A n l e i t u n g s b u c h

zu den Elektronik-Experimentierkästen

EE 1007

EE 1008

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck und fotomechanische Wiedergabe - auch auszugsweise - nicht gestattet.
Wir übernehmen keine Gewähr, daß die in diesem Buch enthaltenen Angaben frei von Schutzrechten sind.

Technische Änderungen vorbehalten.

© Herausgegeben von der Deutschen Philips GmbH
Abt. Technische Spielwaren, 2 Hamburg 1, Mönckebergstraße 7

1973

INHALTSVERZEICHNIS

1. Allgemeine Bauanleitung

1.1. Allgemeine Hinweise
1.2. Bildröhreneinheit
1.3. Flachsteckhülse
1.4. Befestigung der Einzelteile auf der Grundplatte

2. Die Bildröhreneinheit

2.1. Elektronenstrahlröhre
2.2. Die Schaltung der Bildröhreneinheit (EE 1007)
2.3. Technische Daten der Bildröhreneinheit
2.4. Inbetriebnahme der Bildröhreneinheit

3. Passive Bauelemente in einfachen Grundschaltungen

3.1. Allgemeine Vorbereitungen (EE 1007)
3.2. Messung von Wechselspannungen (EE 1007)
3.3. Widerstände als Spannungsteiler (EE 1007)
3.4. Widerstände in Parallelschaltung (EE 1007)
3.5. Veränderlicher Spannungsteiler (EE 1007)
3.6. Spannungsteiler mit lichtempfindlichem Widerstand (EE 1007)
3.7. Kondensatoren als Spannungsteiler (EE 1007)
3.8. Parallelschaltung von Kondensatoren (EE 1007)
3.9. Reihenschaltung von Kondensatoren (EE 1007)
3.10. Kapazitiver Spannungsteiler mit Drehkondensator (EE 1007)
3.11. Hochpaß (EE 1007)
3.12. Tiefpaß (EE 1007)
3.13. Transformator (EE 1007)
3.14. Spule und Kondensator in Parallelschaltung (EE 1007)
3.15. Spule und Kondensator als Reihenschwingkreis (EE 1007)

4. Oszillografische Untersuchungen an Dioden und Transistorschaltungen

4.1. Die Zeitablenkung (EE 1007)
4.2. Oszillograf mit umschaltbarer Zeitablenkung (EE 1007)
4.3. Verschiedene Wechselspannungsformen (EE 1007)
4.4. Die Diode als Gleichrichter (EE 1007)
4.5. Zweiweggleichrichtung (EE 1007)
4.6. Brücken- oder Graetzgleichrichtung (EE 1007)
4.7. Wirkungsweise von Siebschaltungen (EE 1007)
4.8. Transistor als Verstärker (EE 1007)
4.9. Verstärker und Gegenkopplung (EE 1007)
4.10. Verstärker in Kollektorschaltung (EE 1007)
4.11. Phasenumkehrstufe (EE 1007)

5. Der Transistor als Schwingungserzeuger

5.1. Allgemeines über Oszillatoren
5.2. L-C-Oszillator (EE 1007, EE 1008)
5.3. R-C-Oszillator (EE 1007)
5.4. Rechteckgenerator (EE 1007)
5.5. Sägezahngenerator (EE 1007)

6. HF-Sende- und Empfangstechnik

6.1. Allgemeine Betrachtungen
6.2. Amplitudenmodulation (EE 1008)
6.3. Frequenzmodulation (EE 1007)
6.4. Demodulation (EE 1008)
6.5. Messungen an einem MW-Empfänger (EE 1008)

7. Digitaltechnik

7.1. Einführung in die Digitaltechnik
7.2. Der Transistor als Schalter (EE 1007)
7.3. Astabiler Multivibrator (EE 1007)
7.4. Monostabiler Multivibrator (EE 1007)
7.5. Bistabiler Multivibrator (EE 1007)
7.6. Schmitt-Trigger (EE 1007)
7.7. Logische Funktionen
7.8. UND-Schaltung (EE 1007)
7.9. ODER-Schaltung (EE 1007)
7.1o. NICHT-Schaltung (EE 1007)
7.11. NAND-Schaltung (EE 1007)
7.12. NOR-Schaltung (EE 1007)
7.13. UND- und ODER-Schaltung in der Impulstechnik (EE 1007)
7.14. Digitales Knobeln (EE 1007)
7.15. Zähler bis 4 (EE 1007)
7.16. Dreiklang mit Pause (EE 1007)
7.17. Elektronische Musik (EE 1008)
7.18. Elektronischer Kuckuck (EE 1007)
7.19. EIN-AUS-Schalter (EE 1007)
7.2o. Tast-EIN-AUS-Schalter (EE 1007)
7.21. Langzeitschalter (EE 1007, EE 1008)
7.22. Langzeit-Dunkelkammerschalter (EE 1007, EE 1008)
7.23. Metronom (EE 1007)

8. Verschiedene Anwendungsgebiete der Oszillografentechnik

8.1. Kreisablenkung
8.2. Frequenzvergleich mit Kreisablenkung (EE 1008)
8.3. Frequenzvergleich anhand von Lissajous-Figuren (EE 1008)
8.4. Einzelteilprüfgerät (EE 1007)
8.5. Diodenkennlinienschreiber (EE 1007)
8.6. Transistorkennlinienschreiber (EE 1007)
8.7. Kapazitäts- und Widerstandsmeßbrücke (EE 1007)
8.8. Sprachanalysator (EE 1007)
8.9. Künstlicher Horizont (EE 1007)
8.1o. Radarprinzip (EE 1007)
8.11. Zweistrahloszillograf (EE 1008)

9. Fernsehtechnik

9.1. Zerlegung eines Bildes (EE 1007)
9.2. Erzeugung eines elektronischen Rasters (EE 1007)
9.3. Das Fernsehsignal (EE 1007)
9.4. Die drahtlose Bildübertragung
9.5. Blockschaltbild des Fernsehbild- und Tonempfängers
9.6. Die Kanalwählereinheit (EE 1008)
9.7. Die Bild-ZF-Verstärkereinheit (EE 1008)
9.8. Der Ton-ZF- und NF-Verstärker (EE 1008)
9.9. Der vollständige Fernsehtonempfänger (EE 1008)

9.1o. Videoverstärker und Regelspannungserzeugung (EE 1008)
9.11. Die Synchrontrennstufe (EE 1008)
9.12. Vertikaler Ablenkgenerator (EE 1008)
9.13. Horizontaler Ablenkgenerator (EE 1008)
9.14. Horizontalsynchronisation mit Phasenvergleich (EE 1008)
9.15. Rücklaufunterdrückung (EE 1008)
9.16. Der Gesamtaufbau des Fernsehempfängers (EE 1008)
9.17. Abgleich und Fehlersuche

lo. Verschiedene Schaltungen

lo.1 Spannungsstabilisator (EE 1007)
lo.2. Gleichspannungswandler (EE 1007)
lo.3. Treppenspannungsgenerator (EE 1007)
lo.4. Stufentongenerator (EE 1007)
lo.5. Leuchtfeuer (EE 1007)
lo.6. Metallsuchgerät (EE 1007)
lo.7. Universalverstärker (EE 1007)
lo.8. Universalverstärker als Sinusgenerator (EE 1007)
lo.9. " " als Nadelimpulsgenerator (EE 1007)
lo.lo. " " als Blinklicht (EE 1007)
lo.11. " " als Zeitschalter (EE 1007)
lo.12. " " als Plattenspielerverstärker (EE 1007)
lo.13. " " als Diodenempfänger (EE 1007)
lo.14. " " als MW-Reflex-Empfänger (EE 1007)

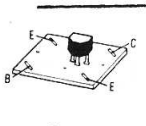
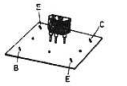
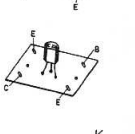
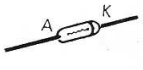
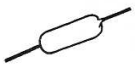
11. Sachwortverzeichnis

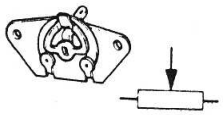
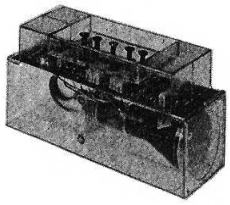
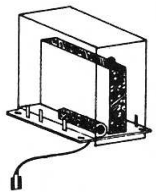
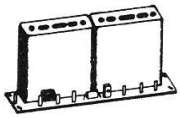
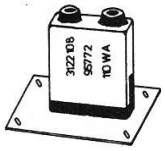
V O R W O R T

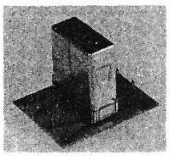
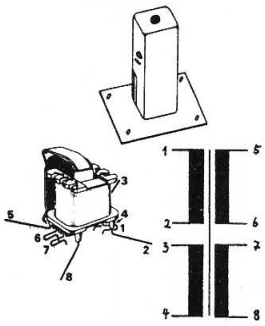
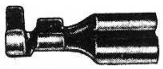
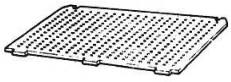
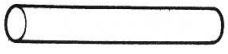
Mit der Broschüre "Technische Erläuterungen" und dem Elektronik-Experimentierkasten EE 1003 hast du dich mit den Grundlagen der Elektrotechnik und Elektronik vertraut gemacht. Um dieses Wissen zu vertiefen, wurde der vorliegende Zusatzkasten geschaffen, der mit Hilfe einer "Elektronenstrahlröhre" (Oszillografenröhre,Bildröhre) die Funktionen vieler elektronischer Bauelemente und Schaltungen durch den optischen Eindruck verdeutlicht. Die Bildröhreneinheit setzt in Verbindung mit speziellen Schaltungen die elektrischen Vorgänge in ein sichtbares Schirmbild um. Alle in diesem Anleitungsbuch beschriebenen Schaltungen kannst du mit dem Material aus dem Grundkasten EE 1003 und den Zusatzkästen EE 1007 / EE 1008 selbst nachbauen und untersuchen.

Damit du die Funktion der Bildröhreneinheit verstehst, solltest du die "Technischen Erläuterungen" noch einmal aufmerksam lesen, um dir diese Grundlagen wieder zu vergegenwärtigen. Wenn dir einige Begriffe entfallen sind, kannst du sie noch einmal im Stichwortverzeichnis am Ende dieses Anleitungsbuches nachschlagen.

In diesen Experimentierkästen findest du nur noch für die großen Geräte Bestückungskarten. Alle anderen Geräte können nach verkleinerten Bestückungskarten aufgebaut, bzw. müssen bei einfachen Versuchen nach den Schaltplänen selbst entwickelt werden.

Teil und Symbol	Nummer	Bezeichnung	Inhalt Baukästen EE 1007	EE 1008
	349.1001	Transistor (T) BF 194	-	1
	349.1211	Transistor (T) BC 158	3	-
	349.1212	Transistor (T) BC 238	6	3
	349.1125	Diode (D) BA 217	6	1
	349.1004	Widerstand (R)		
		680 Ω	-	3
		1 000 Ω	5	3
		1 200 Ω	-	1
		1 500 Ω	1	-
		2 200 Ω	-	1
		2 700 Ω	1	2
		3 300 Ω	2	-
		3 900 Ω	-	2
		4 700 Ω	4	-
		6 800 Ω	-	1
		8 200 Ω	-	1
		10 000 Ω	9	-
		18 000 Ω	1	-
		27 000 Ω	1	2
		33 000 Ω	-	1
		39 000 Ω	1	-
		47 000 Ω	1	4
		82 000 Ω	-	1
		100 000 Ω	2	-
		150 000 Ω	1	-
		180 000 Ω	1	-
		470 000 Ω	1	-
		4 700 000 Ω	-	1
	349.1005	Polyesterkondensator (C)		
		0,10 µF	1	-
		0,15 µF	1	-
		0,22 µF	1	-
		0,47 µF	1	-
		0,68 µF	1	-

Teil und Symbol	Nummer	Bezeichnung	Inhalt Baukästen EE 1007	EE 1008
	349.1006	Elektrolytkondensator (C)		
		4 /uF	1	-
		10 /uF	1	-
		125 /uF	-	1
		640 /uF	-	1
	349.1007	Keramischer Kondensator (C)		
		560 pF	-	1
		1 000 pF	1	-
		1 500 pF	1	2
		3 900 pF	-	1
		4 700 pF	4	1
		5 600 pF	-	1
		10 000 pF	6	1
	349.1040	Trimm-Potentiometer (R)		
		10 000 Ω	1	-
		47 000 Ω	4	-
	349.1126	Spannungsabhängiger Widerstand (R) VDR 1,5 Volt	1	-
	349.1201	Bildröhreneinheit	1	-
	349.1205	Kanalwählereinheit UHF	-	1
	349.1206	Bild-ZF-Verstärkereinheit	-	1
	349.1207	5,5 MHz Bandfilter (S)	-	1

Teil und Symbol	Nummer	Bezeichnung	Inhalt Baukästen EE 1007	EE 1008
	349.1208	Tondiskriminatoreinheit	-	1
	349.1209	Zeilenoszillatorspule (S)	-	1
	349.1052	Treibertransformator (blau)	1	-
	349.1202	Batteriehalter 6 V für Monozellen mit Anschlußkabel	1	-
	349.1122	Batteriehalter 6 V für Monozellen	2	-
	349.1016	Blanker Draht	10 m	10 m
	349.1017	Isolierter Draht	10 m	10 m
	349.1020	Haarnadelfeder	110	90
	349.1021	Klemmfeder	110	90
	349.1022	Spiralfeder	20	20
	349.1101	Flachsteckhülsen	10	-
	349.1039	Grundplatte	-	1
	349.1120	Abstandshalter	-	4
	349.1112	Dübel für Abstandshalter	-	8
	349.1111	Holzschraube	-	8

1. Allgemeine Bauanleitung

1.1. Allgemeine Hinweise

Die Beschreibung des grundsätzlichen Aufbaus, z.B. des Klemmsystems, der Einzelteile auf der Vorder- und Grundplatte usw., findest du in dem Anleitungsbuch des Grundkastens EE 1003. Hier wird nur der Aufbau neu hinzugekommener Einzelteile beschrieben.

Setze die Bildröhreneinheit erst in Betrieb, wenn du den gesamten Aufbau auf der Montageplatte fertig hast. Sonst wird unnötig Strom aus den Batterien entnommen. Die elektrischen Anschlüsse der Einheiten sind auf der Printplatte mit Bezeichnungen versehen. Achte unbedingt auf den richtigen Einbau.

Wenn ein Gerät nicht gleich funktioniert, schalte es aus und suche den Fehler. Eine Kurzanleitung zur Fehlersuche findest du in dem Anleitungsbuch EE 1003.

1.2. Bildröhreneinheit

An der Rückseite der Bildröhreneinheit befinden sich zwei Rundsteckerstifte für die Heizspannungsversorgung der Bildröhre. Drücke den zweipoligen Flachstecker, der über eine Zwillingsleitung mit dem 6 V Batteriehalter verbunden ist, auf die Steckerstifte. Setze die Batterien gemäß Abbildung 3 in den Halter. Wenn die Heizung nach Beendigung der Versuche ausgeschaltet werden soll, ziehe den Flachstecker von der Bildröhreneinheit ab.

Die Abb. 1 zeigt zwei Verbindungsmöglichkeiten für die Flachstecker auf der Frontseite der Bildröhreneinheit. Wenn du sehr viele Experimente machst, ist es ratsam, die Flachsteckhülse mit einem angeklemmten isolierten Schaltdraht zu verwenden (linke Darstellung Abb. 1).

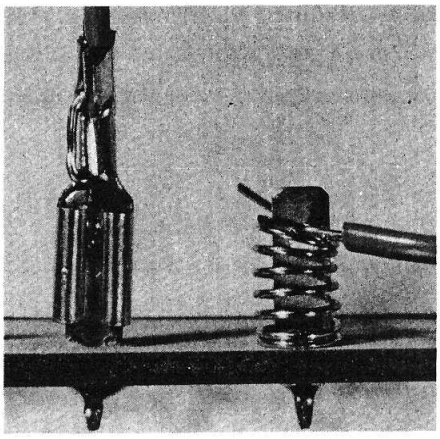


Abb. 1

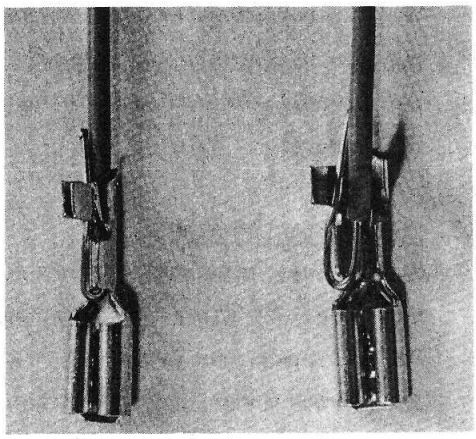


Abb. 2

1.3. Flachsteckhülse

Isoliere das Ende eines Schaltdrahtes ab. Knicke den Draht wie in Abb. 2 und lege ihn in die Anschlußseite der Flachsteckhülse. Drücke mit einer Flachzange die Metallaschen am Ende des Steckers zusammen.

1.4. Befestigung der Einzelteile auf der Grundplatte

1.4.1. Batteriehalter

Als Vorbild für die Montage des Pluspols und der Minuspolfeder dient der fertige Heizspannungsbatteriehalter. Die Halter werden jedoch als letzte Teile unterhalb der Grundplatte befestigt. Drücke dazu 4 Haarnadelfedern von oben durch die im Verdrahtungsplan gekennzeichneten Stellen. Setze den Batteriehalter mit den Befestigungslaschen von unten auf die Haarnadelfedern. Stecke je eine Klemmfeder auf die Haarnadelfeder und sichere sie mit einem Stück blanken Draht. Um eine Betriebsspannung von 12 Volt zu erhalten, mußt du die beiden Batteriehalter nach Abb. 3 in Reihe schalten. Schiebe eine Spiralfeder auf den Pluskontakt und stelle mit isoliertem Schaltdraht die Verbindungen zur Minuskontaktfeder mit Hilfe von Haarnadel- und Klemmfeder, wie in Abb. 3 a dargestellt, her. Wenn du viele Schaltungen aufbaust, kannst du auch die Drähte fest an die Kontakte anlöten.

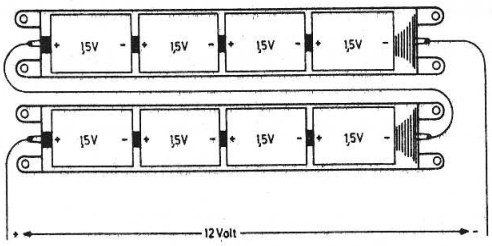


Abb. 3

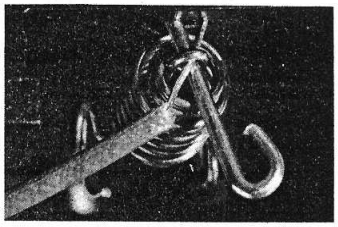


Abb. 3 a

1.4.2. Drähte

Minus- und Plusleitungen sollten so wenig wie möglich unterbrochen werden. Das ist besonders bei dem Fernsehempfänger wichtig. Stecke deshalb zuerst nur die Haarnadel- und Klemmfedern für diese Leitungen durch die Löcher der Grundplatte und ziehe einen durchgehenden blanken Schaltdraht durch die Federn.

1.4.3. Trimm-Potentiometer

Stecke zwei Haarnadelfedern von unten durch die Grundplatte und schiebe von oben zwei Klemmfedern darüber. Drücke das Potentiometer - mit der Schleiferbahn zur Grundplatte - auf die Federn und sichere es mit zwei isolierten Anschlußdrähten (Abb. 4). Stelle die elektrische Verbindung in der bekannten Weise mit Spiralfedern her.

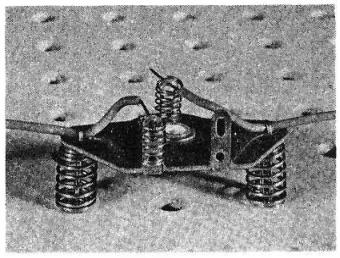


Abb. 4

1.4.4. Kanalwählereinheit

Setze für die Eckpunkte der Kanalwählereinheit wie bei der Transistorbefestigung 4 Haarnadelfedern von unten in die Grundplatte und drücke von oben 4 Klemmfedern darauf. Vor der Befestigung der Einheit drehe die Haarnadelfedern so, daß sie in die Schlitze der Printplatte passen. Drücke die Kanalwählereinheit auf die Federn und stecke durch die Schlaufen der Haarnadelfedern die Anschlußdrähte. Die Verbindungen zu den Flachsteckern auf der Printplatte werden mit Hilfe von Spiralfedern hergestellt. Stecke die Flachsteckhülse des mit dem Kanalwählergehäuse fest verbundenen Kabels auf den Minuspol der Bild-ZF-Verstärkereinheit.

1.4.5. Bild-ZF-Verstärkereinheit

Die Bild-ZF-Verstärkereinheit läßt sich wie der Kanalwähler auf der Grundplatte befestigen. Die Verbindungen zu den Bauelementen werden mit Klemm- und Spiralfedern hergestellt. Drehe auf keinen Fall an den Spulenkernen in der Einheit. Damit verändert sich die Abstimmung, und die Bild- und Tonqualität wird wesentlich schlechter.

1.4.6. 5,5 MHz Bandfilter

Befestige dieses Bandfilter wie einen Transistor auf der Grundplatte. Verändere auch hier nicht die Einstellung der Abgleichkerne, die im Werk mit Meßgeräten vorgenommen wurde.

1.4.7. Tondiskriminatoreinheit

Die Eckpunkte der Tondiskriminatoreinheit werden mit 4 Haarnadel- und Klemmfedern auf der Grundplatte befestigt und die Anschlußdrähte durch die Schlitze der Haarnadelfedern gesteckt. Schiebe Spiralfedern über die Flachstecker, drücke sie zusammen und stecke die Anschlußdrähte der Bauelemente durch das Loch. Versuche nicht, die Spulenkerne anders einzustellen.

1.4.8. Zeilenoszillatoreinheit

Befestige die Zeilenoszillatorspule wie einen Transistor auf der Grundplatte. Den Abgleich kannst du später mit einem kleinen Schraubenzieher vornehmen. Du erhältst dann in dem betreffenden Kapitel genauere Anweisungen.

1.4.9. VDR (Spannungsabhängiger Widerstand)

Befestige den VDR wie einen Widerstand auf der Grundplatte. Achte auf die Polarität. Der weiße Punkt auf dem Bauelement bezeichnet den Anschlußdraht, der in der Schaltung und im Verdrahtungsplan schwarz gekennzeichnet ist.

.4.10. Abstandshalter

Schiebe je einen Plastikdübel in das Rohrende. Mit den Holzschrauben befestige zuerst alle 4 Abstandshalter auf der unteren Grundplatte. Lege die obere Platte auf die montierten Halter und schraube sie auch fest. Diesen Aufbau benötigst du aber nur für die Fernsehempfängerschaltung. Die Befestigungslöcher für die Abstandshalter werden in der Bestückungszeichnung als schraffierte Kreise dargestellt.

..4.11. Diode BA 217

Diese Siliziumdiode ist mit den Farbstreifen rot - braun - violett gekennzeichnet, wobei der rote Ring gleichzeitig die Katodenseite markiert.

2. Die Bildröhreneinheit

2.1. Elektronenstrahlröhre

Ein wesentlicher Bestandteil der Bildröhreneinheit ist die Elektronenstrahlröhre, die nach ihrem Erfinder Ferdinand Braun auch "Braunsche Röhre" genannt wird. Andere Bezeichnungen sind Oszillografenröhre, Katodenstrahlröhre und Bildröhre.

Diese Röhre besteht aus einem luftleeren Glaskolben. Der dünne Hals enthält das Elektrodensystem, das verdickte Ende ist im Inneren mit einer Schicht versehen, die Bild- oder auch Leuchtschirm genannt wird (Abb. 5). Damit du die Vorgänge in dieser Röhre besser verstehst, werden sie im folgenden ausführlich dargestellt.

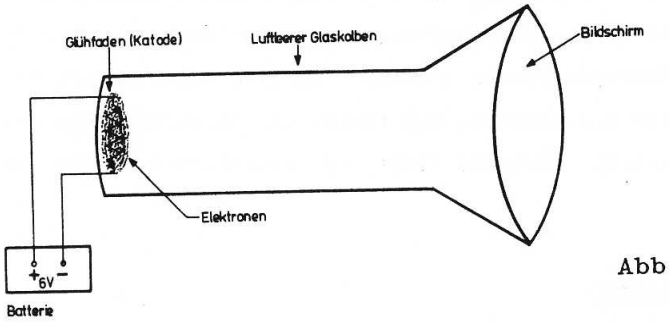


Abb. 5

In dem luftleeren Glaskolben ist ein Glühfaden vorhanden, dessen zwei Anschlüsse über Steckermit einer Batterie verbunden werden (siehe Abb. 5). Der Strom fließt durch den Glühfaden, der sehr heiß wird und glüht. Dabei sendet der Faden kleinste Teilchen aus, die "Elektronen" genannt werden. Elektronen sind die negativ geladenen Teilchen eines Atoms und damit die Träger der elektrischen Ladung. Diese Elektronen umgeben den Faden wie eine "Wolke". Der Glühfaden, der Elektronen aussendet, heißt "Katode".

Mit einer Katode allein kann die Röhre jedoch nicht betrieben werden, denn die Elektronen, die den Glühfaden verlassen, erreichen nicht den Bildschirm. Aus diesem Grund muß eine weitere "Elektrode" (so nennt man die verschiedenen Bauteile der Röhre, die zum Transport von Elektronen gebraucht werden) in den Glaskolben eingebaut werden. Sie heißt "Anode".

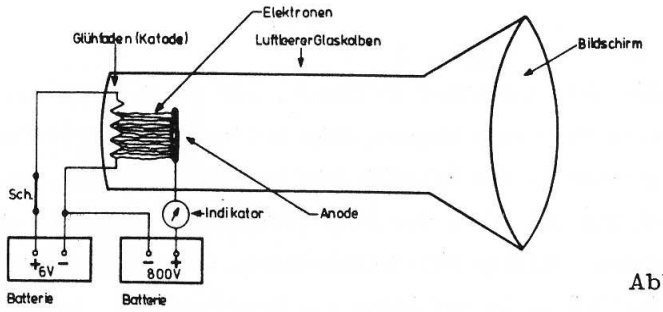


Abb. 6

In Abb. 6 ist eine kleine Blechplatte über der Katode angeordnet, die Anode. Zusätzlich legen wir an den Katodenanschluß den Minuspol einer Batterie mit hoher Spannung, den Pluspol verbinden wir über ein Meßgerät (Amperemeter) mit der Anode. Sie erhält also eine positive Ladung gegenüber der Katode. Nur eine hohe positive Spannung vermag die aus der Katode austretenden Elektronen anzuziehen und zu beschleunigen. Da der Stromkreis des Glühfadens durch den Schalter Sch noch unterbrochen ist, also keine Elektronen aus der Katode kommen, zeigt das Meßgerät auch keinen Stromfluß an.

Wird der Schalter geschlossen, dann treten Elektronen (negativ geladene Teilchen) aus der Katode, die von der positiven Ladung der Anode angezogen werden. Denn ungleiche Ladungen ziehen sich an. Da die Katode ständig Elektronen aussendet und die Anode dauernd mit einer positiven Ladung versehen ist, findet ein Elektronentransport von der Katode zur Anode statt. Es fließt also ein Strom, der von dem Meßgerät angezeigt wird.

Bei der beschriebenen Ausführungsform der Blechplatte (Anode) werden alle Elektronen von der Anode aufgenommen. Wird sie jedoch in der Mitte mit einem Loch versehen, so fliegt ein Teil der durch die Anodenspannung beschleunigten Elektronen durch das Loch hindurch und trifft am Ende des Glaskolbens auf den Bildschirm.

Der Schirm besteht aus einer Schicht, die aufleuchtet, wenn Elektronen darauf treffen. Bedingt durch das Konstruktionsprinzip, Katode - Anode mit Loch, entsteht in der Mitte des Leuchtschirms ein runder Lichtpunkt.

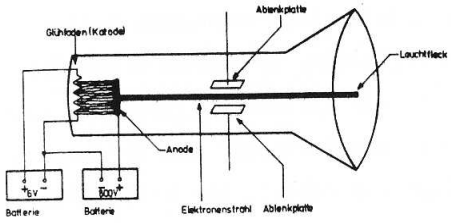


Abb. 7

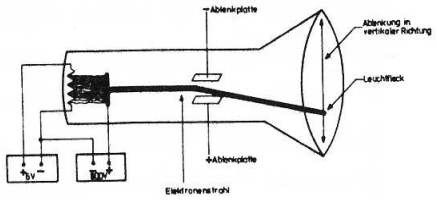


Abb. 8

Um den Bildschirm voll ausnutzen zu können, muß jeder Punkt von dem Elektronenstrahl erreicht werden können. Dazu bringen wir als erstes zwei weitere Metallplatten in den Bildröhrenkolben (Abb. 7). Der beschleunigte Elektronenstrahl muß nun durch das Blechplattenpaar hindurch, um den Bildschirm zu erreichen. Solange kein elektrisches Feld an den Ablenkplatten liegt, trifft der Strahl in die Mitte des Leuchtschirms. In der Abb. 8 sind die Ablenkplatten mit einer Spannungsquelle verbunden. Dabei liegt die untere Platte an dem positiven, die obere am negativen Pol der Batterie. Wie du weißt, ziehen sich ungleiche Ladungsträger an. Das bedeutet, der negativ geladene Elektronenstrom wird von der positiv geladenen Platte angezogen und von der negativ geladenen abgestoßen. Der Elektronenstrahl wird nach unten abgelenkt und erscheint als Leuchtpunkt auf dem unteren Teil des Bildschirms. Wenn die Polarität der Batterie an den Ablenkplatten vertauscht wird, dann wird der Strahl nach oben abgelenkt. Mit Hilfe der Ladungsmenge (Spannung) läßt sich die Ablenkung in ihrer Größe ändern. Liegt eine kleine Spannung an den Platten, so ist der Weg, den der Strahl vom Mittelpunkt abweicht, gering; eine hohe Spannung verursacht auch eine große Ablenkung. Je nach Größe und Polarität der Ladung können wir also jeden Punkt des Bildschirms in senkrechter (vertikaler) Richtung erreichen.

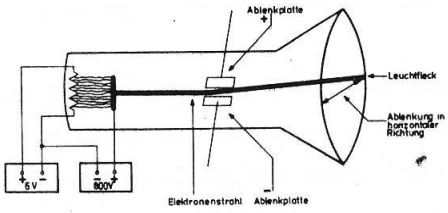


Abb. 9

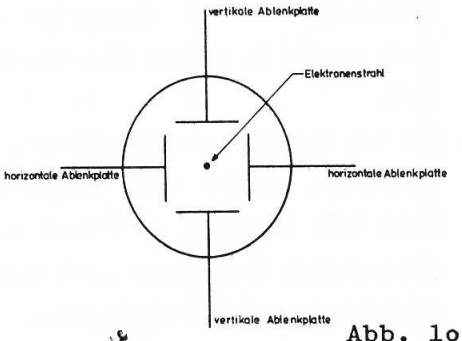


Abb. 1o

Werden die Platten nach Abb. 9 in dem Bildröhrenkolben angeordnet, kann der Strahl in waagerechter (horizontaler) Richtung beeinflußt werden. Da der Elektronenstrahl jeden Punkt des Bildschirms erreichen soll, müssen in der Bildröhre vier Ablenkplatten eingesetzt werden - zwei horizontale und zwei vertikale (s. Abb. 1o).

Der Leuchtfleck, der durch unterschiedliche Spannungspotentiale an den Ablenkplatten auf jedem Punkt des Bildschirms erscheinen kann, ist jedoch noch sehr hell. Um die Intensität (Helligkeit) regeln zu können, muß die Elektronenmenge, die durch das Loch in der Anodenplatte auf den Bildschirm gelangt, gesteuert werden. Das geschieht mit Hilfe eines Gitters. Es besteht aus einer zylindrischen Elektrode. Das eine Ende ist bis auf ein kleines Loch in der Mitte verschlossen (Abb. 11). Nach seinem Konstrukteur Wehnelt wird das Gitter auch "Wehneltzylinder" genannt. Ist der Wehneltzylinder mit der Katode verbunden, gelangt die größte Elektronenmenge zur Anode. Verbindet man jedoch das Gitter mit dem negativen Pol einer Batterie, dann wird der Fluß der Elektronen zur Anode durch die negative Ladung gehemmt. Je größer die negative Spannung am Wehneltzylinder ist, desto weniger Elektronen gelangen zur Anode und damit auf den Bildschirm. Wenn wenig Elektronen auf den Bildschirm prallen, ist der Leuchtfleck sehr schwach. Durch eine veränderliche negative Gitterspannung kann somit die Helligkeit geregelt werden.

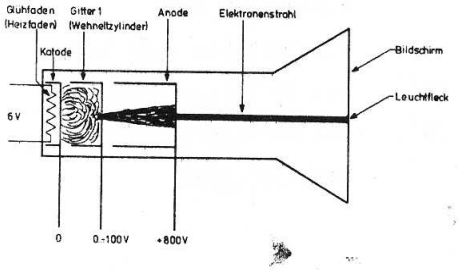


Abb. 11

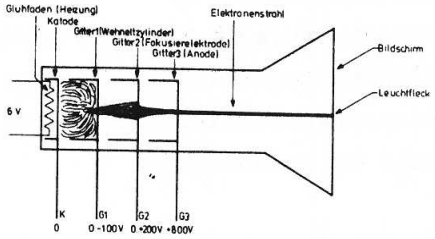


Abb. 12

Um einen möglichst kleinen Leuchtfleck zu erhalten, wird eine weitere Elektrode benötigt, die sogenannte "Fokussierelektrode". Sie kann z. B. zwischen Wehneltzylinder und Anode der Bildröhre angebracht werden (siehe Abb. 12). Diese Elektrode ist mit der Wirkung einer optischen Linse auf einen Lichtstrahl zu vergleichen. Durch eine veränderliche positive Spannung kann die "Brennweite" der Elektronenlinse verändert werden. Bei einer bestimmten Spannung erscheint der Leuchtfleck ganz scharf auf dem Bildschirm.

Um die Vorgänge in der Bildröhre leichter verstehen zu können, haben wir eine stark vereinfachte Form der Darstellung gewählt. Die Oszillografenröhre DG 7/32 in der Bildröhreneinheit dieses Elektronik-Experimentierkastens weicht deshalb in ihrem technischen Aufbau etwas von dem beschriebenen Vorstellungsmodell ab. Die Abb. 13 zeigt den schematischen Aufbau der DG 7/32.

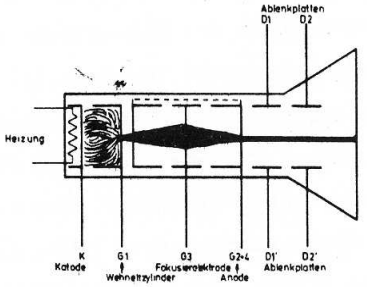


Abb. 13

Die Katode wird indirekt geheizt; nicht der Glühfaden sendet Elektronen aus, sondern ein Katodenmaterial, das von der Heizung stark erwärmt wird. Aus der Konstruktion des Elektrodensystems ergeben sich folgende elektrische Daten:

Heizspannung	6 Volt
Heizstrom	0,3 Amp.
Anodenspannung (G2 / G4)	max. 800 Volt
Fokussierspannung (G3)	0 bis +150 Volt
Steuerspannung für Wehneltzylinder (G1)	-20 Volt bis -100 Volt
Ablenkempfindlichkeit der Platten (D1 / D1')	ca. 30 Volt pro cm
Ablenkempfindlichkeit der Platten (D2 / D2')	ca. 20 Volt pro cm
Farbe des Leuchtschirms	gelblich grün

2.2. Die Schaltung der Bildröhreneinheit

Zunächst sollst du dich mit der Wirkungsweise der gesamten Bildröhreneinheit befassen. Um die Funktion leichter darstellen zu können, ist die Gesamtschaltung in 6 Blöcke unterteilt:

A - Netzteil
B - Bildröhre
C - Horizontaler Ablenkverstärker
D - Vertikaler Ablenkverstärker
E - Austastverstärker
F - Videoverstärker

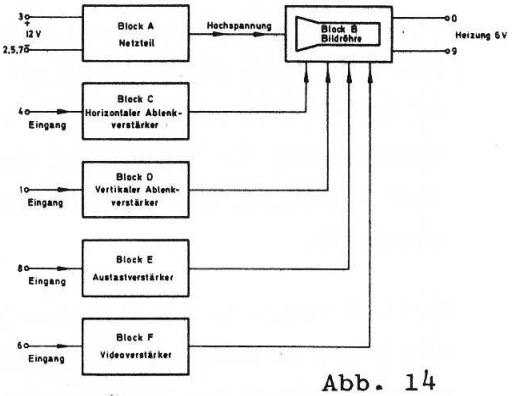


Abb. 14

Das Blockschaltbild in Abb. 14 zeigt die verschiedenen Eingangsklemmen. Sie beeinflussen über die Blöcke A, C, E und F die Bildröhre B.
Die Gesamtschaltung der Bildröhreneinheit in Abb. 15 ist nach diesem Gesichtspunkt aufgebaut, die gestrichelten Linien grenzen den betreffenden Block von den anderen ab. Zunächst der Aufbau des Netzteils A.

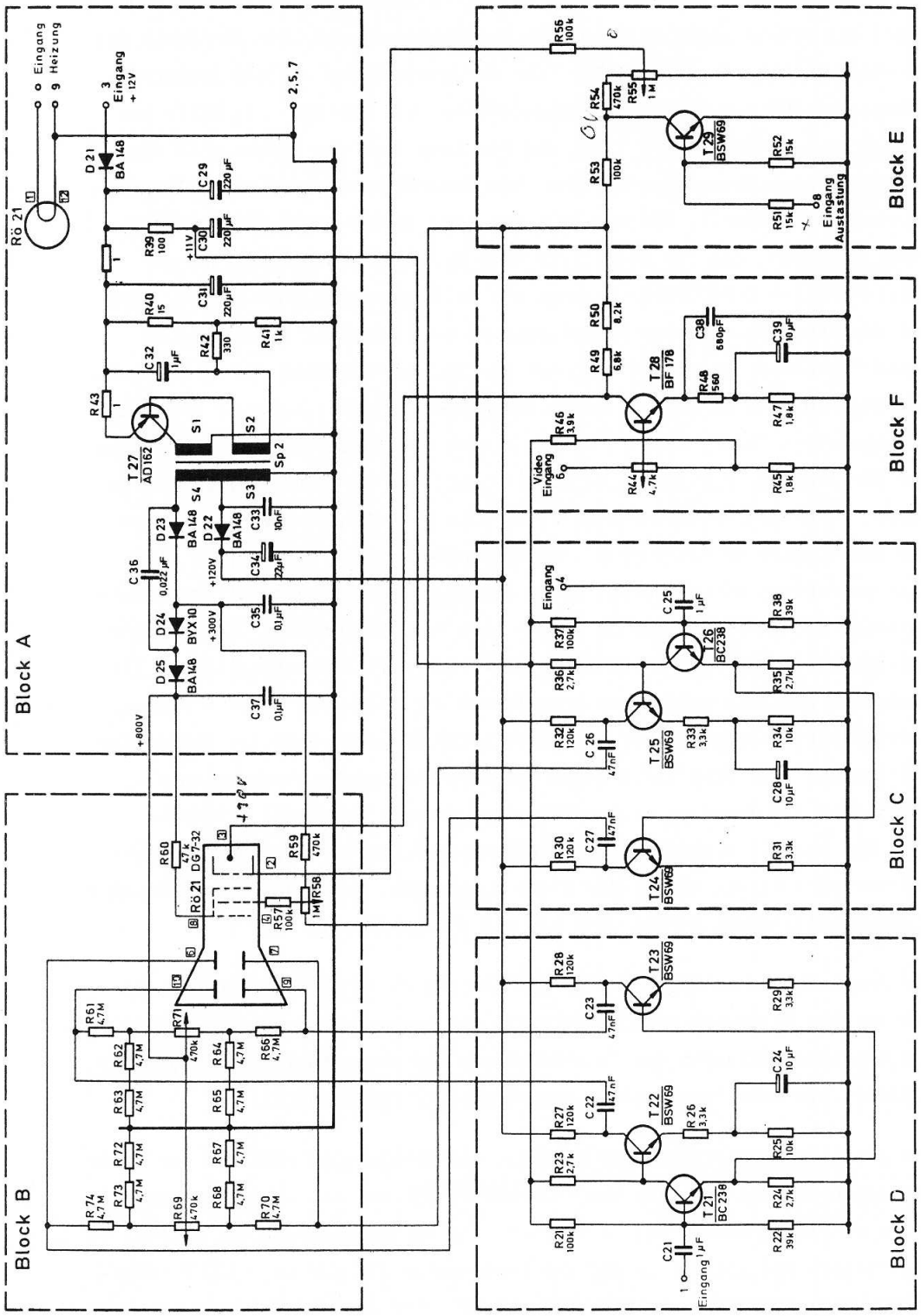

Block A
Block B
Block C
Block D
Block E
Block F
Eingang Heizung
Eingang +12V
2,5,7
Rö 21
D 21 BA 148
C 29 220 µF
C 30 220 µF
+11V
R 39 100
R 40 15
C 31 220µF
R 41 1k
R 42 330
C 32 1µF
R 43 1
T 27 AD162
S1
S2
S3
S4
Sp 2
D 23 BA 148
D 22 BA148
C 33 10nF
C 34 22µF
+120V
C 36 0,022 µF
D 24 BYX 10
+300V
C 35 0,1µF
D 25 BA148
C 37 0,1µF
+800V
R 60 47k
DG 7-32
R 59 470k
R 58 1M
R 57 100k
R 61 4,7M
R 62 4,7M
R 63 4,7M
R 64 4,7M
R 65 4,7M
R 66 4,7M
R 71 470k
R 72 4,7M
R 73 4,7M
R 74 4,7M
R 67 4,7M
R 68 4,7M
R 69 470k
R 70 4,7M
R 56 100k
R 54 470k
R 55 1M
T 29 BSW69
R 53 100k
R 52 15k
R 51 15k
dB Eingang Aussteuerung
R 50 8,2k
R 49 6,8k
T 28 BF 178
C 38 680pF
R 48 560
C 39 10µF
R 47 1,8k
R 46 3,9k
Video Eingang
R 44 4,7k
R 45 1,8k
Eingang
C 25 1µF
R 37 100k
T 26 BC238
R 38 39k
R 36 2,7k
R 35 2,7k
R 32 120k
C 26 47nF
T 25 BSW69
R 33 3,3k
R 34 10k
C 28 10µF
R 30 120k
C 27 47nF
T 24 BSW69
R 31 3,3k
R 28 120k
T 23 BSW69
C 23 47nF
R 29 3,3k
C 24 10µF
R 27 120k
C 22 47nF
T 22 BSW69
R 26 3,3k
R 25 10k
R 23 2,7k
T 21 BC238
R 24 2,7k
R 21 100k
R 22 39k
C 21 1µF
Eingang

Abb. 15

Die Batterie-Betriebsspannung von 12 Volt gelangt über D21 (diese Diode dient als Schutz gegen Falschpolung der Batterie) und über die Spule Sp1 zu einem Gleichspannungswandler, der im wesentlichen aus dem Leistungstransistor T27 und dem Wandlertransformator Sp2 besteht. Mit Hilfe des Basisspannungsteilers R40 / R41 und R42 kann über die Wicklung S2 ein Basisstrom zum Transistor fließen. Der dadurch hervorgerufene Kollektorstrom fließt über S1, T27 und R43. Nun wird in der Spule S2 eine Spannung induziert, die den Basisstrom über R42 noch unterstützt und den Kollektorstrom vergrößert. Solange der Kollektorstrom sich ändert, wird auf der Sekundärseite des Transformators eine Spannung induziert. Zu einem bestimmten Zeitpunkt begrenzt der Spulenwiderstand von S1 den Kollektorstrom, und es erfolgt keine Stromänderung mehr. Aufgrund des Induktionsgesetzes ändert sich in diesem Moment die Polarität der Spannung an der Wicklung S2, C32 lädt sich positiv auf, und T27 wird schlagartig gesperrt. Über den Basisspannungsteiler kann C32 sich wieder umladen, so daß der Vorgang erneut beginnt. Der Stromfluß in der Wicklung S1 wird also periodisch unterbrochen; diese Stromänderung erzeugt auf der Sekundärseite in den Wicklungen S3 und S4 eine Wechselspannung. Die Frequenz beträgt ca. 1 kHz. Der Kondensator C33 verhindert Spannungsspitzen, die beim Ein- und Ausschalten des Transistors entstehen und unter Umständen die Gleichrichterdioden bzw. T27 überlasten könnten. Wenn der Transistor T27 leitend ist, wird die gesamte Spannungsversorgung stark belastet. Damit sich die Spannung hinter D21 nicht ändert, wurde die Siebkette C31, Sp1 und C29 eingefügt. Die Niederspannungsversorgung der Ablenkverstärker wird direkt hinter der Diode abgenommen, und eventuell vorhandene Spannungsänderungen werden über R39 und C30 geglättet.

