 s erreichen. Die Betriebsspannung beträgt 12 V.

6.3.4. Schaltung 9: Periodischer Relaischalter

- Bauelemente: R = 3,3 k Ω
- P₁ = Potentiometer 100 k Ω
- P₂ = Potentiometer 100 k Ω
- C = 1000 μ F
- Rel = Relais 88 Ω

T = GC 121

D = GA 105



Schaltung 9

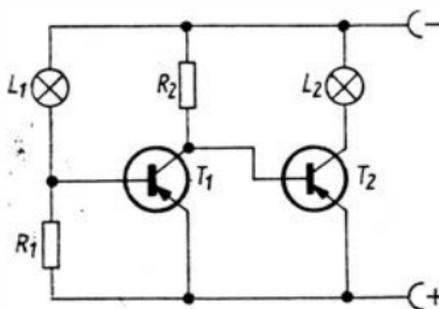
Durch einfache Veränderung von Schaltung 8 lassen sich periodische Relaischalter aufbauen.

Mit P_1 wird die Ruhezeit und mit P_2 die Schaltzeit des Relais eingestellt.

Auch diese Schaltung kann man als Blinkgeber in der Kfz.-Technik einsetzen. Die Betriebsspannung beträgt 12 V.

6.4. Sicherheits- und Warnschaltungen

6.4.1. Schaltung 10: Optische Sicherheitsschaltung



Schaltung 10

Bauelemente: $R_1 = 10 \Omega, 0,25 \text{ W}$

$R_2 = 12 \text{ k}\Omega$

$$T_1 = T_2 = \text{GC 123}$$

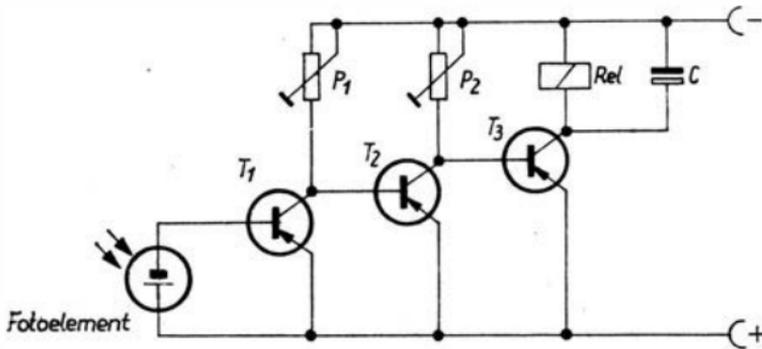
$$L_1 = L_2 = \text{Glühlampe 12 V, 0,12 A}$$

Diese Schaltung ist mit 2 Transistoren bestückt und funktioniert wie folgt:

Solange L_1 brennt, erhält T_1 eine negative Basisvorspannung und ist durchgesteuert; aber T_2 ist gesperrt. Fällt aus irgendeinem Grund L_1 aus, so wird T_1 gesperrt, und T_2 wird durchgesteuert, so daß L_2 aufleuchtet. Leuchtet L_1 wieder (ist z. B. durch eine neue Lampe ersetzt worden), so erlischt L_2 . Diese Sicherheitsschaltung ist für die verschiedensten Anwendungsfälle geeignet. Dabei ist es nicht unbedingt erforderlich, daß L_1 eine Glühlampe ist. Es wäre durchaus denkbar, an Stelle einer Glühlampe die Spule einer Wächterschaltung oder ähnliches einzusetzen. Auch in der Modellbahntechnik läßt sich diese Schaltung mit Erfolg einsetzen.

Die Schaltung wird mit 12 V betrieben.

6.4.2. Schaltung 11: Lichtschranke



Schaltung 11

Bauelemente: $P_1 = P_2 = 100 \text{ k}\Omega$
 $T_1 = T_2 = T_3 = \text{GC 123}$
 $C = 10 \mu\text{F}$
 $\text{Rel} = \text{Relais } 88 \Omega$
 Fotoelement (Selenelement)

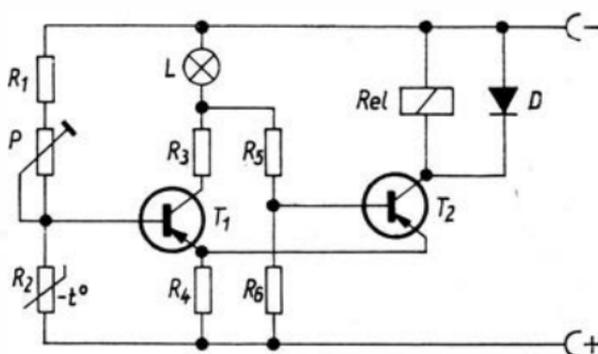
Eine einfache, aber sehr betriebssichere Schaltung läßt sich mit einem Selenfotoelement, wie es in den Belichtungsmessern eingesetzt wird, aufbauen.

Beleuchtet man das Fotoelement, so führen T_1 und T_3 Strom, und das im Kollektorkreis von T_3 liegende Relais ist angezogen. Bei Unterbrechung des auf die Selenzelle fallenden Lichtstromes wird T_2 stromführend, während T_1 und T_3 sperren, so daß das Relais abfällt. Mit P_1 und P_2 wird die Basisspannung von T_2 und T_3 eingestellt. Lichtquelle kann eine Taschenlampe sein; eine Optik ist nicht erforderlich. Beim Aufbau sind P_1 und P_2 zunächst auf ihren vollen Widerstandswert einzustellen und anschließend so lange zu verändern, bis das Relais bei Lichtstrahlunterbrechung sicher anspricht.

Lichtschranken werden heute in allen Bereichen unserer Wirtschaft angewendet. Sie sind als Türöffner genauso oft anzutreffen wie in Zählrichtungen.

Diese Schaltung wird mit 12 V betrieben.

6.4.3. Schaltung 12: Thermoschalter



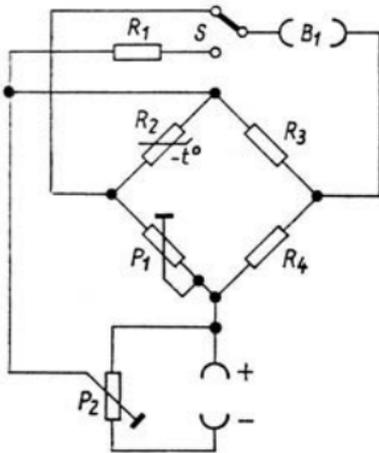
Schaltung 12

Bauelemente:	$R_1 = 470 \Omega$	$L =$ Glühlampe 12V 120 mA
	$R_2 =$ NTC 500 Ω	
	$R_3 = 47 \Omega$	Rel = Relais 88 Ω
	$R_4 = 47 \Omega$	D = GA 105
	$R_5 = 1 \text{ k}\Omega$	P = 1 k Ω
	$R_6 = 470 \Omega$	$T_1 = T_2 =$ GC 123

Vielfach besteht der Wunsch, einen bestimmten Vorgang auszulösen, wenn eine bestimmte Umgebungstemperatur erreicht

bzw. überschritten wird. Eine solche Möglichkeit bietet diese Schaltung. Der Eingang besteht aus einem Spannungsteiler, der aus einem temperaturabhängigen Widerstand und einem ohmschen Widerstand zusammengesetzt ist. Die übrige Schaltung stellt den schon besprochenen Trigger dar. Bei niedrigen Temperaturen am NTC-Widerstand führt der 1. Transistor Strom, und die Signallampe L leuchtet. In diesem Zustand ist der 2. Transistor stromlos, und das Relais ist abgefallen. Mit dem Potentiometer P läßt sich der gewünschte Schwellwert einstellen. Steigt nun die Temperatur am NTC-Widerstand an, so sinkt sein Widerstandswert, und die Basis von T_1 wird positiver. Bei der vorgewählten Schwellspannung schaltet der Trigger um. Die Signallampe erlischt, und das Relais zieht an. Bei stromführendem Relais kann L durchaus leicht glimmen. Diese Schaltung läßt sich sehr vorteilhaft einsetzen, wenn es darum geht, wertvolle Endstufentransistoren vor thermischer Überlastung zu schützen. Außerdem lassen sich derartige Thermo- schalter als Brandmelder in Lagerräumen einsetzen.