Aus den technischen Daten der DG 7/32 kannst du entnehmen, daß für den Betrieb der Bildröhre unterschiedlich hohe Spannungen benötigt werden. Die Sekundärwicklungen des Transformators Sp2 erzeugen in Verbindung mit Gleichrichterschaltungen diese unterschiedlichen Potentiale.

Die positive Wechselspannungshalbwelle der Wicklung S3 wird von der Diode D22 durchgelassen und lädt den Kondensator C34 auf ca. +120 Volt auf. Die Reihenschaltung von S3 und S4 liefert eine Wechselspannung von ca. 220 V. D23 richtet sie gleich, so daß der Kondensator C35 auf ca. +300 V aufgeladen wird. Mit Hilfe von D24, D25 und C36 wird die Wechselspannung nochmals gleichgerichtet, so daß beide Halbwellen ausgenutzt werden. Die neu erzeugte positive Gleichspannung ist mit +300 V in Reihe geschaltet. Am Ladekondensator C37 ist aus diesem Grund fast die dreifache Spannung (+800 Volt) vorhanden.

Der Schaltungsblock B stellt die Bildröhre DG 7/32 mit ihrer Spannungsversorgung dar. Über den Widerstand R60 bekommt die Röhre ihre Anodenspannung (G2 / G4) von ca. 800 Volt.
In einem Fernsehempfänger wird die Helligkeit mit zwei Elektroden der Bildröhre beeinflußt : 1. mit der Katode und 2. mit dem Wehneltzylinder (G1). Aus diesem Grund können wir auch nicht die Katode (Anschluß 3) auf das Massepotential legen. Sie ist über die Widerstände R49 und R50 mit +120 Volt verbunden. Die Widerstände reduzieren die Katodenspannung auf ca. 90 Volt. Diese Gleichspannung ist das Bezugspotential für alle weiteren Versorgungsspannungen der Bildröhre. Die Gitter-1-Spannung (Anschluß 2) soll lt. Datenblatt negativ sein und von -20 bis -100 Volt geregelt werden können. Über R53 / R54 liegt das Potentiometer R55 an +120 Volt. Am Verbindungspunkt R54 / R55 sind aufgrund des Spannungsteilerverhältnisses ca. +70 Volt vorhanden. Beim Betätigen des Regelwiderstandes R55 bekommt das Gitter 1 eine Spannung zwischen 0 und +70 Volt. Da die Katodenspannung jedoch einen größeren positiven Wert besitzt (+90 Volt), ist, bezogen auf die Katode, die Gittervorspannung zwischen +70 V - (+90 V) = -20 Volt und 0 V - (+90 V) = -90 Volt groß.

Nach den elektrischen Daten der DG 7/32 soll die Spannung der Fokussierelektrode G3 (Anschluß 4) zwischen 0 und +150 Volt regelbar sein - wieder bezogen auf die Katode. Deshalb liegt der Widerstand R 59 mit dem Potentiometer R 58 zwischen den Spannungen +300 Volt und +120 Volt. R58 und R59 sind so bemessen, daß die Spannung mit dem Potentiometer zwischen +120 Volt und +240 Volt verändert werden kann. Die für die Schärferegelung wirksame Spannung zwischen Katode und G3 beträgt somit +120 V - (+90 V) = +30 Volt (kleinster Wert) und +240 V - (+90 V) = +150 Volt (höchster Wert).

Nach den Herstellerdaten liegen die Ablenkplatten ungefähr auf dem Spannungspotential der Anode (G2 / G4). Um den Leuchtfleck vom Mittelpunkt aus in der waagerechten und senkrechten Richtung verschieben zu können, müssen beide horizontalen bzw. vertikalen Ablenkplatten ein unterschiedliches Spannungspotential bekommen können. Betrachten wir das Widerstandsnetzwerk für die Ablenkplatten D1 und D1': Am Schleifer des Potentiometers R71 liegt die Anodenspannung von +800 Volt. Steht der Schleifer in Mittelstellung, ist an beiden Ablenkplatten die gleiche Spannung vorhanden. Der Spannungsteiler $\frac{1}{2}$ R71 / R64 / R65 ist gleich $\frac{1}{2}$ R71 / R62 / R63, und der Leuchtfleck erscheint in der Mitte des Schirms. Anders sieht es aus, wenn z. B. der Schleifer mit dem Widerstand R64 verbunden ist. Dann liegt an R64 / R65 und somit über R66 die volle positive Anodenspannung an der Ablenkplatte D1'. Die Platte D1 bekommt über R61 eine durch den Spannungs-

teiler R71 / R62 / R63 reduzierte Spannung; sie beträgt ca. 760 Volt. Damit ist die Spannung der Ablenkplatte D1' gegenüber D1 um 40 Volt größer. Der Elektronenstrahl wird von D1' angezogen und erscheint aufgrund der Ablenkempfindlichkeit von 30 Volt/cm um ca. 1,5 cm vom Mittelpunkt entfernt. Für die Ablenkplatten D2 und D2' gilt die gleiche Funktion.

Die Ablenkempfindlichkeit der Bildröhre ist nicht sehr groß. Um aber mit einer geringen Spannung den Bildschirm möglichst in seiner gesamten Fläche auszunutzen, muß ein Verstärker zwischen die Eingangsklemmen und die Ablenkplatten geschaltet werden. Der Horizontal-Ablenkverstärker in Block D erfüllt diese Forderung. Beide Verstärker sind völlig gleich aufgebaut, deshalb brauchen wir nur die Funktion des Vertikalverstärkers (Block D) zu betrachten.
Über den Kondensator C21 gelangt die Eingangswechselspannung auf die Basis von T21. Dieser Transistor ist als "Phasenumkehrstufe" geschaltet und arbeitet ohne Verstärkung. Mit "Phasenumkehrstufe" wird eine Schaltung bezeichnet, die das Eingangssignal am Ausgang 1 mit gleicher, am Ausgang 2 mit entgegengesetzter Polarität wiedergibt (s. Abb. 16). Die Oszillogramme an den Widerständen R23 und R24 verdeutlichen das.

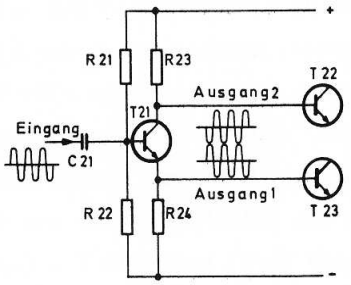


Abb. 16

Beide Ausgänge der Endverstärker T22 und T23 sind über die Kondensatoren C22 / C23 direkt mit den Ablenkplatten D1 und D1' verbunden. Um ein symmetrisches Bild auf dem Leuchtschirm zeichnen zu können, muß die Ausgangsspannung des Verstärkers T22 genau entgegengesetzt gerichtet sein wie die Wechselspannung am Kollektor von T23. Deshalb ist die Basis von T22 mit dem Ausgang 2, die Basis des Transistors T23 mit dem Ausgang 1 der Phasenumkehrstufe verbunden. Alle Widerstände der Endverstärker sind so dimensioniert, daß geringe Eingangsspannungen ausreichen, den Strahl 4 cm in vertikaler bzw. 6 cm in horizontaler Richtung abzulenken. Da beide Endtransistoren nur für eine maximale Betriebsspannung von +150 Volt ausgelegt sind, ist es notwendig, die Ausgangswechselspannung über die Trennkondensatoren C22 und C23 auf die Ablenkplatten zu geben.

Mit dem Schaltungsblock E (Austastverstärker) läßt sich die Helligkeit der Bildröhre auf elektronischem Wege beeinflussen. Dabei dient der Transistor T29 als Regler. Wenn wir an den Austasteingang 8 eine positive Spannung legen, wird der Transistor T29 leitend, und die Spannung am Verbindungspunkt R53 / R54 sinkt je nach Kollektorstrom bis auf 0 Volt. Da an der Katode der Bildröhre +90 Volt liegen und am Helligkeitsregler R55 keine Spannung mehr vorhanden ist, beträgt die wirksame Gitter-1-Spannung -90 Volt. Die Röhre wird gesperrt, und der Leuchtfleck auf dem Bildschirm ist verschwunden.

Durch den Videoverstärker (Block F) besteht eine zweite Möglichkeit, die Helligkeit elektronisch zu verändern. Wenn eine positive Spannung über den Regler R44 auf die Basis von T28 gelangt, fließt ein höherer Kollektorstrom. Der Spannungsabfall am Arbeitswiderstand R49 / R50 wird größer, daher sinkt die Katodenspannung der Bildröhre. Die wirksame negative Steuerspannung wird kleiner und das Bild heller. Der Videoverstärker folgt aufgrund seiner Dimensionierung sehr schnellen Spannungswechseln. Mit Hilfe von R44 läßt sich die Eingangsempfindlichkeit regeln.

Bei der Beschreibung des Fernsehgerätes wird erklärt, warum die verschiedenen Helligkeitsregelstufen benötigt werden.
Abb. 17 zeigt dir die Anordnung der Bauelemente auf der gedruckten Schaltung und Abb. 18 die Verbindungspunkte.

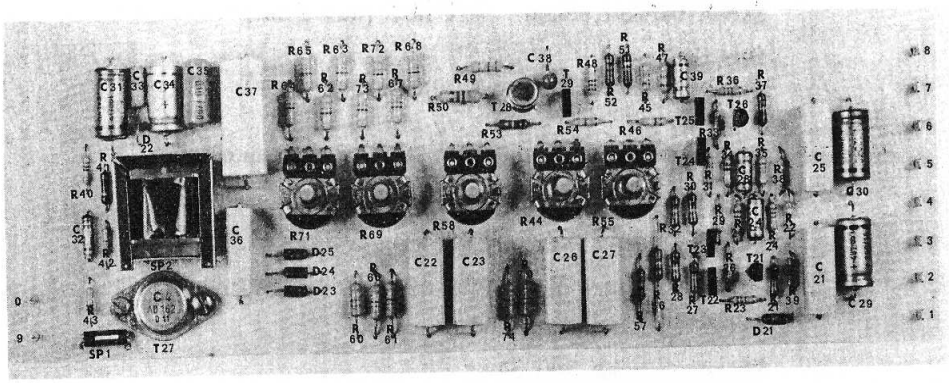


Abb 17

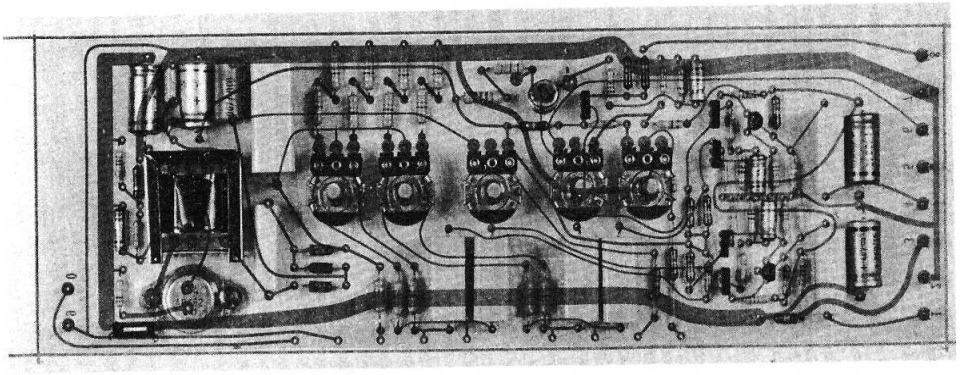


Abb 18

2.3. Technische Daten der Bildröhreneinheit

Bestückung:	Bildröhre	DG 7/32
	Transistoren	5 x BSW 69 2 x BC 238 1 x AD 162 1 x BF 178
	Dioden	4 x BA 148 1 x BYX 10
Eingänge:	Videoeingang (Eingang 6)	max. +12 Volt Eingangsspannung Frequenzbereich 0 - 2 MHz
	Austasteingang (Eingang 8)	max. +12 Volt Eingangsspannung Frequenzbereich 0 - 50 kHz
	Vertikalablenkung (Eingang 1)	Eingangsempfindlichkeit ca. 3,5 Vss für Vollaussteuerung (4 cm Bildhöhe) Frequenzbereich 20 - 50 ooo Hz
	Horizontal-ablenkung (Eingang 4)	Eingangsempfindlichkeit ca. 3,5 Vss für Vollaussteuerung (6 cm Bildbreite) Frequenzbereich 20 - 50 000 Hz
Regler-funktionen:	Helligkeitsregelung	mit R55
	Kontrastregelung	mit R44
	Schärferegelung	mit R58
	Horizontale Strahlverschiebung	mit R69 (ca. 2 cm)
	Vertikale Strahlverschiebung	mit R71 (ca. 1 cm)
Betriebs-spannungen:	Versorgungsspannung	12 Volt Gleichspannung
	Plus an Eingang 3, Minus an Eingang 2	
	Stromaufnahme ca. 100 mA bei dunklem Bildschirm	
	Heizspannung 6 V Gleich- oder Wechselspannung	
	zwischen Eingang 0 und 9	
	Stromaufnahme 300 mA	

2.4. Inbetriebnahme der Bildröhreneinheit

Achtung !

Die Bildröhreneinheit ist in einem fest verklebten stabilen Kunststoffgehäuse untergebracht. Dadurch sind die unter Hochspannung stehenden Teile vor einem Zugriff geschützt. Öffne auf keinen Fall die Bildröhreneinheit, da sonst Lebensgefahr besteht und keine Garantie für ein funktionssicheres Arbeiten übernommen werden kann.
Die Bildröhreneinheit und alle anderen Bauelemente haben das Werk funktionstüchtig verlassen. Sollten sie nicht einwandfrei arbeiten, sende sie bitte an die folgende Adresse:

DEUTSCHE PHILIPS GMBH
Abt. Technische Spielwaren
2 Hamburg 1, Mönckebergstraße 7

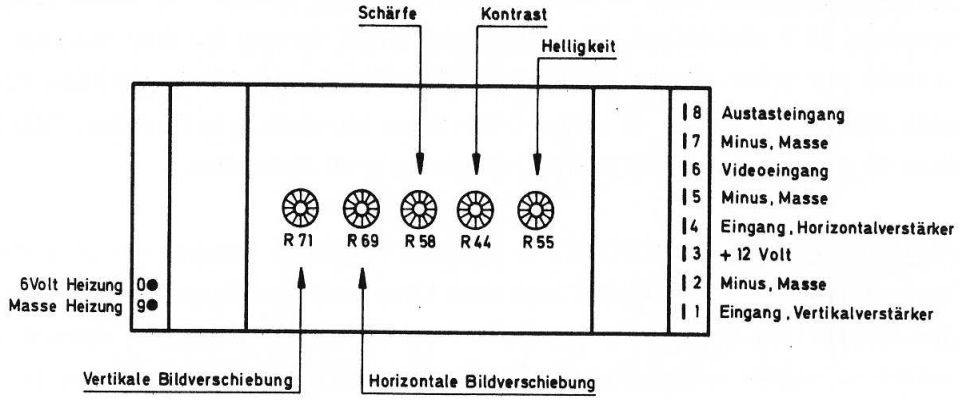


Abb. 19

Die Funktion der gesamten Bildröhreneinheit hast du kennengelernt. Um die Arbeitsweise in der Praxis zu verstehen, müssen die benötigten Betriebsspannungen angelegt werden (Abb. 19). Dazu gebraucht man die Batteriehalter. Der erste Halter hat das vorgefertigte Heizspannungsanschlußkabel und auf der Anschlußseite einen Flachstecker, der genau auf die Rundstifte (Eingänge 0 und 9) der Bildröhreneinheit paßt. Drücke jetzt 4 Batterien in den Halter und verbinde den Flachstecker mit der Bildröhreneinheit. Das Elektrodensystem am Ende des Bildröhrenhalses leuchtet sofort auf, der Glühfaden erhitzt die Katode, und Elektronen werden frei. Da jedoch noch keine Anodenspannung vorhanden ist, bleibt der Bildschirm dunkel.

Bereite nun die beiden letzten Batteriehalter vor. Alle 8 Batterien müssen in Reihe geschaltet werden, um die geforderte Versorgungsspannung von 12 Volt zu erhalten. Abb. 3 erleichtert dir die Verdrahtung. Verbinde den verbleibenden Pluspol mit dem Eingang 3 der Bildröhreneinheit. Dabei kann die Drahtverbindung mit Hilfe einer Feder in bekannter Weise ausgeführt werden. Der Minuspol wird mit Eingang 2 verbunden. Du hörst sofort einen leisen hohen Pfeifton - ein Zeichen, daß der Gleichspannungswandler arbeitet. Betätigst du den Helligkeitsregler (s. Abb. 19) im Uhrzeigersinn, erscheint auf dem Bildschirm ein heller Fleck. Mit R58 läßt sich die Schärfe verändern; beim kleinsten Fleckdurchmesser ist der Regler R58 richtig eingestellt.
Mit Hilfe von R69 und R71 kannst du den Leuchtpunkt in horizontaler und vertikaler Richtung verschieben. Als nächstes werden die verschiedenen Eingänge überprüft.

Vertikalablenkung: Wenn du den Eingang 1 mit dem Pluspol der Versorgungsspannung 12 V verbindest, wird der Leuchtpunkt kurzzeitig nach oben abgelenkt und kommt wieder zum Mittelpunkt. Verbindest du den gleichen Eingang mit dem Minuspol, so wandert der Fleck kurzzeitig nach unten. Damit hast du die Funktion der Vertikalablenkung grob überprüft.

Horizontalablenkung: Verbinde den Eingang 4 mit dem Pluspol der 12 V Versorgungsspannung, der Leuchtfleck wird kurz nach rechts abgelenkt. Lege den Minuspol an Eingang 4, der Fleck wird nach links abgelenkt und kommt sofort zu seinem Ausgangspunkt zurück. Der Horizontalverstärker ist in Ordnung.

Videoeingang: Stelle den Helligkeitsregler R55 so ein, daß gerade noch ein Leuchtfleck auf dem Bildschirm zu erkennen ist. Wenn du nun den Eingang 6 mit dem Minuspol der Batterie verbindest, wird das Bild dunkler. Mit dem Regler R44 muß sich jetzt die Helligkeit regeln lassen. Der Videoverstärker und der Kontrastregler arbeiten dann einwandfrei.

Austasteingang: Stelle den Regler R55 auf mittlere Helligkeit und verbinde den Eingang 8 mit dem Minuspol der Batterie. Auf dem Bildschirm tritt keine Veränderung ein. Verbindest du aber den Eingang 8 mit dem Pluspol, muß der Bildschirm dunkel werden.

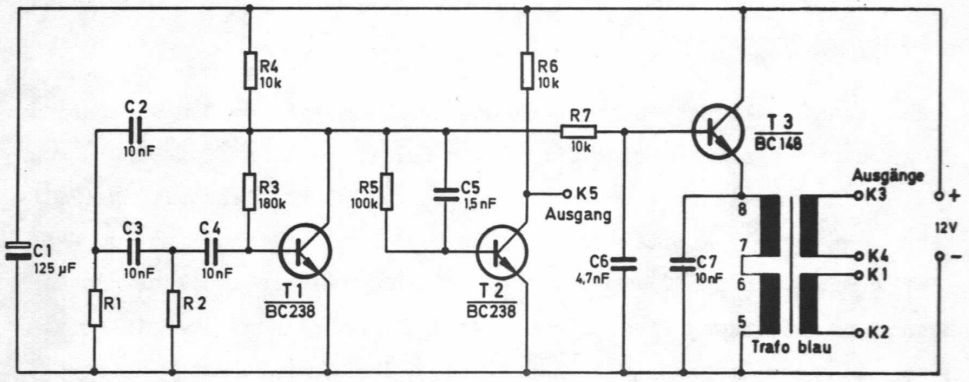
Noch ein wichtiger Hinweis !

Ist nur ein Punkt auf dem Bildschirm zu sehen, stelle möglichst nur geringe Helligkeit ein. Sonst kann unter Umständen der Leuchtschirm beschädigt werden. Der Punkt "brennt ein". Du kannst das vermeiden, indem du die Bildröhre möglichst nicht bei direktem Lichteinfall betreibst.

3. Passive Bauelemente in einfachen Grundschaltungen

3.1. Allgemeine Vorbereitungen

Im zweiten Kapitel sollst du passive Bauelemente, wie z. B. Widerstände, Kondensatoren und Spulen mit Hilfe einer einfachen Meßeinrichtung untersuchen. Dazu benötigst du einen Generator, der eine Wechselspannung mit unterschiedlicher Kurvenform und Frequenz liefert. Den Aufbau des Generators auf der Grundplatte kannst du in Abb. 22 erkennen. Dabei mußt du die Batteriehalter unterhalb der Montageplatte mit Haarnadel- und Klemmfedern befestigen.



R1/R2 = 10kΩ Frequenz ca 1000 Hertz
R1/R2 = 6,8kΩ Frequenz ca 1500 Hertz
R1/R2 = 3,3kΩ Frequenz ca 2000 Hertz
R1/R2 = 1kΩ Frequenz ca 5000 Hertz

Abb. 2o

Weiter gebrauchst du die Bildröhreneinheit mit einer einfachen Eingangsschaltung, um das Meßergebnis optisch anzuzeigen. Betrachte zunächst den Sinus-Rechteckgenerator in Abb. 2o. Der Transistor T1 arbeitet als R-C-Oszillator (vergleiche Schaltung B 3 in EE 1003). Die Frequenz läßt sich durch unterschiedliche Widerstandswerte von R1 und R2 verändern. Zwei Widerstände von je 10 kΩ erzeugen eine Ausgangsfrequenz von ca. 1 ooo Hz. Bei größeren Widerstandswerten sinkt die Frequenz, bei kleineren steigt sie (siehe Tabelle in Abb. 2o). Die in der Tabelle angegebenen Widerstände 6,8 kΩ sind im EE 1007 nicht vorhanden, deshalb mußt du 10 kΩ und 22 kΩ parallelschalten. Am Kollektor von T1 entsteht ein sinusförmiges Signal, das über die R-C-Kombination R5 / C5 der Basis von T2 zugeführt wird. Dieser Transistor arbeitet als Schalter. Nur die positive Halbwelle der Wechselspannung läßt einen Basisstrom fließen. Infolge des

Kollektorstroms geht im gleichen Moment die Spannung an der Klemme K5 auf 0 Volt zurück. Am Ausgang K5 entsteht ein rechteckförmiges Signal, das eine Amplitude von ca. 12 Vss bei einer Betriebsspannung von 12 Volt hat.

Eine Anmerkung zu der Abkürzung Vss: Sie bedeutet Volt - Spitze - Spitze, das ist die Spannung zwischen dem niedrigsten und dem höchsten Wert einer Wechselspannungskurve. Die Abb. 21 zeigt das deutlich. Alle in den Versuchen angegebenen Wechselspannungen sind in Volt-Spitze-Spitze (Vss) angegeben.

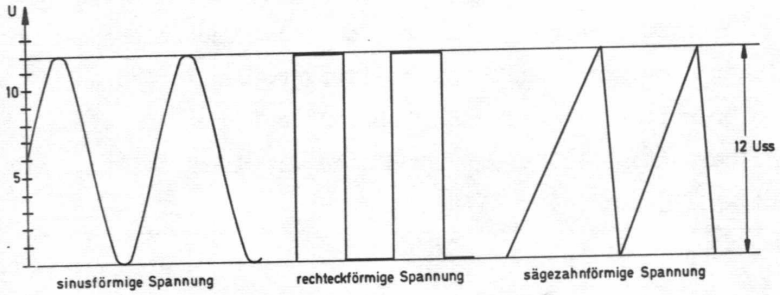


Abb. 21

Zurück zur Schaltungsbeschreibung des Generators. Über den Widerstand R7 gelangt das sinusförmige Signal vom Kollektor T1 auf die Basis von T3. Dieser Transistor arbeitet in einer Kollektorbasisschaltung (Emitterfolger, vergl. Kapitel 4.1o.). Der Emitterwiderstand wird von den Wicklungen 5 / 6 und 7 / 8 des Treibertransformators gebildet. Da die Spannungsverstärkung dieser Schaltung ca. 1 ist, liegt am Emitter von T3 die gleiche Spannung wie an der Basis. Der Transformator überträgt sie auf die Sekundärseite mit den beiden Wicklungen 1 / 2 und 3 / 4. An den Ausgangsklemmen K1 / K2 bzw. K3 / K4 steht ein sinusförmiges Signal von ca. 3 Vss zur Verfügung. C6 und C7 korrigieren den Frequenzgang des Verstärkers, damit bei Änderung der Generatorfrequenzen zwischen 1 000 und 5 000 Hz etwa die gleiche Spannung an den Ausgangsklemmen vorhanden ist.

Das Schaltbild in Abb. 23 zeigt symbolisch den Sinus-Rechteckgenerator mit den Klemmen K1 bis K5, den du auf der Grundplatte aufgebaut hast. An die Bildröhreneinheit werden nun die Betriebsspannungen angelegt (Abb. 24). Die Widerstände R1 / R2 bzw. R3 / R4 vor dem Vertikaleingang 1 und dem Horizontaleingang 4 stellen die Eingangsschaltung des Oszillografen dar. Zwei der Widerstände - R1 und R3 - sind veränderlich. Mit Hilfe einer Eichschaltung, die im folgenden beschrieben wird, lassen sich die Widerstände so abgleichen, daß bei einer Eingangsspannung von 1 Vss auf der Bildröhre ein senkrechter oder waagerechter Strich von

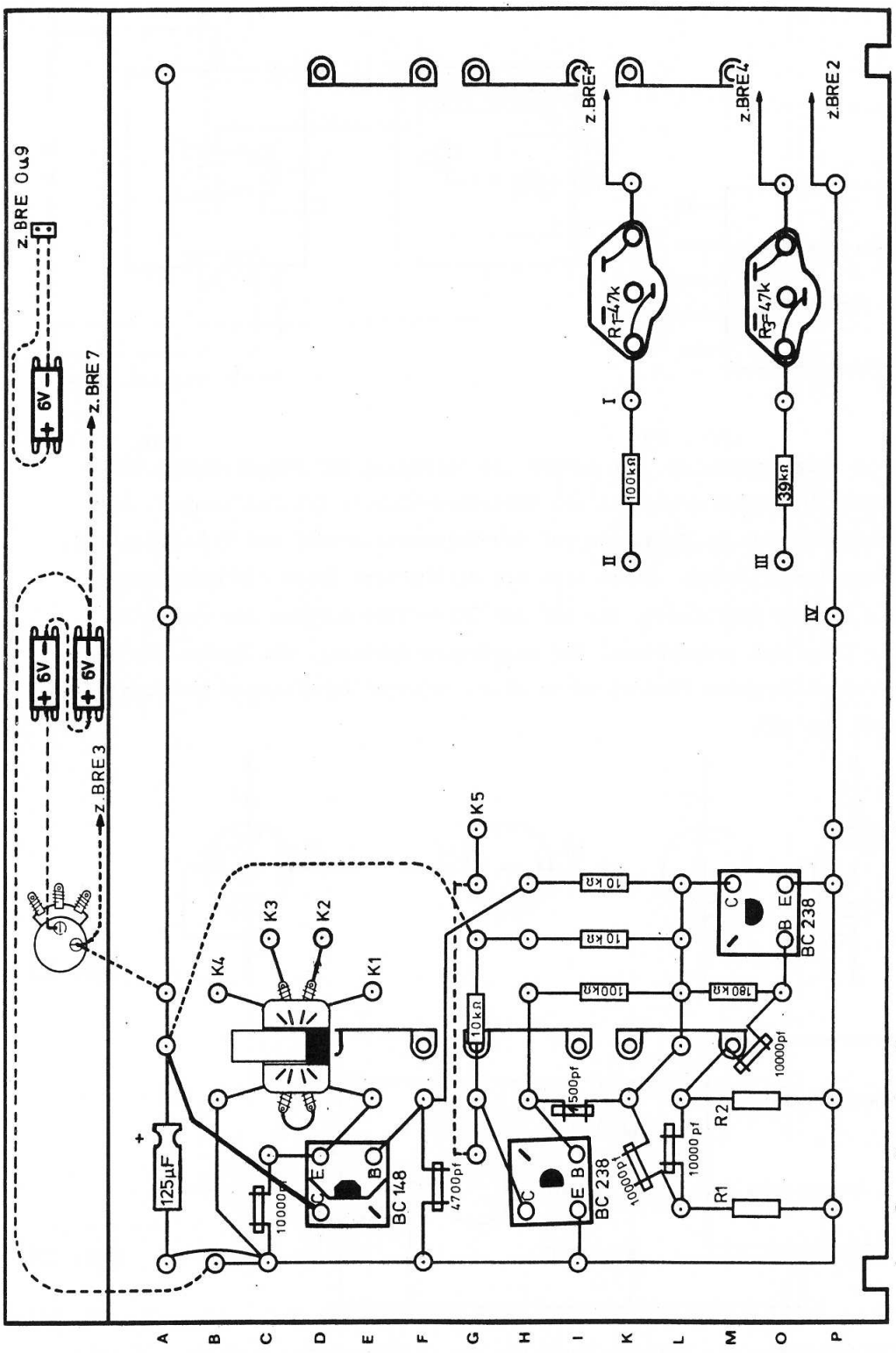

z.BRE 0u9
z.BRE7
z.BRE3
+ 6V
+ 6V
+ 6V
z.BRE1
z.BRE4
z.BRE2
R1=47k
R3=47k
100kΩ
39kΩ
I
II
III
IV
K1
K2
K3
K4
K5
125µF
10000pf
BC 148
4700pf
10kΩ
10 kΩ
10 kΩ
100kΩ
180 kΩ
1500pf
BC 238
BC 238
10000pf
10000 pf
10000pf
R1
R2
A B C D E F G H I K L M O P
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23

Abb. 22

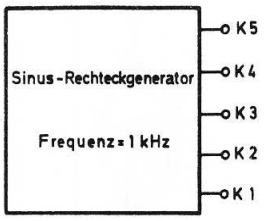


Abb. 23

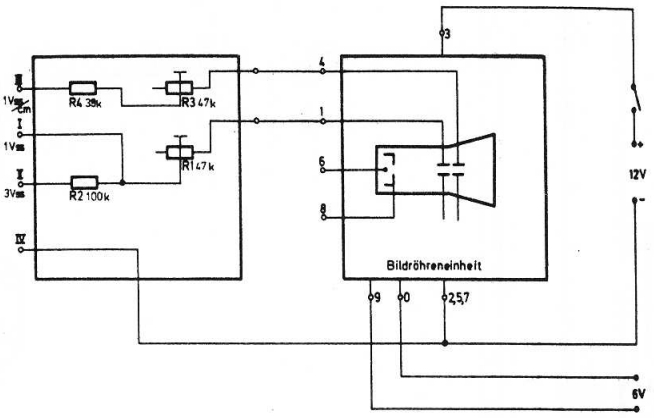


Abb. 24

1 cm Länge erscheint. Wir nennen die Anordnung der abgeglichenen Widerstände in Zusammenhang mit der Bildröhreneinheit X-Y-Oszillograf. Die Schaltung erlaubt Messungen auf der X-(waagerechten) und Y-(senkrechten) Achse der Bildröhre. Dabei wird die elektrische Größe der Meßspannung als Strecke abgebildet, die auf dem Bildschirm ausgemessen werden kann. Die Länge ist proportional der angelegten Spannung. Als Symbol für den X-Y-Oszillografen findest du in allen weiteren Schaltungen die Darstellung nach Abb. 25.

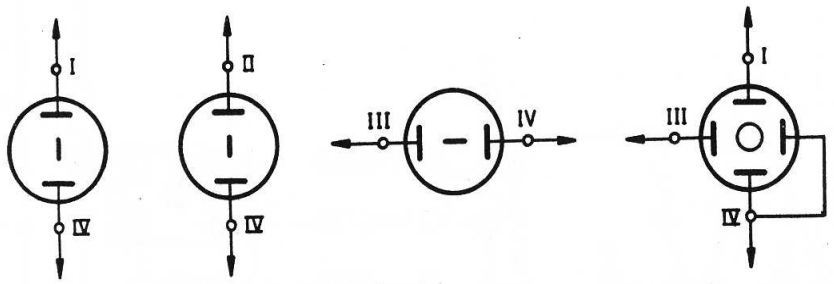


Abb. 25

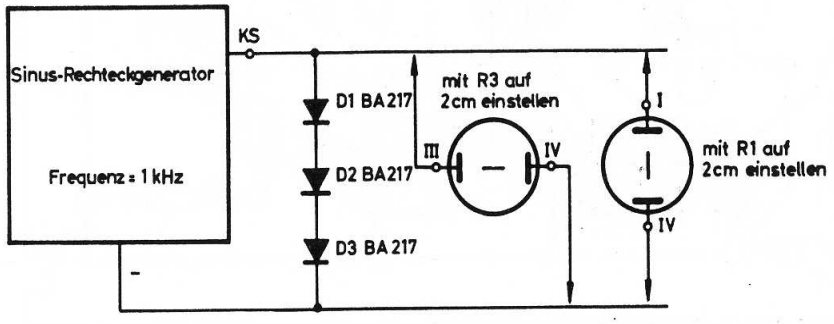


Abb. 26

Wie sieht nun die Eichschaltung für den Oszillografen aus? Abb. 26 zeigt den X-Y-Oszillografen mit seinen Eingangsklemmen I bis III (die Klemme IV ist der Bezugspunkt, also der Minuspol der Batterie) und den Sinus-Rechteckgenerator. Zwischen dem Ausgang K5 (Rechteckspannung 12 Vss) und dem Minuspol der Batterie liegen die Dioden D1 bis D3. Sie sind in Durchlaß-

richtung geschaltet. Dabei wirkt die Diode als Stabilisierungselement. Die Spannung an einer Diode beträgt ca. 0,7 Volt, 3 Dioden in Reihenschaltung ergeben ca. 2 Volt. Die Rechteckspannung am Generatorausgang K5 wird damit auf 2 Vss begrenzt.

Der Abgleichvorgang: Verbinde den Eingang I des Oszillografen mit dem Generatorausgang K5. Stelle den Regler R1 auf 2 cm senkrechte Strichlänge ein. Damit hast du den Eingang I auf 1 Vss/cm geeicht. 1 Vss/cm bedeutet 1 Volt-Spitze-Spitze pro 1 Zentimeter Strichlänge. Automatisch stellt sich damit an der Eingangsklemme II eine Empfindlichkeit von 3 Vss/cm ein. Das bedeutet: 3 Volt Wechselspannung sind an der Klemme II erforderlich, um auf dem Bildschirm einen vertikalen Strich von 1 cm Länge zu erzeugen. Der Eingang III wird in der gleichen Weise abgeglichen. Mit Hilfe des Reglers R3 stellen wir den waagerechten Strich auf 2 cm Länge ein. Die Eingangsempfindlichkeit beträgt nun 1 Vss/cm.
Noch ein kleiner Tip:
Um die Spannungsmessungen zu vereinfachen, kannst du dir vor dem Bildschirm einen Meßraster nach Abb. 27 anbringen. Als Material eignet sich jede durchsichtige Folie. In der Abb. 27 ist das Raster im Maßstab 1 : 1 abgebildet. Du brauchst also die Folie nur aufzulegen und mit Auszieh-tusche die Linien nachzuzeichnen. Schneide dann das Raster auf die richtige Größe und bringe in den Ecken 4 runde Löcher an. Damit kannst du die Meßeinrichtung auf der Bildröhrenfrontscheibe befestigen.

Wichtig !

Nach der Eichung des Oszillografen dürfen die Potentiometer R1 und R3 nicht mehr verstellt werden.

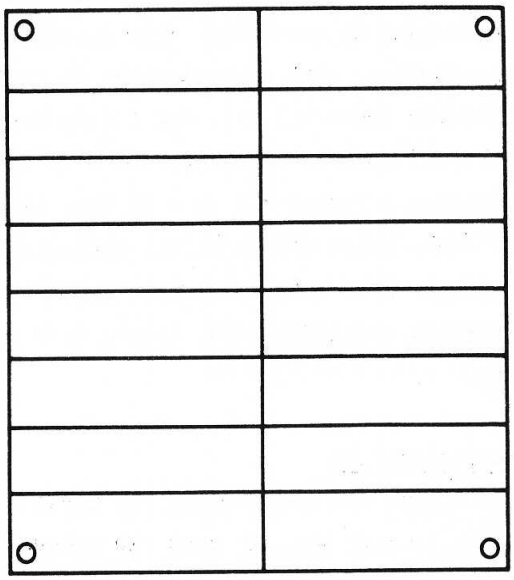


Abb. 27

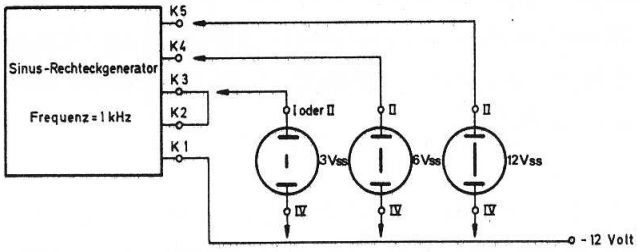


Abb. 28

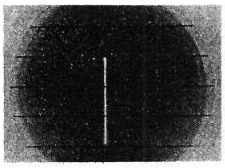


Abb. 28 a

3.2. Messung von Wechselspannungen (Abb. 28)

Für den ersten Versuch benötigst du den Schaltungsaufbau des Sinus-Rechteckgenerators und des X-Y-Oszillografen nach den elektrischen Schaltbildern der Abb. 2o und 24 bzw. den Verdrahtungsplan nach Abb. 22. Zusätzlich sind folgende Verbindungen notwendig: K3 ist mit K2 und K1 ist mit IV zu verbinden. Da zwischen den Anschlüssen K1 und K2 bzw. K3 und K4 jeweils 3 Vss Wechselspannung vorhanden sind und die Polarität der Teilspannungen so gerichtet ist, daß sie sich addieren, liegt zwischen den Ausgängen K1 und K4 eine Spannung von 6 Vss. Das kannst du überprüfen. Dazu verbinde den Eingang II des Oszillografen mit dem Ausgang K4. Der senkrechte Strich auf dem Bildschirm ist 2 cm lang. Da die Eingangsempfindlichkeit von II 3 Vss/cm beträgt, läßt sich eine Wechselspannung von 6 Vss messen und errechnen. Verbindest du jedoch den Ausgang K2 mit dem Eingang II, so werden nur 3 Vss auf dem Bildschirm angezeigt. Beide Messungen können auch mit dem Eingang I ausgeführt werden. Die Empfindlichkeit beträgt dann 1 Vss/cm. Die maximale Eingangsspannung darf jedoch nur 4,5 Vss betragen, da die Bildröhre sich in vertikaler Richtung nur 4,5 cm linear aussteuern läßt. Ist die Linie länger als 4,5 cm, dann ist der Eingang II zu benutzen. Zum Schluß sollst du noch die Spannung an dem Ausgang K5 ermitteln. Wenn du eine Verbindung zwischen K5 und I herstellst, wird die Bildröhre in ihrer senkrechten Achse voll ausgeschrieben (über 4,5 cm). Aus diesem Grund mußt du mit dem Eingang II (3 Vss/cm) messen. Die Linie ist 4 cm lang. Daraus errechnet sich die Spannung 3 Vss/cm x 4 cm = 12 Vss. Alle Messungen, die du durchgeführt hast, geben jedoch keinen Aufschluß über die Kurvenform der Wechselspannung. Erst wenn im vierten Kapitel der Oszillograf mit einem Zeitablenkgerät erweitert wird, lassen sich auch die Formen einwandfrei erkennen.

3.3. Widerstände als Spannungsteiler

Sie dienen vor allen Dingen zur Reduzierung von Gleich- und Wechselspannungen. Im Schaltbild nach Abb. 29 sind die Widerstände R1 und R2

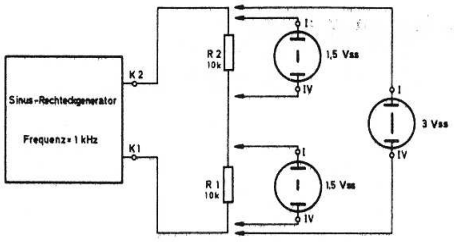


Abb. 29

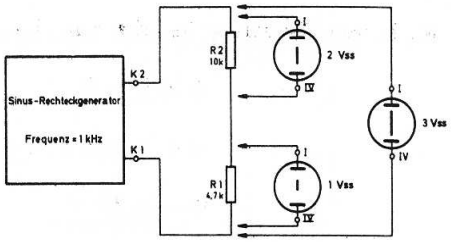


Abb. 3o

in Reihe geschaltet. Dabei ist R1 mit dem Ausgang K1, R2 mit K2 des Generators verbunden. Zur Ermittlung der Gesamtspannung zwischen den Ausgängen K1 und K2 müssen die Oszillografeneingänge I und IV mit diesen Punkten verbunden werden. Es spielt dabei keine Rolle, ob der Anschluß IV an die Klemme K1 oder K2 angeschlossen wird und umgekehrt I an K2 oder K1. Als Ausgangsspannung ermittelst du 3 Vss (3 cm). Miß danach den Spannungsabfall an R1 (1,5 Vss = 1,5 cm) und R2 (1,5 Vss = 1,5 cm). Beide Spannungen betragen 1,5 Vss. Wie kommt dieses Ergebnis zustande? Bei einer Reihenschaltung ist der Strom in allen Widerständen gleich groß. Da R1 und R2 auch gleich sind, muß der Spannungsabfall an beiden Widerständen gleich groß sein. Als Formel ausgedrückt (Ohmsches Gesetz), ist die Spannung U an einem Widerstand R

$$U = R \times I$$

I ist der Strom im Widerstand R. In diesem Beispiel ist der Widerstand bekannt: R1 = R2 = 10 000 Ω. Die Spannung U am Widerstand hast du gemessen, sie beträgt 1,5 Vss. Daraus errechnet sich der Strom I.

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

$$I = \frac{1,5}{10\ 000}$$

$$I = 0,00015\ A = \underline{0,15\ mA}$$

In der Meßschaltung nach Abb. 3o ist der Widerstand R1 verkleinert worden; er beträgt 4,7 kΩ. Zuerst ist wieder die Gesamtspannung an der Reihenschaltung R1 / R2 zu ermitteln. Sie hat sich nicht geändert und beträgt 3 Vss. Der Spannungsabfall an R2 ist jedoch auf 2 Vss angestiegen. Der Strom I der Reihenschaltung beträgt danach

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

$$I = \frac{2}{10\ 000}$$

$$I = 0,0002\ A = \underline{0,2\ mA}$$

Nach dem Ohmschen Gesetz muß dann die Spannung an R1

$$U = R \times I$$

$$U = 4\,700 \times 0{,}0002$$

$$U = \underline{0{,}94\ V}$$

also ca. 1 Volt betragen. Mit dem Oszillografen läßt sich diese Spannung an R1 nachweisen. Daraus erkennst du, daß das Verhältnis der Widerstände mit dem Spannungsabfall identisch ist.

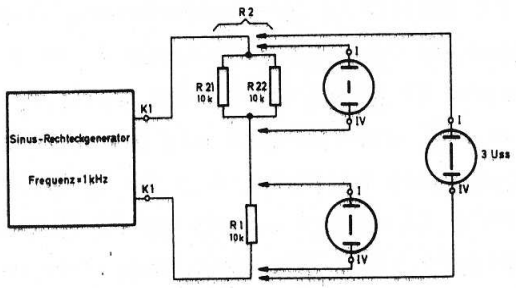


Abb. 31

3.4. <u>Widerstände in Parallelschaltung (Abb. 31)</u>

Soll die Belastung eines Widerstandes verringert werden, so muß der Stromfluß auf zwei Widerstände verteilt werden. Die Schaltung in Abb. 31 zeigt R1 in Reihe mit der Parallelschaltung R21 / R22. Alle Widerstände haben den gleichen Wert, die Gesamtspannung beträgt 3 Vss. Der Spannungsabfall an dem Widerstand R1 beträgt 2 Vss. Der Strom im Widerstand R1 läßt sich wieder nach der Formel errechnen:

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

$$I = \frac{2}{10\,000}$$

$$I = 0{,}0002\ A = 0{,}2\ mA$$

In der Parallelschaltung muß also ein Strom von 0,2 mA fließen. Beide Widerstände sind gleich groß, der Strom teilt sich somit auch in zwei gleich große Teilströme von je 0,1 mA auf. Wenn du die Spannung an der Parallelschaltung errechnen willst, müssen R21 und R22 als Einzelwiderstand R2 betrachtet werden. Der Gesamtstrom durch diesen angenommenen Widerstand beträgt

$$I_{gesamt} = I \text{ durch } R21 + I \text{ durch } R22$$

$$I_{gesamt} = 0{,}1\ mA + 0{,}1\ mA$$

$$I_{gesamt} = \underline{0{,}2\ mA}$$

Der Gesamtwiderstand R2 der Parallelschaltung ist

$$R2 = \frac{R21 \times R22}{R21 + R22}$$

$$R2 = \frac{10\ 000 \times 10\ 000}{10\ 000 + 10\ 000}$$

$$R2 = \frac{100\ 000\ 000}{20\ 000}$$

$$R2 = \underline{5\ 000\ \Omega}$$

Daraus ergibt sich folgende Spannung:

$$U = R \times I$$

$$U = 5\ 000 \times 0{,}0002\ A$$

$$U = \underline{1\ Volt}$$

Mit dem Oszillografen kannst du das Rechenergebnis überprüfen. Wenn die Spannungsabfälle an den Widerständen addiert werden, erhältst du wieder die Klemmenspannung K1 / K2.

$$U\ gesamt = U\ an\ R1 + U\ an\ R2$$

$$U\ gesamt = 2\ Vss + 1\ Vss$$

$$U\ gesamt = \underline{3\ Vss}$$

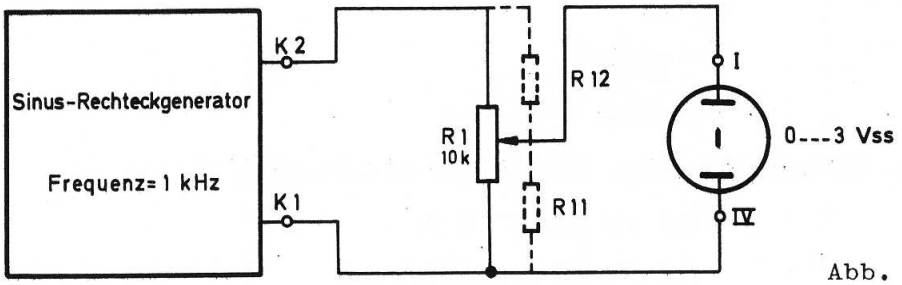


Abb. 32

3.5. Veränderlicher Spannungsteiler (Potentiometer)

Das in diesem Elektronik-Experimentierkasten vorhandene Potentiometer ist nichts weiter als ein veränderlicher Spannungsteiler, und kann z.B. als Lautstärkeregler eingesetzt werden. Die Funktion läßt sich leicht untersuchen, wenn R1 nach der Abb. 32 angeschlossen wird. Verbinde dazu die Enden der Widerstandsbahn mit den Generatorausgängen K1 und K2, den Oszillografenanschluß K I mit dem Abgriff des Potentiometers und K IV mit Klemme K1. Wenn du nun den Schleifer auf der Kontaktbahn verschiebst, kannst du jede gewünschte Spannung zwischen 0 und 3 Vss einstellen. Der Gesamtwiderstand der Reihenschaltung verändert sich dabei nicht, wohl aber das Verhältnis der Teilwiderstände R11 und R12 zueinander.

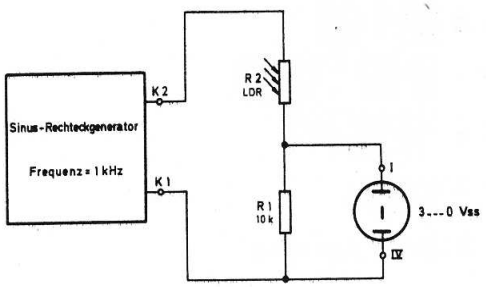


Abb. 33

3.6. Spannungsteiler mit lichtempfindlichem Widerstand (LDR)

In Abb. 33 ist R1 = 10 kΩ mit dem LDR R2 als Spannungsteiler geschaltet. Wird der LDR beleuchtet, ist sein Widerstand im Verhältnis zu R1 sehr klein. Es liegt ungefähr die gesamte Generatorspannung von 3 Vss an R1. Decke mit einem Stück Papier den lichtempfindlichen Widerstand langsam ab. Die Spannung an R1 wird immer kleiner. Aus dem Spannungsabfall an R1 läßt sich auch der Widerstand des LDR für einen bestimmten Beleuchtungswert ermitteln.

Beispiel: Am Widerstand R1 fällt eine Spannung von 1 Vss ab. Es fließt ein Strom von

$$I = \frac{U}{R1}$$

$$I = \frac{1}{10\ 000}$$

$$I = 0{,}0001\ A = \underline{0{,}1\ mA}$$

durch die Reihenschaltung. Die Spannung am LDR beträgt

$$U_{LDR} = U_{gesamt} - U_{R1}$$

$$U_{LDR} = 3\ Vss - 1\ Vss = \underline{2\ Vss}$$

Aus den Werten I und U läßt sich der Widerstand R an dem Ohmschen Gesetz errechnen:

$$R_{LDR} = \frac{U_{LDR}}{I}$$

$$R_{LDR} = \frac{2}{0{,}0001}$$

$$R_{LDR} = \underline{20\ 000\ \Omega}$$

Der LDR hat in diesem Beleuchtungszustand also einen Widerstand von 20 kΩ.

3.7. Kondensatoren als Spannungsteiler

Werden zwei Kondensatoren in Reihe geschaltet, findet auch eine Spannungsteilung statt. Im Gegensatz zu einer Reihenschaltung aus ohmschen Widerständen kann der kapazitive Spannungsteiler nur an einer Wechsel-

spannung betrieben werden. (Bei Gleichspannung ist der Widerstand des Kondensators unendlich hoch und wird deshalb häufig für die Spannungsreduzierung an Schwingkreisen benötigt.) Der Wechselstromwiderstand RC ist von der Frequenz (f), der Betriebsspannung und der Kapazität des Kondensators abhängig. Mit zunehmender Kapazität wird RC geringer. Verändert sich die Frequenz und bleibt C konstant, dann wird der Wechselstromwiderstand mit zunehmender Frequenz kleiner. Als Formel ausgedrückt, ist

$$RC = \frac{1}{2 \times \pi \times f \times C}$$

Hierbei ist f in Hertz, C in Farad und π mit 3,14 einzusetzen. Als Ergebnis erhält man RC in der Grundeinheit Ohm. Um den Rechnungsgang etwas zu vereinfachen und das Ergebnis in kΩ zu erhalten, errechnet man zunächst den Wert

$$\frac{1}{2 \times \pi} = \frac{1}{6{,}28}$$

$$\frac{1}{2 \times \pi} = 0{,}159$$

Außerdem setzt man die Frequenz in kHz (1 kHz = 1 000 Hz) und die Kapazität in nF (1 nF = 10^{-9} F) und erhält die Formel

$$RC\ (k\Omega) = \frac{0{,}159}{1\,000 \times 10^{-9}}$$

$$RC\ (k\Omega) = \frac{159\,000}{f\ (kHz) \times C\ (nF)}$$

Wenn man nun die neue Formel

$$RC = \frac{159}{f \times C}$$

anwendet, erhält man den Wechselstromwiderstand RC in kΩ (1 kΩ = 1 000 Ω).

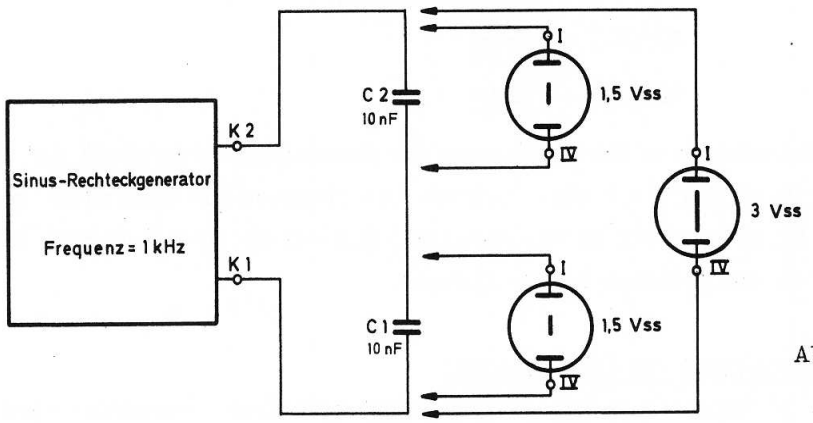


Abb. 34

Nun aber zur Praxis. Die Abb. 34 zeigt einen kapazitiven Spannungsteiler, C1 und C2 sind in Reihe geschaltet. Als Spannung am Kondensator C1 messen wir 1,5 Vss. Da die Gesamtspannung 3 Vss beträgt, müssen an C2

$$U\ C2 = U\ gesamt - U\ C1$$

$$U\ C2 = 3\ Vss - 1{,}5\ Vss$$

$$U\ C2 = \underline{1{,}5\ Vss}$$

abfallen. Eine Messung beweist die Richtigkeit dieser Berechnung.

Errechne als nächstes den Wechselstromwiderstand von C1

$$RC\ (k\Omega) = \frac{159}{f\ (kHz) \times C\ (nF)}$$

$$RC\ (k\Omega) = \frac{159}{1 \times 10}$$

$$RC\ (k\Omega) = \underline{15{,}9\ k\Omega}$$

Der Kondensator C1 stellt bei einer Frequenz von 1 kHz einen Widerstand von 15,9 kΩ dar.
In Abb. 35 ist C1 gegen einen Kondensator von 22 nF ausgewechselt worden. Die Spannung am Kondensator beträgt jetzt 1 Vss, an C2 sind ca. 2 Vss vorhanden. Der kapazitive Widerstand von C1 muß also kleiner sein als der von C2.

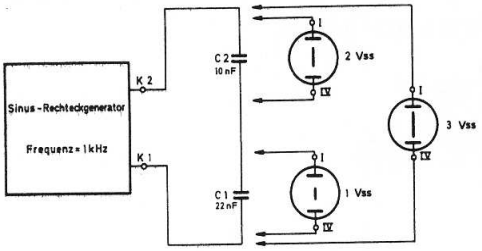


Abb. 35

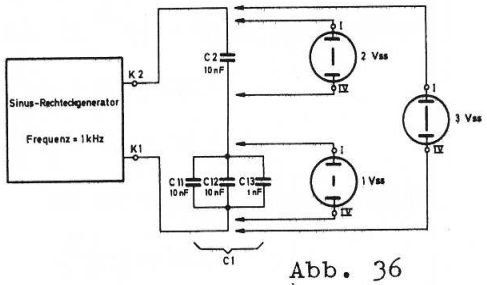


Abb. 36

$$RC\ (k\Omega) = \frac{159}{f\ (kHz) \times C\ (nf)}$$

$$RC\ (k\Omega) = \frac{159}{1 \times 22}$$

$$RC\ (k\Omega) = \underline{7{,}2\ k\Omega}$$

In dem Beispiel nach Abb. 34 betrug der Wechselstromwiderstand von C1 bei C = 10 nF und f = 1 kHz 15,9 kΩ. Die Frequenz hat sich nicht geändert. C1 ist aber in seiner Kapazität 2,2 mal so groß geworden, damit wird RC um den gleichen Faktor kleiner.

3.8. Parallelschaltung von Kondensatoren

Die Abb. 36 zeigt einen kapazitiven Spannungsteiler. Angewendet wird diese Schaltungsart z.B. bei der Bereichsumschaltung eines MW-LW-Rundfunkempfängers. C1 besteht hier aus einer Parallelschaltung von 3 Kondensatoren. Sie haben die Werte 10 nF, 10 nF und 1 nF. Alle Kapazitäten addieren sich zu der Gesamtkapazität C1.

$$C1 = C11 + C12 + C13$$

$$C1 = 10\ nF + 10\ nF + 1\ nF$$

$$C1 = \underline{21\ nF}$$

Elektrisch ist dieses Beispiel mit der Schaltung von Abb. 35 fast identisch. Eine Kontrolle mit dem Oszillografen zeigt gleiche Ergebnisse. An C1 beträgt die Spannung ca. 1 Vss, an C2 ca. 2 Vss.

3.9. Reihenschaltung von Kondensatoren

Wenn zwei Kondensatoren in Reihe geschaltet werden, ist die Gesamtkapazität kleiner als die kleinste Einzelkapazität (siehe Parallelschaltung von Widerständen). Sie errechnet sich aus der Formel

$$C\ gesamt = \frac{C1 \times C2}{C1 + C2}$$

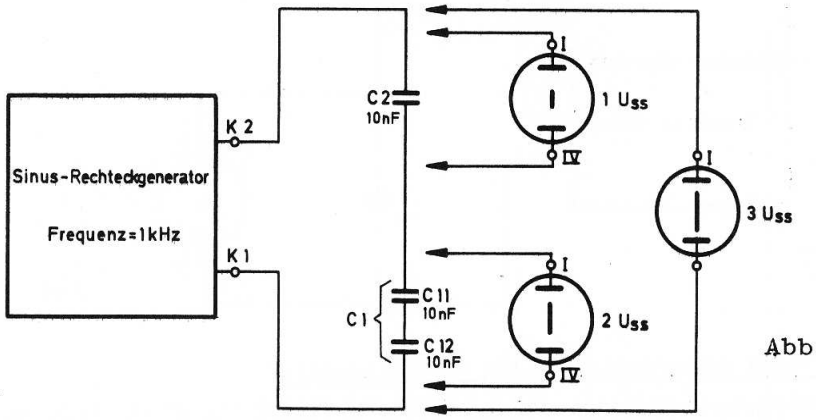


Abb. 37

Das Beispiel in Abb. 37 zeigt eine solche Reihenschaltung. C1 wird aus Kondensatoren mit je 10 nF gebildet.

$$C1 = \frac{C11 \times C12}{C11 + C12}$$

$$C1 = \frac{10 \times 10}{10 + 10}$$

$$C1 = \frac{100}{20}$$

$$C1 = \underline{5\ nF}$$

Wenn die Berechnung stimmt, dann muß an der Gesamtkapazität C1 die größere, an C2 die kleinere Spannung abfallen. Die Messung ergibt an C1 2 Vss und an C2 1 Vss.

Nach der Formel

$$RC = \frac{159}{f \times c}$$

ist der Wechselstromwiderstand RC für C1 = 5 nF bei f = 1 kHz.

$$RC1 = \frac{159}{f \times c}$$

$$RC1 = \frac{159}{1 \times 5}$$

$$RC1 = \underline{31{,}8\ k\Omega}$$

Das ist der doppelte Widerstand gegenüber C2 = 10 nf, RC = 15,9 kΩ (siehe 3.7.). Bei gleichem Strom durch die Reihenschaltung muß die Spannung an C1 auch zweimal so hoch wie an C2 sein.
Wenn die Frequenz des Generators variiert wird, dann ändern sich zwar die Wechselstromwiderstände, das Verhältnis zueinander bleibt jedoch konstant.

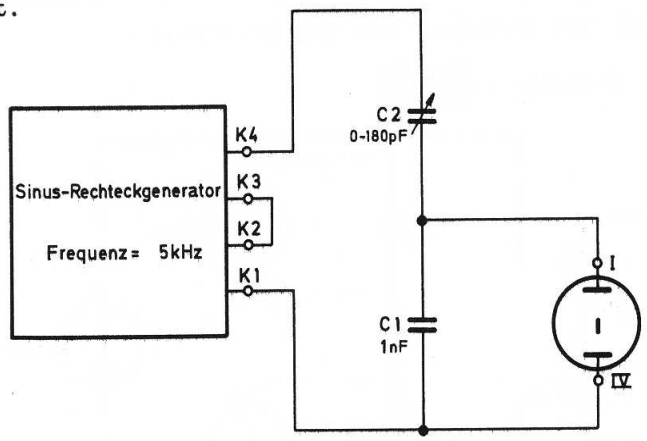


Abb. 38

3.1o. Kapazitiver Spannungsteiler mit Drehkondensator

Einen veränderlichen kapazitiven Spannungsteiler kannst du nach Abb. 38 mit einem Fest- (C1) und einem Drehkondensator (C2) aufbauen. Um die kapazitiven Widerstände möglichst klein zu machen, wird die Frequenz des Generators auf 5 kHz geändert. (R1 und R2 werden je 1 kΩ.) Außerdem werden bei diesem Versuch der Spannungsteiler an die Ausgänge K1 und K4 angeschlossen; K2 und K3 werden untereinander verbunden. Wenn der Oszillograf mit I und IV parallel zu C1 geschaltet wird, ändert sich die Spannung bei Betätigung des Drehkondensators zwischen 0 und 1 Vss.

3.11. Hochpaß

Sollen in elektronischen Schaltungen bestimmte Frequenzbereiche bevorzugt werden, setzt man hierfür sogenannte "Pässe" ein. Bei einem Hochpaß werden z.B. nur Spannungen mit hoher Frequenz ungehindert weitergeleitet. So kann beispielsweise der 3-Transistor-Mittelwellen-Empfänger C1 mit nur einem Transistor (T1) Nieder- und Hochfrequenzspannungen verstärken, die hohen Frequenzen werden durch den Paß C5 / R1 von der Niederfrequenzspannung getrennt.

Abb. 39 zeigt einen Spannungsteiler. Er besteht aus dem Widerstand R1 und dem Kondensator C1. C1 ist das frequenzabhängige Bauelement. Bei einer Generatorfrequenz von 1000 Hz ist der kapazitive Widerstand von C1 (33,9 kΩ) im Verhältnis zu R1 (10 kΩ) wesentlich größer. An R1 messen wir deshalb auch nur eine kleine Spannung. Mit steigender Generatorfrequenz wird der Wechselstromwiderstand von C1 immer kleiner, die Spannung an R1 steigt an. Widerstand und Kondensator müssen also in ihren Werten auf den gewünschten Frequenzbereich abgestimmt sein. Das kannst du leicht feststellen, indem du z.B. den Kondensator C1 gegen einen mit anderem Wert austauscht. In unserem Beispiel (Abb. 39) ist bei 3,39 kHz der kapazitive Widerstand von C1 gleich dem ohmschen Widerstand von R1, nämlich 10 kΩ. Bei einer Generatorfrequenz von 5 000 Hz ist das Verhältnis RC1 (6,8 kΩ) zu R1 (10 kΩ) umgekehrt. Es fällt an R1 die höhere Spannung ab.

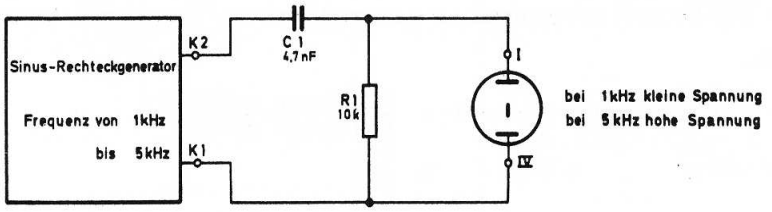


Abb. 39

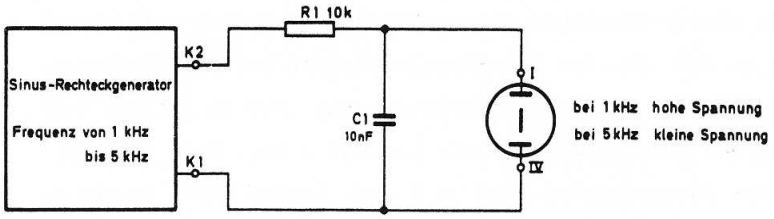


Abb. 4o

3.12. Tiefpaß

Ein Tiefpaß läßt im Gegensatz zum Hochpaß nur die niedrigen Frequenzen eines Übertragungsbereiches durch. In Abb. 4o findest du eine solche Schaltung. Bei 1 000 Hz hat der Kondensator C1 (15,9 kΩ) gegenüber R1 (10 kΩ) einen hohen Widerstand. Die Spannung am Generatorausgang K1 / K2 kann über R1 nahezu ungehindert auf den Oszillografeneingang gelangen. Wenn die Frequenz auf 5 000 Hz erhöht wird, ist der Wechselstromwiderstand von C1

$$RC1 = \frac{159}{f \times C1}$$

$$RC1 = \frac{159}{5 \times 10}$$

$$RC1 = \underline{3{,}2\ k\Omega}$$

Die Ausgangsspannung beträgt nur noch $\frac{1}{4}$ der Generatorspannung. In diesem Beispiel sind RC1 (10 kΩ) und R1 (10 kΩ) bei 1,59 kHz gleich groß.

3.13. Transformator

In den "Technischen Erläuterungen" haben wir dir ausführlich die Wirkungsweise eines Transformators erklärt. Aufgrund seiner elektrischen Eigenschaften trennt er unter anderem Wechsel- von Gleichspannungen und kann deshalb hohe Betriebsspannungen von kleinen Wechselspannungen fernhalten oder auch Wechselspannungen beliebiger Höhe herauf- und heruntertransformieren, wie z.B. im Netzteil eines Rundfunkempfängers. Kurz zusammengefaßt kann man sagen, daß der Transformator den durch die Primärspule fließenden Wechselstrom auf die Sekundärspule überträgt und dort eine Spannung erzeugt. Dabei spielt das Windungszahlverhältnis zwischen der Primär- und Sekundärwicklung eine entscheidende Rolle. Es bestimmt die Ausgangsspannung des Transformators. Hat z.B. die Sekundärspule die doppelte Anzahl von Drahtwindungen gegenüber der Primärspule, dann ist auch die Ausgangsspannung etwa zweimal so hoch wie die Eingangsspannung. Es können aber nur Wechselspannungen in dem gewünschten Verhältnis transformiert werden.

$$U_{sekundär} = U_{primär} \times \frac{\text{Windungen sekundär}}{\text{Windungen primär}}$$

$$U_s = U_p \times \frac{W_s}{W_p}$$

Auch der Transformator des Sinus-Rechteckgenerators überträgt eine Wechselspannung. Um einige Messungen durchzuführen, betrachte noch einmal das Schaltbild in Abb. 20. Die Primärspule besteht aus den Wicklungsteilen 5/6 und 7/8, die in Reihe geschaltet sind. Miß am Emitter von T3 die Spannung der Primärwicklung. Sie beträgt 3 Vss. Nach Abb. 28 betragen auch die Ausgangsspannungen je 3 Vss. Werden beide Ausgangswicklungen in Reihe geschaltet, addieren sich die Spannungen von K1 / K2 und K3 / K4 zu der Gesamtspannung. Nur müssen die Anschlüsse in der richtigen Reihenfolge untereinander verbunden werden. In der Schaltung nach Abb. 41 ist die Polarität beider Teilwicklungen richtig beachtet worden: zwischen K1 und K4 beträgt die Gesamtspannung 6 Vss. Die Schaltung in Abb. 42 ergibt keine Ausgangsspannung, weil die Teilspannungen entgegengesetzt gepolt sind und sich damit aufheben.

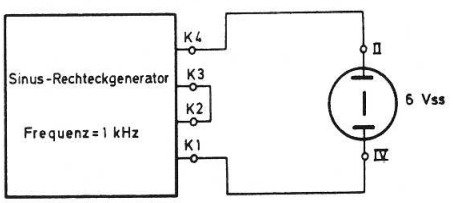


Abb. 41

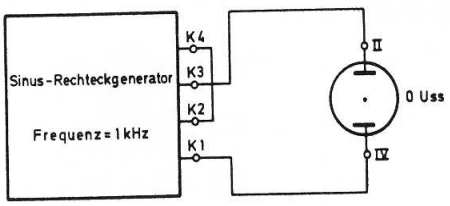


Abb. 42

3.14. Spule und Kondensator als Parallelschwingkreis (Resonanz)

Wenn der kapazitive Widerstand eines Kondensators und der induktive Widerstand einer Spule gleich groß sind, spricht man von Resonanz. Für die Induktivität L und die Kapazität C ist das nur bei einer bestimmten Frequenz der Fall. Bei Resonanz ergibt sich für den idealen Parallelschwingkreis ein fast unendlich hoher Widerstand. Diesen Effekt nutzt man aus, um beispielsweise beim Rundfunkempfang aus der Vielzahl der von der Antenne aufgenommenen Sender nur eine bestimmte Frequenz herauszutrennen. Mit dem Beispiel nach Abb. 43 können wir diesen Wert nicht erreichen; die Induktivität von L1 ist im Verhältnis zur Kapazität von C1 viel zu klein. Aber die richtige Kapazität für den Resonanzpunkt 5 kHz läßt sich leicht ermitteln.

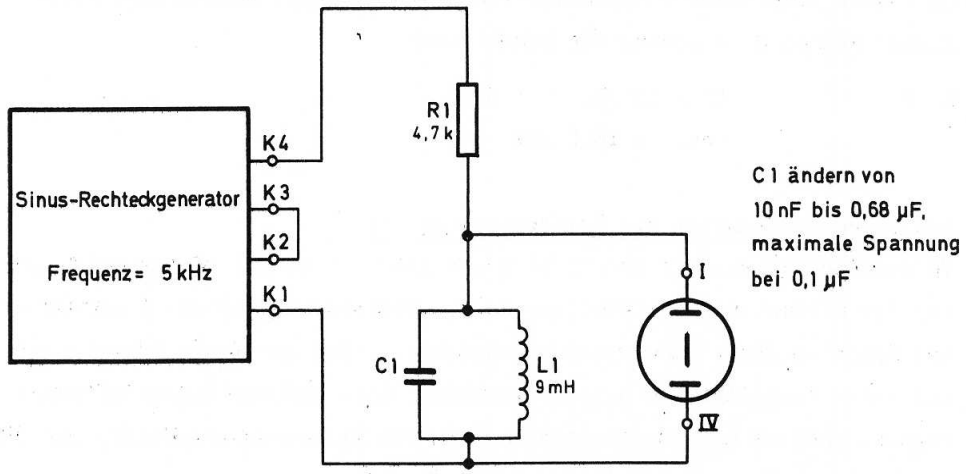


Abb. 43

Dazu wird der Generator auf eine Frequenz von 5 kHz eingestellt (die Widerstände R1 und R2 im Generator werden 1 kΩ). K2 und K3 werden überbrückt und der Parallelresonanzkreis über R1 mit den Generatorausgängen K1 und K4 verbunden. Jetzt muß die Kapazität von C1 zwischen 10 000 pF und 0,68 µF verändert werden. Bei C1 = 0,1 µF hat die Schwingkreisspannung ihren maximalen Wert. Es herrscht der Resonanzfall. Die Formel für die Resonanzfrequenz fres. lautet:

$$fres. = \frac{5033}{\sqrt{L \times C}}$$

wobei die Induktivität L in mH, die Kapazität C in pF und die Resonanzfrequenz fres. in kHz eingesetzt werden muß. Für dieses Beispiel ergibt

die Berechnung eine Frequenz von

$$fres. = \frac{5033}{\sqrt{L \times C}}$$

$$fres. = \frac{5033}{\sqrt{9 \times 100\,000}}$$

$$fres. = \frac{5033}{\sqrt{900\,000}}$$

$$fres. = \frac{5033}{950}$$

$$fres. = \underline{5{,}3 \text{ kHz}}$$

Zwischen dem experimentellen und rechnerischen Ergebnis besteht in etwa Übereinstimmung. Genau genommen müßte bei einer Resonanzfrequenz von 5 kHz der Kondensator C1 einen Wert von 0,1118 µF haben.
Da die Generatorfrequenz 5 kHz beträgt, ergeben alle anderen Werte bei C1 höhere oder tiefere Resonanzfrequenzen und damit schlechtere Ergebnisse. Rechne dies anhand der Formel nach.

Z. B. C1 = 10 nF, L = 9 mH
fres. = 16,8 kHz

3.15. Spule und Kondensator als Reihenschwingkreis

In der Abb. 44 sind C1 und L1 in Reihe geschaltet. Bei Resonanzfrequenz ist der Widerstand am kleinsten; an der Reihenschaltung aus Kondensator und Spule entsteht kaum ein Spannungsabfall. Das geringste Signal wird bei einer Kapazität von 0,1 µF gemessen. Alle anderen Kapazitätswerte ergeben größere Ausgangsspannungen. Für den Reihenresonanzkreis, der auch Saugkreis genannt wird, gilt auch die Formel

$$fres. = \frac{5033}{\sqrt{L \times C}}$$

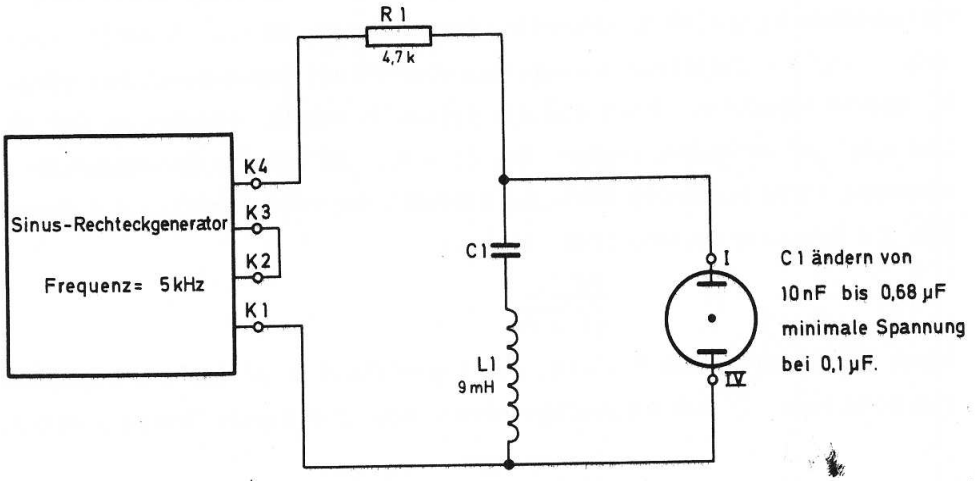


Abb. 44

4. Oszillografische Untersuchungen an Dioden- und Transistorschaltungen

4.1. Die Zeitablenkung

Bei allen vorangegangenen Schaltungen hast du nur die maximalen positiven und negativen Werte der Wechselspannung sichtbar gemacht. Um den Spannungsverlauf in Abhängigkeit von der Zeit erkennbar zu machen, muß der Strahl zusätzlich in der waagerechten Richtung abgelenkt werden. Die erforderliche Ablenkspannung soll in einer bestimmten Zeiteinheit möglichst linear ansteigen. Von ihrem Maximalwert muß sie sehr schnell wieder auf Null gehen. Um auf dem Oszillografenschirm ständig ein Bild zu erhalten, muß dieser Vorgang sich periodisch wiederholen. Wegen ihrer Form wird eine solche Ablenkspannung "Sägezahnspannung" genannt (siehe Abb. 45). Der langsame Anstieg, der auch Hinlauf genannt wird, muß in dem Frequenzbereich der abzubildenden Wechselspannung liegen, die Rücklaufzeit darf nur einen Bruchteil des Hinlaufs betragen.

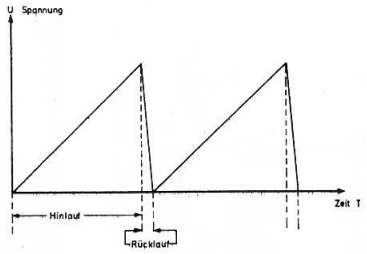


Abb. 45

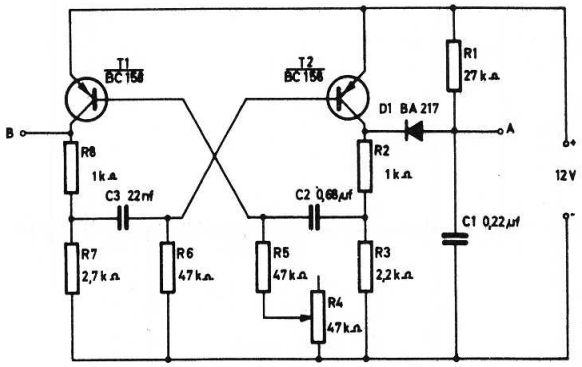


Abb. 46

Zunächst ein Beispiel für einen ganz einfachen Ablenkgenerator:
Auf dem freien Platz der Grundplatte wird die Schaltung nach Abb. 46 aufgebaut. Den Verdrahtungsplan findest du in Abb. 47. Wenn du den Ausgang A des Generators mit dem Eingang 4 der Bildröhreneinheit verbindest, erscheint ein waagerechter Strich (ca. 4 cm Länge) auf dem Bildschirm. Verbinde jetzt den Eingang I oder II des Oszillografen mit dem Sinus-Rechteckgenerator, und es erscheint die Kurvenform einer Wechselspannung.

Wie funktioniert dieser Zeitablenkgenerator? In erster Linie besteht er aus einem astabilen Multivibrator mit den PNP-Transistoren T1 und T2. Die Ein- und Ausschaltdauer von T2 ist unsymmetrisch, um den geforderten langsamen Anstieg und einen kurzen Abfall der Sägezahnspannung zu erreichen. Aus der Rechteckspannung am Kollektor von T2 soll nun eine Sägezahnspannung erzeugt werden. Dazu benötigst du die Bauelemente D1 / R1 und C1. Wenn der Transistor T2 leitend ist, kann über die Diode D1 kein

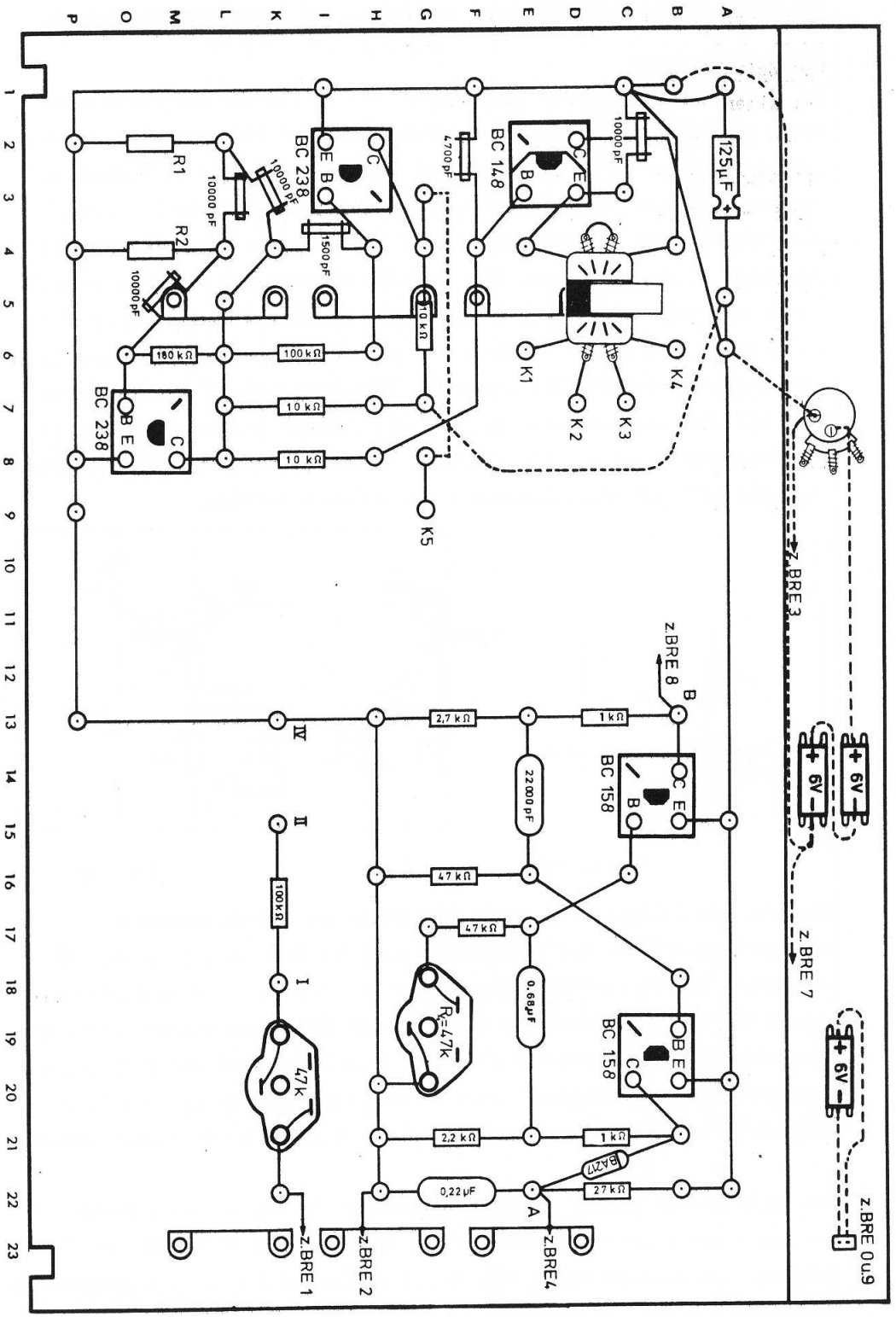

BC 238
BC 148
BC 158
R1
R2
10000 pF
1500 pF
4700 pF
125µF
180 kΩ
100 kΩ
10 kΩ
K1
K2
K3
K4
K5
z.BRE 3
z.BRE 8
z.BRE 7
z.BRE 0u.9
z.BRE 1
z.BRE 2
z.BRE4
2,7 kΩ
1 kΩ
22000 pF
47 kΩ
0,68µF
2,2 kΩ
0,22µF
27 kΩ
BA217
47k
R=47k
6V

Abb. 47

Strom fließen. C1 lädt sich über den Widerstand R1 langsam positiv auf (Hinlauf). Wird T2 gesperrt, dann kann sich C1 über D1 / R2 und R3 sehr schnell entladen. Am Ausgang A entsteht also eine Sägezahnspannung mit langsamem Hinlauf und schnellem Rücklauf. Die Frequenz des Generators läßt sich mit R4 einstellen.

Betrachte noch einmal die Wechselspannungskurve auf dem Bildschirm. Sicherlich "läuft" das Oszillogramm - es entsteht kein feststehendes Bild. Der Regler R4 muß sehr feinfühlig eingestellt werden, um das Bild für einen Augenblick festzuhalten. Nach kurzer Zeit hat sich die Einstellung wieder verändert. Außerdem wird das Oszillogramm auf der rechten Bildschirmhälfte zusammengedrückt. Ursache hierfür ist die Anstiegsform der Ablenkspannung. Sie ist nicht linear. Auch der Rücklauf läßt sich auf dem Bildschirm erkennen. Er kann unterdrückt werden, indem während der Rücklaufphase eine positive Spannung an den Austasteingang 8 der Bildröhreneinheit angelegt wird. Dieser Impuls ist am Kollektor von T1 vorhanden. Der Ausgang ist mit B gekennzeichnet.
Unsere Ablenkschaltung hat also zwei wesentliche Nachteile:
1. kein feststehendes Bild, 2. das Bild ist schmal und nicht linear. Aus diesen Gründen kann sie für alle weiteren Versuche nicht verwendet werden.

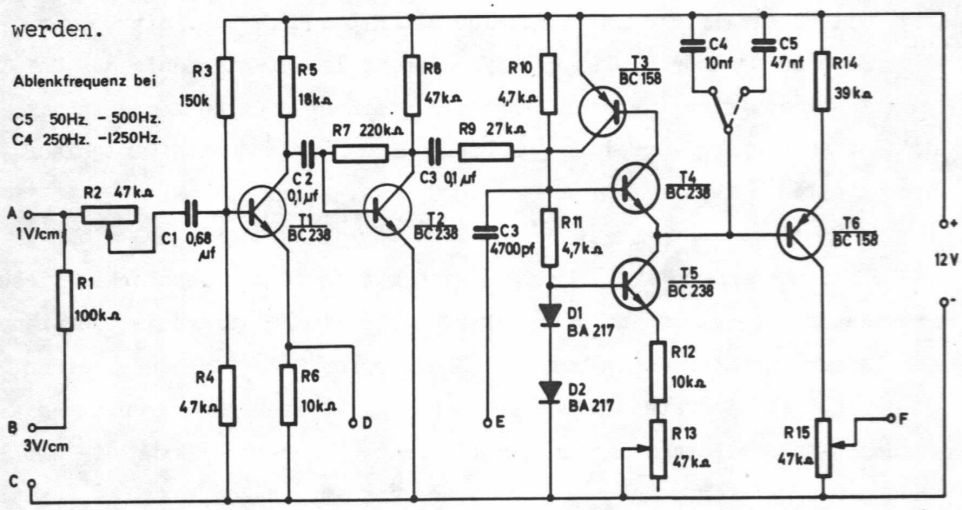


Abb. 48

4.2. Oszillograf mit umschaltbarer Zeitablenkung

Einen einfachen Oszillografen mit umschaltbarer Zeitablenkung zeigt die Schaltung in Abb. 48. Das sichtbar zu machende Eingangssignal gelangt über R2 und C1 auf die Basis von T1. Am Emitterwiderstand R6 wird die Wechselspannung unverstärkt abgenommen und dem Vertikaleingang 1 der Bildröhreneinheit zugeführt. C2 verbindet den Kollektor von T1 mit der Basis von T2. Dieser Transistor arbeitet als Synchronisationsverstärker.

Er hat die Aufgabe, aus der in einer beliebigen Kurvenform vorhandenen Eingangswechselspannung ein Rechteck zu erzeugen. Der Impuls dient zur Synchronisierung des Zeitablenkgenerators. Synchronisieren bedeutet, einen Gleichlauf zwischen Generatorfrequenz und der Eingangswechselspannung herzustellen. T3, T4 und T5 bilden den eigentlichen Ablenkgenerator. Dabei sind T3 und T4 als Ersatz für einen "Unijunktionstransistor" geschaltet. Dieses Halbleiterelement hat die Eigenschaft eines spannungsabhängigen Schalters. Wenn die Emitterspannung eine bestimmte Höhe überschreitet, wird der Transistor leitend. Die Schaltschwelle kann durch die Basisvorspannung bestimmt werden.

In dem Oszillografenschaltbild bestimmt die Gleichspannung am Verbindungspunkt R10 / R11 den Schaltmoment. Die weitere Funktion ist nun leicht zu verstehen. Der zeitbestimmende Kondensator C4 bzw. C5 wird über T5 und seine Emitterwiderstände R12 und R13 mit einem konstanten Strom aufgeladen. Dadurch entsteht am Ladekondensator eine linear ansteigende Spannung, die so lange zunimmt, bis die Basisvorspannung an R10 überschritten wird. Dann werden T3 und T4 schlagartig leitend und der Kondensator entladen. Dieser Vorgang wiederholt sich periodisch. Die Aufladezeit (Frequenz) läßt sich mit R13 und C4 bzw. mit C5 verändern. Über C3 und R9 wird der Synchronimpuls auf die Basis des Unijunktionstransistors gegeben. Positive Spannungsspitzen können somit den Entladevorgang vorzeitig auslösen, um den geforderten Gleichlauf herzustellen.

Die Sägezahnspannung an C4 bzw. C5 wird mit T6 leicht verstärkt. Dieser Transistor ist sehr stark gegengekoppelt, damit der Eingangswiderstand den Ladekondensator wenig belastet. Bei großer Belastung durch einen niederohmigen Widerstand würde der Spannungsverlauf wieder unlinear werden. Mit dem Potentiometer R15 (Kollektorwiderstand) kann die Amplitude der Generatorspannung geregelt werden. Am Ausgang E stehen positive Impulse zur Verfügung. Sie können zur Rücklaufunterdrückung verwendet werden, da sie zeitlich mit dem Entladevorgang des zeitbestimmenden Kondensators zusammenfallen.