6.4.4. Schaltung 13: Fernthermometer



Schaltung 13

Bauelemente: $R_1 = 330 \Omega$
 $R_2 = \text{NTC } 500$

$$\begin{aligned}
R_3 &= 470 \, \Omega \\
R_4 &= 470 \, \Omega \\
P_1 &= 1 \, \text{k}\Omega \\
P_2 &= 1 \, \text{k}\Omega \\
S &= 1\text{-poliger Umschalter}
\end{aligned}$$

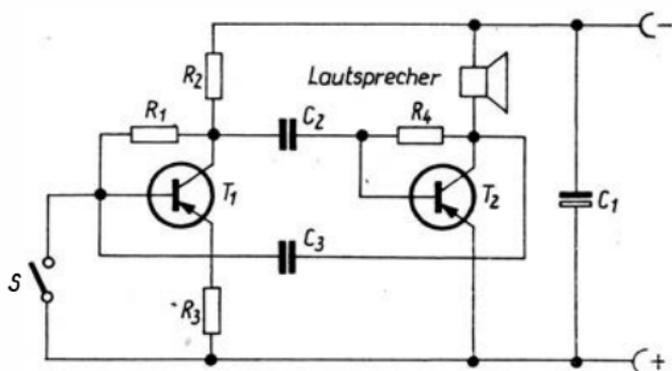
Es handelt sich hier um eine Brückenschaltung.
Sind die Widerstände

$$\frac{R_3}{R_4} = \frac{R_2}{P_1},$$

so führt der Mittelzweig der Brücke keinen Strom; die Brücke ist im Gleichgewicht. Da jedoch in einem Brücken­zweig auch ein temperaturabhängiger Widerstand (R_2) liegt, ist der bei Veränderung der Umgebungstemperatur auftretende Brückenquerstrom ein absolutes Maß für die Temperaturänderung. Die Schaltung wird nun wie folgt betrieben:

An die Buchsen B_1 wird ein Strommesser mit einem Vollausschlag von 2,5 mA angeschlossen. Der Schalter S wird in die untere Schaltstellung gebracht. Mit P_2 wird die Spannungseichung durchgeführt. P_2 wird so eingestellt, daß das Instrument Vollausschlag zeigt. Anschließend wird S zurückgeschaltet, und die Temperatur kann bei entsprechender Eichung direkt auf der Instrumentenskala abgelesen werden. Zur Temperatureichung ist es notwendig, daß der Heißleiter (R_2) einer Umgebungstemperatur ausgesetzt wird, die als Normaltemperatur gelten soll. Wird zum Beispiel als Normaltemperatur 20 °C angesehen, dann wird bei dieser Temperatur mit P_1 die Brücke so abgeglichen, daß das Instrument keinen Ausschlag zeigt. Mit Hilfe eines Thermometers läßt sich nun bei gleichzeitiger Erwärmung von R_2 die Instrumentenskala in °C eichen. Selbstverständlich kann der NTC-Widerstand von der übrigen Schaltung entfernt werden. Setzt man zum Beispiel ein Instrument mit einem Meßbereich von 50 μA ein, so lassen sich noch Temperaturunterschiede von einigen zehntel °C nachweisen. In einem solchen Fall ist natürlich der Eichwiderstand R_1 anders zu dimensionieren. Bei einer Betriebsspannung von 6 V gelten die angegebenen Werte der Bauelemente.

6.4.5. Schaltung 14: Akustisches Alarmgerät



Schaltung 14

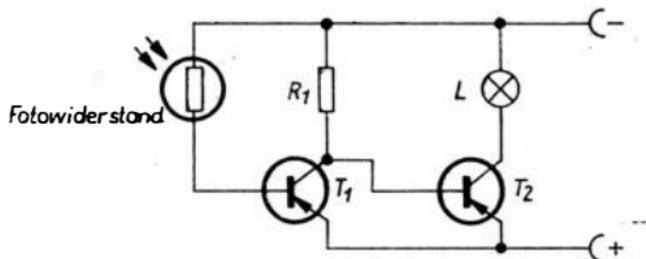
Bauelemente:	$R_1 = 680 \text{ k}\Omega$	$C_2 = 0,1 \mu\text{F}$
	$R_2 = 4,7 \text{ k}\Omega$	$C_3 = 0,1 \mu\text{F}$
	$R_3 = 270 \Omega$	$T_1 = T_2 = \text{GC 116 c}$
	$R_4 = 27 \text{ k}\Omega$	$S = \text{1poliger Schalter}$
	$C_1 = 10 \mu\text{F}$	Lautsprecher

Auch diese Schaltung gehört zur Gruppe der Alarm- und Sicherheitsschaltungen. Beim Öffnen des Schalters S ertönt aus dem Lautsprecher ein Pfeifton. Mit sinkender Betriebsspannung sinkt auch die Frequenz des Signals. Wie zu erkennen ist, handelt es sich bei dieser Schaltung um einen Multivibrator, bei dem die Basis von T_1 über S an positivem Potential liegt und der deshalb nicht schwingen kann. Erst wenn S geöffnet wird, kommt es zum Schwingeneinsatz. Bei einer Betriebsspannung von 4,5 V arbeitet die Schaltung einwandfrei.

6.4.6. Schaltung 15: Dämmerungsschalter

Bauelemente:	$R_1 = 100 \Omega$
	L = Glühlampe 6 V, 10 W
	$T_1 = \text{GC 116}$
	$T_2 = \text{GD 170}$
	Fotowiderstand = CDS-Widerstand M 125

Der Dämmerungsschalter wurde als automatischer Parklichtschalter für Kraftfahrzeuge mit einem 6-V-Bordnetz entwickelt. [2]

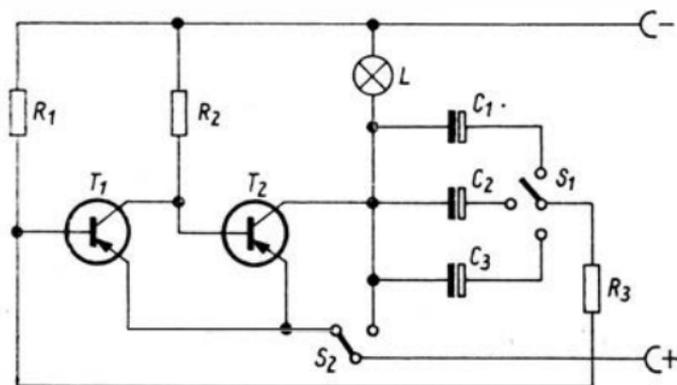


Schaltung 15

Mit Hilfe dieser Schaltung wird bei eintretender Dunkelheit das Parklicht automatisch eingeschaltet und mit eintretendem Tageslicht wieder ausgeschaltet.

Als lichtempfindliches Bauelement wird ein Cadmiumsulfid-Widerstand eingesetzt, dessen Leitwert sich in Abhängigkeit von der Beleuchtung verändert [2].

6.4.7. Schaltung 16: Einstellbare Warnanlage



Schaltung 16

Bauelemente: $R_1 = 2,2 \text{ k}\Omega, 0,25 \text{ W}$
 $R_2 = 47 \Omega, 5 \text{ W}$

$$R_3 = 1 \text{ k}\Omega, 0,25 \text{ W}$$

$$C_1 = 50 \mu\text{F}$$

$$C_2 = 100 \mu\text{F}$$

$$C_3 = 250 \mu\text{F}$$

S_1 = 1poliger Schalter mit 3 Schaltstellungen

S_2 = 1poliger Umschalter

L = Glühlampe 6 V/10W

T_1 = GC 121

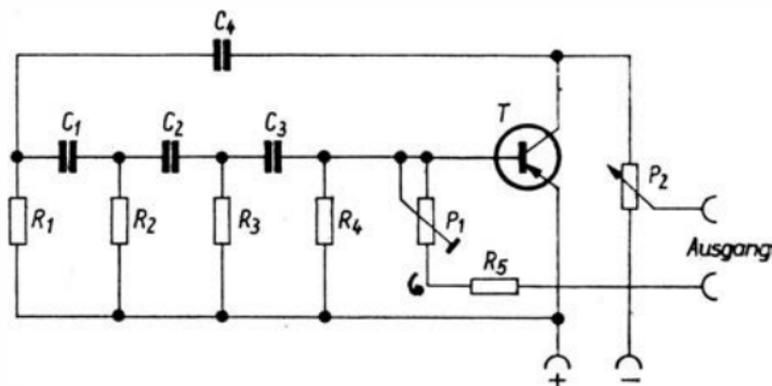
T_2 = GD 240

Auch diese Schaltung ist etwas für den Kraftfahrer. Es handelt sich hier um einen Blinkgeber, der bei eventuellen Autopannen zur Warnung des Nachfolgeverkehrs aufgestellt wird. Die Stromversorgung der Schaltung erfolgt über eine entsprechende Zuleitung durch die Batterie des Kfz. und ist für eine Spannung von 6 V ausgelegt.

Kernstück ist ein astabiler Multivibrator, dessen Schaltzeiten mit S_1 gewählt werden können. Mit dem Schalter S_2 ist es möglich, den Multivibrator abzuschalten und auf Dauerlicht umzuschalten. Die gesamte Warnanlage läßt sich in einem kleinen Kästchen unterbringen.

6.5. Niederfrequenzschaltungen

6.5.1. Schaltung 17: Sinusgenerator



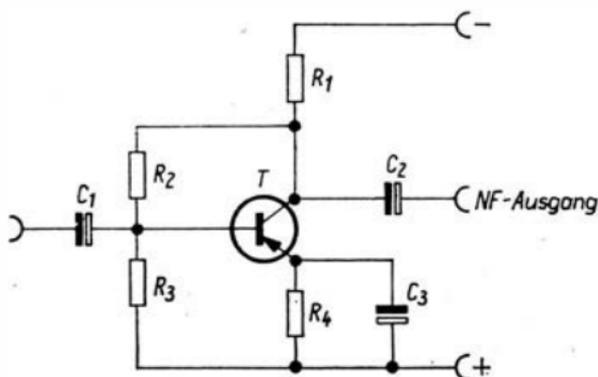
Schaltung 17

Bauelemente: $R_1 = R_2 = R_3 = 1 \text{ k}\Omega$
 $R_4 = 2,2 \text{ k}\Omega$
 $R_5 = 12 \text{ k}\Omega$
 $P_1 = 100 \text{ k}\Omega$
 $P_2 = 1 \text{ k}\Omega$
 $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$
 $T = \text{GC 116}$

Für viele Amateurzwecke ist ein Generator mit einer Festfrequenz von 1 kHz erforderlich. Hierzu eignet sich sehr gut ein 1stufiger RC-Phasenschiebergenerator. Der Generator erzeugt eine verzerrungsarme Tonfrequenzspannung von etwa 1 V an 4 k Ω . Mit dem Potentiometer P_1 wird der Arbeitspunkt des Transistors so eingestellt, daß sich eine möglichst unverzerrte Ausgangsspannung ergibt. P_2 dient als Ausgangsspannungsregler. Die erzeugte Tonfrequenz kann mit einem Kopfhörer, der am Ausgang angeschlossen wird, abgehört werden. Mit einer Taste ausgestattet, kann der Generator als Morseübungsgerät eingesetzt werden.

Die Betriebsspannung beträgt 6 V. Bei höherer Betriebsspannung steigt die erzeugte Frequenz etwas an.

6.5.2. Schaltung 18: 1stufiger NF-Vorverstärker



Schaltung 18

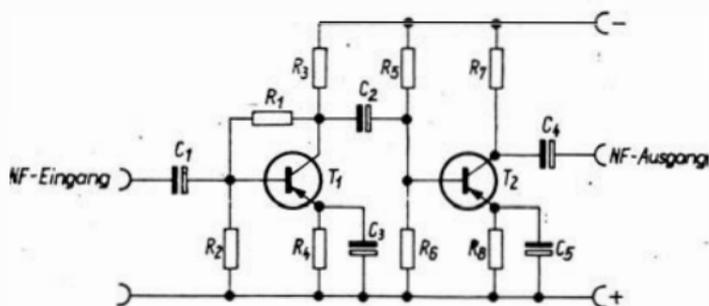
Bauelemente: $R_1 = 2,7 \text{ k}\Omega$ $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$
 $R_2 = 39 \text{ k}\Omega$ $R_4 = 1,5 \text{ k}\Omega$

$$C_1 = 10 \mu\text{F} \quad C_3 = 100 \mu\text{F}$$

$$C_2 = 10 \mu\text{F} \quad T = \text{GC 117}$$

Die Schaltung zeigt einen Istufigen Vorverstärker, der sich mit Erfolg als Vorverstärker für einen Plattenspieler einsetzen läßt. Ebenso kann er als Mikrofonvorverstärker verwendet werden. Die Betriebsspannung beträgt 6 V. Für den praktischen Einsatz des Vorverstärkers ist es allerdings notwendig, daß er an die Tonspannungsquelle und an den nachgeschalteten Hauptverstärker angepaßt wird. Am einfachsten ist das mit einem entsprechenden Übertrager.

6.5.3. Schaltung 19: 2stufiger NF-Verstärker



Schaltung 19

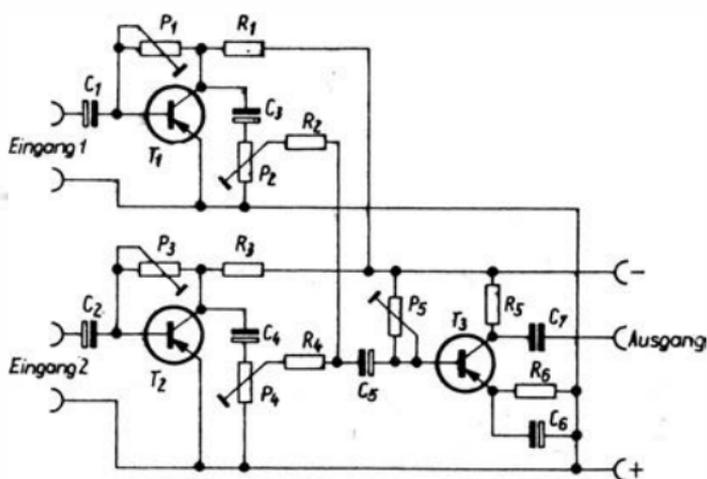
Bauelemente:	$R_1 = 100 \text{ k}\Omega$	$R_8 = 1 \text{ k}\Omega$
	$R_2 = 10 \text{ k}\Omega$	$C_1 = 10 \mu\text{F}$
	$R_3 = 2,2 \text{ k}\Omega$	$C_2 = 10 \mu\text{F}$
	$R_4 = 1,5 \text{ k}\Omega$	$C_3 = 100 \mu\text{F}$
	$R_5 = 47 \text{ k}\Omega$	$C_4 = 10 \mu\text{F}$
	$R_6 = 6,8 \text{ k}\Omega$	$C_5 = 100 \mu\text{F}$
	$R_7 = 2,2 \text{ k}\Omega$	$T_1 = \text{GC 117}$
		$T_2 = \text{GC 116}$