In Abb. 49 sehen wir die einzelnen Verbindungen zwischen der Bildröhreneinheit und dem Oszillografen. Die Abb. 50 zeigt den Verdrahtungsplan, der freie Platz in der Mitte dient zum Aufbau der nachfolgenden Schaltungen. Eichen kannst du das Gerät wie in Kap. 3.1. beschrieben, wobei

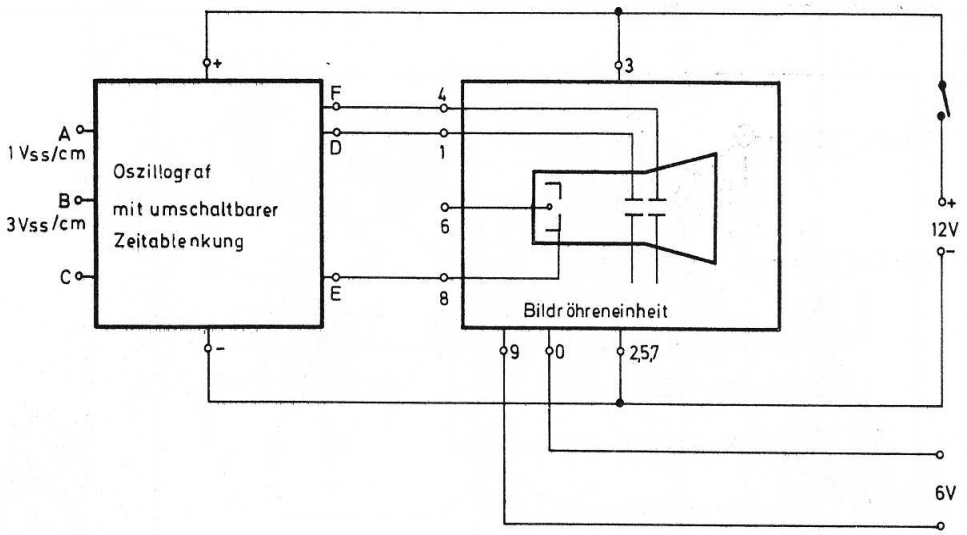


Abb. 49

die Anschlüsse nach der Abb. 51 zu schalten sind. Mit dem Regler R2 wird dann die abgebildete Rechteckspannung auf 2 cm Bildschirmhöhe eingestellt. Nach dem Abgleichen hat der Eingang A eine Empfindlichkeit von 1 Vss/cm, der Eingang B 3 Vss/cm. Die Bildbreite kannst du mit R15 einstellen. Wenn du die Frequenz verändern willst, mußt du an R13 drehen oder mit Hilfe einer Drahtbrücke von C4 auf C5 umschalten. Die jeweiligen Ausgangsfrequenzen kannst du der Tabelle in Abb. 48 entnehmen.

Wichtig ! Nach dem Eichvorgang darf R2 nicht mehr verstellt werden.

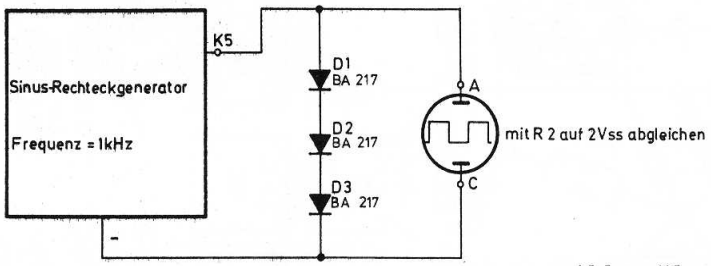


Abb. 51

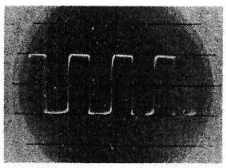


Abb. 51 a

4.3. Verschiedene Wechselspannungsformen

Um mit dem Oszillografen vertraut zu werden, sollst du zunächst einfache Wechselspannungen messen. Die Abb. 52 zeigt die Meßanordnung. Zwischen den Punkten K1 und K2 wird eine sinusförmige Spannung mit der Amplitude von 3 Vss oszillografiert. Falls sich kein stehendes Bild auf dem Oszillografenschirm zeigt, mußt du den Regler R13 verstellen. Bei einem bestimmten Punkt rastet das Bild merklich ein. Außerdem kannst du das Oszillogramm mit Hilfe der Ablenkfrequenz (R13, C4, C5) dehnen oder zusammendrücken. Dieser Effekt hängt mit dem Verhältnis von Eingangsfre-

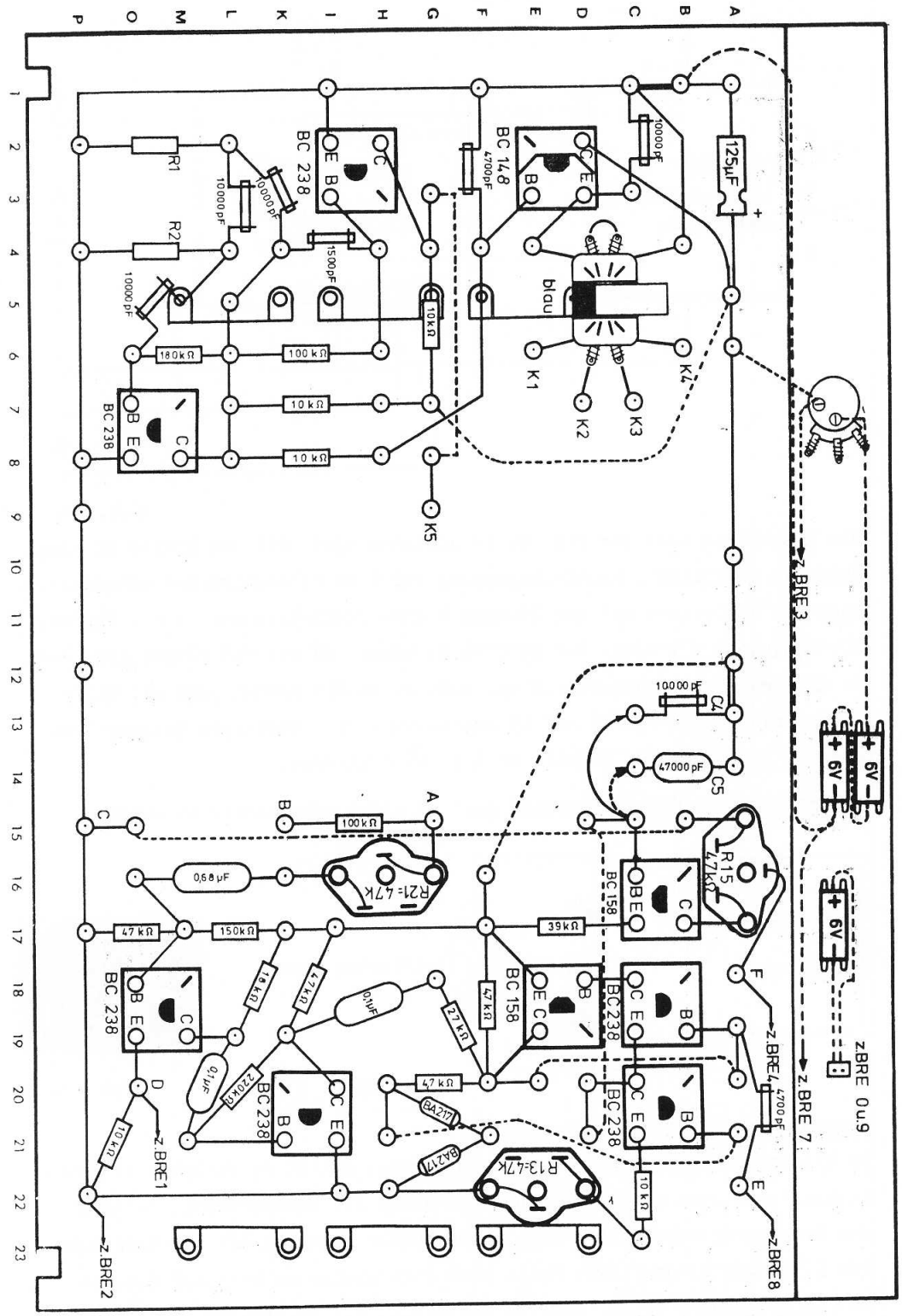

BC 238
BC 148
BC 158
R1
R2
R15
R21=47K
R13=47K
125µF
blau
K1
K2
K3
K4
K5
C4
C5
10000 pF
47000 pF
4700 pF
1500 pF
10 kΩ
100 kΩ
180 kΩ
47 kΩ
150 kΩ
39 kΩ
0,68 µF
0,1µF
220 kΩ
27 kΩ
BA217
6V
z.BRE 1
z.BRE 2
z.BRE 3
z.BRE 4
z.BRE 7
z.BRE 8
z.BRE 0u.9

Abb. 50

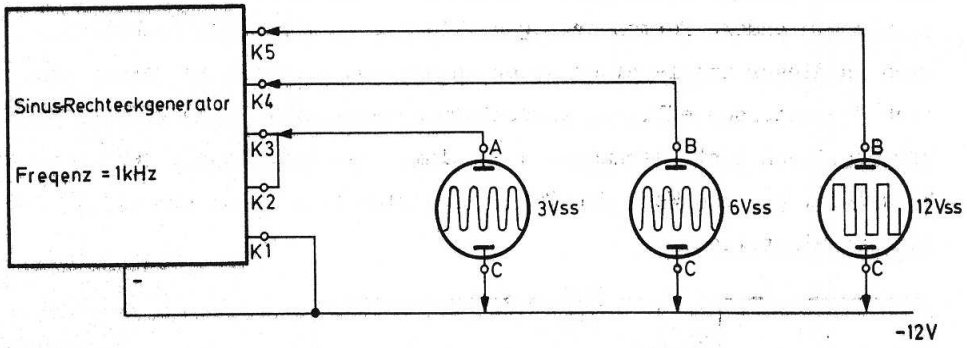


Abb. 52

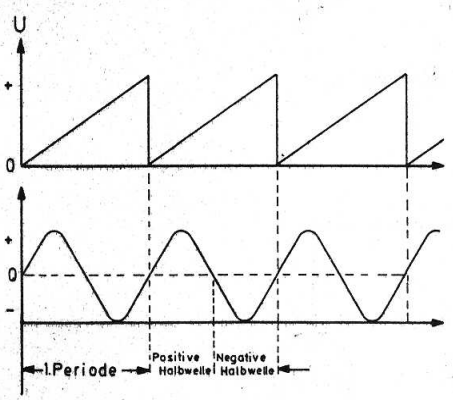


Abb. 53

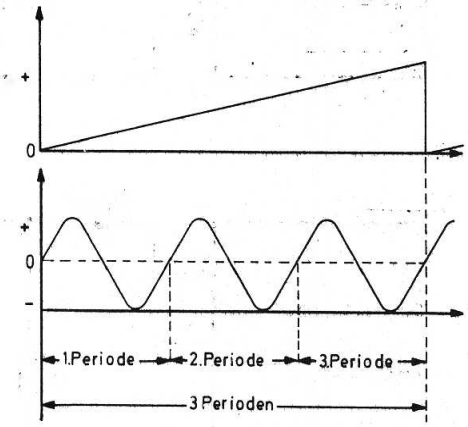


Abb. 53 a

quenz zur Zeitablenkfrequenz zusammen. In Abb. 53 findest du zwei grafische Darstellungen. Die erste zeigt eine schnelle Ablenkfrequenz, deshalb wird nur eine Periode auf dem Bildschirm sichtbar. Bei der zweiten Zeichnung ist die Ablenkfrequenz langsamer geworden, und es erscheinen 3 volle Perioden.

Wenn du den Oszillografen mit den Generatorklemmen K1 und K4 verbindest, zeigt der Bildschirm eine sinusförmige Spannung mit 6 Vss. Bei dieser Spannung wird der Eingang A schon übersteuert, du mußt also den Eingang B benutzen.

Zwischen K5 und dem Minuspol der Batterie ist eine rechteckförmige Spannung von 12 Vss vorhanden.

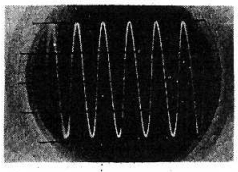


Abb.53 b

Bild synchronisiert

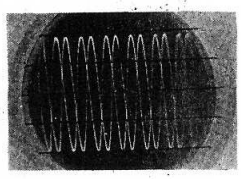
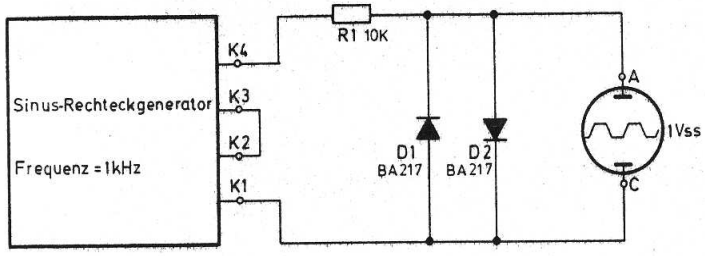


Abb.53 c

Bild nicht synchronisiert

Mit Hilfe einiger Bauelemente lassen sich aus den Sinus- und Rechteckspannungen andere Formen erzeugen. Wie das im einzelnen funktioniert, wird an dieser Stelle nicht näher untersucht, sondern es werden lediglich die unterschiedlichen Kurvenformen betrachtet. Wenn du Spaß am Experimentieren hast, verändere doch einmal die Bauelemente der Schaltungsbeispiele. Je nach Wert der Teile wird sich eine etwas abgewandelte Kurvenform einstellen.



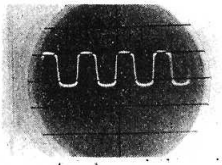
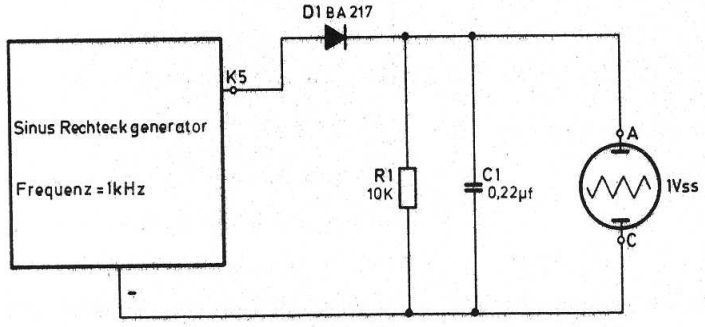


Abb. 54



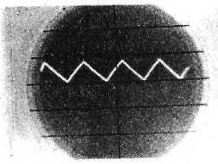
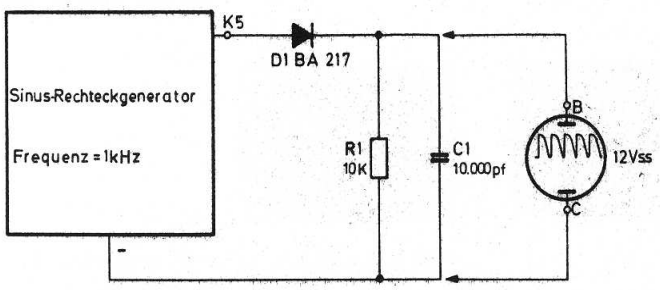


Abb. 55

Abb. 54 zeigt eine leicht trapezförmige Spannung, die mit R1, D1 und D2 aus der Sinusschwingung gewonnen wird. Die Schaltung nach Abb. 55 erzeugt eine Dreieckspannung. Auch hier sind bei vorhandenem Rechteckgenerator nur 3 Bauelemente erforderlich. In Abb. 56 ist C1 auf 10 000 pF verkleinert worden, und schon ist aus der Dreieckspannung ein verbogener Sägezahn geworden.



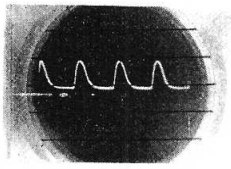
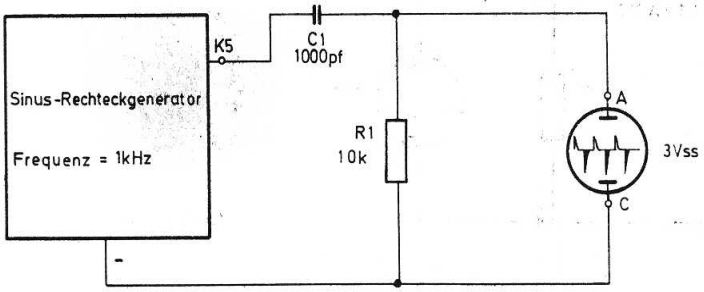


Abb. 56



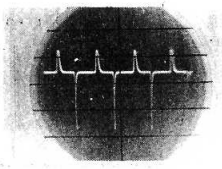
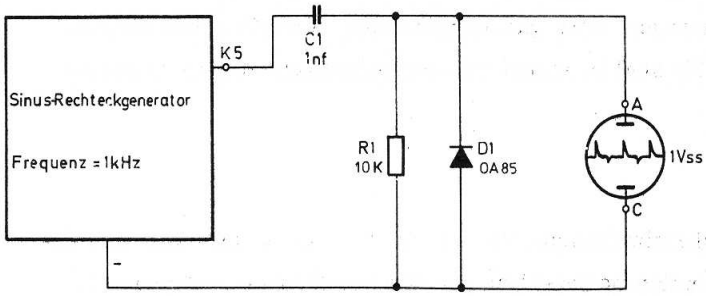


Abb. 57



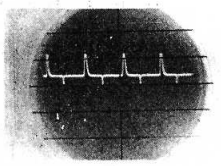
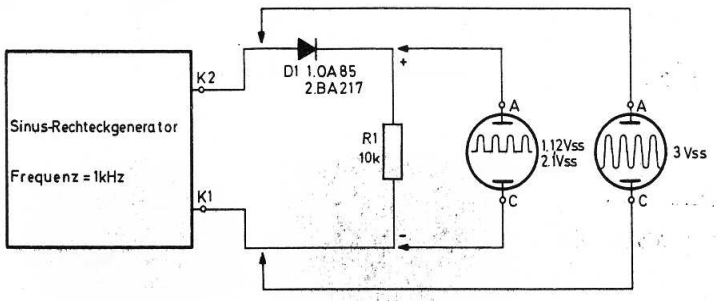


Abb. 58

Die Reihenschaltung von C1 und R1 an einer Rechteckspannung ergeben negative und positive Nadelimpulse (siehe Abb. 57). Mit Hilfe einer OA 85 (D1) können die negativen Impulse stark unterdrückt werden (Abb.58).

4.4. Die Diode als Gleichrichter (Einweggleichrichtung)

Verbinde die Ausgänge K1 und K2 mit einer Reihenschaltung aus D1 und R1 (Abb. 59). Diesen Aufbau bezeichnen wir als eine Gleichrichterschaltung. Dabei ist die Diode D1 als Ventil und R1 als Arbeits- oder Lastwiderstand aufzufassen. Die Diode läßt in dieser Schaltung nur die positiven Halbwellen der Wechselspannung durch, für die negativen Anteile ist die Diode gesperrt. An R1 lassen sich deshalb nur die positiven Spitzen oszillografieren. Da je nach Diodentype in Durchlaßrichtung ca. 0,3 bis 0,7 V Spannung abfallen, ist die Ausgangsspannung nicht genau die Hälfte der Eingangsspannung. Bei der OA 85 kannst du ca. 1,2 Vss, bei der BA 217 ca. 1 Vss messen. Ursache für die unterschiedliche Ausgangsspannung ist das Halbleitermaterial. Bei Germanium (OA 85) beträgt die Durchlaßspannung ca. 0,3 V und bei Silizium (BA 217) ca. 0,7 V.



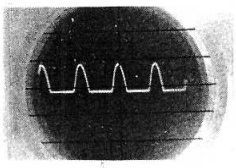


Abb. 59

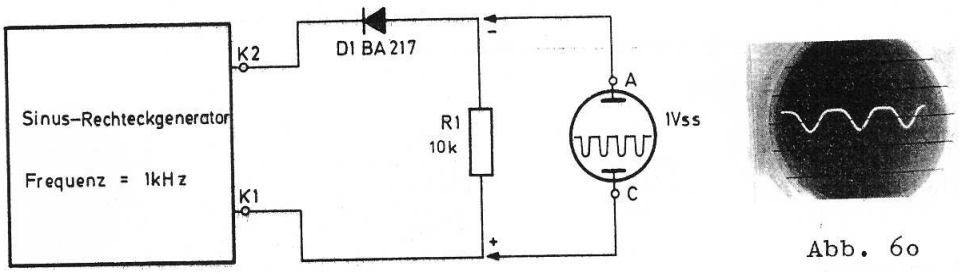


Abb. 6o

Mit einer Siebschaltung, die du später noch kennenlernst, läßt sich aus dieser noch stark pulsierenden eine gut geglättete, positive Gleichspannung erzeugen. Die Abb. 60 stellt einen Einweggleichrichter mit negativer Ausgangsspannung dar.

4.5. Zweiweggleichrichtung

Im Gegensatz zur Einweggleichrichtung werden in der Schaltung nach Abb.61 zwei positive Wechselspannungshalbwellen zur Gleichrichtung ausgenutzt. Für diese Gleichrichterart sind zwei Transformatorenwicklungen notwendig, die, vom Mittelpunkt K2 / K3 ausgehend, zwei entgegengesetzt gerichtete Wechselspannungen liefern.

Im Zeitpunkt X wird von D2 die positive Halbwelle durchgelassen und D1 mit der negativen Halbwelle an K1 gesperrt. Die nächste Halbwelle (Y) ist für die Diode D2 negativ und kann deshalb nicht auf den Arbeitswiderstand gelangen. Dann ist aber D1 leitend und verursacht an R1 einen positiven Spannungsabfall. Innerhalb einer Wechselspannungsperiode erhalten wir an R1 zwei positive Halbwellen. Die pulsierende Gleichspannung hat also die doppelte Frequenz der gleichzurichtenden Spannung.

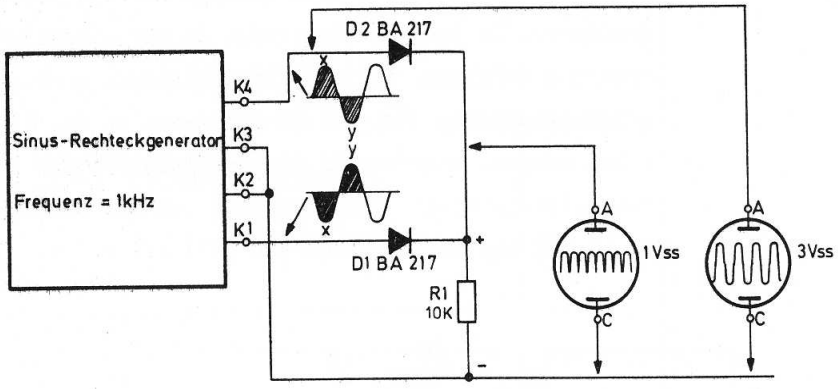
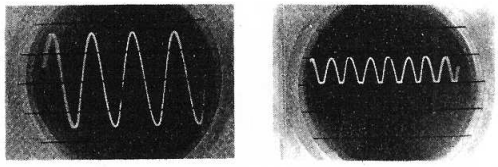
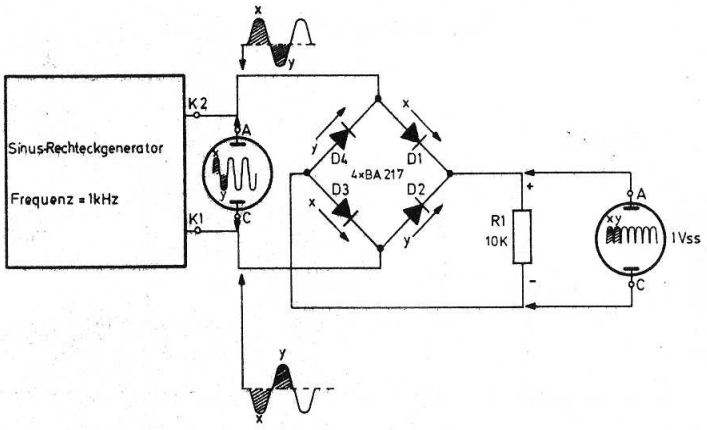


Abb. 61





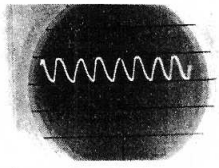


Abb. 62

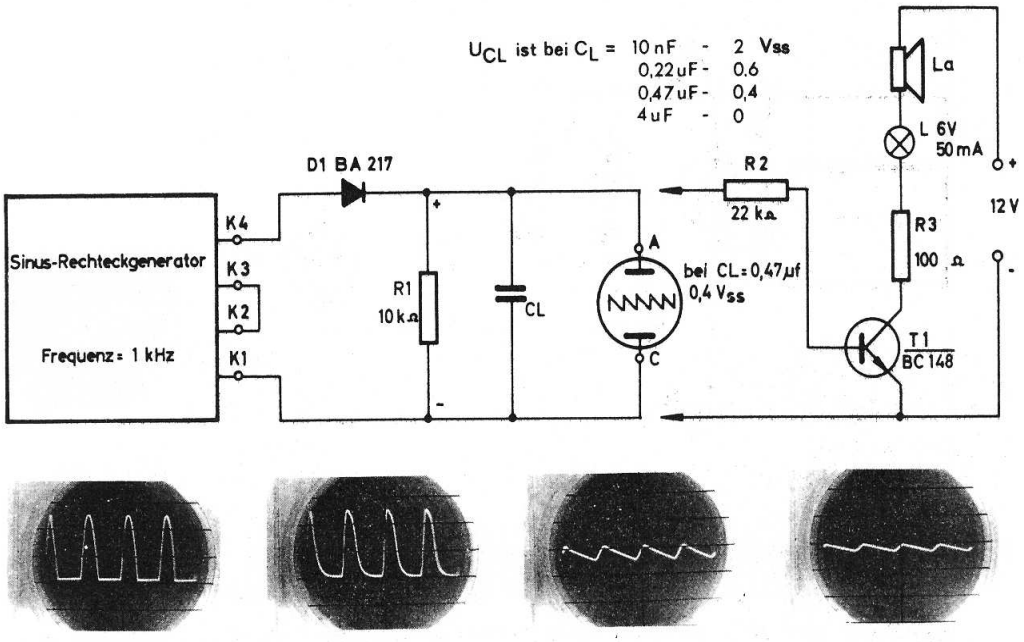
4.6. Brücken- oder Graetzgleichrichtung

Auch die Schaltung in Abb. 62 ist eine Zweiweggleichritung. Sie hat den Vorteil, daß man nur eine Transformatorwicklung benötigt. Während einer Halbwelle sind jeweils 2 Dioden leitend.
In der Abb. 62 sind an den Klemmen K1 und K2 die zeitlichen Verläufe der Wechselspannungen angegeben und gleiche Augenblickswerte mit X und Y gekennzeichnet. Zur Zeit X ist an K2 eine positive und an K1 eine negative Halbwelle vorhanden. Die Dioden D1 und D3 leiten und verursachen an R1 einen positiven Spannungsabfall. Im Augenblick Y ist an K1 eine positive, an K2 dagegen eine negative Halbwelle vorhanden. Deshalb werden jetzt D2 und D4 leitend. Wieder entsteht an R1 eine positiv pulsierende Spannung. Auch in dieser Schaltung hat sich die Frequenz der Brummspannung (Brummspannung ist der pulsierende Anteil der Gleichspannung am Arbeitswiderstand R) gegenüber der Generatorfrequenz verdoppelt.

4.7. Wirkungsweise von Siebschaltungen

Alle vorgenannten Schaltungen haben noch einen wesentlichen Nachteil. Sie liefern eine stark pulsierende Gleichspannung. Wenn über einen Gleichrichter ein elektronisches Gerät betrieben werden soll, muß die Gleichspannung gut geglättet sein, da sonst Störungen auftreten.

Die Abb. 63 zeigt eine Einweggleichrichterschaltung. Um ein hohe Ausgangsspannung zu erhalten, sind beide Generatorausgänge in Reihe geschaltet. Parallel zum Arbeitswiderstand R1 liegt CL . Er wird als Ladekondensator bezeichnet. Dieser Kondensator lädt sich bis auf den Spitzenwert der positiven Halbwellen auf und macht so aus der pulsierenden eine gut gesiebte Gleichspannung. Dabei muß CL in seiner Kapazität auf die Gleichrichterschaltung, die Frequenz und den Laststrom abgestimmt sein.

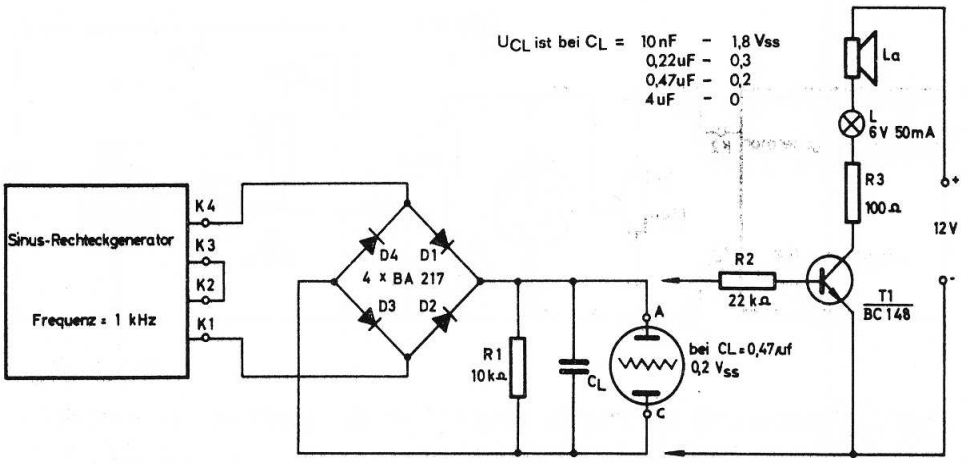


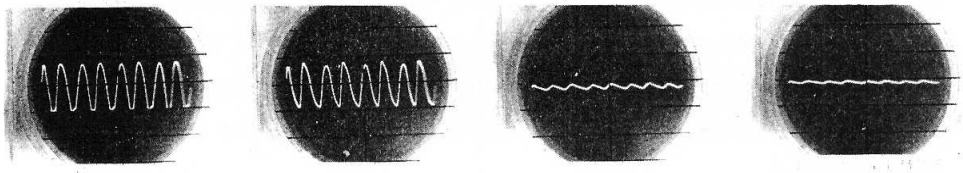
ohne CL CL = 10 nF CL = 0,22 µF CL = 0,47 µF

Abb. 63

Wenn der Oszillograf an den Arbeitswiderstand R1 geklemmt wird, kannst du ohne CL eine Brummspannung von über 2 Vss messen. Bei CL = 10 000 pF verändert die pulsierende Gleichspannung etwas ihre Form. Ist der Ladekondensator 0,47 µF groß, dann beträgt die Brummspannung nur noch 0,4 Vss. Wenn auf dem Oszillografenschirm mit steigender Kapazität von CL die Wechselspannung geringer wird und der waagerechte Strich in seine Ruhestellung geht, so bedeutet das nicht, daß auch die Gleichspannung am Ladekondensator kleiner geworden ist, sondern der Oszillograf kann keine Gleichspannungen anzeigen. Ein einfacher Versuch zeigt, wie sich diese Wechselspannung an einer Verstärkerschaltung noch auswirken würde. Der Transistor T1 mit dem Lautsprecher und der Lampe (L) im Kollektorkreis dient dabei als Indikator für die Gleich- und Brummspannung. L weist eine vorhandene Gleichspannung an R1 nach, und der Lautsprecher spricht auf den Wechselspannungsanteil an. Da ein NPN-Transistor bei einem positiven Basisstrom leitend wird, können auch nur positive Spannungen nachgewiesen werden. Wenn der Indikator mit der Gleichrichterschaltung verbunden wird, kommt bei C = 0,47 µF aus dem Lautsprecher ein Ton, und die Lampe leuchtet auf. Bei einem Ladekondensator von 4 µF oder 10 µF ist nur noch die Lampe in Funktion. Der Wechselspannungsanteil ist durch die hohe Kapazität des Kondensators vollkommen verschwunden.

Wenn die Frequenz der Wechselspannung steigt, kann die Kapazität ge-





ohne CL CL = 1o nF CL = o,22 /uF CL = o,47 /uF

Abb. 64

ringer werden. Das kannst du leicht nachweisen, indem du bei CL = 0,47 /uF die Generatorfrequenz erhöhst. Bei steigender Belastung muß die Kapazität wieder größer werden, da der aufgeladene Kondensator sich zum Zeitpunkt der negativen Halbwelle schneller entladen kann. Die Zweiwegschaltung ist hinsichtlich der Größe von CL etwas günstiger, weil die Brummspannung gegenüber der Einweggleichrichtung die doppelte Frequenz hat. Abb. 64 zeigt diesen Versuch. Wenn du beide Schaltungen durch Messungen vergleichst, wirst du schnell den Unterschied erkennen.

4.8. Transistor als Verstärker

Der Transistor kann als Schalter und Verstärker eingesetzt werden. Damit du die Bedeutung der speziellen Widerstandswerte einer Verstärkerschaltung erkennst, sollst du einige Untersuchungen anstellen. Zunächst kann jeder Verstärker als ein Vierpol bezeichnet werden. Das bedeutet, daß die Schaltung 2 Eingangsklemmen und 2 Ausgangsklemmen hat. Ein Transistoranschluß ist wechselspannungsmäßig immer mit einer Eingangsklemme und einer Ausgangsklemme verbunden. Nach dieser Transistorelektrodewird die Schaltung benannt. Die Abb. 65 zeigt einen Transistorverstärker in Emitterschaltung. Das bedeutet, der Emitter ist der gemeinsame Bezugspunkt für die Eingangs- und Ausgangsspannung. Die Generatorspannung wird über R6 auf einen Spannungsteiler (R4 und R5) gegeben. Beide Widerstände reduzieren die Schleiferspannung auf den zehnten Teil. An R5 fällt die

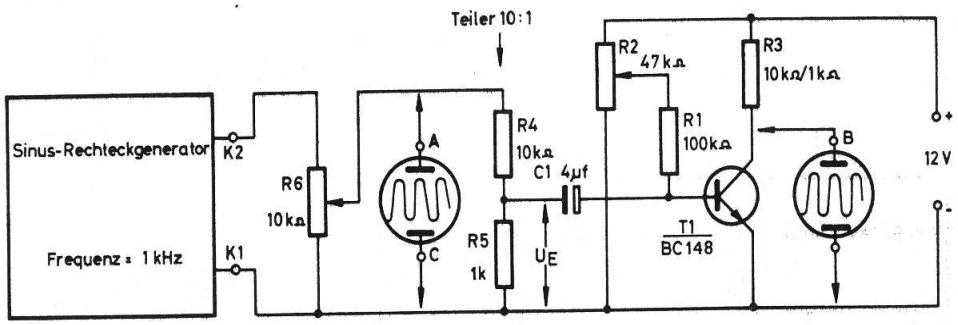


Abb. 65

Eingangsspannung UE ab, und CL läßt sie an der Basis von Tl wirksam werden. Mit dem Widerstand R2 kannst du den Basisstrom, der über Rl fließt, einstellen. Die vom Transistor verstärkte Eingangsspannung erhältst du am Kollektor. Sie wird mit Ausgangsspannung (UA) bezeichnet. Verstärkungsfaktor und Kollektorwiderstand stehen dabei in einem bestimmten Verhältnis zueinander, wie durch die folgende Berechnung deutlich wird.

Zunächst wird für R3 ein Wert von 10 kΩ eingesetzt. Mit dem Regler R6 mußt du den Schleifer auf eine Wechselspannung von 0,5 Vss einstellen. Dann ist die Eingangsspannung UE = 0,5 Vss : 10 = 0,05 Vss. Verändere jetzt R2, bis am Kollektor eine möglichst große und unverzerrte Ausgangsspannung UA entsteht. Als Verzerrungen bezeichnet man in diesem Zusammenhang das Abflachen der Spitzen einer Sinusschwingung (siehe Abb. 66). Die Ausgangsspannung beträgt in der gefundenen Reglerstellung ca. 9 Vss. Diese Schaltung hat dann einen Verstärkungsfaktor V von

$$V = \frac{UA}{UE}$$

$$V = \frac{9\ Vss}{0{,}05\ Vss}$$

$$V = \underline{180\text{-fach}}$$

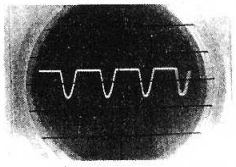


Abb. 66

Wenn nun mit R6 die Eingangsspannung erhöht wird, tritt eine Übersteuerung des Verstärkers ein, die positiven und negativen Halbwellen der Ausgangsspannung werden abgeflacht. Die Höhe der Betriebsspannung begrenzt also das Ausgangssignal.

Wenn du R3 auf 1 kΩ verringerst, wird der Verstärkungsfaktor kleiner. Bei einem Eingangssignal von UE = 0,05 Vss (Spannung am Schleifer von R6 = 0,5 Volt) beträgt die Ausgangsspannung 4,5 Vss. Allerdings muß der Arbeitspunkt des Verstärkers (R2) neu eingestellt werden. Die Verstärkung

der Schaltung beträgt

$$V = \frac{UA}{UE}$$

$$V = \frac{4,5\ Vss}{0,05\ Vss}$$

$$V = \underline{90\text{-fach}}$$

Der Verstärkungsfaktor ist um die Hälfte gesunken; 9 Vss Ausgangsspannung lassen sich nur durch eine höhere Eingangswechselspannung erreichen. Diese beschriebene Schaltungsart ist besonders temperaturempfindlich, und deshalb benutzt man fast ausschließlich die nachfolgenden temperaturstabilisierten Verstärkerschaltungen. Sie arbeiten mit einer Gegenkopplung vom Kollektor zur Basis.

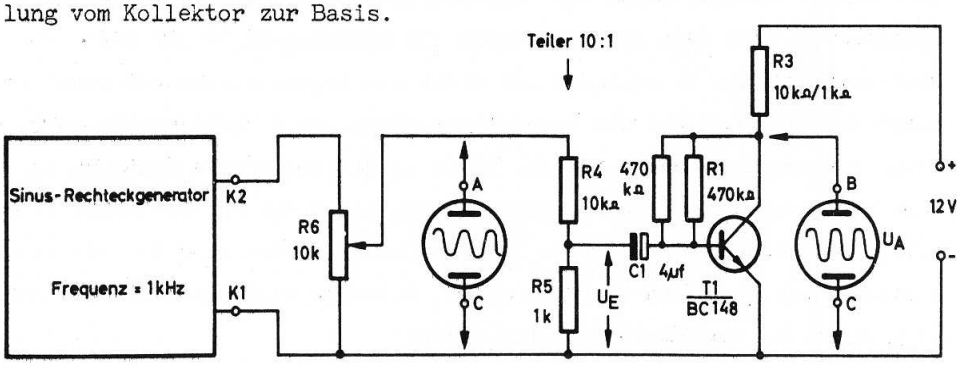


Abb. 67

In Abb. 67 hat der Basiswiderstand R1 einen festen Wert und ist mit dem Kollektor des Transistors verbunden. Dadurch wird der Arbeitspunkt stabil gehalten. Wenn z.B. durch eine Temperaturerhöhung der Kollektorstrom ansteigt, nimmt die Kollektorspannung im gleichen Verhältnis ab. Über die Gegenkopplung (R1) kann dann nur ein geringer Basisstrom fließen, wodurch der Kollektorstrom wieder sinkt. Das bezeichnet man als Gegenkopplung.
Mit der Formel $V = \frac{UA}{UE}$ und einigen Messungen kannst du den Verstärkungsfaktor dieser Schaltung leicht bestimmen.

Die Schaltung nach Abb. 68 erlaubt dir, die Polarität der Ausgangsspannung festzustellen. Dazu muß die Zeitablenkung von der Bildröhreneinheit

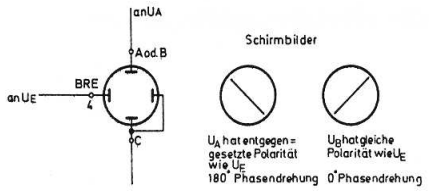


Abb. 68

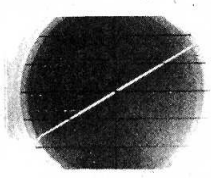


Abb. 69

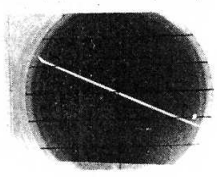


Abb. 7o

getrennt werden. Die Klemme 4 der Bildröhreneinheit wird mit dem Generatorausgang K2 verbunden, der Eingang B des Oszillografen verbleibt am Ausgang des Verstärkers. Auf dem Bildschirm erscheint eine geneigte Linie. Sind Ein- und Ausgangsspannung in gleicher Polarität vorhanden, entsteht das Schirmbild wie in Abb. 69. Entgegengesetzt gerichtete Spannungen erzeugen das Bild wie in Abb. 70.
Die Verstärkerschaltung hat die Polarität der Eingangsspannung um 180° gedreht.

4.9. Verstärker und Gegenkopplung

Bei der Schaltung nach Abb. 71 wird der Arbeitspunkt nicht durch den Basisstrom, sondern durch eine Basisvorspannung eingestellt. Der Kollektorstrom wird dann nur noch durch die Spannung an R2 und durch den Emitterwiderstand R1 bestimmt. R1 wirkt als Gegenkopplung und stabilisiert den Arbeitspunkt des Transistors. Wenn der Kollektorstrom infolge einer Temperaturerhöhung steigt, fällt an R1 eine höhere Spannung ab. Durch die konstante Teilerspannung am Schleifer von R2 verringert sich die zwischen Basis und Emitter liegende wirksame Vorspannung des Transistors, und der Kollektorstrom sinkt. Außerdem wird durch den Emitterwiderstand der Verstärkungsfaktor kleiner.

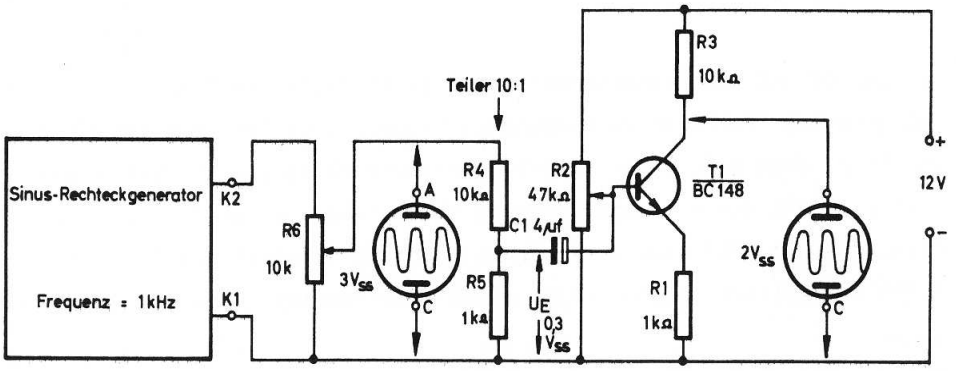


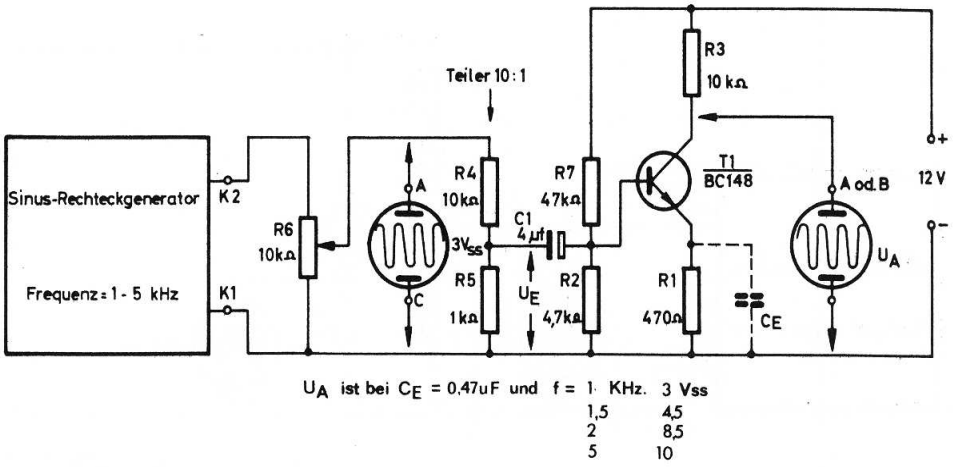
Abb. 71

Für die erste Messung stelle eine Eingangsspannung von 0,3 Vss (3 Vss am Schleifer von R6) ein, mit R2 verändere den Arbeitspunkt, bis am Ausgang eine möglichst große und unverzerrte Sinusschwingung vorhanden ist. Mit der gemessenen Ausgangsspannung von 2 Vss und der Eingangswechselspannung von 0,3 Vss errechnet sich ein Verstärkungsfaktor von

$$V = \frac{UA}{UE}$$

$$V = \frac{2}{0,3}$$

$$V = \underline{6,6\text{-fach}}$$



U_A ist bei C_E = 0,47uF und f = 1 KHz. 3 Vss
1,5 4,5
2 8,5
5 10

Abb. 72

Wenn wir den Emitterwiderstand auf 470 Ω verkleinern, erhalten wir eine Ausgangsspannung von 4 Vss.

$$V = \frac{UA}{UE}$$

$$V = \frac{4}{0,3}$$

$$V = \underline{13,2\text{-fach}}$$

Mit Hilfe des Kondensators CE läßt sich die Wechselstromgegenkopplung teilweise aufheben bzw. unwirksam machen. Das ist notwendig, um wieder auf einen möglichst hohen Verstärkungsfaktor zu kommen. Abb. 72 zeigt eine Verstärkerschaltung mit dem Emitterkondensator. Die Verstärkung ist jetzt frequenzabhängig geworden. Der kapazitive Widerstand von CE reduziert die Gegenkopplungsspannung am Emitterwiderstand. Mit kleiner werdendem Wechselstromwiderstand (hohe Eingangsfrequenz oder große Kapazität) steigt der Verstärkungsfaktor der Schaltung. Bei diesem Versuch kannst du die Frequenz des Generators oder CE verändern. Achte auf die Ausgangsspannung.