Diese Schaltung baut auf Schaltung 18 auf. Der Einsatzbereich entspricht ebenfalls dem der Schaltung 18. Die Gesamtverstärkung liegt bei dieser Schaltung allerdings wesentlich höher als bei Schaltung 18. An Stelle von R_7 kann in den Kollektorkreis von T_2 direkt ein dynamischer Kopfhörer mit

einem Innenwiderstand (Impedanz) von 800Ω eingefügt werden.

Die Betriebsspannung beträgt ebenfalls 6 V.

6.5.4. Schaltung 20: Mischverstärker



Schaltung 20

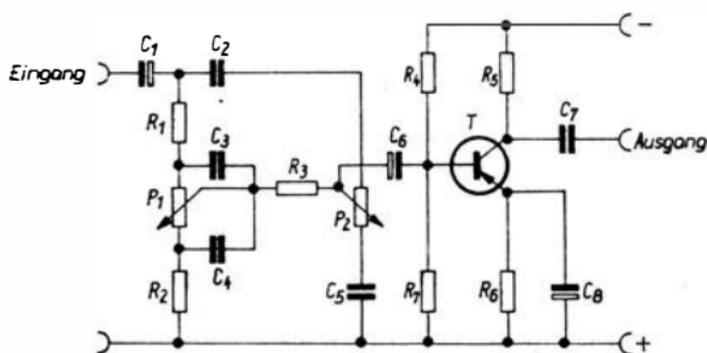
Bauelemente:	$R_1 = 4,7 \text{ k}\Omega$	$C_6 = 100 \mu\text{F}$
	$R_2 = 47 \text{ k}\Omega$	$C_7 = 22 \text{ nF}$
	$R_3 = 4,7 \text{ k}\Omega$	$T_1 = \text{GC 117}$
	$R_4 = 47 \text{ k}\Omega$	$T_2 = \text{GC 117}$
	$R_5 = 4,7 \text{ k}\Omega$	$T_3 = \text{GC 116}$
	$R_6 = 2,2 \text{ k}\Omega$	
	$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = 100 \text{ k}\Omega$	
	$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = C_5 = 10 \mu\text{F}$	

Vielfach ist es notwendig oder wünschenswert, verschiedene Tonspannungsquellen gemeinsam, aber mit unterschiedlichem Pegel, an einen Hauptverstärker zu koppeln. Zur Mischung der einzelnen Tonspannungen dient dabei ein Mischverstärker. Über die Eingänge 1 und 2 werden die beiden Tonspannungen getrennt von den mit T_1 und T_2 bestückten Vorverstärkern verstärkt. Hinter den beiden Vorverstärkern kann man mit P_2 und P_4 jede der beiden verstärkten Tonspannungen getrennt

einpegeln. Anschließend werden die beiden Spannungen zusammengeführt und gemeinsam durch T_3 verstärkt. Die Betriebsspannung beträgt 9 V.

P_1 , P_3 und P_5 dienen der Arbeitspunkteinstellung der Transistoren. Damit die Transistoren nicht zerstört werden, müssen die Potentiometer P_1 , P_3 und P_5 vor Inbetriebnahme der Schaltung auf ihren größtmöglichen Widerstandswert gestellt werden. Anschließend sind die Arbeitspunkte der einzelnen Stufen einzustellen. Auf alle Fälle sollten hierbei die Transistordaten beachtet werden.

6.5.5. Schaltung 21: Klangregelnetzwerk mit Verstärkerstufe



Schaltung 21

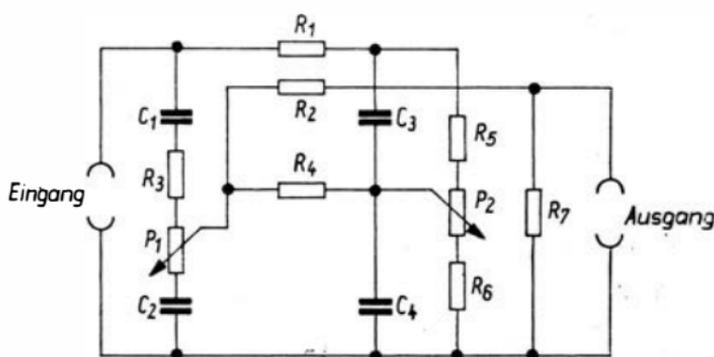
Bauelemente:	$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$	$C_1 = 10 \mu\text{F}$
	$R_2 = 1 \text{ k}\Omega$	$C_2 = 10 \text{ nF}$
	$R_3 = 1 \text{ k}\Omega$	$C_3 = 22 \text{ nF}$
	$R_4 = 47 \text{ k}\Omega$	$C_4 = 0,1 \mu\text{F}$
	$R_5 = 2,2 \text{ k}\Omega$	$C_5 = 0,1 \mu\text{F}$
	$R_6 = 1 \text{ k}\Omega$	$C_6 = 10 \mu\text{F}$
	$R_7 = 10 \text{ k}\Omega$	$C_7 = 22 \text{ nF}$
	$P_1 = 100 \text{ k}\Omega$	$C_8 = 10 \mu\text{F}$
	$P_2 = 100 \text{ k}\Omega$	$T = \text{GC 116}$

Besonders ältere Rundfunkempfänger verfügen selten über Klangregelnetzwerke. In solchen Fällen ist die Nachrüstung mit einem Klangregelnetzwerk sinnvoll. Mit P_1 lassen sich die Höhen und mit P_2 die Tiefen einstellen.

Eine derartige Schaltung führt allerdings zu NF-Pegelverlusten, die jedoch durch den nachgeschalteten Verstärker wieder ausgeglichen werden.

Die Betriebsspannung beträgt 6 V.

6.5.6. Schaltung 22: Korrekturschaltung für Magnetbandüberspielungen



Schaltung 22

Bauelemente:	$R_1 = 47 \text{ k}\Omega$	$C_1 = 220 \text{ pF}$
	$R_2 = 47 \text{ k}\Omega$	$C_2 = 4,7 \text{ nF}$
	$R_3 = 220 \text{ k}\Omega$	$C_3 = 2,2 \text{ nF}$
	$R_4 = 100 \text{ k}\Omega$	$C_4 = 15 \text{ nF}$
	$R_5 = 220 \text{ k}\Omega$	$P_1 = 100 \text{ k}\Omega$
	$R_6 = 15 \text{ k}\Omega$	$P_2 = 100 \text{ k}\Omega$
	$R_7 = 47 \text{ k}\Omega$	

Bei Magnetbandüberspielungen ist es oft erforderlich, den Frequenzgang zu beeinflussen. Diesem Zweck dient die Korrekturschaltung. Sie ähnelt stark der Schaltung 21, verzichtet jedoch auf eine zusätzliche Verstärkerstufe. Sie ist nicht notwendig, da der Ausgangspegel von Bandgeräten im allgemeinen groß genug ist. Die Schaltung weist allerdings eine solche Grunddämpfung auf, daß ihr Einsatz in einem Rundfunkgerät als Klangregelschaltung ungünstig ist. Es handelt sich hier um eine passive Schaltung, die ohne aktive Bauelemente auskommt und somit keine Betriebsspannung erfordert.

R_2 bzw. R_3 . Am Instrument kann jetzt der Kollektorreststrom plus verstärkter Basisstrom abgelesen werden.

Hierzu ein Beispiel:

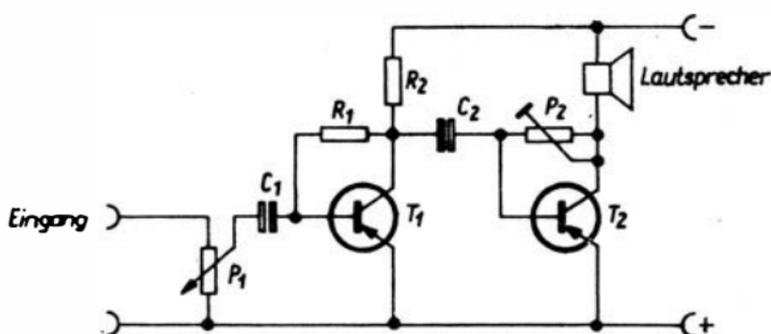
Es wird ein Kollektorreststrom von $100 \mu\text{A}$ gemessen. Nach dem Schließen des entsprechenden Schalters zeigt das Instrument $840 \mu\text{A}$ an. Die Gleichstromverstärkung B des Transistors ergibt sich somit nach:

$$840 \mu\text{A} - 100 \mu\text{A} = 740 \mu\text{A}$$

$$B = \frac{I_C}{I_B} = \frac{740 \mu\text{A}}{10 \mu\text{A}} = 74$$

Mit einigem Geschick läßt sich das Prüfgerät auch erweitern, so daß höhere Stromverstärkungen gemessen werden können.

6.6.2. Schaltung 24: Signalverfolger



Schaltung 24

Bauelemente: $R_1 = 220 \text{ k}\Omega$
 $R_2 = 4,7 \text{ k}\Omega$
 $P_1 = 100 \text{ k}\Omega$
 $P_2 = 100 \text{ k}\Omega$
 $C_1 = C_2 = 10 \mu\text{F}$
 $T_1 = T_2 = \text{GC 116}$
 Lautsprecher

Dem Elektronikamateur ist der Signalverfolger ein bekanntes und beliebtes Hilfsgerät zur Fehlerermittlung und Fehlerein-

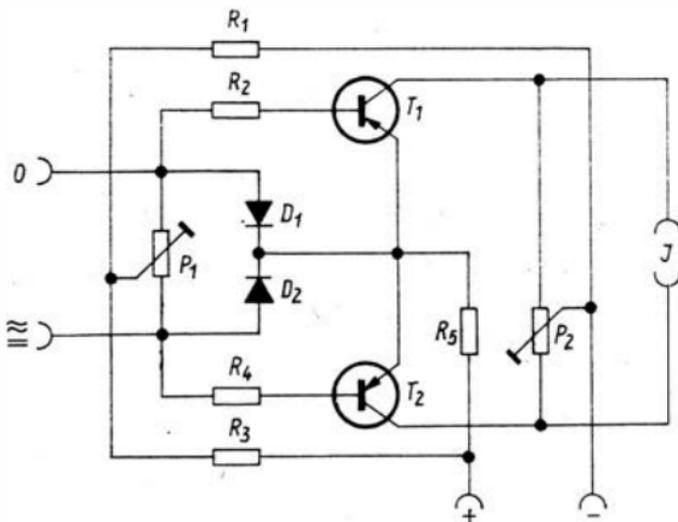
kreisung. Es handelt sich beim Signalverfolger um einen einfachen NF-Verstärker, der hinsichtlich seines Aufwandes an Bauelementen nicht mehr zu unterbieten ist. Bei einer Betriebsspannung von 4,5 V nimmt die Schaltung nur einen Strom von etwa 10 mA auf.

Mit dem Signalverfolger wird wie folgt gearbeitet:

In das defekte Gerät wird eine NF-Spannung eingespeist (z. B. mit einem Multivibrator). Das Pluspotential des Signalverfolgers ist mit der Masse des zu prüfenden Gerätes zu verbinden. An P_1 wird eine Prüfspitze angeschlossen, mit der das Signal in der Schaltung verfolgt wird.

Verändert sich der Signalton oder setzt er ganz aus, so ist der Teil der Schaltung genauer auf einen Defekt zu untersuchen. Diese Art der Fehlerortung kann man mit dem hier beschriebenen Signalverfolger allerdings nur bei den NF-Teilen eines Gerätes anwenden.

6.6.3. Schaltung 25: Voltmeter



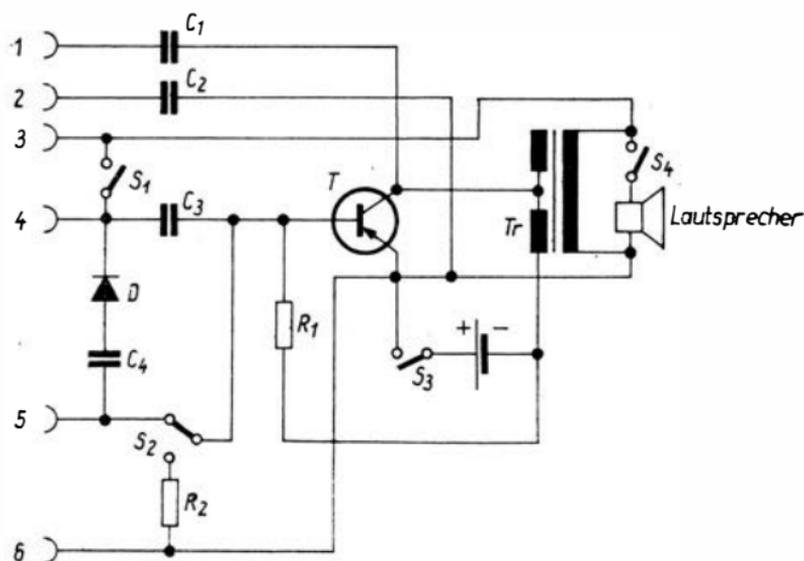
Schaltung 25

Bauelemente: $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$
 $R_2 = 47 \text{ k}\Omega$

- $R_3 = 100 \Omega$
- $R_4 = 47 \text{ k}\Omega$
- $P_1 = 100 \text{ k}\Omega$
- $P_2 = 100 \text{ k}\Omega$
- $D_1 = \text{GA } 105$
- $D_2 = \text{GA } 105$
- $T_1 = T_2 = \text{GC } 116$

Mit dieser Schaltung kann man ein durchaus zuverlässiges Transistorvoltmeter realisieren, mit dem sich Gleich- und Wechselspannungen messen lassen. Wird am Ausgang ein Meßwerk mit einem Vollausschlag von $50 \mu\text{A}$ eingesetzt, so zeigt das Instrument schon bei einer Eingangsspannung von etwa 20 mV Vollausschlag. Sollen höhere Spannungen gemessen werden, so ist ein entsprechender Spannungsteiler vorzusehen. Für Wechselspannungsmessungen ist das Voltmeter mit Hilfe bekannter Wechselspannungen zu eichen. Die Schaltung arbeitet bei einer Betriebsspannung 9 V mit einer Stromaufnahme von 9 mA . Die Nullpunkteichung wird mit dem Potentiometer P_1 grob und mit P_2 fein durchgeführt.