4.1o. Verstärker in Kollektorschaltung

Abb. 73 zeigt eine Kollektorverstärkerschaltung. Die Eingangswechselspannung gelangt über C1 auf die Basis von T1, und am Emitterwiderstand erhältst du das Ausgangssignal. Allerdings ist die Spannungsverstärkung etwas kleiner als 1. Der Unterschied gegenüber der Emitterschaltung nach Abb. 72 ist eine geringe Belastung der Eingangsspannung und ein niederohmiger Ausgang. Deshalb spricht man auch von einem Impedanzwandler. Durch die im Schaltbild eingezeichneten Messungen kannst du den Verstärkungsfaktor und die Polarität der Ausgangs- zur Eingangsspannung feststellen.

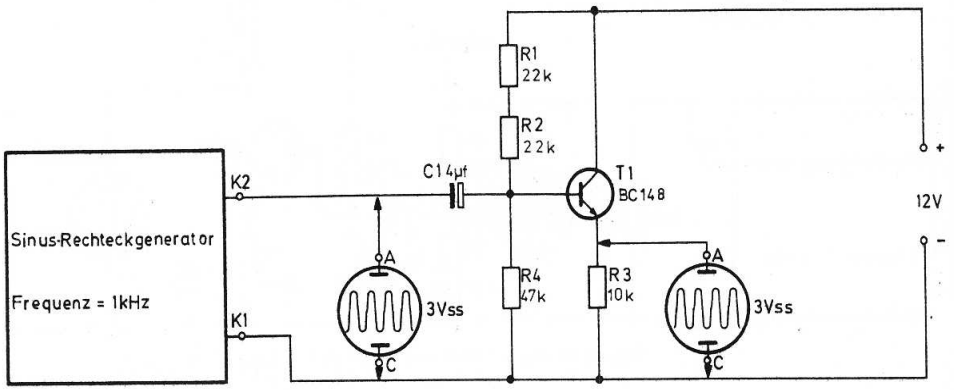


Abb. 73

4.11. Phasenumkehrstufe

Wenn für die elektrische Schaltung zwei Ausgangsspannungen mit entgegengesetzter Polarität (siehe A 4 in EE 1003) benötigt werden, wendet man in vielen Fällen die Phasenumkehrstufe an, die in Abb. 74 dargestellt ist. Man kann sie als eine Mischung aus Emitter- und Kollektorschaltung ansehen. Beide Ausgangsspannungen sind in etwa gleich groß, der Verstärkungsfaktor beträgt wie bei der Kollektorschaltung etwa 1, jedoch sind Eingangs- und Kollektorspannung nicht in "Phase".

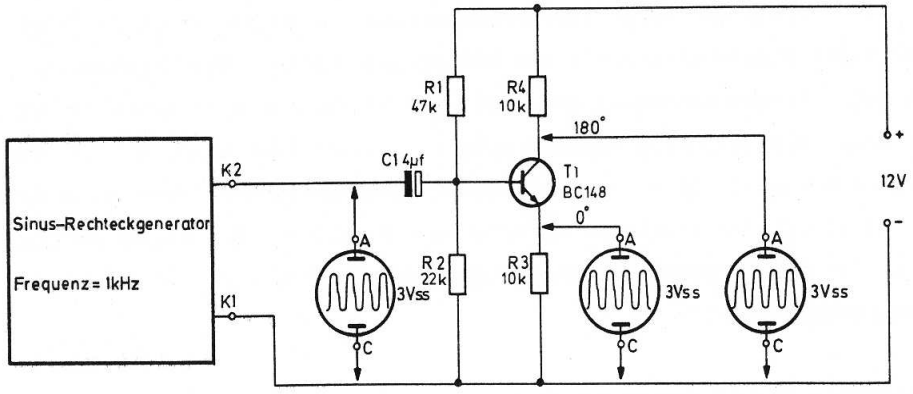
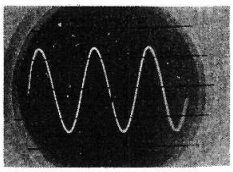


Abb. 74



5. Der Transistor als Schwingungserzeuger

5.1. Allgemeines über Oszillatoren

Als Oszillatoren oder Generatoren bezeichnet man "Schwingungserzeuger". Das sind im allgemeinen Transistorschaltungen, die mit Hilfe von Spulen, Kondensatoren und Widerständen aus einer Gleichspannung eine beliebige, sich periodisch ändernde Wechselspannungsform erzeugen. Oszillatoren werden vor allen Dingen in der Rundfunk- und Fernsehtechnik verwendet. Alle Schaltungen basieren auf einer sogenannten Rückkopplung. Die Polarität der Rückkopplungsspannung ist so gerichtet, daß die Schaltung sich selbst erregt und zu schwingen beginnt.

Was bedeutet der Ausdruck "schwingen"? - Betrachtet man einen L-C-Resonanzkreis, so wird man erkennen, daß mit "schwingen" das Hin- und Herpendeln zwischen dem elektrischen und magnetischen Feld gemeint ist. Die Abb. 75 zeigt das ganz deutlich.

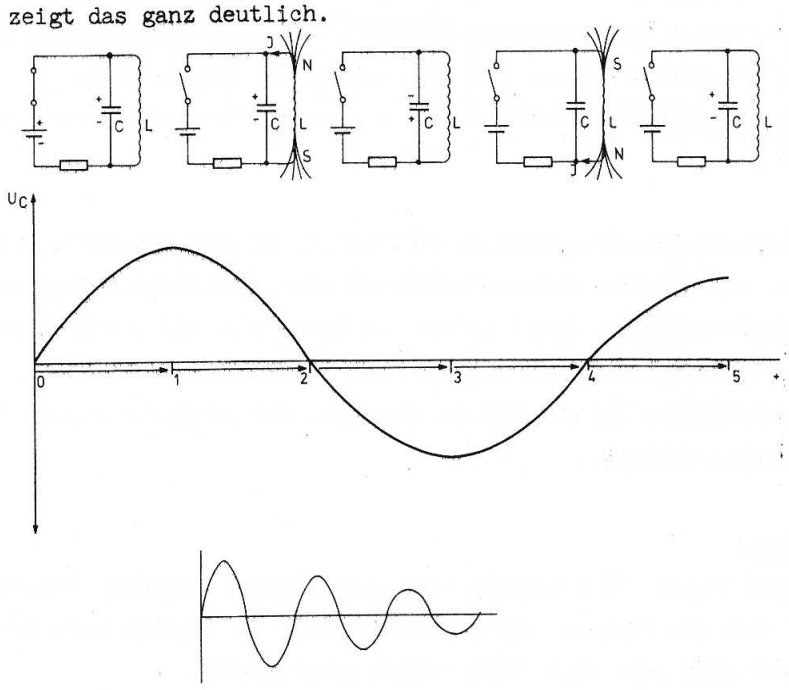


Abb. 75

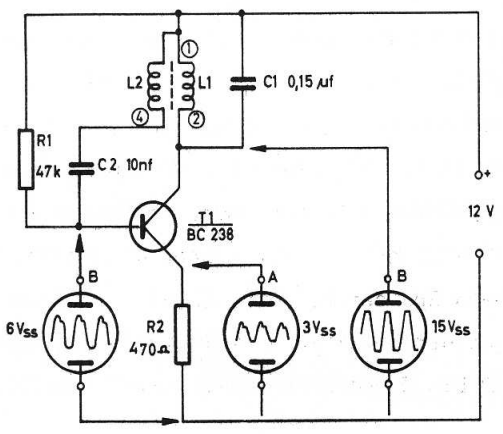
Nur für die Zeit von 0 bis 1 ist der Schwingkreis mit einer Batterie verbunden, der Kondensator C lädt sich auf den maximalen positiven Wert auf. Erst wenn der Kondensator voll aufgeladen ist, beginnt der Spulenstrom zu fließen. (Der Strom eilt in einer Spule der angelegten Spannung nach.) Es baut sich in der Spule L ein Magnetfeld auf, das immer kräftiger wird und zum Zeitpunkt 2 seine maximale Stärke hat. Da jetzt aber die Kondensatorspannung 0 geworden ist, kann kein Spulenstrom mehr fließen, und das Magnetfeld bricht zusammen. Aufgrund der Induktion entsteht eine Spulenspannung, die während der Zeit von 2 bis 3 den Kondensator negativ auflädt.

Hat die Kondensatorladung ihre maximale Amplitude erreicht (3), beginnt wieder ein Spulenstrom zu fließen. Ein neues Magnetfeld baut sich auf, das zum Zeitpunkt 4 dem Magnetfeld zur Zeit 2 genau entgegengesetzt gerichtet ist. Wenn es am stärksten geworden ist (4), bricht es zusammen. Die magnetische Energie wird wieder in elektrische Energie umgewandelt und der Kondensator mit der gleichen Polarität wie in der Zeit von 0 bis 1 aufgeladen. Dieser Vorgang kann sich so lange wiederholen, bis durch die ohmschen Widerstände (Verluste) der Spule die gesamte einmal in den Schwingkreis gesteckte Energie aufgebraucht ist. Die entstandene Schwingung ist also nicht von konstanter Amplitude, sondern sie wird nach einigen Perioden ständig kleiner bis sie schließlich 0 wird. Man spricht deshalb von einer gedämpften Schwingung. Aus diesem Grund genügt es also nicht, den Schwingkreis eines Oszillators nur einmal anzustoßen, sondern er muß im richtigen Zeitaugenblick (Zeit 0 - 1, 4 - 5 usw.) ständig mit neuer Energie versorgt werden. Nur dann werden die Eigenverluste im Schwingkreis ausgeglichen, und man kann von einem "Schwingen" der Schaltung sprechen.

In den Elektronik-Anleitungsbüchern EE 1003 bis EE 1006 findest du viele Schaltungen, die mit Oszillatoren aufgebaut sind, und deshalb eine bestimmte Aufgabe erfüllen. Dabei spielt die Kurvenform und die Frequenz eine ganz entscheidende Rolle. Mit dem Oszillografen kannst du nun einige Messungen durchführen und dadurch die Funktion der gebräuchlichsten Oszillatorschaltungen erkennen.

5.2. L-C-Oszillator

Die Schaltung in Abb. 75 a erzeugt eine sinusförmige Spannung. Frequenzbestimmend sind die Spule L1 und der Kondensator C1, deshalb wird diese Schaltungsart auch L-C- oder Meißner-Oszillator genannt.



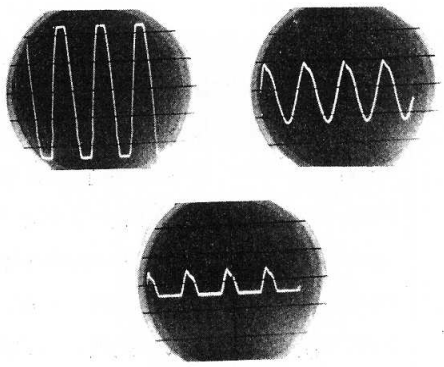


Abb. 75 a

Im Einschaltaugenblick übernimmt der Kollektorstrom des Transistors T1 das Aufladen von C1. Der Schwingkreis wird durch diesen Vorgang angestoßen und beginnt zu schwingen. Um die Spulenverluste auszugleichen, muß über die Sekundärwicklung L2 ein Teil der Schwingkreisspannung auf die Basis zurückgeführt werden. Dadurch wird dem Schwingkreis im richtigen Augenblick neue Energie zugeführt, und die Schaltung schwingt mit konstanter Amplitude.

Die Geschwindigkeit, in der das Hin- und Herpendeln zwischen magnetischem und elektrischem Feld geschieht, hängt von der Induktivität der Spule und von der Kapazität des Kondensators ab. Die Frequenz kannst du nach der Schwingkreisformel

$$\text{fres. (kHz)} = \frac{5033}{\sqrt{L\ (\text{mH}) \times C\ (\text{nF})}}$$

errechnen. Am Kollektor von T1 kann eine sinusförmige Spannung von über 15 Vss gemessen werden. Die Frequenz beträgt ca. 2,5 kHz. Wenn du C1 veränderst, erhältst du eine andere Ausgangsfrequenz.

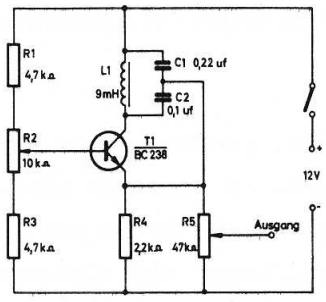


Abb. 76

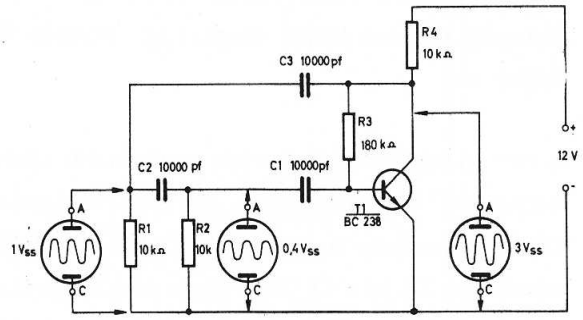


Abb. 77

Einen weiteren L-C-Oszillator findest du in Abb. 76. Der kapazitive Spannungsteiler C1 / C2 bestimmt mit der Spule L1 die Frequenz des Oszillators und führt einen Teil der Spulenspannung auf den Emitter von T1 zurück. Mit dem Trimmpotentiometer R2 läßt sich der Arbeitspunkt des Transistors einstellen. Dabei mußt du auf eine möglichst verzerrungsfreie Sinusspannung am Ausgang achten.

5.3. R-C-Oszillator

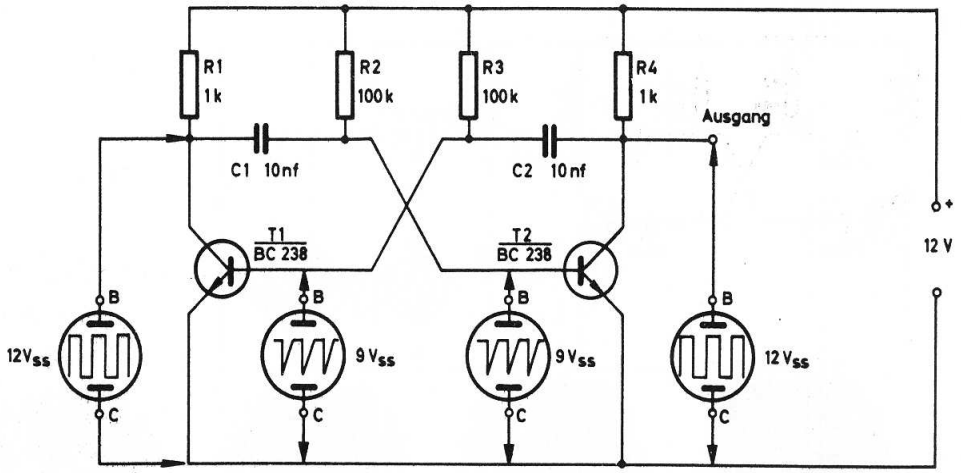
Man benötigt nicht unbedingt eine Spule (L) und einen Kondensator (C) als frequenzbestimmende und phasenumkehrende Bauelemente, um einen Sinusgenerator aufzubauen. Auch die Schaltung nach Abb. 77 stellt einen Generator dar. Er ist sehr frequenzstabil. Wenn 3 Kondensatoren (C1, C2, C3) und 2 Widerstände (R1, R2), die untereinander in ihren Werten gleich sein

müssen, zwischen dem Kollektor und der Basis eines Transistors (T1) angeordnet werden, wird die erforderliche Phasendrehung von 180° erzielt, um den Basisstrom mit einem Teil des Kollektorstroms zu unterstützen. Im Einschaltmoment steigt der Kollektorstrom langsam auf einen positiven Wert an, weil über den relativ hochohmigen Widerstand R3 nur ein geringer Basisstrom fließen kann. Die Kollektorspannung sinkt und wird über die Kondensatoren C3, C2, C1 und die Widerstände R1, R2 auf die Basis zurückgeführt. Für eine ganz bestimmte Frequenz drehen diese Bauelemente die Kollektorspannung um 180°. Das bedeutet, aus der negativ werdenden Kollektorspannung wird eine positiv ansteigende Basisvorspannung, die über den Transistor den Kollektrostrom so weit verstärkt, bis er sich durch den ohmschen Widerstand von R4 nicht weiter vergrößern kann. Am Kollektor tritt keine Spannungsänderung mehr auf. Es gelangt keine Spannung mehr auf die Basis, der Basisstrom wird geringer, und der Kollektorstrom nimmt wieder ab. Die Kollektorspannung steigt an, sie wird also positiver. Durch die Phasendrehung der frequenzbestimmenden Bauelemente reduziert die zurückgekoppelte Spannung den Basisstrom so weit bis der Kollektorstrom fast 0 wird. Das ist wieder der Augenblick, in dem am Kollektor keine Spannungsänderung mehr auftritt. Es kann keine negative Spannung auf die Basis übertragen werden, über R3 steigt der Basisstrom wieder an.

Da der gesamte Vorgang sich periodisch wiederholt, spricht man von einem "Schwingen" der Schaltung. Am Arbeitswiderstand R4 entsteht eine sinusförmige Spannung von ca. 3 Vss. Mit den Widerständen R1, R2 und den Kondensatoren C1 bis C3 läßt sich die Frequenz beeinflussen. Bei kleineren Widerstands- und Kapazitätswerten steigt die Frequenz an. Allerdings müssen die Widerstände und Kondensatoren untereinander gleiche Werte haben, da sich sonst keine Phasendrehung von 180° einstellt und die Schaltung damit nicht schwingen kann.

5.4. Rechteckgenerator

In Abb. 78 ist die Schaltung eines einfachen symmetrischen Rechteckgenerators wiedergegeben. Im Augenblick des Einschaltens wird T1 leitend. Über den Kondensator C1 wird schlagartig die Basis von T2 negativ und der Transistor gesperrt. R2 lädt den Kondensator C1 auf einen positiven Wert auf. Ist die Schwellspannung (0,7 V) des Transistors erreicht, wird T2 leitend und T1 über den negativ aufgeladenen Kondensator C2 sofort gesperrt. Jetzt kann sich C2 über R3 wieder positiv aufladen, T1 wird erneut leitend.



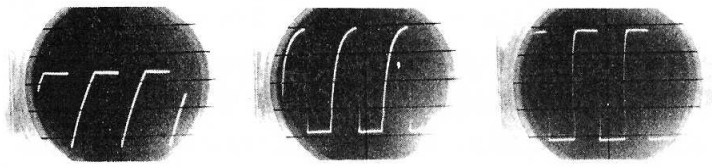


Abb. 78

Am Widerstand R4 entsteht ein rechteckförmiges Ausgangssignal von 12 Vss. Diese Rechteckspannung ist am Kollektor von T1 genau entgegengesetzt. Mit dem Oszillografen läßt sich der Unterschied nicht erkennen, weil er immer auf positive Spannungsimpulse synchronisiert und das Impulsverhältnis des Generators symmetrisch ist. Die Frequenz wird mit den Kondensatoren C1, C2 und den Widerständen R2, R3 bestimmt. Auch hier gilt: je kleiner die Kapazitäts- und Widerstandswerte, um so höher ist die Ausgangsfrequenz. Wenn du C1 auf 1 000 pF verkleinerst, wird das Ausgangssignal unsymmetrisch. Ursache hierfür ist der kürzer gewordene Umladevorgang von C1. Die Ladespannung des Kondensators kann T2 nur noch kurzzeitig sperren. Die Form der Ausgangsspannung hängt unmittelbar von der Größe der Kollektorwiderstände ab. Bei R1 = R4 = 10kΩ ist das Ausgangssignal stark abgerundet.

5.5. Sägezahngenerator

Sägezahngeneratoren werden in der Oszillografen- und Fernsehtechnik gebraucht, um den Elektronenstrahl einer Bildröhre abzulenken. Zwei Methoden eignen sich zur Erzeugung des Sägezahnsignals. Erstens: mit Hilfe eines unsymmetrischen Rechteckgenerators wird der über R5 aufgeladene Kondensator C3 wieder entladen (Abb. 79). Die Diode leitet nur, wenn die Kollektorspannung von T2 0 Volt beträgt. Je nach der

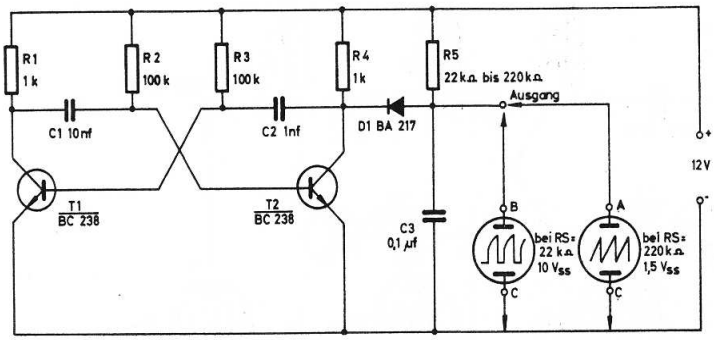
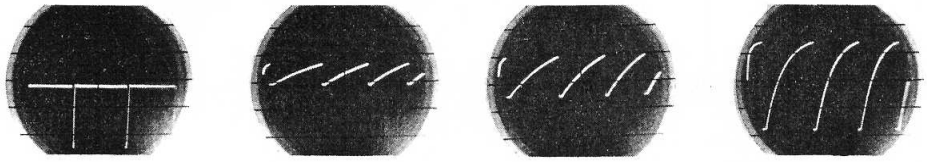


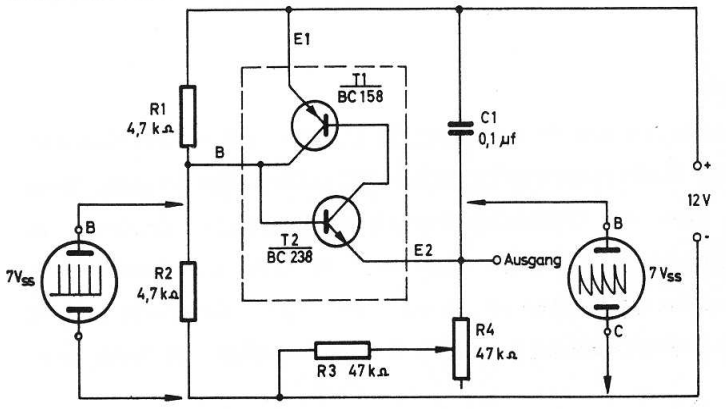
Abb. 79



UC / T2 UC3/R5 = 22o k UC3/R5 = 1oo k UC3/R5 = 22 k

Größe des Ladekondensators R5 verändert sich die Spannungsform am Kondensator. Bei sehr großen Widerständen ist die Schwingungsform fast linear, die Spannung allerdings sehr klein. Die Frequenz eines solchen Sägezahngenerators läßt sich nur über den astabilen Multivibrator ändern.

Die zweite Möglichkeit findest du in der Oszillografenschaltung nach Abb. 48. Der Sägezahngenerator wird stark vereinfacht in Abb. 80 wiedergegeben. Der Unijunktionstransistor, den du schon im Kap. 4.2. kennengelernt hast, wird mit den Transistoren T1 und T2 nachgebildet. Über R3 und R4 wird der Kondensator C1 aufgeladen. Da C1 an dem positiven Pol der Versorgungsspannung liegt, nimmt die Spannung am Ausgang mit zunehmender Kondensatorladung ab. Wenn die Spannung an C1 größer als die Basisvorspannung an R1 ist, wird die Transistorstrecke E1 - E2 durchgeschaltet und der Kondensator entladen. Danach kann sich C1 über die Widerstände erneut aufladen. Die Frequenz läßt sich mit Hilfe des Kondensators und des Potentiometers verändern.



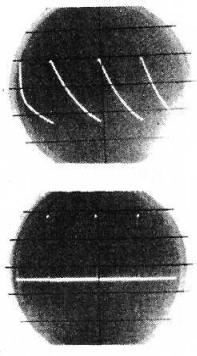


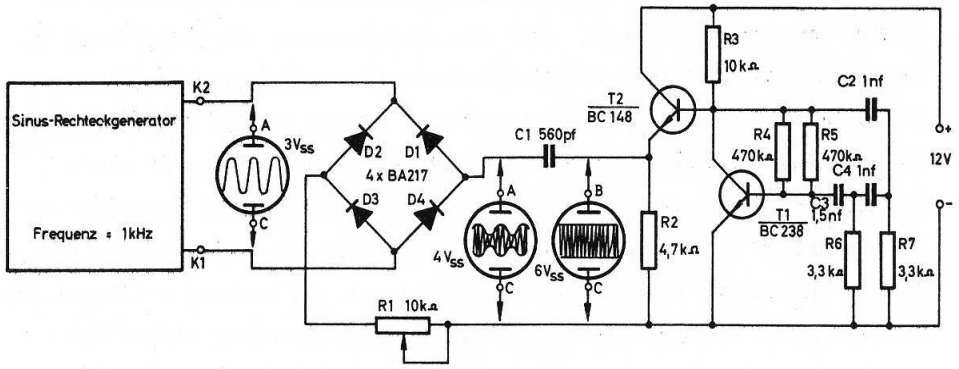
Abb.8o

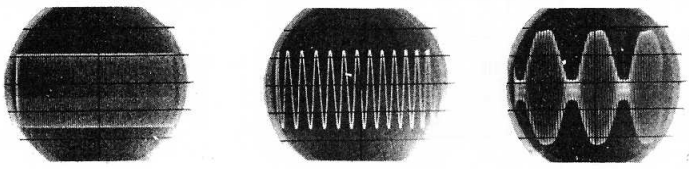
6. HF-Sende- und Empfangstechnik

6.1. Allgemeine Betrachtungen

Um Informationen (z.B. NF-Signale) über weite Entfernungen drahtlos übermitteln zu können, benötigt man Hochfrequenzschwingungen ab ca. 100 kHz. Niedrigere Frequenzen breiten sich schlecht oder gar nicht aus. Das zu übertragende niederfrequente Signal beeinflußt die Trägerfrequenz (HF) in ihrer Amplitude oder Frequenz. Über eine Sendeantenne kann dann die modulierte Hochfrequenzspannung ausgestrahlt werden. Zwischen Antenne und Erde bildet sich ein elektrisches Feld, das sich je nach Art des Frequenzbereichs mehr oder weniger weit mit einer Geschwindigkeit von 300 000 km in der Sekunde ausbreitet. Das elektrische Feld eines bestimmten Senders wird mit vielen anderen Hochfrequenzsignalen von der Antenne des Empfängers aufgenommen. Parallelresonanzkreise sorgen dafür, daß nur die durch L und C eingestellte Frequenz auf den nachfolgenden Verstärker gelangen kann. Nur diese Hochfrequenzspannung wird verstärkt, und in einem Demodulator die Niederfrequenzspannung wiedergewonnen.

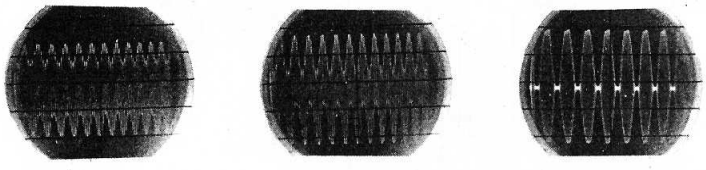
Die nachfolgenden Beispiele zeigen dir die Merkmale der Amplituden- und Frequenzmodulation und der Demodulation.





nur HF | nur NF | HF und NF

Abb. 81



kleine | mittlere | große Modulationstiefe

6.2. Amplitudenmodulation

Um bei dem Versuch nach Abb. 81 keine öffentlichen Funkdienste zu stören, wurde die Trägerfrequenz des Generators mit 15 kHz sehr niedrig gewählt. Über C1 und R1 gelangt das Signal vom R-C-Generator auf eine Brückenschaltung, die aus 4 Dioden besteht. Die niederfrequente Ausgangsspannung des Sinus-Rechteckgenerators wird ebenfalls der Brücke zugeführt. Zwischen dem Verbindungspunkt D1 / D4 und dem Minuspol der Batterie entsteht ein im Rhythmus der Niederfrequenz schwankendes Trägersignal. Dabei wirkt die Brückenschaltung wie ein - im Takt der NF - veränderlicher nichtlinearer Widerstand, der mit dem Kondensator C1 und dem Widerstand R1 einen Spannungsteiler bildet. Mit R1 läßt sich der Einfluß der Brückenschaltung auf die HF verändern und die Modulationstiefe einstellen.

6.3. Frequenzmodulation

Sicher ist dir bekannt, daß alle UKW-Sender ein frequenzmoduliertes HF-Signal ausstrahlen. Die Senderfrequenz ändert sich dabei im Takt der zu übertragenden Niederfrequenz. Abb. 82 zeigt das Modell eines frequenzmodulierten Multivibrators (T1 und T2), der in diesem Fall die HF erzeugt. Um die Frequenzverschiebung auf dem Oszillografenschirm erkennen zu können, soll der NF-Generator, der aus T4 und T5 besteht, mit einer ganz langsamen Frequenz schwingen. Wenn du den Oszillografen parallel zu C3 schaltest, kannst du ein langsames vertikales Hin- und Herpendeln der Ausgangsspannung erkennen. Diese schwankende Spannung beeinflußt über R3 die Ladung des Kondensators C2 und verändert die Frequenz des Multivibrators. T3 gleicht noch eventuell vorhandene Amplitudenschwankungen aus. Am Ausgang erscheint dann eine in ihrer Frequenz sich ständig ändernde Spannung von 12 Vss.

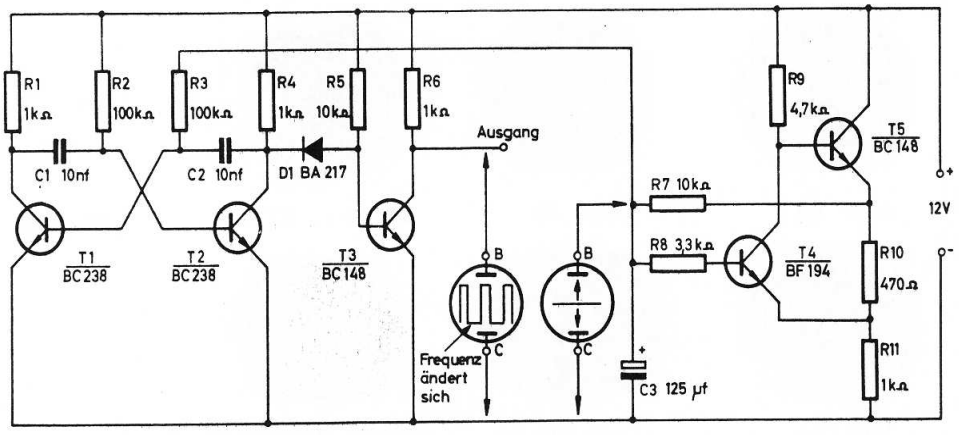


Abb. 82

6.4. Demodulation

Einen einfachen Demodulator, der aus einem amplitudenmodulierten HF-Signal die NF wiedergewinnt, findest du in Abb. 83. Die Schaltung besteht aus dem bekannten Amplitudenmodulator nach Abb. 81 und einer Reihenschaltung aus Diode und Widerstand. Nur die positiven Halbwellen des HF-Trägers gelangen über D5 auf den Arbeitswiderstand R7 und erzeugen dort ein NF-Signal, das noch mit HF-Resten behaftet ist. Mit Hilfe eines Kondensators läßt sich die HF unterdrücken. In unserem Beispiel gelingt das nicht sehr gut, weil der Frequenzabstand zwischen HF und NF zu gering ist.

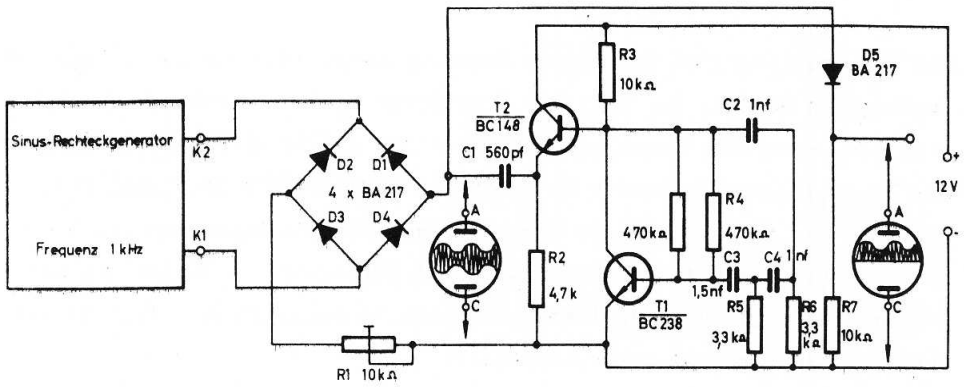
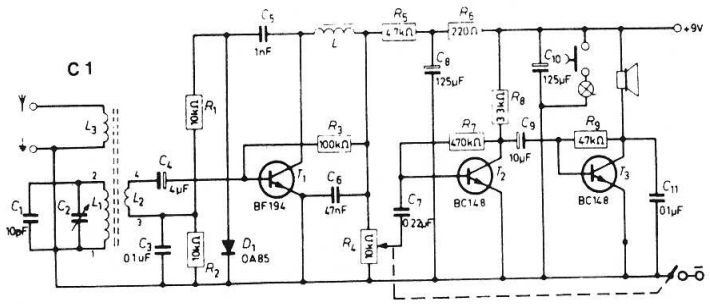


Abb. 83

.5. Messungen an einem MW-Empfänger

Wir wollen uns nun einige Oszillogramme an dem "Drei-Transistor-Mittelwellenempfänger C 1" des Elektronik-Experimentierkastens EE 1003 ansehen. Dazu benötigst du die Schablone C1. Lege sie auf die freie Fläche der Montageplatte. Der Aufdruck "C 1" muß rechts hinten liegen. Achte darauf, daß die Bestückungskarte mit dem rechten Rand abschließt. Baue das Gerät mit folgenden Änderungen auf: C6 = 47 nF wird 22 nF, C11 = 0,1 µF wird 0,15 µF. Der Tastschalter und die Lampe entfallen. Verbinde den Plus- und den Minuspol des Gerätes unter Beachtung der Polarität mit 12 V Versorgungsspannung. Nun kannst du selbst an den verschiedenen Transistoren Messungen ausführen.

Die vom Oszillografen angezeigte Spannung hängt sehr von der Stärke des empfangenen Senders ab. Weil die Grenzfrequenz der Ablenkverstärker gering ist, kann dein Oszillograf leider nicht die HF wiedergeben. Aber vor dem Lautstärkeregler kannst du schon das demodulierte NF-Signal feststellen, das im Rhythmus der übertragenen Frequenz schwanken und sich in der Amplitude ständig ändern wird. Am Kollektor von T2 ist das Oszillogramm bei voll aufgeregeltem Potentiometer schon größer. Fast 12 Vss erreicht die Spannung am Lautsprecher.



7. Digitaltechnik

7.1. Einführung in die Digitaltechnik

Im Gegensatz zur Analogtechnik kennt man bei der Digitaltechnik nur zwei Ein- und Ausgangswerte; der Strom oder die Spannung kann nur -0- oder -1- sein. Zwischen diesen beiden Größen gibt es keine Abstufungen wie bei der Analogtechnik. Dort kann z.B. das Ausgangssignal eines Verstärkers eine Sinusform haben und damit unendlich viele Werte zwischen -0- und -1- annehmen (siehe Abb. 84). Die Digitaltechnik wird dagegen mit Rechteckspannungen oder Strömen realisiert, nur gibt es bei dieser Impulsform zwischen den Schaltzuständen -0- und -1- keine weiteren Zwischenwerte. Als -0- bezeichnet man die kleinste und als -1- die höchste Ein- bzw. Ausgangsspannung.

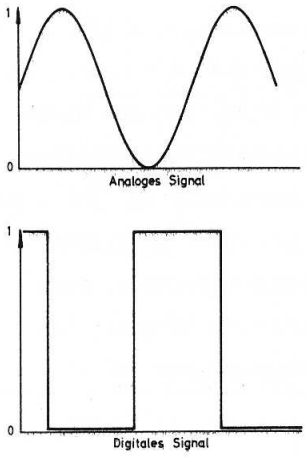


Abb. 84

Dezimalsystem	-	Dualsystem
0		0
1		1
2		10
3		11
4		100
5		101
6		110
7		111
8		1000
9		1001
10		1010
11		1011
12		1100

Abb. 85

Alle digitalen Rechenanlagen, die auch als Computer bezeichnet werden, arbeiten nach diesem System. Das bedingt, daß sämtliche uns bekannten Informationen in die Werte -0- und -1- umgesetzt werden müssen. So wird z.B. das Dezimalzahlensystem, mit dem eine Rechenanlage arbeiten soll, in das Dualsystem umgewandelt. Aus der Tabelle in Abb. 85 kannst du die Dualzahlen für die Dezimalzahlen von 0 bis 12 entnehmen. Nach der Umwandlung vom Dezimal- ins Dualsystem kann der Computer alle Rechnungen durchführen, die sein Programm gestattet. Aber nicht nur bei Computern findet die Digitaltechnik ihre Anwendung, sondern auch in der Steuerungstechnik großer Maschinen und Fahrzeuge, bei Satelliten, Flugzeugen und auf vielen anderen Gebieten. Die nachfolgenden Beispiele sollen dir einen kleinen Überblick der verschiedenen Grundschaltungen geben.

7.2. Der Transistor als Schalter

Da in der Digitaltechnik nur die Zustände -0- und -1- bekannt sind, wird der Transistor nicht mehr als Verstärker, sondern nur noch als Schalter eingesetzt. Abb. 86 zeigt eine Transistorschaltung mit einer Lampe für die Ausgangswerte -0- und -1-. Du weißt, daß bei einem N-P-N-Transistor nur durch einen positiven Basistrom auch ein Kollektorstrom fließen kann. Die Größe des Kollektorstroms hängt neben dem Verstärkungsfaktor unmittelbar von der Höhe des Basisstroms ab. Wird in den Kollektrokreis ein Widerstand gelegt, dann steigt der Kollektorstrom von einem bestimmten Basisstrom nicht mehr an, da am Widerstand schon die Gesamtspannung liegt und den Strom bestimmt. Der Kollektorstrom wird also durch den Widerstand begrenzt, und man spricht von einer Übersteuerung des Transistors.

In dem Beispiel brennt die Lampe bei einem Basisvorwiderstand (R1) von 470 kΩ gar nicht, bei 220 kΩ glimmt sie schwach und erst bei 47 kΩ brennt die Lampe hell. Wenn R1 weiter verkleinert wird, ist der Widerstand des Transistors so gering, daß der Strom nur noch durch die Lampe und R3 bestimmt wird. Der Kollektorstrom steigt nicht mehr an. Bei einem Basisstrom -1- ist auch der Kollektorstrom -1- geworden. In diesem Übersteuerungsbereich werden alle Digitalschaltungen betrieben. Wenn du jetzt den Widerstand R1 von dem Pluspol der Batterie trennst, ist der Basisstrom -0-, und die Lampe zeigt den Ausgangszustand -0- an.

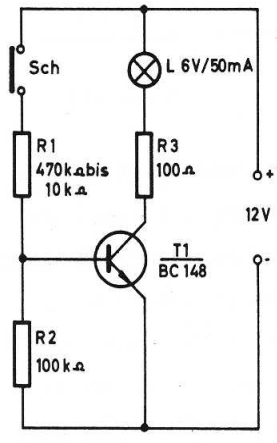


Abb. 86

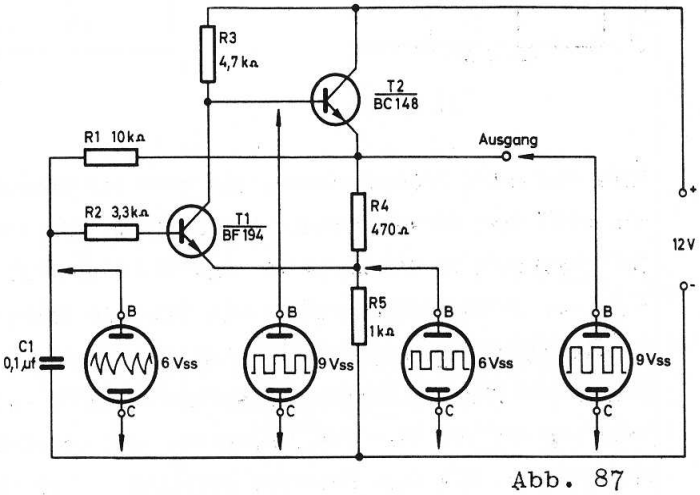


Abb. 87

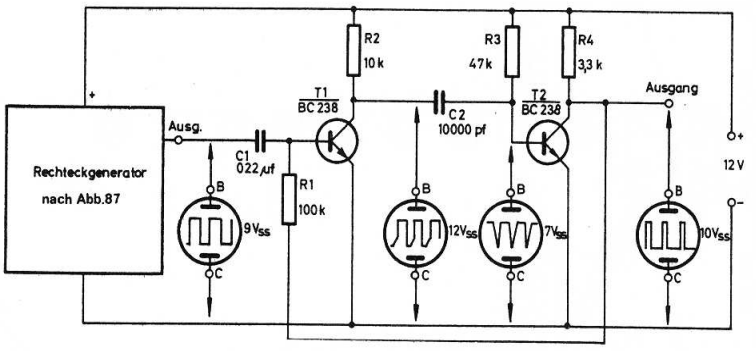
7.3. Astabiler Multivibrator

Als periodischer Ein- und Ausschalter eignet sich hervorragend ein astabiler Multivibrator, der dir schon aus vielen Schaltungen vertraut ist. In Abb. 78 hast du ebenfalls einen symmetrischen Multivibrator kennengelernt. Er wird deshalb an dieser Stelle nicht noch einmal be-

sprochen. Abb. 87 zeigt dagegen einen Multivibrator mit nur einem Kondensator als frequenzbestimmendes Bauelement. Wenn z.B. T2 leitet, steigt die Emitterspannung auf einen hohen positiven Wert an. Da durch die große Emitterspannung von T2 auch die Spannung am Emitter von T1 steigt, wird beim entladenen Kondensator C1 der Transistor T1 gesperrt. Über R1 kann sich C1 soweit positiv aufladen, bis T1 leitend wird und T2 sperrt. Danach entlädt sich der Kondensator über den Basisstrom von T1, bis dieser Transistor sperrt und T2 über den Widerstand R3 leitend wird. Dieser Vorgang wiederholt sich periodisch, und am Ausgang entsteht ein rechteckförmiges Signal mit einer Amplitude von 9 Vss. Der astabile Multivibrator kann in keinem Zustand verharren, er schaltet ständig hin und her.
Den mechanischen Aufbau für diese Schaltung findest du in Abb. 88.

7.4. Monostabiler Multivibrator

Die Schaltung nach Abb. 89 hat im Gegensatz zum astabilen Multivibrator einen stabilen Zustand. Wenn über C1 kein Eingangssignal auf die Basis gelangt, ist T2 leitend und am Ausgang keine Spannung vorhanden, also -0-. Bei einem positiven Spannungsimpuls wird T1 leitend, und die Kollektorspannung bricht zusammen. C2 ist in diesem Augenblick an der Basisseite negativ. Die negative Spannung sperrt so lange den Transistor, bis über R3 der Kondensator wieder auf einen positiven Wert umgeladen ist. Der Rückkoppelwiderstand R1 unterstützt den Schaltvorgang. Der monostabile Multivibrator kann zwar durch einen Impuls in den zweiten Zustand umschalten, fällt aber nach einiger Zeit in den ersten Zustand zurück und verharrt.