6.6.4. Schaltung 26: Mehrzweckprüfgerät



Schaltung 26

Bauelemente: $C_1 = 0,1 \mu\text{F}$
 $C_2 = 0,1 \mu\text{F}$
 $C_3 = 0,1 \mu\text{F}$
 $C_4 = 100 \text{ pF}$
 $R_1 = 500 \text{ k}\Omega$
 $S_4 = 1\text{poliger Schalter}$
 $R_2 = 50 \text{ k}\Omega$
 $S_1 = 1\text{poliger Schalter}$
 $S_2 = 1\text{poliger Umschalter}$
 $S_3 = 1\text{poliger Schalter}$
 $T = \text{GC 121}$
 $D = \text{GA 105}$
 Tr. = Ausgangstransformator Typ K 21

Typisch für die Amateurpraxis sind sogenannte Mehrzweckgeräte. Diese Art von Prüfgeräten gestatten mit einem Minimum an Materialaufwand den Aufbau von Schaltungen, die für die unterschiedlichsten Zwecke eingesetzt werden können. Vorliegende Schaltung besteht im wesentlichen aus einem Istufigen Verstärker. Mit dem Gerät sind folgende Anwendungen möglich:

Verwendung als Verstärker und Signalverfolger

An die Buchsen 5 und 6 wird ein NF-Signal angelegt. Hierbei ist S_2 in der oberen Schaltstellung. An den Buchsen 1 und 2 kann das verstärkte Signal hochohmig abgenommen werden. Der Lautsprecher läßt sich mit S_4 abschalten. An den Buchsen 3 und 6 kann das Signal niederohmig entnommen werden. Amplitudenmodulierte Signale lassen sich ebenfalls verfolgen. Die modulierte HF-Spannung wird an die Buchsen 6 und 5 gelegt. Schalter S_2 ist dabei in die untere Schaltstellung zu bringen.

Verwendung als NF-Generator

Mit S_1 werden die Buchsen 3 und 4 kurzgeschlossen. An den Buchsen 1 und 2 kann die NF entnommen werden. Die Frequenz wird bei dieser Schaltungsart von C_3 bestimmt.

Verwendung als Morseübungsgerät

S_1 ist zu öffnen. An die Buchsen 3 und 4 wird die Taste angeschlossen und an die Buchsen 1 und 2 der Ohrhörer.

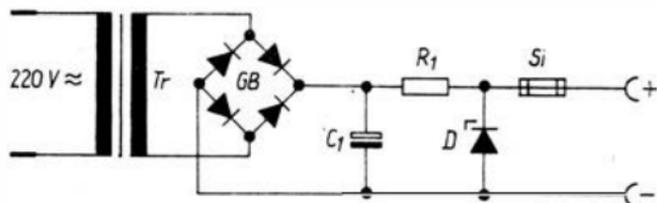
Durchgangsprüfung an Bauelementen

S_1 ist zu öffnen. Der Prüfling wird an die Buchsen 3 und 4 angeschlossen. S_4 ist zu schließen. Ist Durchgang vorhanden, so muß im Lautsprecher ein Ton zu hören sein. Es lassen sich allerdings nur niederohmige Bauelemente wie Leitungen, Transformatoren usw. prüfen.

Selbstverständlich ist bei allen diesen Funktionen S_3 zu schließen. Die Betriebsspannung beträgt 4,5 V. Sollte beim Aufbau die Schaltung nicht schwingen, so ist der Ausgangstransformator ausgangsseitig umzuspulen [3].

6.7. Stromversorgungsgeräte

6.7.1. Schaltung 27: Gleichspannungsquelle für transistorisierte Heimgeräte



Schaltung 27

Oft soll ein transistorisiertes Gerät aus dem Wechselstromnetz gespeist werden. Gerade bei transistorisierten Geräten sind die Betriebsspannungen derart unterschiedlich, daß hier eine fertig bemessene Schaltung fehl am Platz wäre. Die Betriebsspannungen von Koffergeräten und Taschenempfängern reichen von 1,5 V bis 12 V. Es soll deshalb an Hand dieses Beispiels der Weg aufgezeigt werden, wie man eine derartige Schaltung selbst berechnen kann.

Beispiel: Es wird ein Netzteil gefordert, das am 220-V-Netz betrieben werden soll und eine Ausgangsspannung von 7,5 V liefert. Die maximale Stromaufnahme des Koffergerätes beträgt 200 mA. Das Netzteil soll Netzspannungsschwankungen von $\pm 10\%$ ausgleichen, so daß die Ausgangsspannung konstant 7,5 V beträgt.

Lösung: Zunächst betrachtet man die bekannten Größen

1. Die Primärspannung $U_1 = 220 \text{ V}$;
2. Die Primärspannung $U_{1 \max} = 220 \text{ V} + 10\% = 242 \text{ V}$;
3. Die Primärspannung $U_{1 \min} = 220 \text{ V} - 10\% = 198 \text{ V}$;
4. Es ist weiterhin bekannt, daß die stabilisierte Ausgangsspannung 7,5 V betragen soll. Es ist somit eine Z-Diode mit einer Z-Spannung von etwa 7,5 V erforderlich. Ausgesucht wird der Typ SZ 507.

Die für die Berechnung wichtigsten Daten der Diode sind:

$$I_{z \min} = 10 \text{ mA}, \quad I_{z \max} \text{ (ohne Kühlung)} = 115 \text{ mA}, \\ I_{z \max} \text{ (mit Kühlung)} = 980 \text{ mA}.$$

Jetzt wird zunächst der Widerstand R_1 willkürlich festgelegt. Sollte sich der Wert von R_1 als falsch erweisen, so muß der gesamte Rechengang wiederholt werden.

R_1 sei 100Ω .

Der geforderte Ausgangsstrom $I_{L \max}$ wurde bereits mit 200 mA festgelegt.

Der Gesamtstrom I_R ergibt sich somit zu

$$I_{R \max} = I_{L \max} + I_{z \min} = 200 \text{ mA} + 10 \text{ mA} = 210 \text{ mA}.$$

Damit wird der Spannungsabfall über R_1 :

$$U_R = I_{R \max} \cdot R_1 = 0,210 \text{ A} \cdot 100 \Omega = 21 \text{ V}.$$

Die Sekundärspannung $U_2 \min$ ergibt sich zu

$$U_2 \min = (U_L + U_R) = 7,5 \text{ V} + 21 \text{ V} = 28,5 \text{ V}.$$

U_L ist hier die geforderte Ausgangsspannung des Netzteiles. Es ist weiterhin der Faktor 1,2 zu berücksichtigen, der sich aus dem Verhältnis zwischen Effektivwert und arithmetischem Mittelwert und dem inneren Spannungsabfall am Transformator und am Gleichrichter ergibt. Somit gilt

$$U_2 \min = 28,5 \cdot 1,2 = 34,2 \text{ V}.$$

Die Sekundärspannung $U_{2 \max}$ ergibt sich aus

$$U_{2 \max} = \frac{U_{2 \min} \cdot U_{1 \max}}{U_{1 \min}} = \frac{34,2 \text{ V} \cdot 242 \text{ V}}{198 \text{ V}} = 41,8 \text{ V}.$$

Es müssen nunmehr die Verhältnisse an der Z-Diode berücksichtigt werden. Die Innenwiderstandsänderungen der Diode im Arbeitsbereich sollen hier nicht berücksichtigt werden.

Der Z-Strom $I_{z \max}$ fließt im Leerlauf bei $U_{1 \max}$.

Die Gleichspannung über C_1 ergibt sich aus

$$U_C = \frac{U_{2 \max}}{1,2} = \frac{41,8 \text{ V}}{1,2} = 34,8 \text{ V}.$$

U_L soll 7,5 V sein. Der Spannungsabfall über R_1 muß also $U_R = U_C - U_L = 34,8 \text{ V} - 7,5 \text{ V} = 27,3 \text{ V}$ sein.

Im Leerlauf ist $I_R = I_z$,

$$\text{dann ist } I_R = \frac{U_R}{R} = \frac{27,3 \text{ V}}{100 \Omega} = 0,273 \text{ A}.$$

Ohne Kühlblech kann deshalb die Z-Diode nicht betrieben werden.

Die über R_1 abfallende Verlustleistung beträgt

$$N = \frac{U_R^2}{R} = \frac{27,3 \text{ V}^2}{100 \Omega} = 7,45 \text{ W}.$$

Die Größe des Elektrolytkondensators wird mit 500 μF festgelegt. Somit sind alle Bauelemente der Schaltung ermittelt, und es ergibt sich folgende Dimensionierung der Schaltung:

Tr. = Transformator primär 220 V

sekundär 42 V

sekundärer Strom 300 mA (muß für maximal

300 mA ausgelegt sein)

GB = Gleichrichterbrücke, bestehend aus 4 \times Gy 112

$R_1 = 100 \Omega$, 10 W

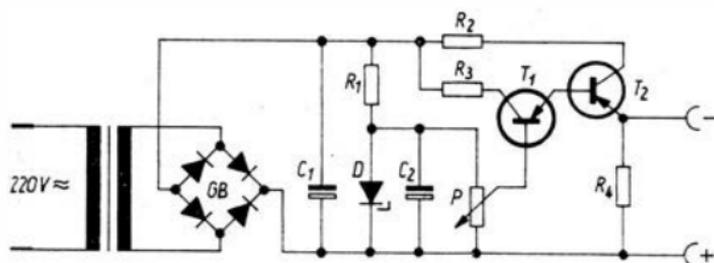
$C_1 = 500 \mu\text{F}$, 65 V

Si = Feinsicherung 250 mA

D = SZ 507

Für die Berechnung des Transformators müssen entsprechende Tabellen der empfohlenen Literatur benutzt werden.

6.7.2. Schaltung 28: Regelbare Gleichspannungsquelle



Schaltung 28

- Bauelemente:
- $R_1 = 300 \Omega$
 - $R_2 = 3,5 \Omega, 5 \text{ W}$
 - $R_3 = 68 \Omega$
 - $R_4 = 200 \Omega, 0,5 \text{ W}$
 - $C_1 = 2500 \mu\text{F}, 25 \text{ V}$
 - $C_2 = 200 \mu\text{F}, 25 \text{ V}$
 - $D = \text{SZX } 18/10$
 - $\text{GB} = \text{Gleichrichterbrücke, bestehend aus } 4 \times \text{Gy } 110$
 - $\text{Tr.} = \text{Heiztransformator } 220 \text{ V}/12,6 \text{ V}, 1 \text{ A}$
 - $T_1 = \text{GC } 121$
 - $T_2 = \text{GD } 240$

Diese Schaltung zeigt ein regelbares Niederspannungsnetzteil, an dem eine Spannung von 0 bis 10 V stufenlos abgegriffen werden kann. Die maximale Belastung beträgt etwa 1 A. Die Brummspannung ist gering, so daß auch Kofferempfänger und Batteriebandgeräte angeschlossen werden können. Besonders eignet sich jedoch diese Schaltung für den Amateur, der oft Transistorschaltungen aufzubauen hat. Der Aufbau ist unkritisch. Als Netztransformator wird ein 12,6 V Heiztransformator empfohlen.

7. Meßschaltungen

Wie bereits eingangs dieser Broschüre vermerkt wurde, sollte sich derjenige, der einmal ein ernsthafter Elektronikamateur werden will, unbedingt ein Vielfachmeßgerät zulegen.

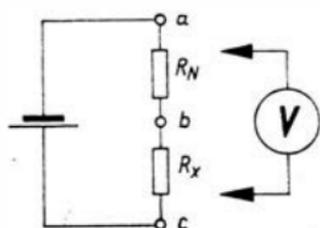
Mit seinen abgestuften Meßbereichen gestattet der Vielfachmesser nahezu alle interessierenden Gleich- und Wechselspannungs- bzw. Strommessungen mit der für die Amateurpraxis ausreichenden Genauigkeit durchzuführen.

Neben Strom- und Spannungsmessungen müssen mitunter aber auch die Werte von anderen elektrischen Größen oder Bauelementen bestimmt werden. Die hierfür erforderlichen Meßgeräte sind mitunter sehr teuer. Außerdem sind derartige Geräte in der Amateurpraxis viel zuwenig ausgelastet, als daß ihre Anschaffung lohnen würde.

Viele elektrische Größen oder Werte von Bauelementen lassen sich jedoch mit Hilfe von Meßschaltungen unter Einbeziehung eines Vielfachmessers oder eines anderen Drehspulinstrumentes bestimmen.

Im folgenden Abschnitt sollen derartige Meßschaltungen besprochen und an Beispielen demonstriert werden.

7.1. Widerstandsmessungen



Schaltung 29

Oft sind Widerstände zu bestimmen, ohne daß hierfür eine entsprechende Meßbrücke oder ein direktanzeigender Widerstandsmesser zur Verfügung steht. Mit Schaltung 29 läßt sich

unter Verwendung eines Vielfachmessers, einer Gleichspannungsquelle (Batterie) und eines bekannten Widerstandes der unbekannte Widerstand leicht bestimmen.

Der bekannte Widerstand R_N wird in Reihe mit dem unbekannten Widerstand R_x an eine Spannungsquelle angeschlossen. Mit dem Vielfachmesser wird der Spannungsabfall U_N über dem bekannten Widerstand R_N gemessen (zwischen a und b). Anschließend wird der Spannungsabfall über dem unbekannten Widerstand R_x gemessen (zwischen b und c). Die Größe des unbekannten Widerstandes läßt sich nun nach der Beziehung

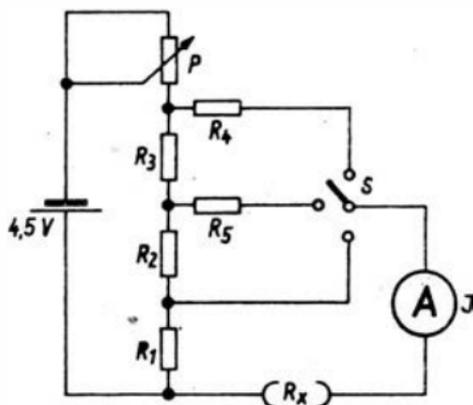
$$R_x = R_N \cdot \frac{U_x}{U_N}$$

errechnen.

Beispiel: R_N sei 1000Ω , die gemessenen Werte sind $U_x = 0,8 \text{ V}$, $U_N = 1,2 \text{ V}$

$$R_x = 1000 \cdot \frac{0,8 \text{ V}}{1,2 \text{ V}} = \underline{\underline{666,66 \Omega}}$$

Diese Meßmethode eignet sich bei Verwendung eines Vielfachmessers allerdings nur für relativ niederohmige Widerstände. Für den Elektronikamateur lohnt sich deshalb schon der Eigenbau eines kleinen Widerstandsmessers, wie ihn die Schaltung 30 zeigt. Es handelt sich hier um einen direktanzeigenden Widerstandsmesser in Reihenschaltung.