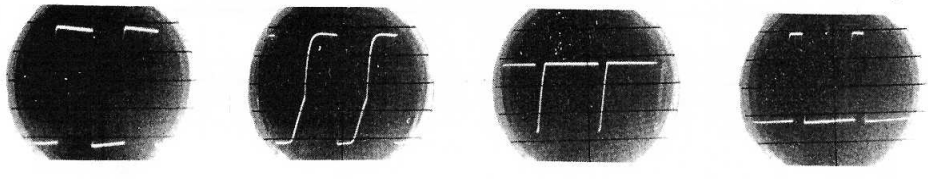


Abb. 89

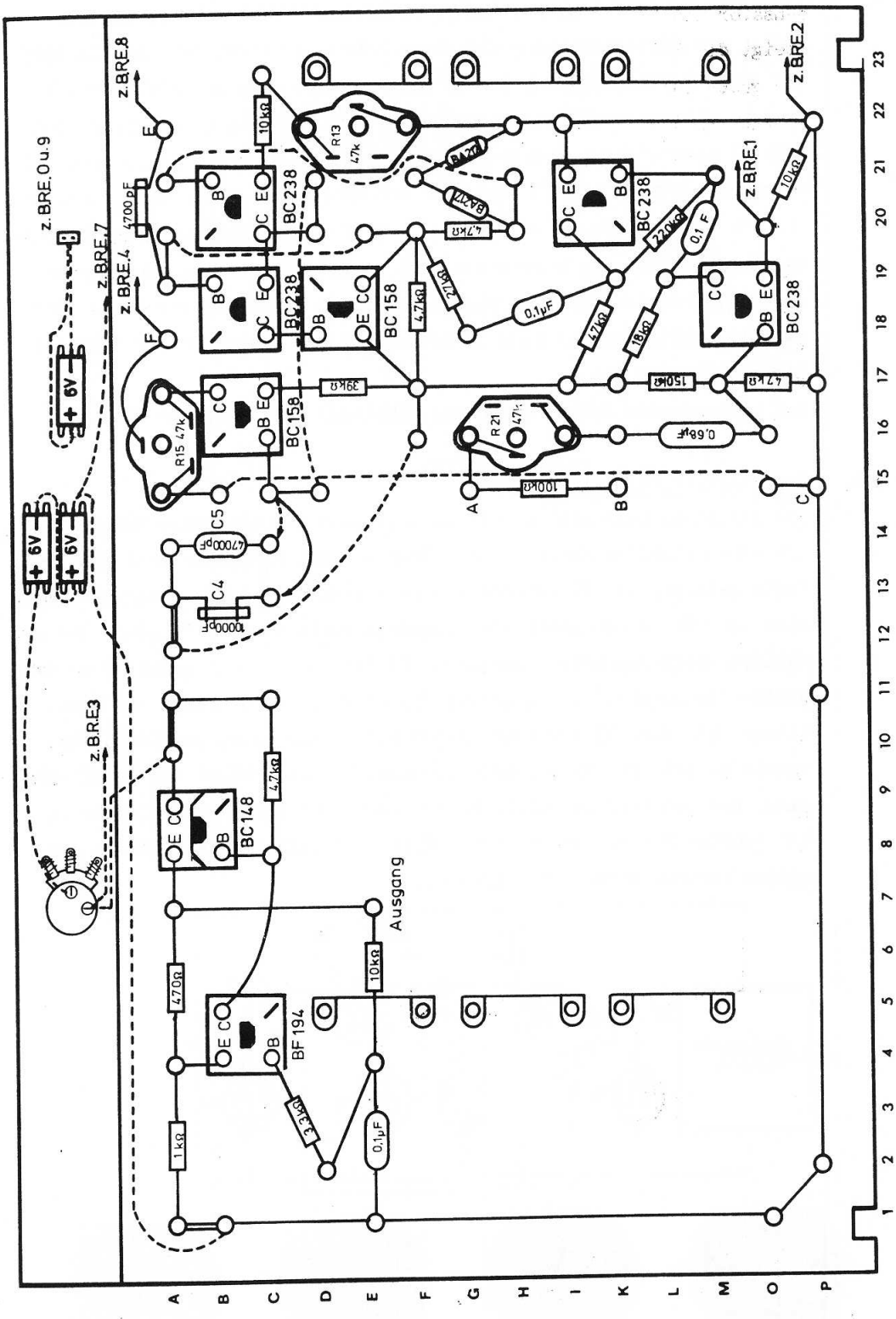

z.B.R.E.8
z.B.R.E.2
z.B.R.E.1
z.B.R.E.4
z.B.R.E.7
z.B.R.E.3
z.B.R.E.0 u.9
BC 238
BC 158
BC 148
BF 194
R13 47k
R15 47k
R21 47k
C4
C5
4700pF
10000pF
47000pF
0,1µF
0,68µF
Ausgang
6V

Abb. 88

Mit dem monostabilen Multivibrator können z.B. aus einer Rechteckspannung mit unterschiedlichen Impulsbreiten Ausgangsimpulse von definierter Zeitdauer erzeugt werden, die nur von der Größe des Kondensators C2 und von R3 bestimmt werden. Verändere C2 zwischen 560 pF und 47 000 pF und achte auf die Ausgangsimpulse. Bei kleinen Kapazitätswerten ist auch die Impulsbreite gering.

7.5. Bistabiler Multivibrator

Ein bistabiler Multivibrator, auch Flip-Flop genannt, hat zwei stabile Ausgangszustände und ist mit einem Wechselschalter durch Druckknopfbetätigung zu vergleichen (Abb. 90). Er wird häufig als Frequenzteiler, aber auch als Informationsspeicher eingesetzt. Mit jedem Schaltimpuls werden abwechselnd die Kontakte SA / SB bzw. SA / SC geschlossen. Bei näherer Betrachtung erkennst du, daß nur bei jeder zweiten Schalterbetätigung die Kontakte SA / SB schließen. Nach diesem Prinzip arbeitet auch die Schaltung in Abb. 91. Im Einschaltmoment ist z.B. T2 leitend, über R4 wird dann T1 gesperrt. Aus dem Signal des Rechteckgenerators werden mit den Kondensatoren C1 und C2 kurzzeitige Spannungsimpulse gewonnen. Die erste von -1- auf -0- abfallende Impulsflanke kann über D2 zur Basis von T2 gelangen und diesen Transistor sperren. Da jetzt am Kollektor von T2 eine hohe positive Spannung vorhanden ist, kann über R4 ein Basisstrom fließen, und T1 wird leitend. Über R6 liegt die volle Betriebsspannung an, so daß der nächste negative Impuls nicht auf die Basis von T2, sondern über D1 auf T1 gelangen kann. T1 wird

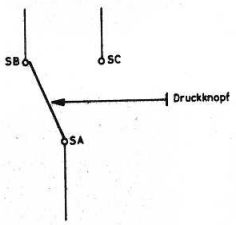
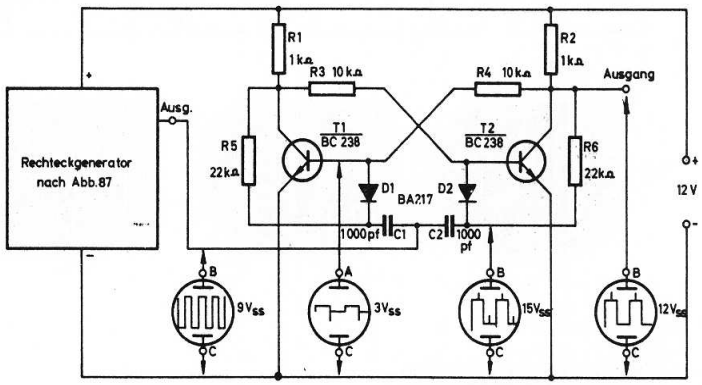


Abb. 90



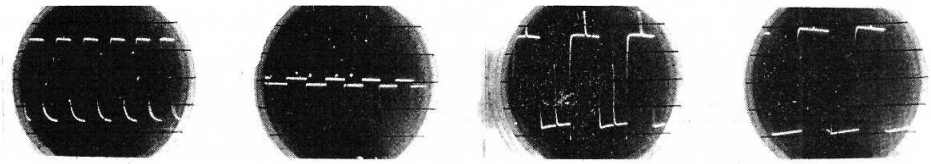


Abb. 91

gesperrt und T2 wieder leitend. Am Ausgang des Flip-Flop ist aus zwei Eingangsperioden eine Ausgangsschwingung entstanden. Das Eingangssignal ist also durch den Faktor 2 geteilt worden. Mit dem Oszillografen kannst du deutlich die Teilerfunktion erkennen. Allerdings darfst du bei den verschiedenen Messungen nicht den Frequenzregler des Oszillografen verändern, sondern nur einmal auf ein feststehendes Bild einstellen.

7.6. Schmitt-Trigger

Vielfach soll aus einer analogen Spannungsform ein digitales Signal erzeugt werden. Diese Aufgabe löst der Schmitt-Trigger (auch Schwellwertschalter genannt) nach Abb. 92. Über den Widerstand R2 gelangt die sinusförmige Eingangsspannung auf die Basis von T1. Wenn die Eingangsspannung den Spannungsabfall an R1 überschreitet, wird T1 leitend und T2 gesperrt. Erst wenn das Eingangssignal wieder unter die Emitterspannung absinkt, sperrt T1, und T2 wird über den positiven Basisstrom, der durch R3 und R4 fließt, leitend. Der Widerstandswert von R1 bestimmt die Schaltspannung des Schmitt-Triggers. Bei R1 = 100 Ω wird das Ausgangssignal breiter, weil die Emitterspannung kleiner ist und schon bei einem niedrigen Eingangsspannungspegel T1 leitend wird.

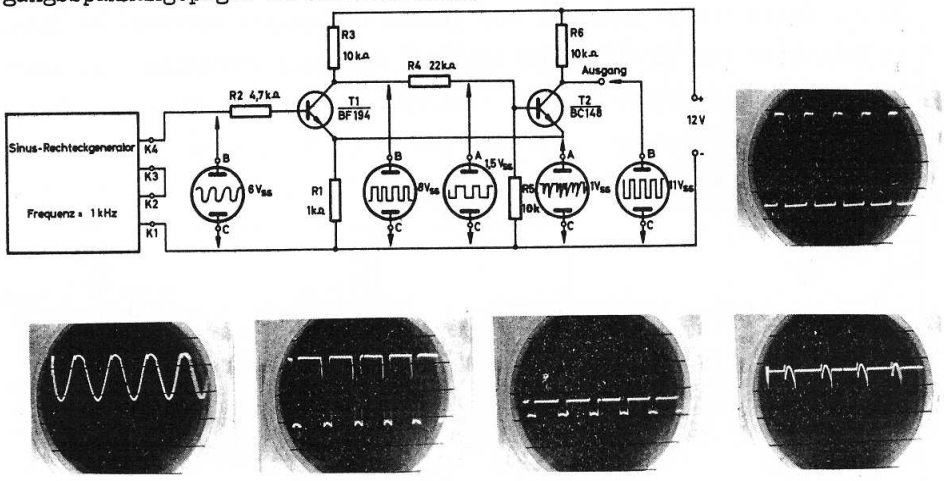


Abb. 92

7.7. Logische Funktionen

Du wirst sicher fragen: Was sind logische Funktionen oder Verknüpfungen? Alle Vorgänge in der Natur, in deiner Umgebung, in der Mathematik usw. stehen in einem gewissen Zusammenhang zueinander. Ein einfaches Beispiel: Die Bohrmaschine läuft, wenn der Schalter betätigt wird und der Stecker in der Steckdose ist. Es besteht ein logischer Zusammenhang zwischen "die Bohrmaschine läuft" und den Aussagen "der Schalter ist betätigt" und "der Stecker ist in der Steckdose".

Wenn die drei Satzteile als Fragen formuliert und mit Ja oder Nein beantwortet werden können, läßt sich für diese logische Verknüpfung eine Funktionstabelle nach Abb. 93 aufstellen.

Ist der Schalter betätigt ?	Ist der Stecker in der Steckdose ?	Läuft die Bohrmaschine ?
NEIN	NEIN	NEIN
JA	NEIN	NEIN
NEIN	JA	NEIN
JA	JA	JA

Abb. 93

Nur bei zweifachem Ja für die Eingangsfunktionen "ist der Schalter betätigt?" und "ist der Stecker in der Steckdose?" kann die Ausgangsfunktion "läuft die Bohrmaschine" mit Ja beantwortet werden. Um zu einer vereinfachten Schreibweise der Funktionstabelle zu kommen, setzt man für die erste Eingangsfunktion X und für die zweite Y ein. Die Ausgangsfunktion bezeichnet man mit Z. Wenn nun noch für Nein -0- und für Ja -1- eingesetzt wird, gelangt man zu der Kurzform in Abb. 94. Diese logische Verknüpfung wird als logisches UND bezeichnet.

"Ist der Schalter betätigt?" = X
"Ist der Stecker in der Steckdose?" = Y
"Läuft die Bohrmaschine?" = Z
NEIN = 0
JA = 1

Funktionstabelle

Eingänge X	Eingänge Y	Ausgang Z
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

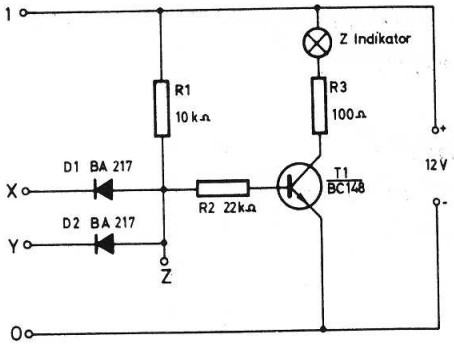
Abb. 94

7.8. UND-Schaltung

Die Abb. 95 zeigt eine elektrische UND-Schaltung, außerdem das genormte Schaltsymbol dafür und eine Funktionstabelle. Als eigentliche logische Verknüpfung treten dabei nur L1 / D2 und R1 in Erscheinung, die anderen Bauelemente dienen als Indikator für die Ausgangsfunktion -Z-. Bei -1-

(höchste positive Spannung) an Punkt Z leuchtet die Lampe auf. Die Wirkungsweise der UND-Verknüpfung läßt sich leicht erklären. Wenn der Eingang X oder Y bzw. alle beide Eingänge mit -0- verbunden sind, fließt über R1 der Diodenstrom, und die Spannung am Ausgang Z sinkt auf -0- ab. Nur wenn beide Eingänge mit -1- verbunden sind, ist auch an Z -1- vorhanden, und die Lampe leuchtet auf. Die UND-Verknüpfung ist jedoch nicht auf 2 Eingänge beschränkt. Mit Hilfe von Dioden lassen sich beliebig viele Eingänge belegen.

Ein Beispiel aus der Praxis soll dir nochmals die UND-Funktion veranschaulichen: Der Motor eines Lastenaufzugs darf nur laufen, wenn beide Türen geschlossen sind. In dem beschriebenen Beispiel ist die Tür 1 mit Eingang X der Logik und die Tür 2 mit Y verbunden. Die Lampe soll ein Relais darstellen, das den Motor einschaltet. Der Motor läuft nur, wenn beide Türen geschlossen sind und die Eingänge auf -1- liegen.



X	Y	Z
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

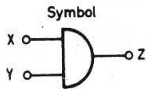
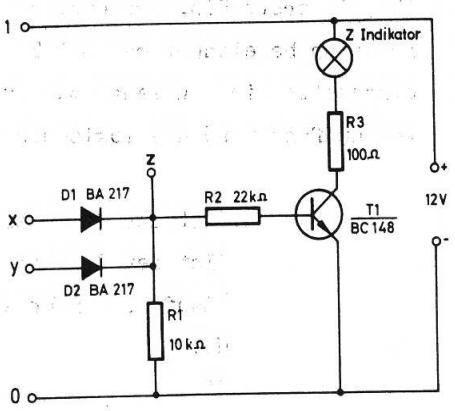


Abb. 95



x	y	z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

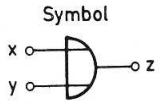
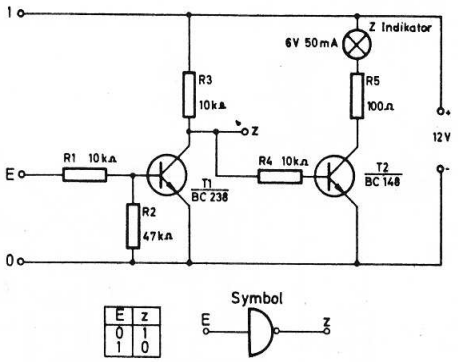


Abb. 96

7.9. ODER-Schaltung

Bei der elektrischen ODER-Schaltung nach Abb. 96, die aus D1, D2 und R1 besteht, braucht nur der Eingang X oder Y auf -1- zu liegen, um am Ausgang Z -1- zu erhalten. Die betreffende Diode ist in Durchlaßrichtung geschaltet, und am Widerstand R1 liegt die volle positive Betriebsspannung. Wenn ein Eingang auf -0- liegt, hat das keinen Einfluß auf die Schaltung, nur bei X = -0- und Y = -0- ist an Z auch -0-. Diese Verknüpfung wird in der Elektronik ebenfalls häufig angewendet wie das nachfolgende Beispiel zeigt.

Die Straßenbeleuchtung soll von Hand oder mit einem lichtempfindlichen Schalter automatisch eingeschaltet werden. Der Eingang X ist mit dem Handschalter und Y mit der Automatik verbunden. Die Straßenbeleuchtung brennt, wenn der Eingang X oder Y auf -1- liegt.



E	Z
0	1
1	0

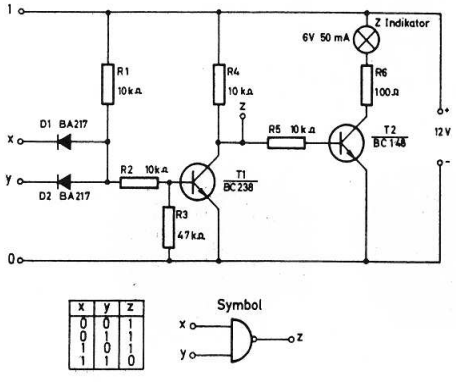
Abb. 97

7.1o. NICHT-Schaltung

Eine NICHT-Schaltung ist eigentlich eine Umkehrstufe, denn sie hat die Aufgabe, aus einem logischen -1- eine -0- bzw. aus -0- eine -1- zu machen. Der Transistor T1 wird in der Abb. 97 als Schalter betrieben. Wenn der Eingang mit -1- verbunden ist, fließt ein Basisstrom, und infolge des Kollektorstroms bricht die Spannung am Ausgang Z auf -0- zusammen. Die Lampe brennt nicht. Ist R1 mit -0- verbunden, fließt kein Strom durch T1, und an Z liegt eine hohe positive Spannung, also logisch -1-. In diesem Fall leuchtet die Lampe.

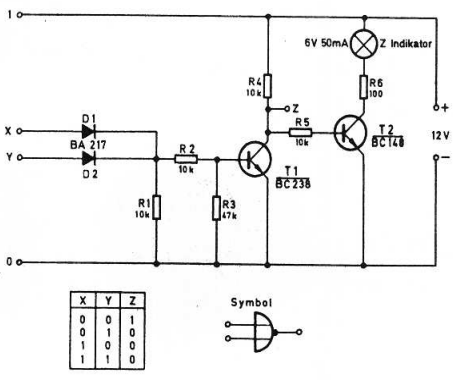
7.11. NAND-Schaltung

Die NAND-Schaltung nach Abb. 98 besteht aus einer UND-Schaltung (D1, D2 / R1) und einem nachfolgenden logischen NICHT (T1 / R2 / R3 / R4). Im Gegensatz zur UND-Schaltung erhältst du dabei am Ausgang Z -0-, wenn beide Eingänge auf -1- liegen.



X	Y	Z
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Abb. 98



X	Y	Z
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Abb. 99

7.12. NOR-Schaltung

Wird der Ausgang einer ODER-Schaltung wie in Abb. 99 mit einem NICHT verbunden, erhält man ein NOR-Gatter. Auch hier ist die Ausgangsfunktion entgegengesetzt zur ODER-Schaltung. Wenn einer der Eingänge auf -1- liegt, entsteht am Ausgang Z -0-.

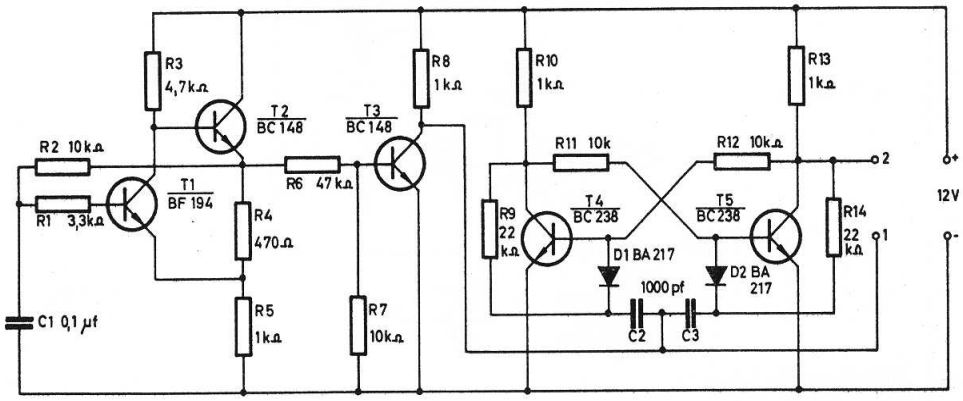
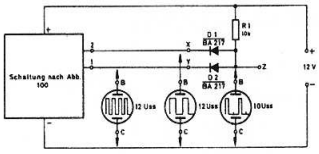


Abb. 1oo

7.13. UND- und ODER-Schaltung in der Impulstechnik

Der Vorteil elektronischer Schaltungen macht sich erst bei schnellen Programmabläufen bemerkbar. Auch hier lassen sich die logischen Funktionen realisieren, wie die nächsten Beispiele zeigen werden.
Die Abb. 100 stellt einen Rechteckgenerator dar (T1 / T2 / T3), der mit dem bistabilen Multivibrator T4 und T5 verbunden ist. Am Ausgang 1 kann ein Rechtecksignal von 12 Vss gemessen werden. Das Rechteck an Punkt 2 des Flip-Flop hat nur noch die halbe Frequenz bei gleichem Ausgangspegel.
Den mechanischen Aufbau zeigt Abb. 101. Wenn die Eingänge X und Y der UND-Schaltung nach Abb. 102 an die Punkte 1 und 2 geschlossen werden, erhält man am Ausgang Z nur dann eine positive Spannung, wenn beide Eingänge -1- sind.



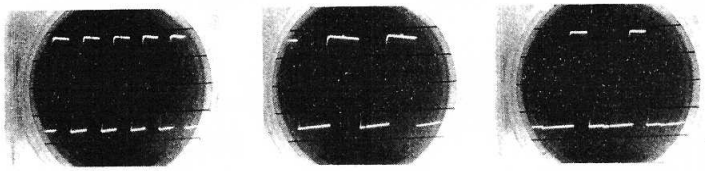


Abb. 1o2

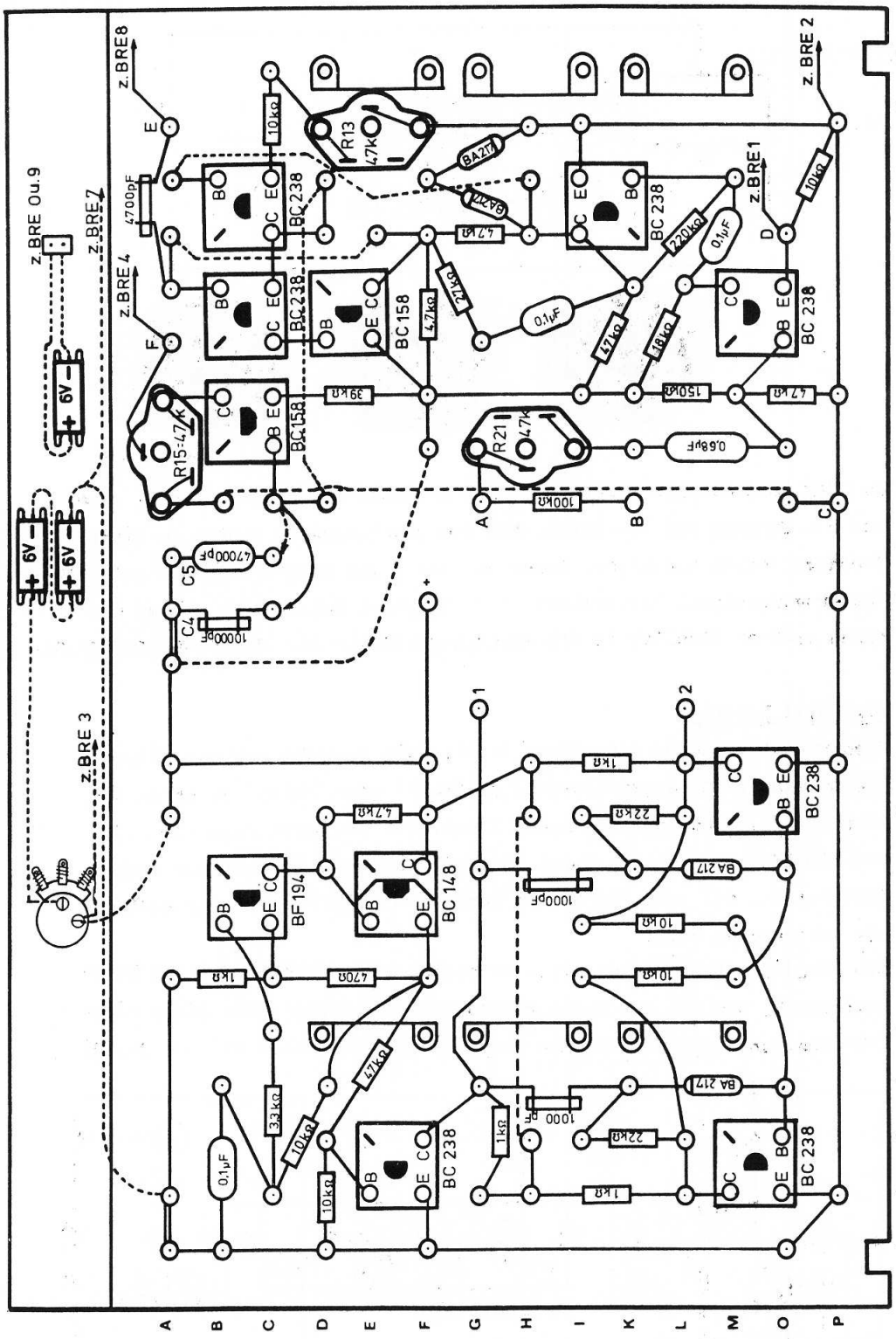

z.BRE 8
z.BRE 2
z.BRE 1
z.BRE 4
z.BRE 7
z.BRE 3
z.BRE Ou.9
6V
BC 238
BC 158
BC 148
BF 194
R13 47k
R15 47k
R21 47k
BA217
C4 10000pF
C5 47000pF
0,1µF
0,68µF
1000pF
10kΩ
4,7kΩ
39kΩ
150kΩ
47kΩ
18kΩ
220kΩ
1kΩ
22kΩ
470Ω
3,3kΩ
47kΩ
100kΩ
4700pF
A B C D E F G H I K L M O P
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23

Abb. 1o1

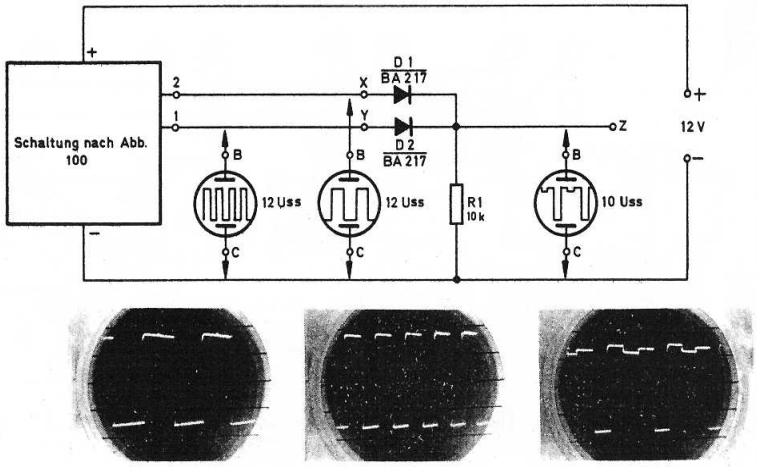


Abb. 103

Bei der ODER-Schaltung nach Abb. 103 erhältst du am Ausgang -1-, wenn nur ein Eingang auf -1- liegt. Mit dem Oszillografen kannst du diese Vorgänge leicht verfolgen, indem du zuerst die Eingangssignale und dann das Ausgangssignal betrachtest. Die folgenden Schaltungen sollen dir einen kleinen Einblick in die Anwendungsgebiete der Digitaltechnik geben.

7.14. Digitales Knobeln

Sicher hast du schon eine Münze in die Luft geworfen und mit deinem Freund eine Wette abgeschlossen, ob "Kopf" oder "Adler" zu sehen ist, wenn das Geldstück auf dem Boden liegt. Mit dem Gerät nach Abb. 104 und 105 läßt sich dieses Spiel "digital spielen". Du mußt nur vorher feststellen, daß z.B. "Kopf" dem Zustand -0- und "Adler" dem Zustand -1- entsprechen soll.

Die Schaltung besteht aus einem astabilen Multivibrator mit den Transistoren T1 und T2. Das Ausgangssignal wird auf die erste Diode einer UND-Schaltung gegeben; D2 kann über den Schalter Sch 2 auf -0- gelegt

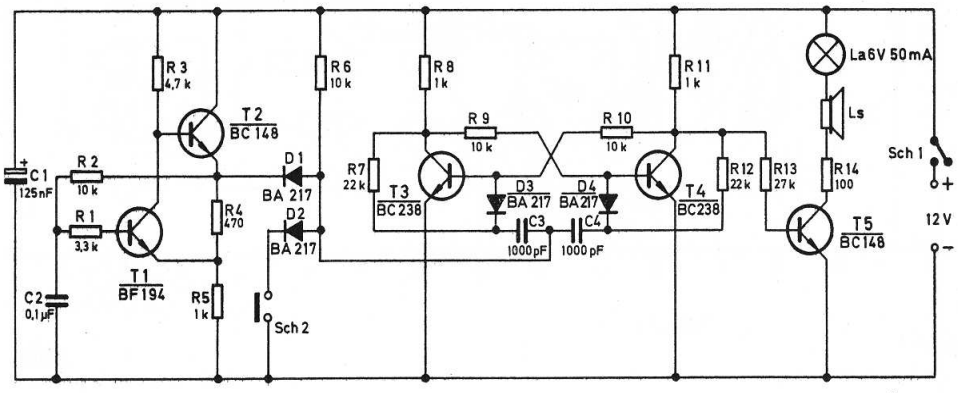


Abb. 104

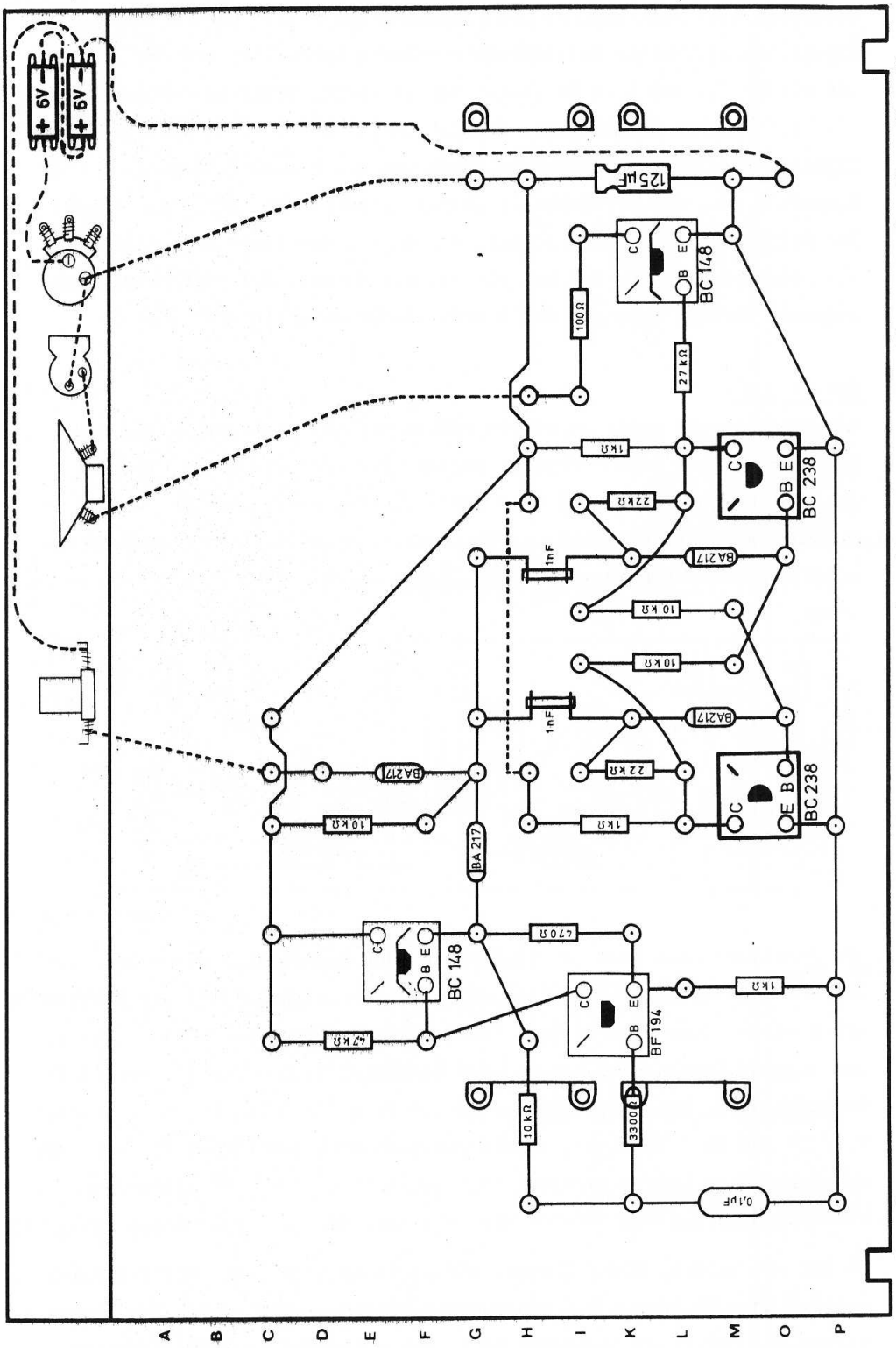

+ 6V
+ 6V
125µF
BC 148
100Ω
27kΩ
1kΩ
22kΩ
BC 238
BA217
1nF
10kΩ
10kΩ
BA217
1nF
22kΩ
BC 238
BA217
10kΩ
1kΩ
BA 217
470Ω
BC 148
47kΩ
BF 194
1kΩ
10kΩ
33000Ω
0,1µF
A B C D E F G H I K L M O P
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23

Abb. 1o5

werden. Wenn Sch 2 geöffnet ist, gelangt die Rechteckspannung des Multivibrators auf den Eingang des Flip-Flop (T1 / T2). Da das Generatorsignal den bistabilen Multivibrator ständig umschaltet und der Indikator mit T5, La und L am Kollektor von T4 liegt, kommt beim Knobeln aus dem Lautsprecher ein Summton, und die Lampe leuchtet mit mittlerer Helligkeit. Wird Sch 2 geschlossen, dann ist die Spannung am Eingang des Flip-Flop -0-, und er bleibt in seiner letzten Schaltstellung stehen. Der Signalzustand des Transistors 4 wird von der Lampe angezeigt: bei -1- leuchtet sie auf, und bei -0- ist sie dunkel. Soll ein neues Spiel begonnen werden, dann muß Sch 2 erst wieder ausgeschaltet werden.

7.15. Zähler bis 4

Maschinen werden heute in vielen Fällen digital gesteuert. Wenn z.B. Flaschen zu je 4 Stück verpackt werden, muß nach jeweils 4 Flaschen der neue Karton für die nächste Serie bereitgestellt werden. Eine Einrichtung am Laufband zählt die Stückzahl und sorgt im richtigen Augenblick für das Verpackungsmaterial. Einen solchen Zähler kannst du selbst bauen.

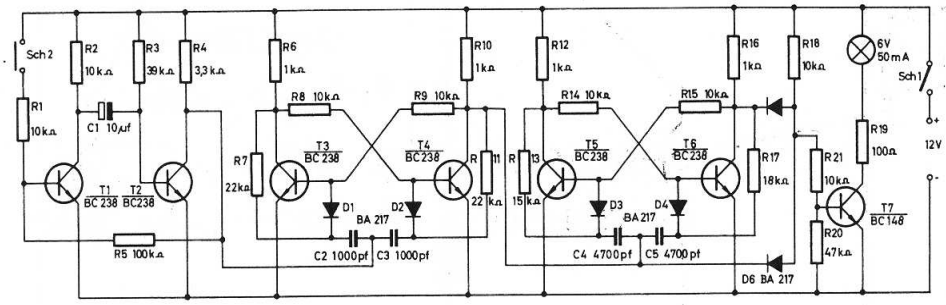


Abb. 106

Die Schaltung nach Abb. 106 (Aufbau auf der Grundplatte siehe Abb. 108) liefert nach jedem 4. Eingangsimpuls ein Lichtsignal. Wird der Schalter 2 geschlossen, dann liefert der monostabile Multivibrator einen kurzzeitigen Ausgangsimpuls, der nur von der Kapazität C1 und dem Widerstand R3 bestimmt wird. Der erste und der zweite Flip-Flop mit den Transistoren T3 / T4 und T5 / T6 kippen in die Position nach dem Schema der Abb. 107 um. Der zweite Impuls schaltet dann den Kollektor von T4 wieder auf -1-. Wird der Schalter zum dritten Mal betätigt, geht die Ausgangsspannung von T4 auf -0- zurück. Diese Flanke, die ja einen negativen Impuls darstellt, gelangt über C4 und C5 auf den zweiten Flip-Flop und sperrt den Transistor T6. Der vierte Ausgangsimpuls des monostabilen Multivibrators kann wieder nur den ersten Flip-Flop umschalten. Da die UND-Schaltung (D5 und D6) mit den beiden Ausgängen der bistabilen Multivibratoren ver-

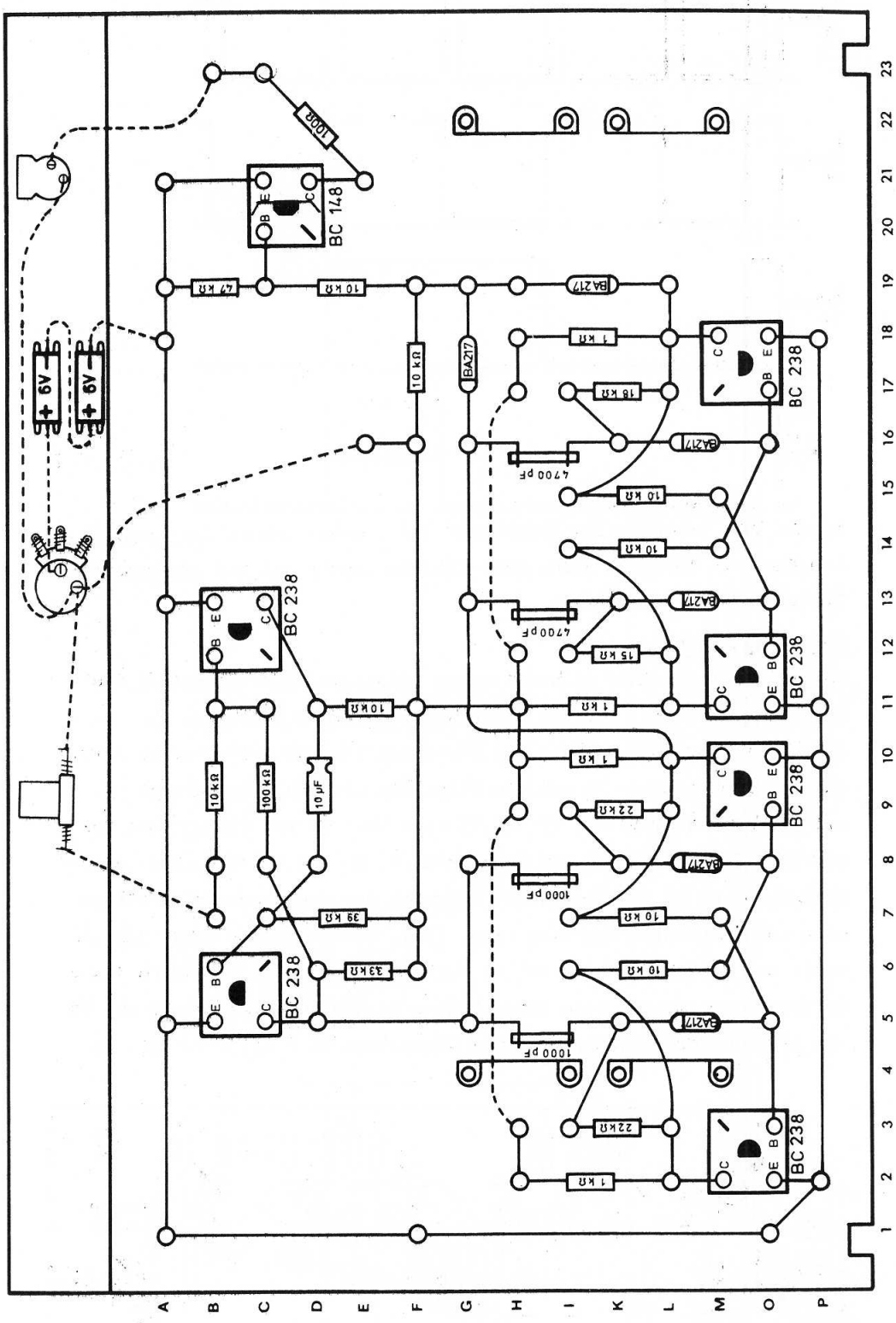

BC 148
BC 238
BC 238
BC 238
BC 238
BC 238
BC 238
BC 238
BA217
BA217
BA217
BA217
BA217
100R
47 kΩ
10 kΩ
10 kΩ
10 kΩ
100 kΩ
10 µF
39 kΩ
33 kΩ
1 kΩ
18 kΩ
10 kΩ
10 kΩ
15 kΩ
1 kΩ
1 kΩ
22 kΩ
10 kΩ
10 kΩ
22 kΩ
1 kΩ
4700 pF
4700 pF
1000 pF
1000 pF
6V
6V

Abb. 1o8

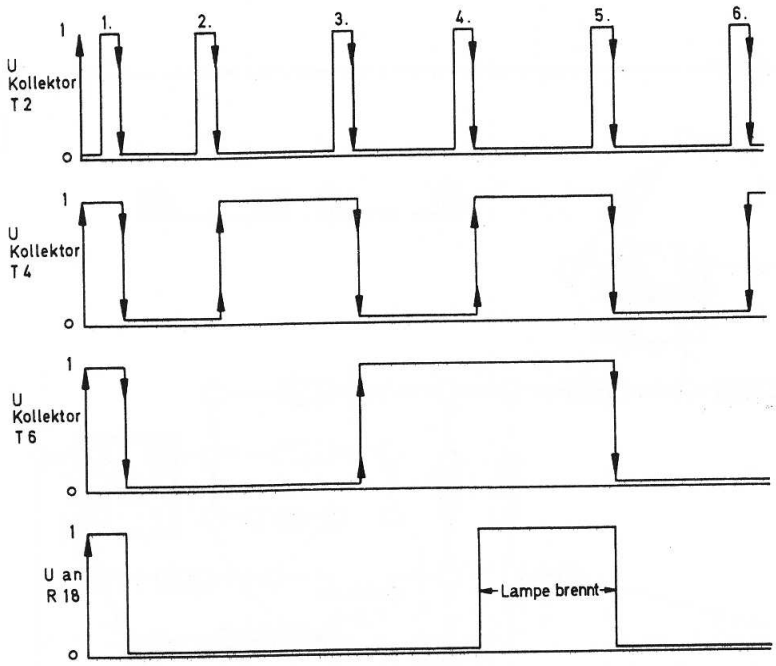


Abb. 1o7

bunden ist, leuchtet die Lampe nach dem vierten Impuls auf, weil alle Ausgänge -1- geworden sind. Beim fünften Impuls ist der ursprüngliche Zustand wieder hergestellt.