Schaltung 30

- Bauelemente: $R_1 = 10 \Omega$
 $R_2 = 90 \Omega$
 $R_3 = 300 \Omega$
 $R_4 = 39 \text{ k}\Omega$
 $R_5 = 9 \text{ k}\Omega$
 $P = 100 \Omega$
 $S = 1\text{poliger Schalter, 3 Schaltstellungen}$
 $J = \text{Instrument (Drehspulinstrument, } 100 \mu\text{A, } R_i = 1 \text{ k}\Omega)$

Mit den drei Bereichen dieses einfachen Widerstandsmessers lassen sich nachstehende Werte erfassen:

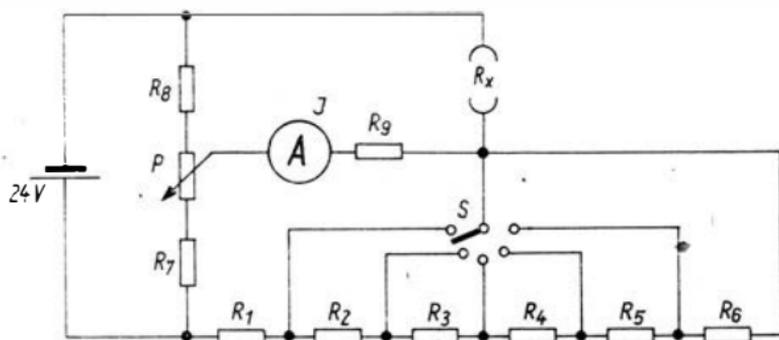
Bereich I: 50Ω bis $20 \text{ k}\Omega$

Bereich II: 500Ω bis $200 \text{ k}\Omega$

Bereich III: $2 \text{ k}\Omega$ bis $500 \text{ k}\Omega$

Wie zu erkennen ist, stimmt der Bereich III nicht mit den beiden anderen Bereichen überein; das ist in der gewählten Batteriespannung begründet. Die Schaltung wird mit einer 4,5-V-Taschenlampenbatterie betrieben. Mit P wird bei kurzgeschlossenem Eingang das Instrument auf Vollausschlag geeicht. Die Genauigkeit der Messung reicht für den Amateur in den meisten Fällen aus.

Wer eine höhere Genauigkeit fordert, dem sei nachstehende Widerstandsmeßbrücke empfohlen. Die Genauigkeit dieser Brücke und ihr erweiterter Meßbereich sprechen für den Nachbau dieser Schaltung.



Schaltung 31

Schaltung 31: $R_1 = 10 \Omega$
 $R_2 = 90 \Omega$
 $R_3 = 900 \Omega$
 $R_4 = 9 \text{ k}\Omega$
 $R_5 = 90 \text{ k}\Omega$
 $R_6 = 900 \text{ k}\Omega$
 $R_7 = R_8 = 25 \Omega$
 $R_9 = 800 \text{ k}\Omega$
I = Drehspulinstrument, Nullpunkt in der
Mitte, 25-0-25 μA
P = 100 Ω
S = 1poliger Schalter, 6 Schaltstellungen

Diese Widerstandsmeßbrücke arbeitet nach dem Prinzip der Wheatstoneschen Brücke. Die Betriebsspannung beträgt 24 V. In den einzelnen Bereichen sind folgende Messungen möglich:

Bereich I: 2 Ω bis 50 Ω
Bereich II: 20 Ω bis 500 Ω
Bereich III: 200 Ω bis 5 $\text{k}\Omega$
Bereich IV: 1 $\text{k}\Omega$ bis 50 $\text{k}\Omega$
Bereich V: 20 $\text{k}\Omega$ bis 500 $\text{k}\Omega$
Bereich VI: 200 $\text{k}\Omega$ bis 5 $\text{M}\Omega$

Die Brücke ist nach dem Aufbau mit Hilfe von Normalwiderständen zu eichen. Zum Aufbau der Schaltung müssen Widerstände mit einer Toleranz von 1 % verwendet werden.

7.2. Kapazitätsmessungen

Um Kapazitäten messen zu können, bedient man sich meist sogenannter Kapazitätsmeßbrücken, die kaum ein Amateur besitzt. Für die Amateurpraxis genügt auch hier der Vielfachmesser in Verbindung mit einer Meßschaltung.

Setzt man voraus, daß die Netzwechselfspannung sinusförmig ist und die Frequenz 50 Hz beträgt, so genügt es, den zu messenden Kondensator über einen entsprechenden Netztransfor-

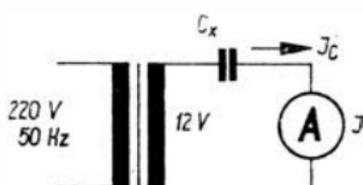
mator an das Wechselspannungsnetz anzuschließen und aus den gemessenen Strom- und Spannungswerten die unbekannte Kapazität zu errechnen.

Beispiel:

Es wird über einen Transformator 220 V/12 V der unbekannte Kondensator in Reihe mit einem Vielfachmesser angeschlossen, wie es Schaltung 32 zeigt. Der Strom wird gemessen. Er soll hier 2 mA betragen. Der Wert des Kondensators ergibt sich aus

$$C_x = \frac{I_C}{314 \cdot U_C} ; \text{ somit gilt für das Beispiel}$$

$$C_x = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{314 \cdot 12} = 0,53 \mu\text{F}.$$



Schaltung 32

Diese Methode ist zwar nicht sehr genau, reicht jedoch für die Amateurpraxis meist aus [4] [5].

7.3. Frequenzmessungen

Frequenzen bis etwa 10 kHz lassen sich ebenfalls sehr einfach und ohne großen Materialaufwand messen. Man legt hierzu einen bekannten Kondensator C_N an die zu messende Spannung mit der unbekanntem Frequenz und mißt den fließenden Strom mit dem Vielfachmesser.

Die unbekanntem Frequenz erhält man nach der Beziehung

$$f = \frac{I}{2\pi \cdot C_N \cdot U},$$

Beispiel:

Die bekannten Werte sind:

$$U = 10 \text{ V}, C_N = 1 \mu\text{F}, I = 33 \text{ mA}$$

$$f = \frac{33 \cdot 10^{-3} \text{ A}}{2 \cdot 3,14 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot 10 \text{ V}} = 530 \text{ Hz}$$

8. Literaturhinweise

- [1] *Transistorvergleichsliste Teil I*
R. Anders, R. Meißner, Deutscher Militärverlag, Berlin 1969, Herausgeber RFT Industrievertretung
- [2] *Ein einfacher Dämmerungsschalter*
Hans Peters, radio und fernsehen, VEB Verlag Technik, Berlin, Heft 9/1965
- [3] *Ein einfaches Mehrzweckprüfgerät zum Selbstbau*
Klaus Göthling, radio und fernsehen, VEB Verlag Technik, Berlin, Heft 22/1966
- [4] *Die Berechnung einfacher Meßgeräte für den Eigenbau*
R. Anders, Funkamateure, Deutscher Militärverlag, Berlin, H. 12/1968, H. 2/1969, H. 3/1969, H. 4/1969, und H. 5/1969
- [5] *Elektronicum*
Autorenkollektiv, Deutscher Militärverlag, Berlin 1966
- [6] *Transistortechnik für den Funkamateure*
H. J. Fischer, Deutscher Militärverlag, Berlin 1962
- [7] *Transistorschaltungstechnik*
H. Lennartz, W. Taeger, Verlag f. Radio-Foto-Kinotechnik, Berlin-Borsigwalde 1963