7.16. Dreiklang mit Pause

Wie wäre es mit einer elektronischen Türglocke? Dazu kannst du die Schaltung nach Abb. 109 und 110 einsetzen. Das Steuerorgan für den Ablauf der Tonfolge besteht aus dem astabilen Multivibrator T1 / T2, dem Schaltverstärker T3 und dem Flip-Flop mit den Transistoren T4 und T5. Die Ausgänge von T3 und T5 sind über R9 und R16 mit dem zeitbestimmenden Widerstand des Tongenerators T6 und T7 verbunden. Am Verbindungspunkt R9 / R16 entsteht aufgrund der ungleichen Widerstände eine treppenförmige Spannung (Abb. 111), die den Strom durch R18 und somit die Frequenz des astabilen Multivibrators bestimmt. Nach jedem dritten Ton entsteht eine kurze Pause, da die Ausgänge von T3 und T5 -0- sind und die Schwingungen des Generators T6 / T7) abreißen. Mit

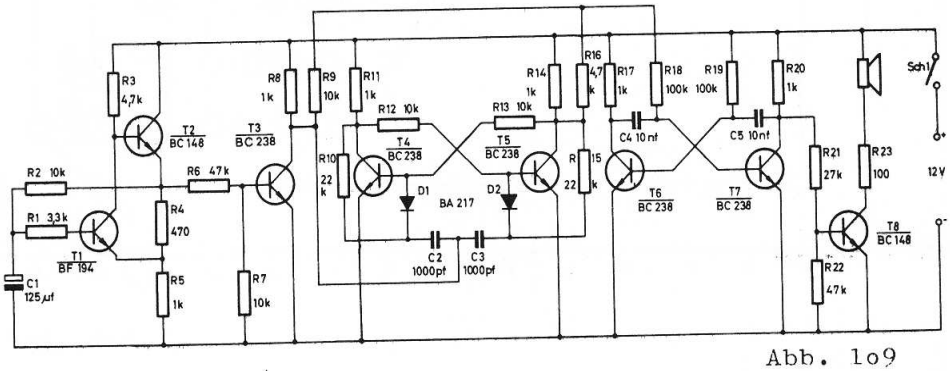


Abb. 1o9

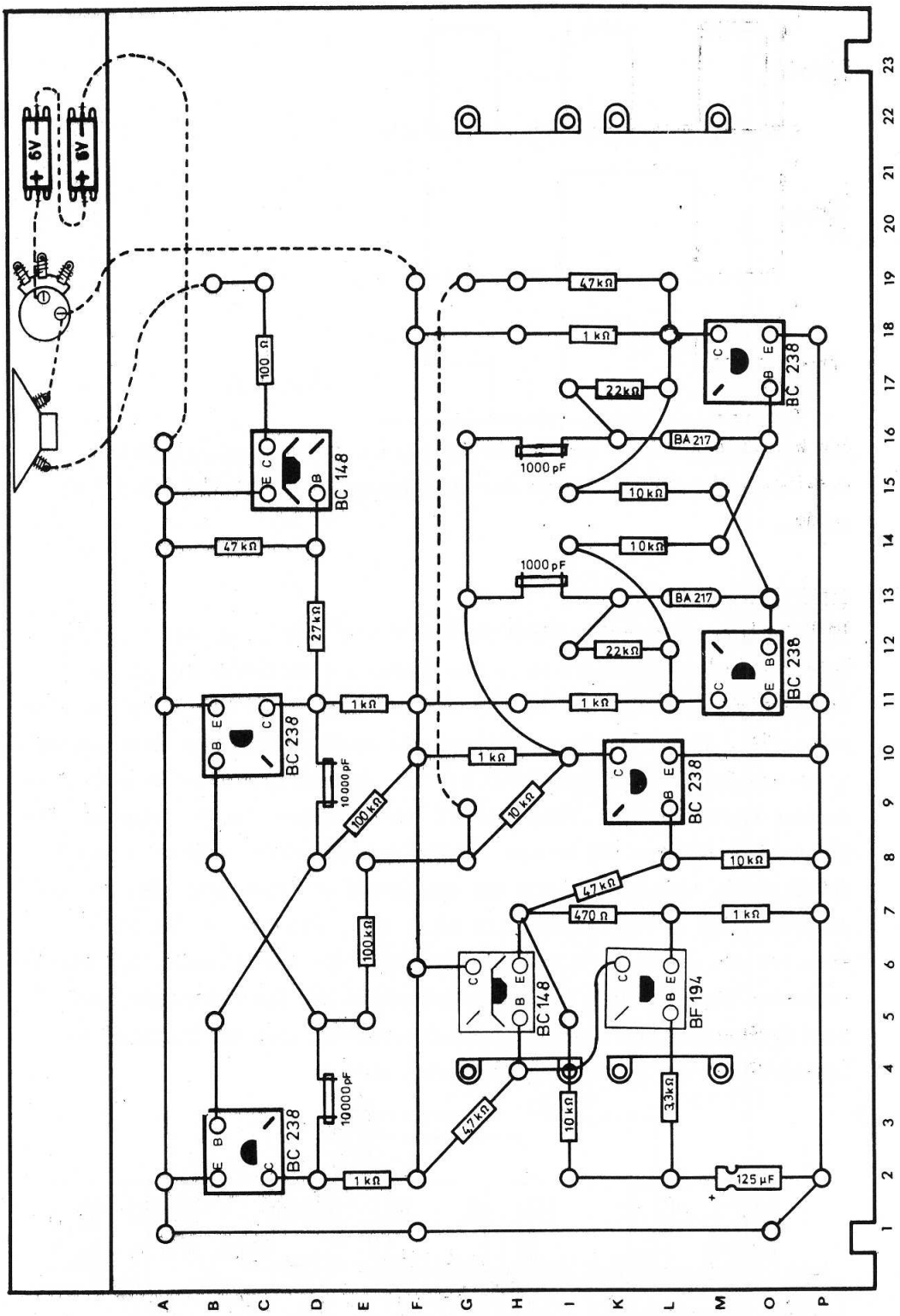

6V
6V
100 Ω
BC 148
47 kΩ
27 kΩ
BC 238
1 kΩ
10 000 pF
100 kΩ
10 kΩ
47 kΩ
1 kΩ
22 kΩ
BA 217
1000 pF
10 kΩ
10 kΩ
1000 pF
BA 217
22 kΩ
BC 238
BC 238
BC 238
10 kΩ
47 kΩ
470 Ω
1 kΩ
100 kΩ
BC 148
BF 194
10000 pF
BC 238
1 kΩ
4,7 kΩ
10 kΩ
3,3 kΩ
125 µF
A B C D E F G H I K L M O P
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23

Abb. 11o

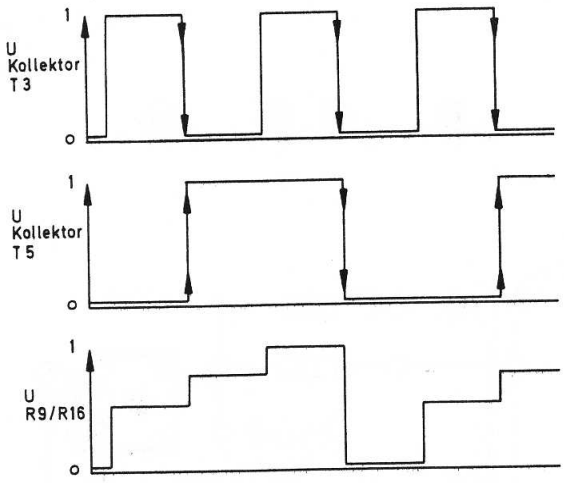


Abb. 111

den Widerstandswerten von R9 und R16 kannst du die Tonfolge selbst bestimmen. Allerdings dürfen die Widerstände nicht kleiner als 3,3 kΩ werden.

7.17. Elektronische Musik

Im Prinzip stimmt dieses Gerät mit dem in der Schaltung nach Abb. 109 überein, es hat jedoch einen um den Faktor 2 erweiterten Tonbereich. Die Schaltung in Abb. 112 und 113 besteht auch wieder aus einem Taktgenerator (T1 / T2), dem Schaltverstärker T3 sowie aus zwei in Reihe geschalteten bistabilen Multivibratoren mit T4 / T5 und T6 / T7. Der erste tonbestimmende Widerstand (R21) ist mit dem Kollektor von T3 verbunden, die Widerstände R22 und R23 können jeweils auf einen der Ausgänge A, B, C und D gelegt werden. Nur wenn der Schalter 2 geöffnet ist, kann die Ausgangsspannung am Verbindungspunkt R21 / R22 / R23 über D5 und R25 die Frequenz des astabilen Multivibrators (T8 / T9) beeinflussen. Mit kleiner werdender Spannung wird die Ausgangsfrequenz des Generators geringer. Je nach Beschaltung der Ausgänge A bis D verändert sich die Tonfolge im Lautsprecher, der über T10 ausgesteuert wird.

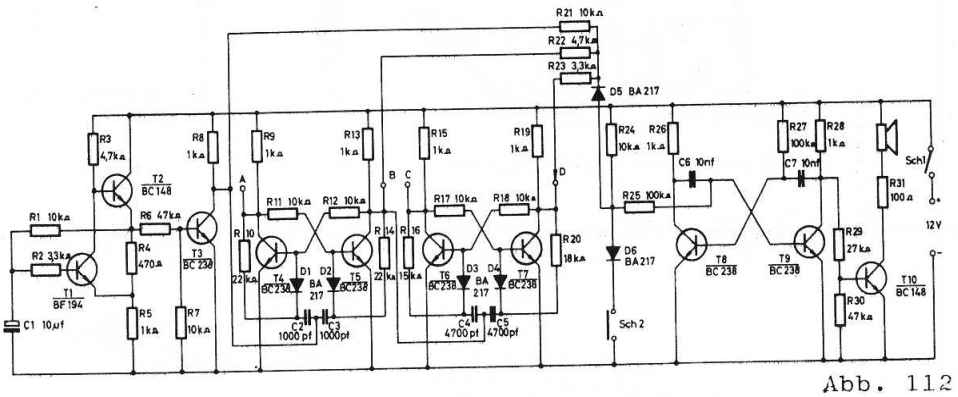


Abb. 112

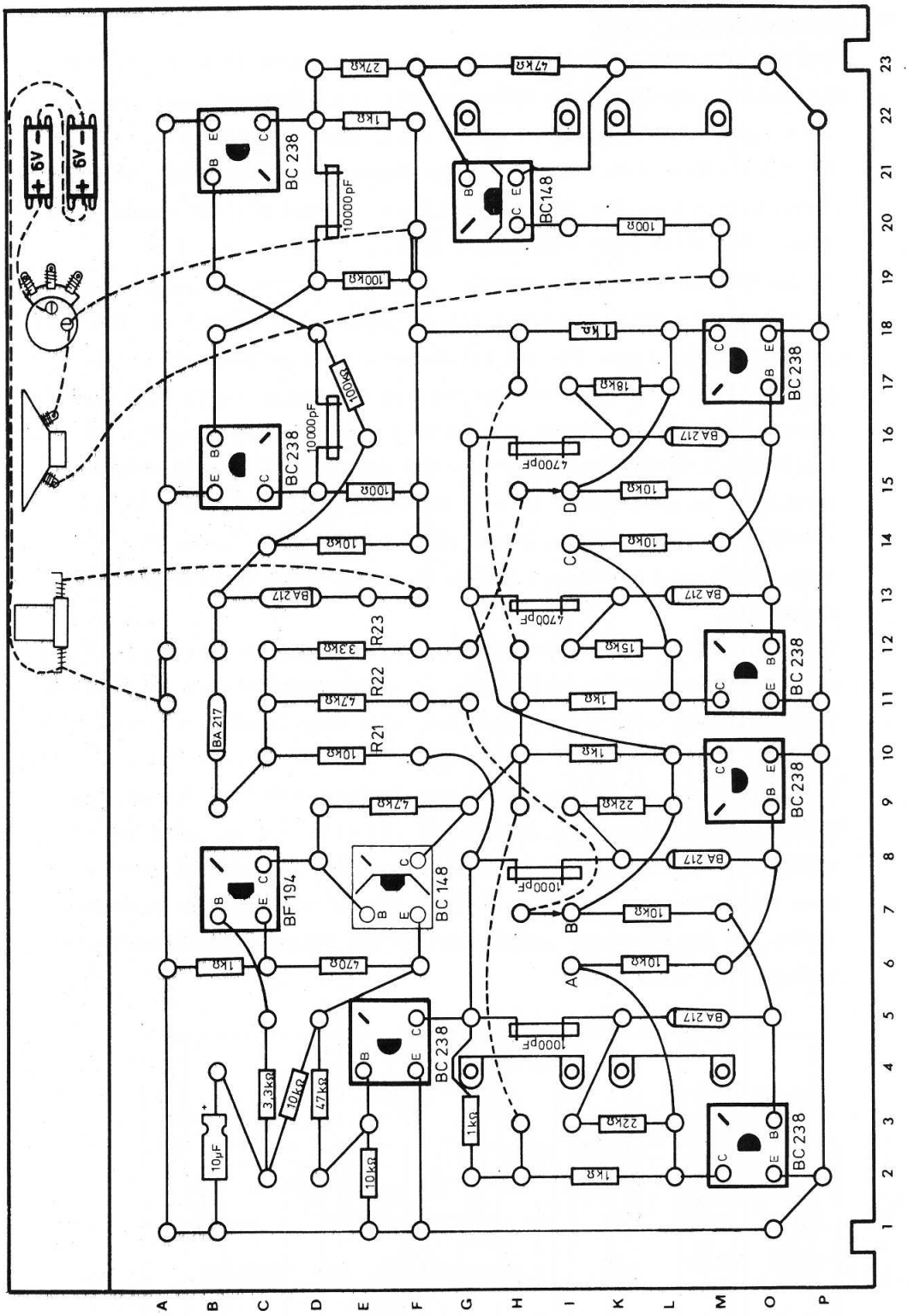

BC 238
BC148
BF 194
BC 148
BA 217
R21
R22
R23
10000pF
4700pF
1000pF
10µF
3,3kΩ
10kΩ
47kΩ
1kΩ
10kΩ
100kΩ
100Ω
1kΩ
10kΩ
15kΩ
18kΩ
22kΩ
33kΩ
47kΩ
470Ω
27kΩ
1kΩ
100Ω
47kΩ
A
B
C
D
+ 6V -
+ 6V -

Abb. 113

7.18. Elektronischer Kuckuck

Eine weitere elektronische Spielerei zeigt die Schaltung in Abb. 114. Sie macht in verblüffender Weise den Ruf eines Kuckucks nach. Wenn du schon einmal den Kuckucksruf gehört hast, dann weißt du auch, daß er aus einem kurzen hohen und aus einem länger anhaltenden tiefen Ton besteht. Danach legt der Kuckuck eine Pause ein und beginnt erneut sein "Lied". Das alles kann auch dieses Gerät nach Abb. 114 und 115.

T1 und T2 sind als unsymmetrischer astabiler Multivibrator geschaltet, T3 / T4 bilden einen Sinusgenerator, dessen Grundfrequenz mit R11 eingestellt werden kann. Für die Zeitdauer des kurzen hohen Tones ist T1 leitend. Durch die steigende Spannung an der Basis von T2 wird nach ca. einer Sekunde dieser Transistor leitend und T1 sofort gesperrt. Die positive Kollektorspannung läßt über R12 die Diode 4 leitend werden und verbindet den Kondensator C8 mit dem Minuspol der Batterie. Jetzt schwingt der Sinusoszillator auf einer niedrigen Frequenz. Um die lange Pause nach dem tiefen Ton zu erzeugen, wurde ein kleiner Trick angewendet.

Zum Zeitpunkt des hohen Tons war T2 gesperrt, und über D1 wurde C4 auf eine positive Spannung aufgeladen. Im Umschaltmoment wird der Oszillator kurzzeitig außer Betrieb gesetzt, weil über D2 sich der leere Kondensator C3 aufladen muß. Außerdem kann sich C4 nur über R6 und T2 entladen. Nach ca. 3 Sekunden ist dieser Zustand erreicht, die positive Basisspannung von T3 wird über D3, R6 und T2 kurzgeschlossen und die Oszillatorschwingungen unterbrochen. Erst wenn T2 gesperrt wird, also nach Ablauf der langen Pause, kann C4 über D1 schlagartig aufgeladen werden und der Generator schwingen. Mit R11 kannst du die Tonhöhe des Kuckucksrufs einstellen.

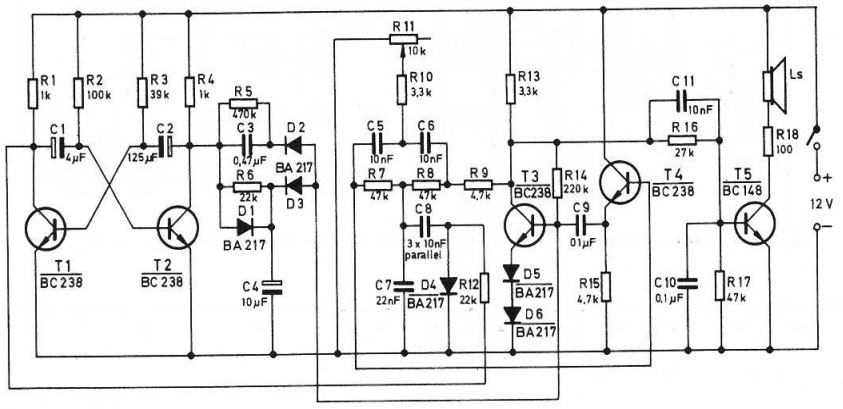


Abb. 114

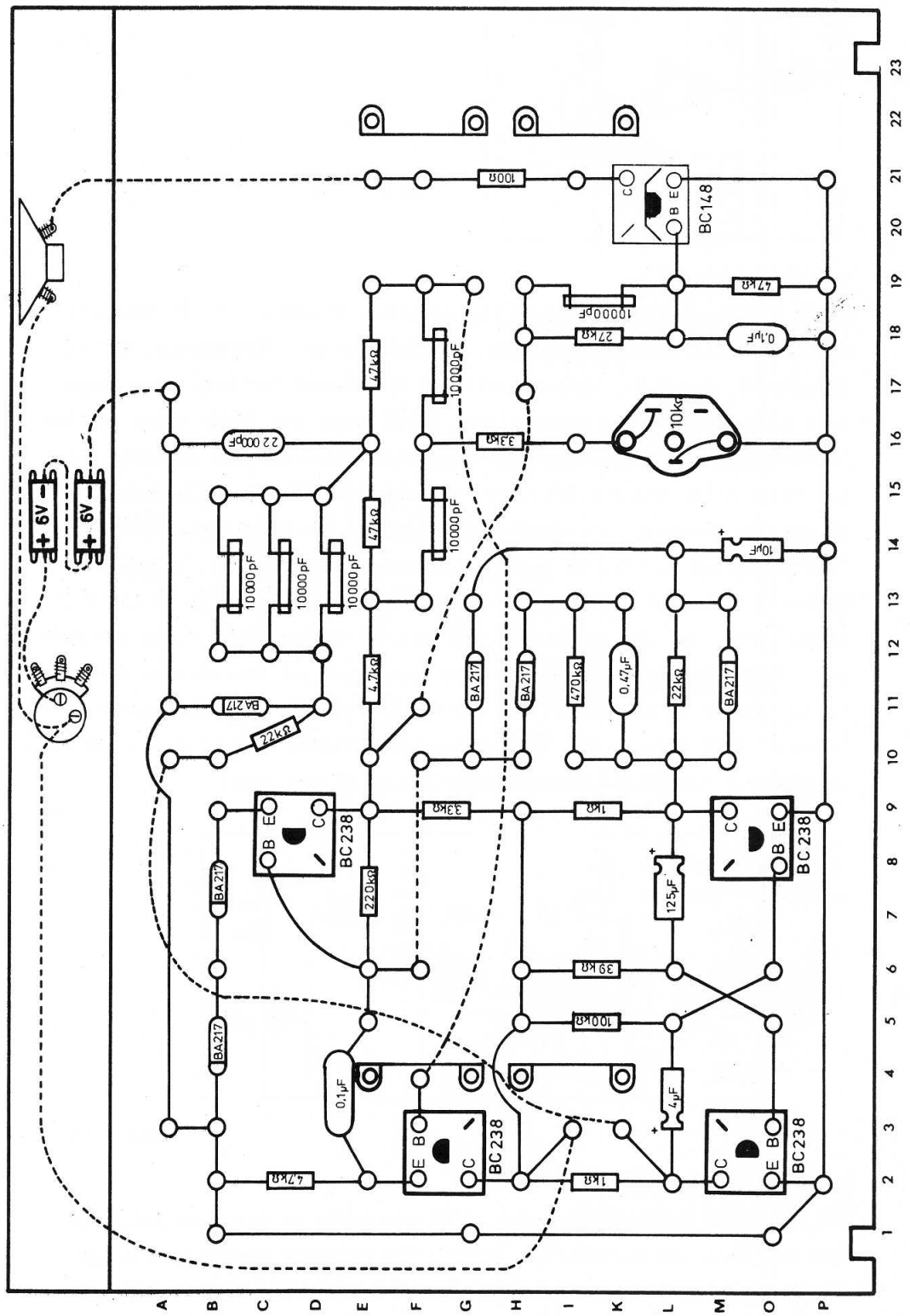

+ 6V -
+ 6V -
100Ω
BC148
47kΩ
10000pF
27kΩ
0,1µF
10kΩ
22 000pF
33kΩ
47kΩ
10000pF
10µF
BA217
22kΩ
4,7kΩ
470kΩ
0,47µF
22kΩ
BC 238
220kΩ
1kΩ
125µF
39kΩ
100kΩ
0,1µF
4µF
4,7kΩ
A B C D E F G H I K L M O P
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23

Abb. 115

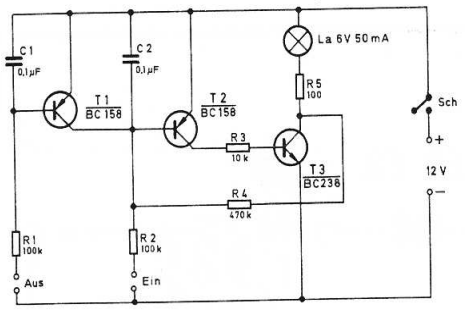


Abb. 116

7.19. Ein-Aus-Schalter

Viele Schaltvorgänge werden in der modernen Elektronik nicht mehr mit mechanischen Schaltern ausgelöst, sondern nur noch mit Kontaktflächen (Sensoren), die z.B., wenn man sie mit dem Finger berührt, eine Lampe oder einen Radiosender einschalten. Dabei wirkt die immer etwas feuchte Oberfläche der Haut als Übergangswiderstand zwischen den Sensoren. Abb. 116 zeigt einen Ein-Aus-Schalter, der aus den P-N-P-Transistoren T1 und T2 und dem N-P-N-Typ T3 besteht. Wenn du mit dem Finger die Kontakte "EIN"überbrückst, wird T2 über R2 leitend und R3 mit dem Pluspol der Batterie verbunden. Infolge des Basisstroms fließt auch in T3 ein Kollektorstrom, und die Lampe leuchtet auf. Du kannst jetzt ruhig den Finger von dem EIN-Kontakt nehmen, denn die Basis des Transistors 2 ist trotzdem über R4 und T3 mit dem Minuspol verbunden und somit immer noch leitend. Erst wenn du die "AUS"-Sensoren berührst, werden durch den Kollektorstrom von T1 die Transistoren T2 und T3 gesperrt.

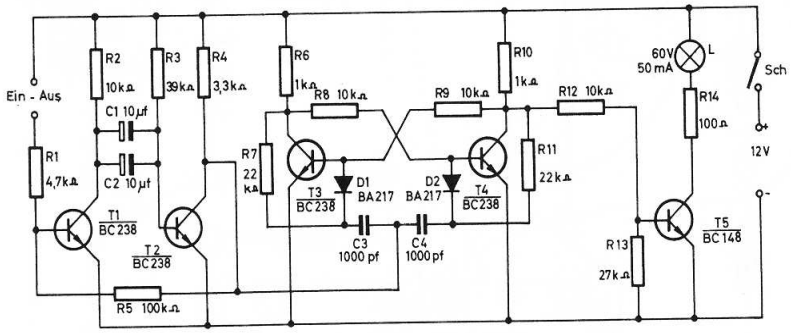


Abb. 117

7.2o. Tast-EIN-AUS-Schalter

Mit nur einer Kontaktfläche läßt sich die Lampe in der Schaltung nach Abb. 117 ein- und ausschalten. Werden die Sensoren ganz kurz mit dem Finger berührt, liefert der monostabile Multivibrator einen positiven Ausgangsimpuls. Die von -1- auf -0- abfallende Rückflanke sperrt über C3 und C4 einen der beiden Transistoren (T3 / T4) des bistabilen Multivibrators. Ist am Kollektor von T4 -1- vorhanden, wird T5 leitend,

und die Lampe leuchtet. Wenn du mit dem Finger einen neuen Impuls auslöst, springt der Ausgang von T4 auf -O- um, und die Lampe wird über T5 ausgeschaltet.

7.21. Langzeitschalter

Du hast sicher schon den Zeitschalter ausprobiert, der in dem Anleitungsbuch EE 1003 beschrieben wird. Nach einem anderen Prinzip arbeitet der Schalter in Abb. 118. Damit lassen sich besonders lange Schaltzeiten erreichen.

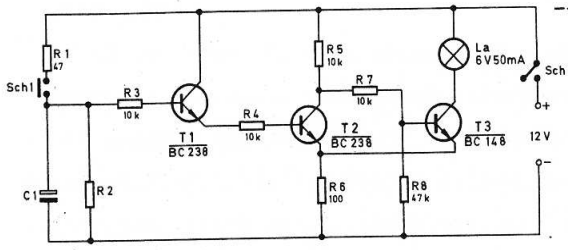


Abb. 118

C1	R2	Zeit
5 µF	2 x 47o kΩ	1o sek.
5 µF	4,7 MΩ	2o sek.
1o µF	2 x 47o kΩ	2o sek.
1o µF	4,7 MΩ	4o sek.
125 µF	2 x 47o kΩ	25o sek.
125 µF	4,7 MΩ	5oo sek.
64o µF	2 x 47o kΩ	13oo sek.
64o µF	4,7 MΩ	26oo sek.

Im Ruhezustand leuchtet die Lampe. Wenn der Schalter 1 geschlossen wird, lädt sich der Kondensator C1 sehr schnell bis auf +12 Volt auf. Der Transistor T1 wird leitend, die Basis von T2 wird dadurch stark positiv, und die Lampe im Ausgangskreis des Schmitt-Triggers erlischt. Jetzt kann sich C1 über R2 langsam entladen, bis die positive Spannung an C1 unter die Schwellspannung des Schmitt-Triggers mit dem davorgeschalteten Emitterfolger sinkt. T1 und T2 sperren, die Lampe wird über T3 wieder eingeschaltet. Die Ausschaltdauer hängt nur von der Größe des Ladekondensators und von R2 ab. Bei C1 = 640 µF und R2 = 4,7 MΩ bleibt die Lampe ca. 2600 Sekunden, also 43 Minuten dunkel.

7.22. Langzeit-Dunkelkammerschalter

Bei der Herstellung von fotografischen Vergrößerungen müssen die lichtempfindlichen Fotopapiere besonders genau belichtet werden. Diese Aufgabe kann ein Zeitschalter übernehmen.

Der Langzeit-Dunkelkammerschalter nach Abb. 119 arbeitet im Prinzip wie der Langzeitschalter. Durch die zusätzliche Schaltstufe T4 wird erreicht, daß im Ruhezustand die Lampe nicht leuchtet. Erst wenn der Schalter 1 kurzzeitig geschlossen wird, schaltet sich die Lampe ein und brennt so lange, bis die positive Spannung an C1 unter die Schwellspannung des

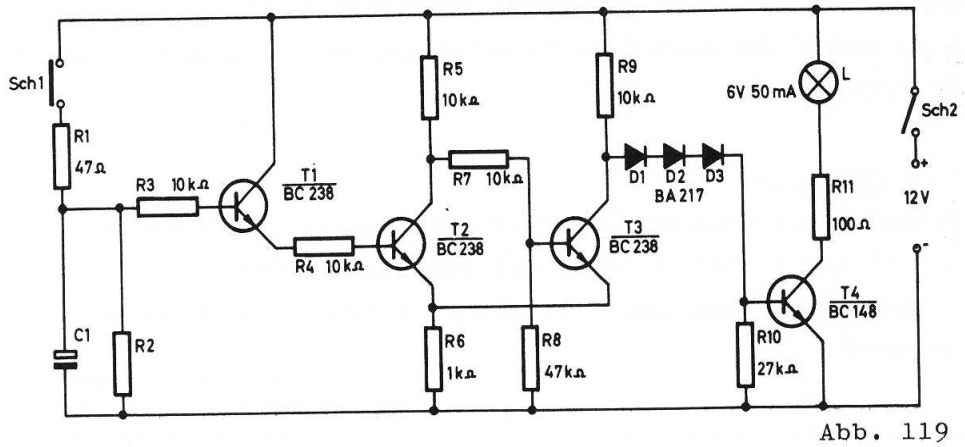


Abb. 119

Schmitt-Triggers sinkt. Da die Kollektorspannung an T3 wegen des Emitterwiderstandes R6 bei durchgeschaltetem Transistor nicht auf -0- geht, ist die Basis von T4 über drei Dioden (D1, D2, D3) mit dem Ausgang des Schmitt-Triggers verbunden. Normalerweise fließt bei einer Emitter-Basisspannung von ca. 0,7 V der volle Kollektorstrom. Durch diese Schaltungsanordnung muß noch zusätzlich die Schwellspannung der Dioden überwunden werden - pro Diode 0,7 V - also kann T4 erst bei ca. 2,8 Volt durchschalten.

7.23. Metronom

Einen Metronom kennst du sicherlich aus dem Musikunterricht. Es ist ein uhrenähnlich tickendes Gerät, bei dem durch ein Gewicht am Pendel das Tempo des Schlages eingestellt werden kann.

Der Metronom besteht, wie die Schaltung in Abb. 120 zeigt, aus einem unsymmetrischen astabilen Multivibrator. Im Kollektorkreis von T2 liegt ein Lautsprecher, aus dem, wenn der Schalter Sch geschlossen ist, ein Ticken zu hören ist. Die Taktfrequenz kannst du mit dem Trimmpotentiometer R1 einstellen.

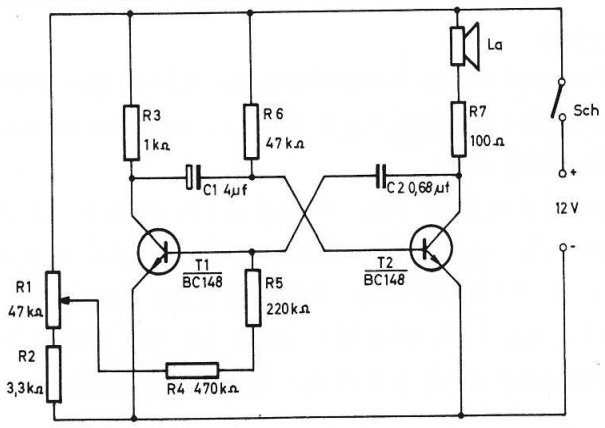


Abb. 12o

8. Verschiedene Anwendungsgebiete der Oszillografentechnik

In den vorangegangenen Abschnitten hast du einige Gebiete der Elektronik kennengelernt, bei der die Oszillografenröhre als Wechselspannungsmesser und zur Sichtbarmachung der Kurvenform eines Wechselstroms verwendet wurde. Durch Veränderung der Spannungsform an den waagerechten Ablenkplatten kannst du aber noch andere Eigenschaften zweier Sinusspannungen zueinander erkennen, so z.B. die Phasenverschiebung von Sinusspannungen. Die Entstehung einer Sinusspannung zeigt dir das Kapitel 2.4. der "Technischen Erläuterungen". Was ist eine Phasenverschiebung?

Haben zwei Wechselspannungen die gleiche Frequenz, so können sie durch elektrische Bauelemente zeitlich zueinander verschoben werden. Sie fangen also nicht zum gleichen Zeitpunkt bei 0 an. Als Bezugswert für die Phasenverschiebung teilen wir die Periode der Wechselspannung in 360° Teile ein und sprechen, wie z.B. in Abb. 121, von einer Phasenverschiebung von 90°.

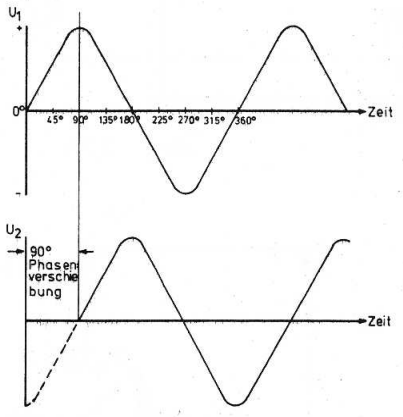


Abb. 121

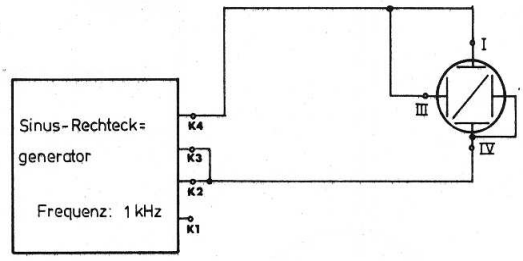


Abb. 122

8.1. Kreisablenkung

Lege zunächst an die Eingänge I und III des X-Y-Oszillografen die gleiche sinusförmige Spannung (Abb. 122). Du erkennst auf dem Bildschirm die schräge Linie nach Abb. 123. Um die Entstehung auf dem Bildschirm zu begreifen, müssen die Ablenkpunkte für einige Augenblickswerte (Punkte 1 - 9) grafisch dargestellt werden. Dazu trägt man auf der X- und der Y-Achse die sinusförmigen Spannungen gleicher Frequenz an den Eingängen III und I ein. Betrachtest du nun zeitgleiche Werte (1,1; 2,2 usw.) auf den beiden Kurven, so findest du die Abbildung dieser Werte im Schnittpunkt der resultierenden X- und Y-Größen. Du kannst beliebig viele Punkte der Ausgangsspannungen wählen, die Abbildungspunkte liegen alle auf einer Geraden. Sie ist, bei gleichen Spannungen, um 45° zur X- und Y-Achse geneigt.

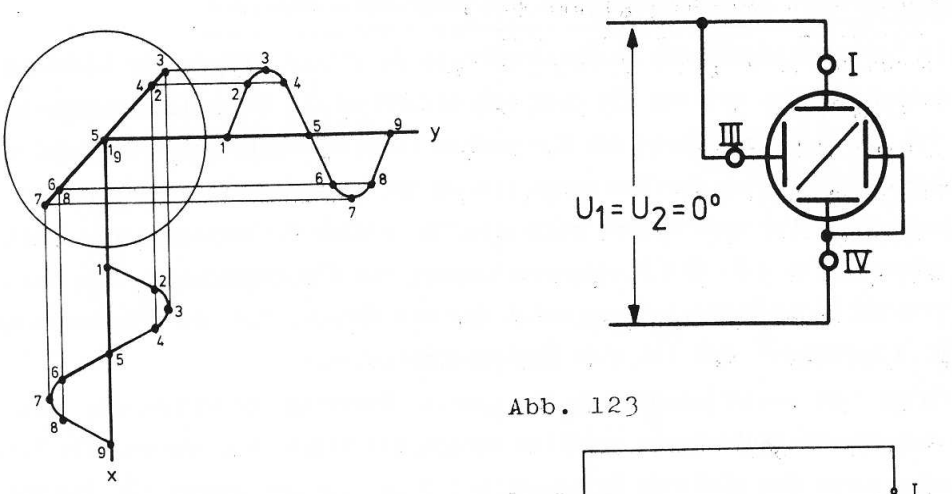


Abb. 123

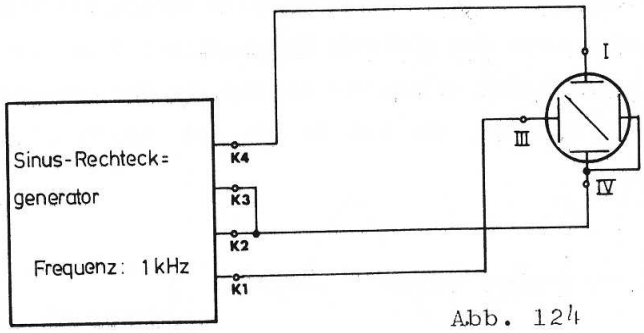


Abb. 124

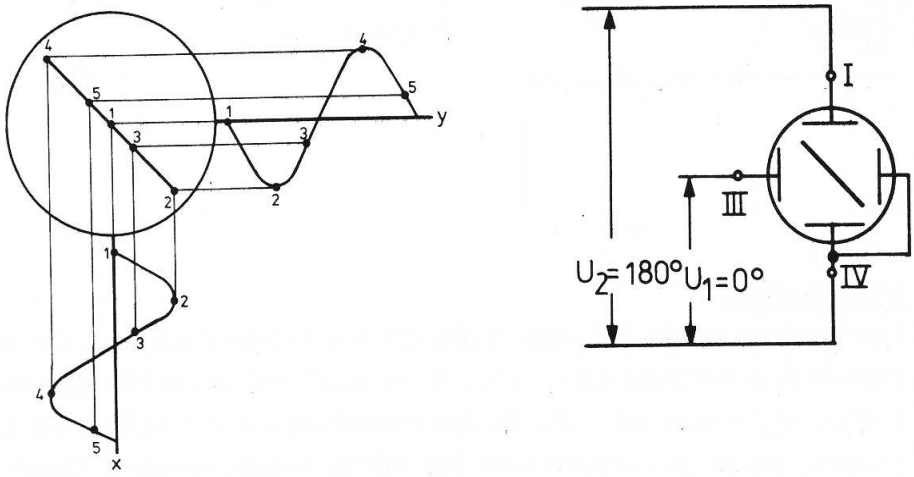
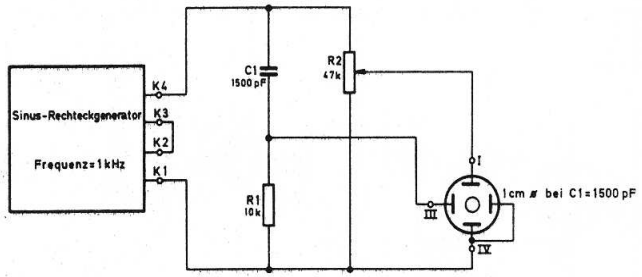


Abb. 125

In Abb. 124 wurde die Spannung an der X- gegenüber der an der Y-Achse um 180° gedreht. Betrachtest du Abb. 125, so fällt auf, daß der Elektronenstrahl eine Gerade abbildet, die von rechts unten nach links oben verläuft.



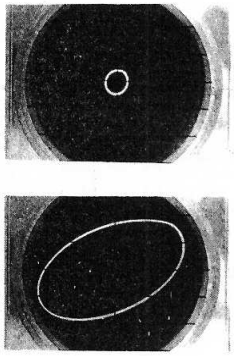
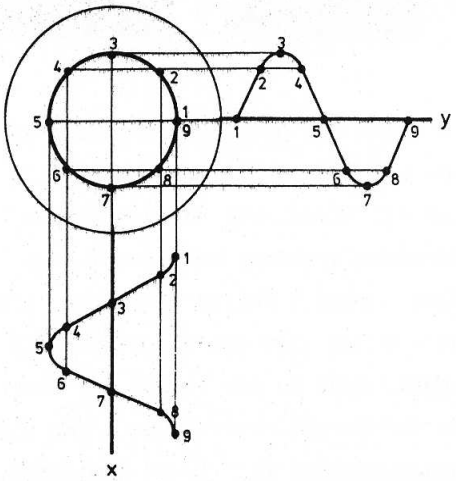


Abb. 126

Mit der Schaltung nach Abb. 126 lassen sich Phasenverschiebungen zwischen 0 und 90° erreichen. C1 und R1 wirken als phasenverändernde Bauelemente. Bei R1 = RC1 beträgt die Differenz beider Spannungen 45°, wenn RC 1 mehr als zehnmal so groß ist wie R1, fast 90°. In diesem Beispiel wird bei C1 = 1500 pF und einer Frequenz von 1 kHz eine Phasenverschiebung von 90° erreicht. Auf dem Bildschirm erscheint bei gleicher Y-Amplitude, die du mit dem Trimmpotentiometer R2 einstellen kannst, ein Kreis. In Abb. 127 findest du die grafische Darstellung der verzögerten Sinusspannungen und das daraus entstehende Bild des Kreises.

Verändere jetzt die Kapazität von C1. Bei größeren Kondensatoren entsteht eine Ellipse, die je nach Phasenverschiebung in ihrer Schräglage zu der X-Achse abweicht. Die Abb. 126 zeigt dir 3 Schirmbilder für verschiedene Phasenverschiebungen. Allerdings müssen die Amplituden beider Spannungen gleich sein. Miß dazu erst die Spannung am Widerstand R1 mit dem Eingang I oder II des X-Y-Oszillografen. Verbinde dann I mit dem Schleifer von R2 und stelle den gleichen Wert ein.



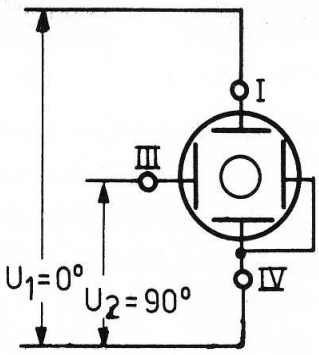


Abb. 127

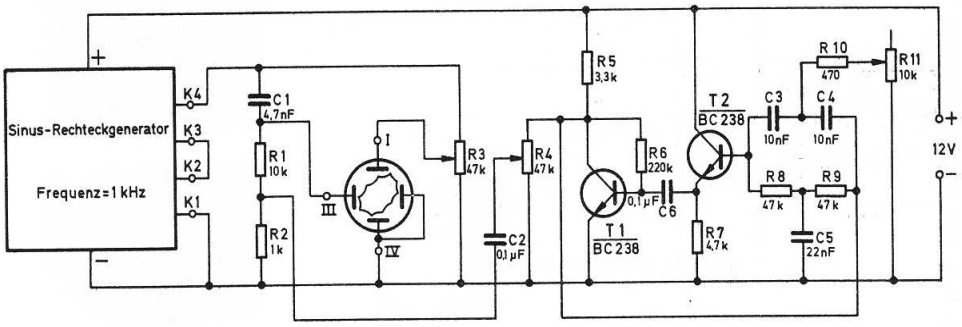


Abb. 128

8.2. Frequenzvergleich durch Kreisablenkung

Die Abb. 128 zeigt eine etwas erweiterte Grundschaltung für die Kreisablenkung. Zu der bekannten Frequenz von 1 kHz, die über den Phasenschieber C1 und R1 den Kreis erzeugt, wird über C2 eine unbekannte Sinusschwingung auf R2 gegeben. T1 und T2 bilden mit den frequenzbestimmenden Bauelementen R8, R9, R10, R11, C3, C4 und C5 einen Generator, dessen Frequenz du mit R11 verändern kannst. Der Ausgang ist über das Trimm-Potentiometer R4 mit C2 verbunden. Je nach Stellung dieses Amplitudenreglers wird durch die Sinusschwingung der Kreis mehr oder weniger verformt. Die Anzahl der nach außen zeigenden Wellen gibt an, um wieviel mal höher die unbekannte Frequenz zur Vergleichsfrequenz 1 kHz ist. Für die Auszählung ist ein stehendes Bild auf der Oszillografenröhre wichtig; verdrehe R11 so lange, bis der Kreis nicht mehr rotiert.
Sind zwei oder drei ineinander übergehende Kreise auf dem Bildschirm zu sehen, so mußt du die Anzahl der nach außen zeigenden Wellen durch 2 bzw. 3 teilen.

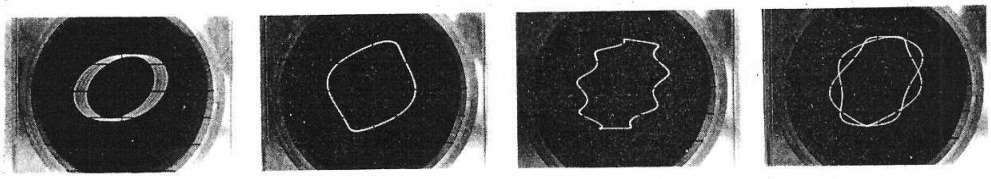


Abb. 129 a b c d

In Abb. 129 findest du 4 Fotos: 129 a zeigt ein nichtsynchronisiertes Bild, der Regler muß auf eine stehende Wellenform wie im zweiten Bild eingestellt werden. Wenn der Generator ein Signal mit der vierfachen Frequenz des 1 kHz-Sinus-Rechteckgenerators erzeugt, erhältst du auf dem Bildschirm die Form b. Auf dem Foto c sind 9 Wellen vorhanden, also ist die unbekannte Frequenz 9 x 1 kHz = 9 kHz. Ist ein doppeltes Bild wie in Abb. 129 d auf der Röhre zu sehen, mußt du die Anzahl der Ausbuchtungen durch 2 dividieren und mit der Vergleichsfrequenz 1 kHz multiplizieren, um die Frequenz des Sinusgenerators T1 / T2 zu ermitteln.

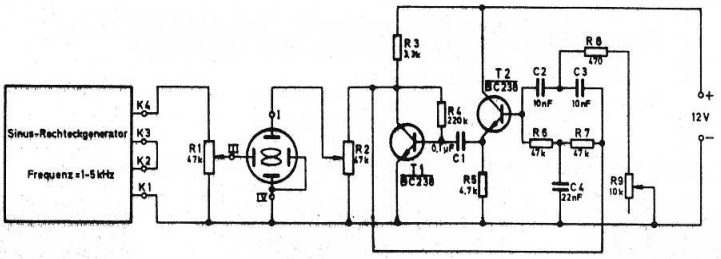


Abb. 13o

8.3. Frequenzvergleich anhand von Lissajous-Figuren

Eine weitere Möglichkeit, die unbekannte Frequenz eines Generators zu ermitteln, zeigt Abb. 130. Die Vergleichsfrequenz liegt an dem Eingang des X-, also Horizontal-Verstärkers, während der Ausgang des Sinusgenerators T1 / T2 über das Trimm-Potentiometer R2 mit dem Vertikalverstärker verbunden ist. Die Frequenz läßt sich mit R9 verändern. Wenn fx (Vergleichsfrequenz) und fy (unbekannte Frequenz T1 / T2) gleich sind, entsteht ein Kreis oder eine Ellipse. Ist die Ausgangsfrequenz des Oszillators T1 / T2 größer oder kleiner, zeichnet der Elektronenstrahl auf dem Bildschirm sogenannte Lissajous-Figuren. Aus der grafischen Darstellung in Abb. 131 kannst du die Entstehung einer solchen Figur entnehmen, wobei zur besseren Übersicht das Frequenzverhältnis $\frac{fx}{fy} = \frac{1}{2}$ gewählt wurde.

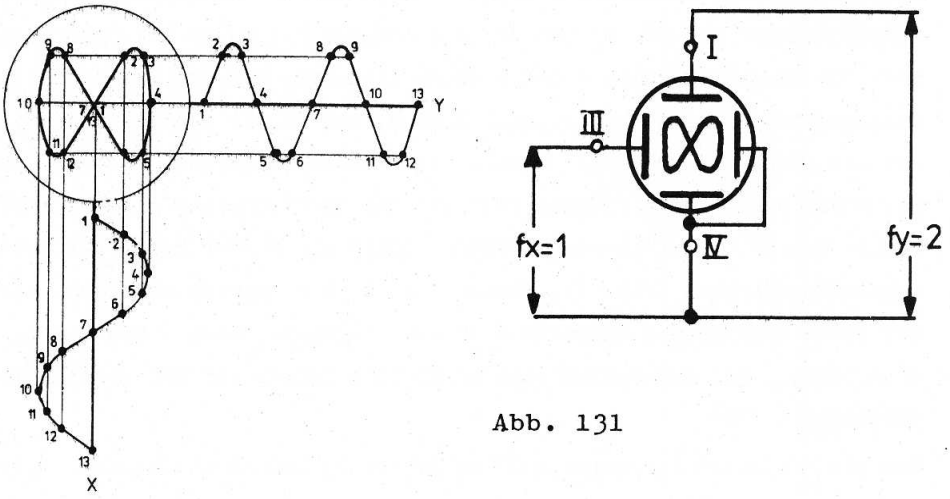


Abb. 131

Sicherlich willst du auch mit dieser Schaltung einige Messungen durchführen und die Frequenz des Oszillators T1 / T2 errechnen. Stelle dazu mit R9 eine stehende Lissajous-Figur ein. Da dir die Vergleichsfrequenz, z.B. 1 kHz, bekannt ist, brauchst du nur die horizontalen und vertikalen

Wellenspitzen auszuzählen, in die Formel

$$fy = \frac{\text{Anzahl der horizontalen Wellenspitzen x fx}}{\text{Anzahl der vertikalen Wellenspitzen}}$$

(fx = Vergleichsfrequenz)
(fy = unbekannte Frequenz)

die ermittelten Zahlen einzusetzen und fy zu errechnen.

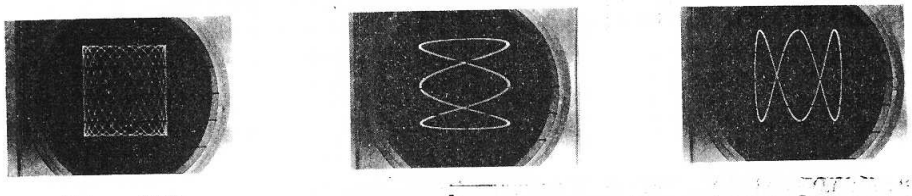


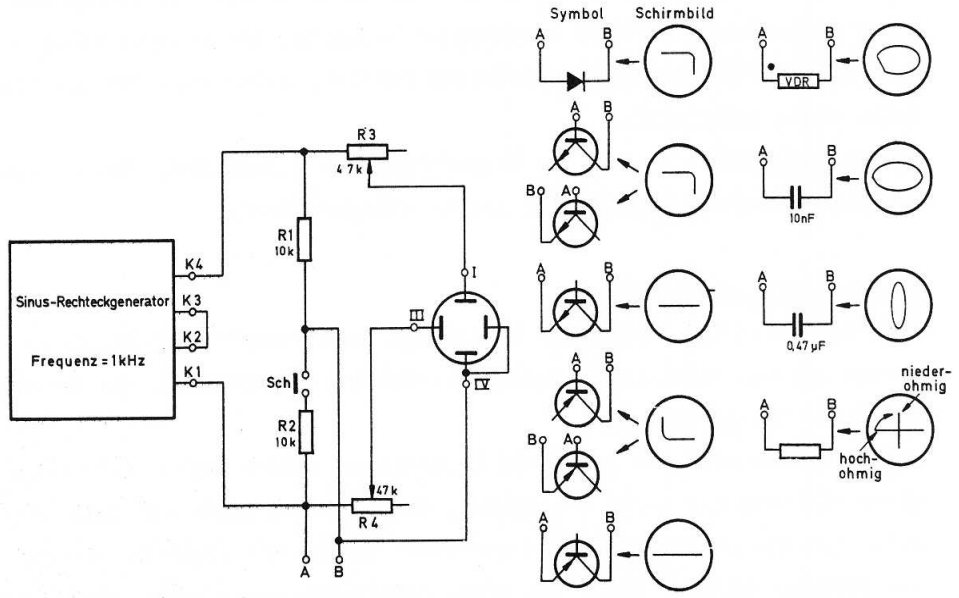
Abb. 132 a b c

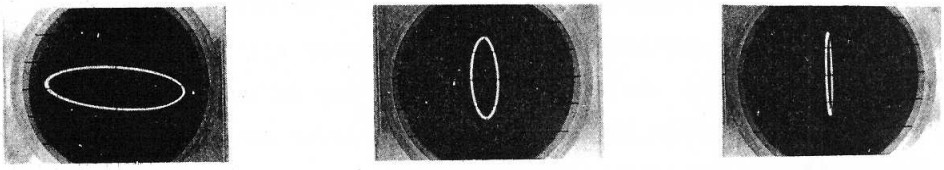
Das Foto a in der Abb. 132 zeigt dir eine komplizierte Lissajous-Figur, die nicht ausgewertet werden kann, weil das Bild nicht feststeht. Eventuell muß die Vergleichsfrequenz verändert werden. Im Bild b ist die Frequenz des Sinusgenerators = $\frac{1}{3}$ der Vergleichsfrequenz. Genau umgekehrt ist das Frequenzverhältnis in Abb. 132 c. Hier ist fy dreimal so groß wie die Vergleichsfrequenz fx.

8.4. Einzelteilprüfgerät

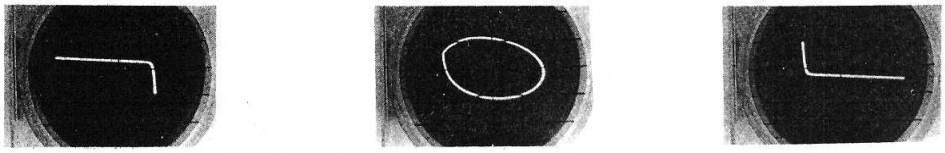
Mit der Schaltung nach Abb. 133 kannst du die elektrischen Einzelteile deines Elektronik-Experimentierkastens überprüfen. Die Funktion des Einzelteiltesters ist leicht verständlich. Er besteht aus einer Wechselspannungsquelle (Sinus-Rechteckgenerator) und dem nachgeschalteten Widerstandsnetzwerk R1, R2, R3 und R4. Als Anzeige dient der X-Y-Oszillograf. Wenn die Eingangsklemmen A und B offen sind, ist auf dem Bildschirm eine waagerechte Gerade sichtbar, weil über R1 und R4 die Wechselspannung nur auf die Eingangsklemmen III und IV des X-Y-Oszillografen gelangen kann. Bei kurzgeschlossenem Eingang schreibt der Elektronenstrahl eine senkrechte Gerade. Jetzt liegen die Generatorausgänge über R3 an den Vertikaleingangsklemmen I und IV. Daraus läßt sich allgemein ableiten, daß bei einem sehr großen Widerstand an den Eingangsklemmen A und B eine waagerechte, bei Kurzschluß eine senkrechte Gerade auf dem Bildschirm dargestellt wird.

Vor den einzelnen Messungen mußt du jedoch R3 und R4 abgleichen. Überbrücke zunächst Klemme A und B und stelle mit dem Trimm-Potentiometer R3 die senkrechte Gerade auf 3 cm Länge ein. Hebe den Kurzschluß auf und schließe den Schalter Sch. Gleiche mit R4 den entstandenen schrägen Strich auf ca. 45° ab. Nachdem du den Schalter wieder geöffnet hast, verbinde wie in Abb. 133 angedeutet eine Diode mit den Eingangsklemmen





C mit kleiner mittlerer großer Kapazität



Diode VDR PNP-Transistor
NPN-Transistor

Abb. 133

A und B. Ist sie einwandfrei, erscheint auf dem Leuchtschirm eine nach unten abgewinkelte Linie.

Die Form kommt dadurch zustande, daß bei der negativen Wechselspannungshalbwelle an A die Diode eine Unterbrechung darstellt und sie bei der positiven Halbwelle leitend ist. Sinngemäß kannst du auch Transistoren prüfen. Nur müssen hier drei Messungen vorgenommen werden, weil die Basis-Emitterstrecke und die Basis-Kollektorstrecke nur auf Kurzschluß geprüft werden. Die Schirmbilder für ein einwandfreies Halbleiterbauelement findest du auch in Abb. 133. Bei Widerstandsmessungen erscheint je nach der Größe des Widerstandes auf dem Bildschirm eine Gerade, die zwischen waagerecht und senkrecht liegen kann. Große Werte erzeugen eine horizontale, kleine Widerstandswerte eine vertikale Gerade.

Kondensatoren erzeugen Ellipsen, die bei 10 nF waagerecht liegen und deren Längsachsen sich mit zunehmender Kapazität der Y-Achse nähern. Auch der VDR ergibt ein kreisförmiges Gebilde, allerdings ist die linke Seite etwas abgeflacht.
Spulen verhalten sich bei der Überprüfung wie Widerstände: Bei großen Induktivitäten wird der Strich leicht ellipsenförmig.

8.5. Diodenkennlinienschreiber

Jede Diode ist für einen ganz bestimmten Anwendungsfall konstruiert worden und hat dementsprechende elektrische Eigenschaften, die in einer Kennlinie festgelegt sind.
Als Kennlinie wird die grafische Darstellung zweier voneinander abhängiger elektrischer Werte bezeichnet, die variabel sind. Ein Beispiel dafür ist die Strom-Spannungskurve einer Diode. Mit einem Blick kann man ersehen, welcher Strom bei einer bestimmten Durchlaßspannung fließen kann. In Abb. 134 findest du die Kennlinie einer Siliziumdiode. Bei +0,5 Volt fließt kein nennenswerter Strom. Er steigt aber ab ca. +0,7 Volt sehr schnell an und hat bei +2 Volt seinen maximalen Wert erreicht.
Diese Kurve läßt sich grafisch darstellen, indem man für viele Spannungswerte die dazugehörigen Stromstärken mißt, in ein Diagramm einträgt und die Punkte untereinander verbindet.

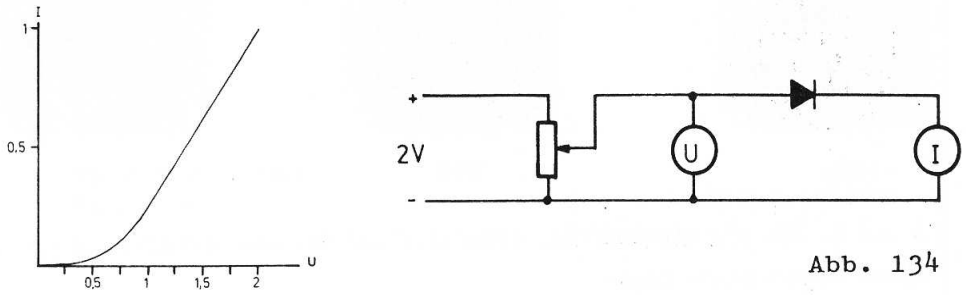
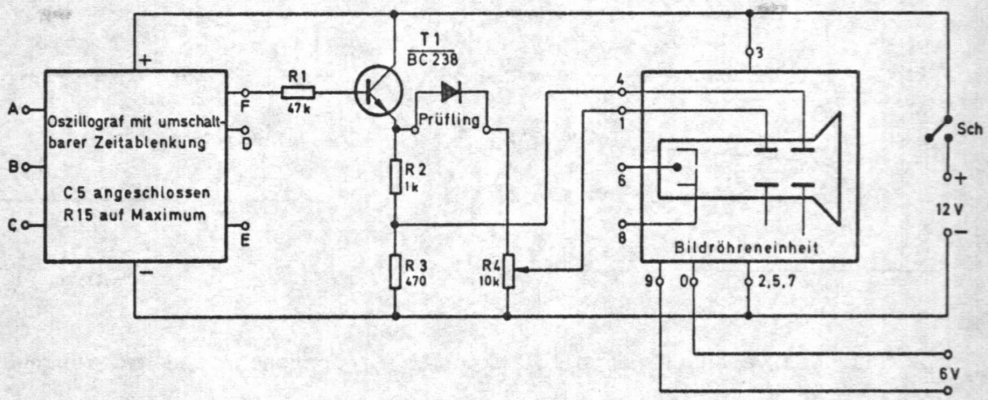
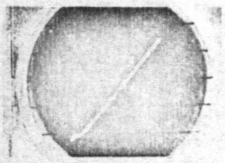


Abb. 134

Elektronisch zeichnet der Diodenkennlinienschreiber nach Abb. 135 die Daten auf. Die dazu benötigte variable Betriebsspannung wird dem Oszillografenanschluß entnommen (F). Wenn R15 des Zeitablenkgenerators auf maximale Ausgangsamplitude eingestellt wird, erhält man an R2 und R3 des Emitterfolgers T1 eine Meßspannung, die sich periodisch zwischen 0 und 5 Volt ändert. Ein Teil der sägezahnförmigen Emitterspannung wird auf den Vertikaleingang 4 der Bildröhreneinheit gegeben. Wenn du eine Diode zwischen den Emitter und das Trimm-Potentiometer R4 legst, ändert sich der Spannungsabfall an diesem Widerstand in einer für die Diode charakteristischen Weise. Die Höhe der Kennlinie läßt sich mit R4 ver-

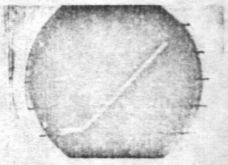




OA 85

Abb. 135

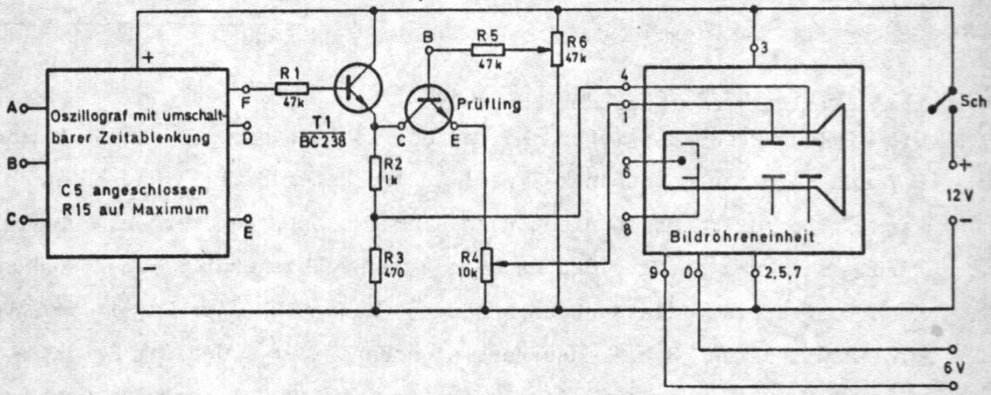
BA 217

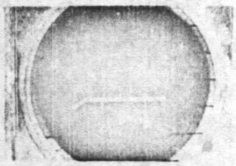


ändern. Vergleiche die Kennlinie der OA 85 mit der der BA 217. Du wirst erkennen, daß die Siliziumdiode (BA 217) eine höhere Schwellspannung besitzt, also erst bei etwa +0,6 Volt der Stromfluß einsetzt.

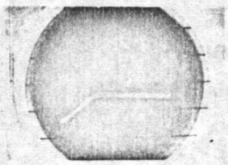
8.6. Transistorkennlinienschreiber

Der Transistorkennlinienschreiber in Abb. 136 arbeitet im Prinzip wie der Diodenkennlinienschreiber. Die Kollektor-Emitterspannung am Meßobjekt ändert sich durch die Sägezahnform ständig von 0 bis +5 Volt. Damit ein Kollektorstrom im geprüften Transistor fließen kann, muß an die Basis eine positive Vorspannung angelegt werden. Mit R6 läßt sich der Basisstrom von 0 bis +250 µA einstellen.

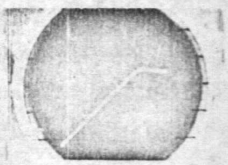




kleiner



mittlerer



großer Basisstrom

Abb. 136

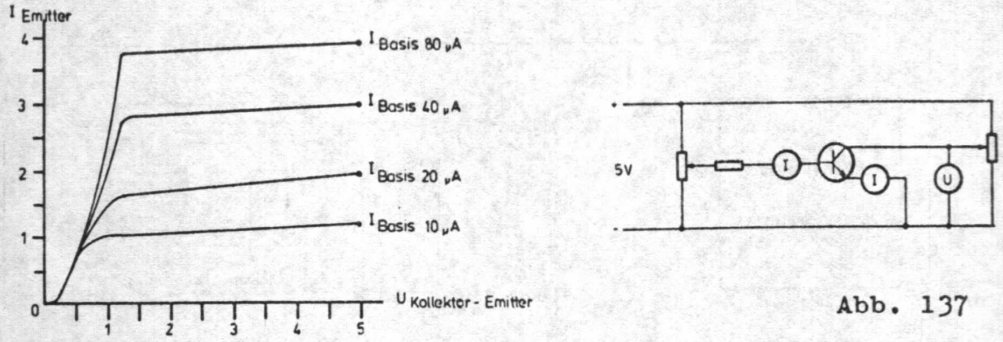


Abb. 137

Der aus der veränderlichen Kollektor-Emitterspannung und dem vorgewählten Basisstrom resultierende Emitterstrom liefert an R4 einen Spannungsabfall und steuert die Bildröhre in vertikaler Richtung aus. Aufgrund der Sägezahnspannung am horizontalen Ablenkverstärker erscheint auf dem Leuchtschirm die Emitterstromkennlinie des Transistors in Abhängigkeit von der variablen Batriebspannung und dem eingestellten Basisstrom. Abb. 137 zeigt dir eine grafische Darstellung der Transistorkennwerte für 4 verschiedene Basisströme.

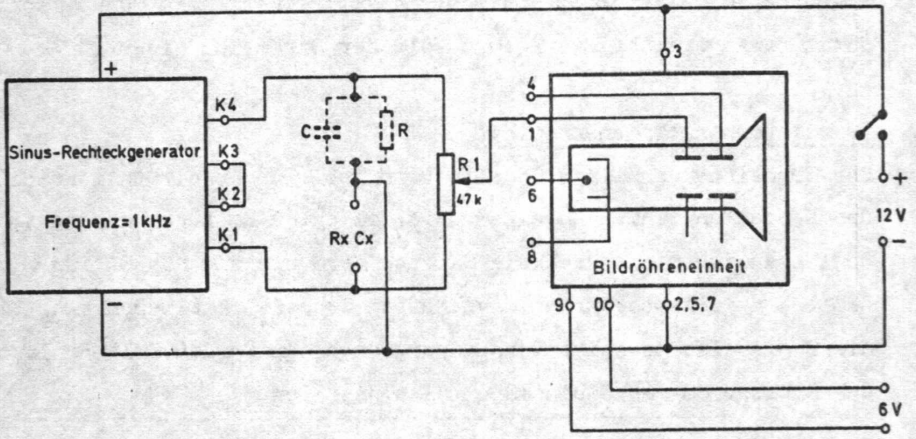


Abb. 138

8.7. Kapazitäts- und Widerstandsmeßbrücke

Die Wirkungsweise der Meßbrücke in Abb. 138 ist dir aus den Schaltungen E 7 und E 10 der Elektronik-Experimentierkästen EE 1003 und EE 1004 bekannt. Sie soll deshalb nicht noch einmal besprochen werden. Zur Erläuterung sei kurz gesagt, daß der Sinus-Rechteckgenerator eine Brückenschaltung speist, die aus dem unbekannten Wert Rx oder Cx mit dem Vergleichswiderstand R bzw. der Vergleichskapazität C und dem Brückenpotentiometer R1 besteht. Als Indikator für den Nullabgleich dient die Vertikalablenkung der Bildröhreneinheit. Ist z. B. R = Rx, wird das Minimum der Ablenkung erreicht, wenn der Schleifer von R1 in Mittelstellung steht.

8.8. Sprachanalysator

Du hast sicher gelesen, daß in der modernen Kriminalistik auch die menschliche Sprache als Beweismittel herangezogen werden kann. Die eventuell vorhandene belastende Tonbandaufnahme wird in ein Oszillogramm umgewandelt und mit einigen typischen Silben aus dem Sprachdiagramm des mutmaßlichen Täters verglichen. Da jede Aussprache besondere Merkmale besitzt, sind diese in den grafischen Aufzeichnungen, die mit Hilfe eines Films vom Oszillografenschirm gemacht werden, deutlich zu erkennen.

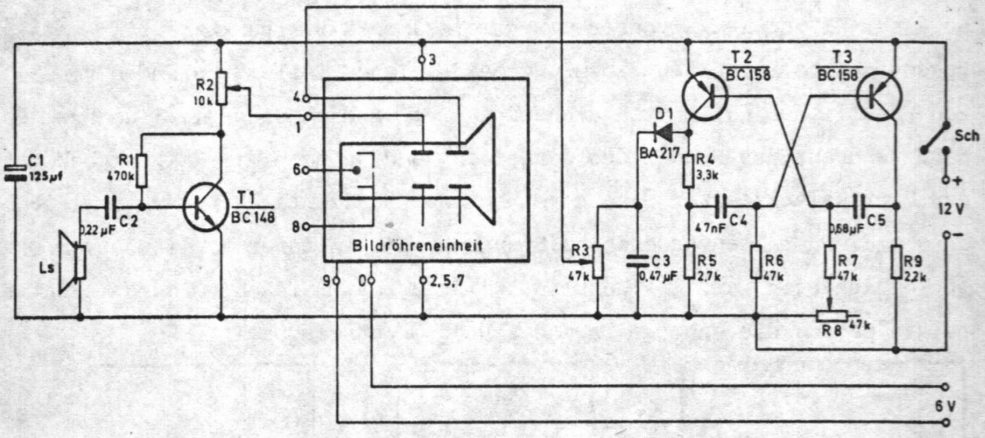


Abb. 139

Dein Sprachanalysator in Abb. 139 kann natürlich nicht die Feinheiten wiedergeben, wie sie mit kommerziellen Geräten erreicht werden. Ferner läßt sich das Bild nicht aufzeichnen, um Vergleiche anstellen zu können. Die Schaltung ist dementsprechend einfach. Sie besteht aus einem Vertikalverstärker mit T1, der über den Lautsprecher La den Schalldruck in eine elektrische Größe aus Spannung und Frequenz umwandelt. Mit R2 kannst du die Höhe der senkrechten Ablenkung einstellen. Außerdem sorgt der einfache Sägezahngenerator T2 / T3 und D1 für eine Zeitablenkspannung, die den horizontalen Ablenkverstärker der Bildröhreneinheit steuert. Die waagerechte Auslenkung der Bildröhre kannst du mit R3, die Frequenz mit R8 verändern. Sind alle Potentiometer auf Maximum eingestellt, erscheint auf dem Bildschirm ein waagerechter Strich, der sich im Rhythmus des vom Lautsprecher aufgefangenen Schalls verformt und sich je nach Stimmlage und Lautstärke ständig ändert.

8.9. Künstlicher Horizont

Der Kapitän eines modernen Flugzeuges braucht für die Steuerung seiner Maschine zuverlässige Informationen, die ihm z.B. über Flughöhe, Geschwindigkeit, Flugzeuglage und vieles andere mehr Auskunft geben. Eines dieser Anzeigeinstrumente ist der künstliche Horizont, der dem Flugzeugführer die Lage des Flugzeugs zur Erde anzeigt. Er läßt sich leicht mit dem vorliegenden Experimentierkasten demonstrieren. Die Schaltung der Abb. 140 beruht auf dem Prinzip der Erdanziehung. Stell dir vor, daß der Schleifer des Trimm-Potentiometers mit einem Pendel und der Widerstandskörper starr mit dem Flugzeug verbunden sind. Bei richtiger Lage steht der Schleifer in Mittelstellung, und dem vertikalen Ablenkverstärker wird keine Spannung zugeführt, da die Generatorausgänge K1 und K4 gegenüber dem gemeinsamen Mittelpunkt K2 / K3 entgegengesetzte Polarität haben und bei gleichen Teilwiderständen von R1 ein künstlicher Nullpunkt geschaffen wird. Ändert sich die Fluglage, dann verdreht das Pendel den Schleifer, und je nach der Neigung bekommt der Vertikalverstärker eine gegenüber dem Horizontal-Verstärker gleiche oder um 180° phasenverschobene Spannung, die in ihrer Amplitude vom Drehwinkel abhängig ist. Als Resultat wird auf dem Bildschirm durch eine geneigte Gerade die schräge Lage des Flugkörpers angezeigt.

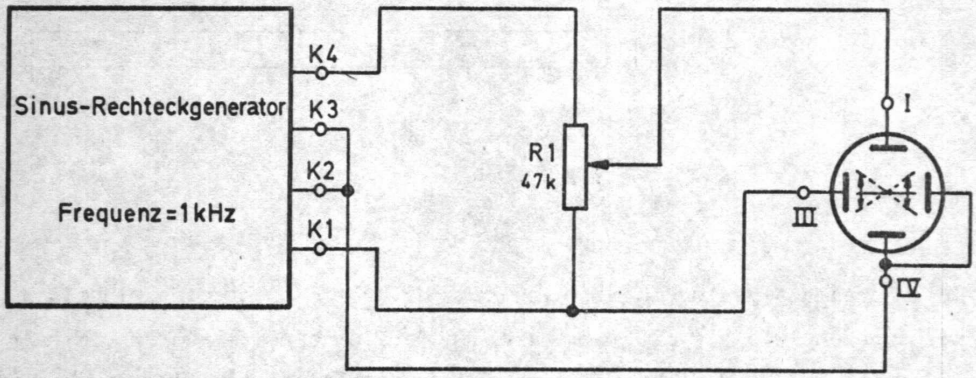


Abb. 14o

8.1o. Radarprinzip

Radar überwacht den Luftraum, sorgt für eine sichere Fahrt mit dem Schiff, kontrolliert den Straßenverkehr und ortet Raketen, Satteliten usw. Was verbirgt sich hinter dieser Bezeichnung?

Bei dem Radarsystem werden kurzwellige Hochfrequenzschwingungen stark gebündelt und impulsförmig mit hoher Energie ausgestrahlt. Die verwendeten elektromagnetischen Impulsbündel im Gigahertzbereich (1 GHz = 1 000 000 000 Hz) haben die Eigenschaft, daß sie von Gegenständen im Sendebereich reflektiert werden. Ein Empfänger, der nur in den Sende-

pausen arbeitet, verstärkt die wieder von der Sendeantenne aufgenommenen Reflektionen und führt sie einer Sichteinrichtung zu, die aus einer speziellen Ablenkschaltung in Verbindung mit einer lange nachleuchtenden Bildröhre besteht. Reflektionen lassen den Bildschirm an einer bestimmten Stelle aufleuchten und zeigen sicher die Position und Entfernung des zurückkommenden Strahls an. Bei diesem Vorgang dreht sich die Radarantenne, sendet und empfängt ständig Impulse, die auf dem Radarschirm durch die lange Nachleuchtdauer das vollständige Abbild der vom Radarstrahl überstrichenen Umgebung aufzeichnen. Da Antenne und Elektronenstrahl auf dem Bildschirm in ihrer Position und Geschwindigkeit ständig gleich sein müssen, ist eine elektrische Verbindung zwischen Radarantenne und Ablenkteil der Bildröhre für eine einwandfreie Bildwiedergabe notwendig. Das kann z. B. durch einen Widerstandsgeber erfolgen, der starr mit der Achse einer Radarantenne verbunden ist und in Abhängigkeit vom Drehwinkel des Potentiometerschleifers auf dem Bildschirm einen Zeiger, der vom Elektronenstrahl ab Leuchtschirmmitte geschrieben wird, rotieren läßt. Dieser Zeiger gibt die Himmelsrichtung an, in welcher sich das geortete Objekt befindet. Die Länge zeigt die maximale Reichweite an und dient als Längenmaß. Leuchtet z.B. ein Punkt des Zeigers hell auf, so ist der Abstand zwischen Mittelpunkt der Bildröhre und Leuchtfleck proportional zur Entfernung zwischen Radarantenne und geortetem Gegenstand.

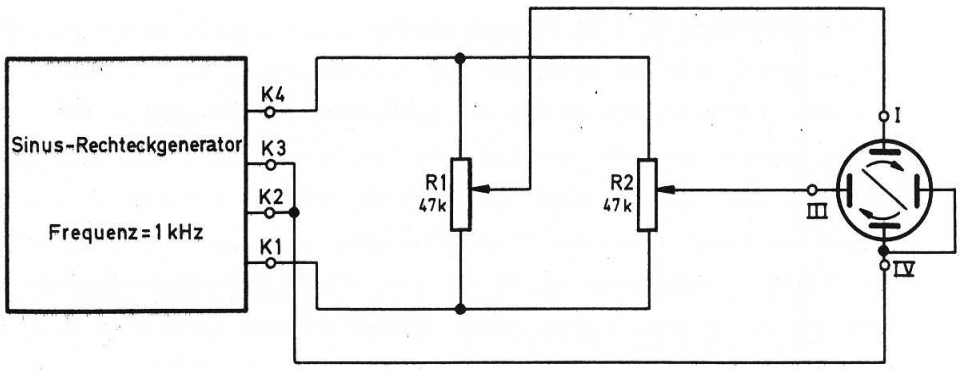


Abb. 141

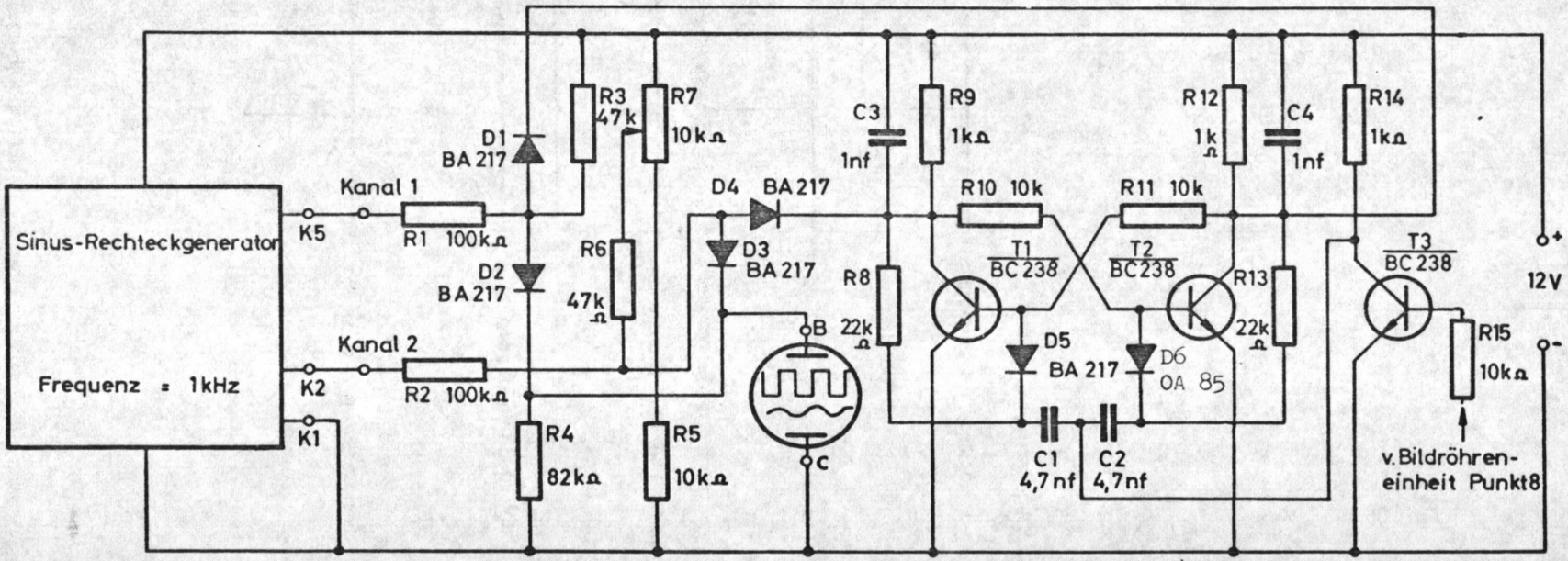
Mit der Schaltung in Abb. 141 kannst du nur die zeigerförmige und kreisende Ablenkung nachvollziehen, wobei durch die einfache Schaltung der Elektronenstrahl nicht, wie bei der richtigen Radarablenkung, vom Mittelpunkt aus zu schreiben anfängt, sondern über den ganzen Bildschirm eine

Gerade zeichnet. Wenn du abwechselnd die Schleifer der Trimm-Potentiometer R1 und R2 vom linken zum rechten Anschlag und umgekehrt drehst, entsteht die rotierende Bewegung des vom Sinus-Rechteckgenerator abgelenkten Elektronenstrahls.

8.11. Zweistrahloszillograf

In der Elektronik werden oft Meßeinrichtungen benötigt, die gleichzeitig zwei Vorgänge aufnehmen können. Das ist z.B. notwendig, wenn man die Phasenverschiebung zweier Sinusschwingungen zueinander ermitteln will. Da das menschliche Auge sehr träge ist, läßt es sich leicht täuschen, und man kann mit Hilfe eines einfachen Schaltungstricks zwei elektrische Vorgänge nacheinander auf dem Bildschirm eines Oszillografen abbilden, die das Auge nur gleichzeitig wahrnimmt. Dazu benötigst du einen elektronischen Umschalter, der starr mit der Zeitablenkung des Oszillografen gekoppelt ist und die Kanäle 1 und 2 abwechselnd auf den Vertikaleingang des normalen Oszillografen schaltet.

Abb. 142 zeigt den einfachen Zweistrahloszillografen, der nach diesem Prinzip arbeitet. Der Transistor T3 dient als Impulsverstärker für den Rückschlagimpuls an Punkt 8 der Bildröhreneinheit. Da diese Nadelimpulse in ihrer Wiederholfrequenz mit der Dauer der Sägezahnspannung für die Horizontal-Ablenkung übereinstimmen und die -1- / -0-Flanke über C1 und C2 den Flip-Flop T1 / T2 ständig umschaltet, entsteht an den Kollektoren von T1 und T2 für die Zeitdauer der Ablenkspannung ein -0- und -1- bzw. -1- und -0-Signal, wie du aus der grafischen Darstellung in Abb. 143 erkennen kannst. Hat z.B. der Kollektor von T2 den Wert -1-, dann ist D1 gesperrt, über R3 / R4 wird die Diode D2 leitend, und sie verbindet das Signal von Kanal 1 mit dem Vertikaleingang B. Da in diesem Augenblick das Signal am Kollektor von T1 -0- ist, wird der Verbindungspunkt R2 / R6 über die Diode gegen Masse gelegt. Dieser Vorgang kehrt sich beim nächsten Schaltimpuls um. Dann ist der Kanal 2 mit der Ablenkung verbunden und über D1 der Kanal 1 gegen Masse kurzgeschlossen. Mit R7 kannst du die Position der beiden Bilder zueinander verschieben.


Sinus-Rechteckgenerator
Frequenz = 1kHz
K5
K2
K1
Kanal 1
Kanal 2
R1 100kΩ
R2 100kΩ
D1 BA 217
D2 BA 217
D3 BA 217
D4 BA 217
R3 47k
R7 10kΩ
R6 47kΩ
R4 82kΩ
R5 10kΩ
B
C
C3 1nf
R9 1kΩ
R8 22kΩ
R10 10k
R11 10k
T1 BC 238
T2 BC 238
D5 BA 217
D6 OA 85
C1 4,7nf
C2 4,7nf
R12 1kΩ
C4 1nf
R13 22kΩ
R14 1kΩ
T3 BC 238
R15 10kΩ
12V
+
-
v. Bildröhren-einheit Punkt8

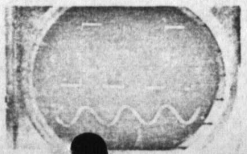


Abb. 142

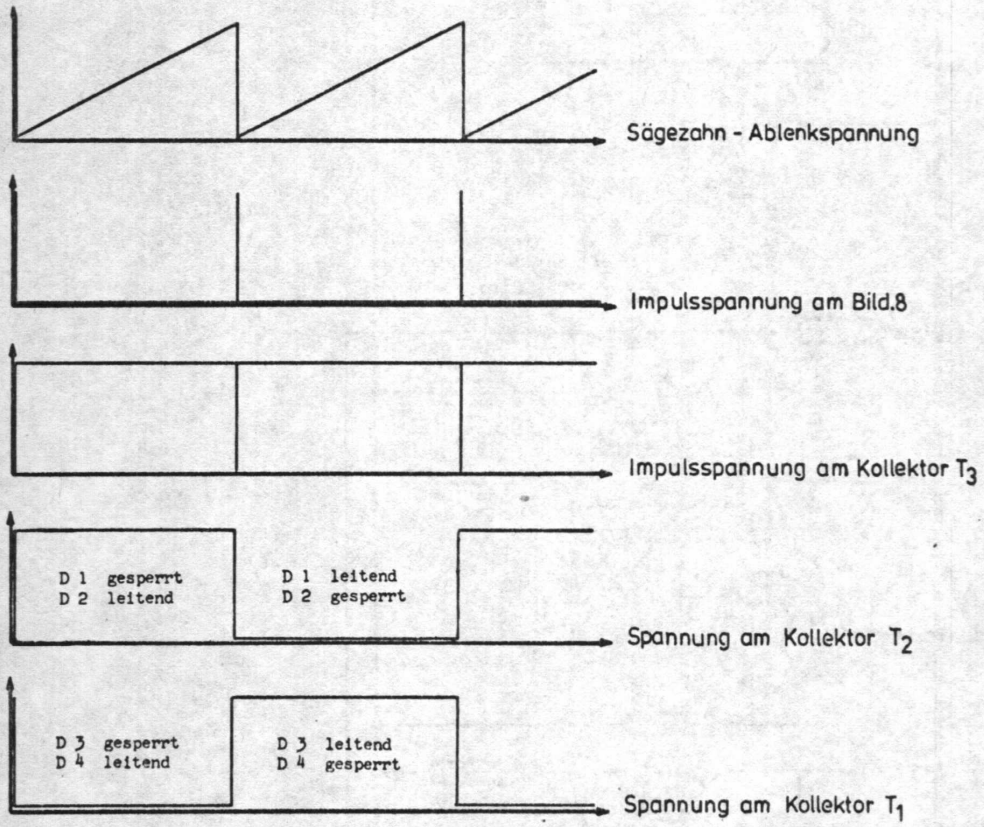

Sägezahn - Ablenkspannung
Impulsspannung am Bild.8
Impulsspannung am Kollektor T_3
D 1 gesperrt
D 2 leitend
D 1 leitend
D 2 gesperrt
Spannung am Kollektor T_2
D 3 gesperrt
D 4 leitend
D 3 leitend
D 4 gesperrt
Spannung am Kollektor T_1

Abb. 143

9. Fernsehtechnik

Das Fernsehen ist heute für uns in vielen Bereichen eine Selbstverständlichkeit geworden. Kameras überwachen den Straßenverkehr, verhindern in großen Kaufhäusern Ladendiebstähle, bringen uns über Raumkapseln dem Weltall näher und unterhalten und informieren uns auf einfache und bequeme Weise. Hast du dir aber schon einmal Gedanken über die Wirkungsweise dieser komplizierten Technik gemacht? Mit deinen durch viele Experimente und Schaltungsstudien gewonnenen Kenntnissen wirst du sicher die Funktion der Sende- und Empfangstechnik begreifen und zum Abschluß dieses Kapitels dir selbst einen Fernsehempfänger bauen können.

Dazu benötigst du fast alle Bauteile der Elektronik-Experimentierkästen EE 1003, EE 1007 und EE 1008. Falls du zunächst noch einige andere Schaltungen erproben willst, überschlage dieses Kapitel und beginne mit dem Studium des 10. Kapitels.

Der Bau eines Fernsehgerätes stellt den größten Schwierigkeitsgrad dar. Lies vor Beginn des Zusammenbaus, der im Kapitel 9.9. (Fernsehtonempfänger) und 9.16. (Fernsehempfänger) ausführlich beschrieben ist, zunächst ganz aufmerksam das gesamte 9. Kapitel. Erst wenn du dich mit den Grundlagen der Fernsehtechnik vertraut gemacht hast, solltest du an den Aufbau des Fernsehgerätes gehen.
Mit dem Gerät lassen sich alle regionalen UHF-Sender empfangen. In diesem Bereich strahlen die Sender des ZDF und der 3. Programme ihre Sendungen aus; in einigen Gebieten der Bundesrepublik Deutschland kann zusätzlich auch noch das 1. Programm im UHF-Bereich empfangen werden (siehe Programmzeitschrift). Wo das nicht der Fall ist, kann statt der UHF- eine VHF-Kanalwählereinheit, die als Zusatzkasten erhältlich ist, eingesetzt werden.

9.1. Zerlegung eines Bildes (Bildabtastung)

Um eine stehende Bildvorlage, einen spannenden Film oder ein lustiges Fernsehspiel übertragen zu können, müssen elektronische Vorrichtungen jede Bildphase im Bruchteil einer Sekunde in kleinste Bestandteile zerlegen und der Sendeeinrichtung zuführen. Warum aber erst unterteilen und nicht im ganzen übertragen?
Die Frage ist leicht zu beantworten, wenn du dir folgendes vorstellst. Ein Bild, wie z.B. das schwarze Kreuz in Abb. 144, kann mit 9 Aufnahmeeinrichtungen auf einen Empfänger übertragen werden. Die Flächen 1 bis 9,

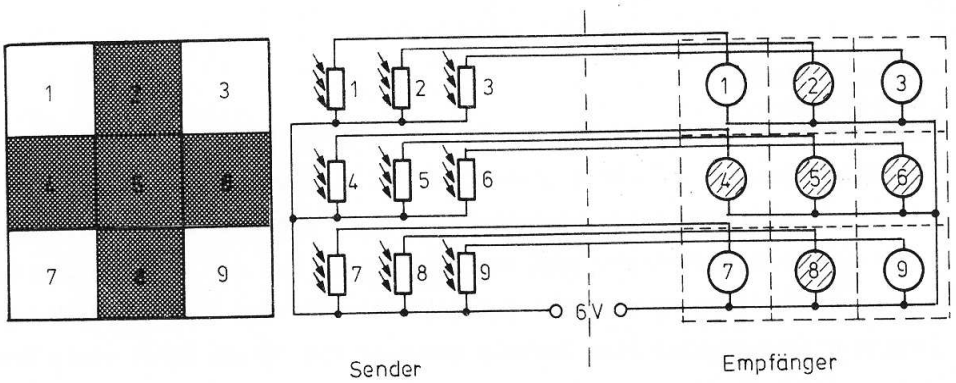


Abb. 144

in die das Bild eingeteilt ist, werden von LDRs abgetastet. Sie liefern aufgrund der Helligkeitsunterschiede über 10 Verbindungen ihre unterschiedlichen Widerstandswerte auf einen Bildempfänger, der aus 9 Lampen besteht. Da z.B. die Fläche 1 hell ist, hat der LDR 1 einen niedrigen Widerstand, und die Lampe 1 leuchtet auf. Anders ist die Abtastung der Fläche 2. Der LDR 2 wird nicht beleuchtet und ist deshalb sehr hochohmig. Die Lampe 2 bleibt dunkel.

Wenn wir alle Leuchtkörper in der gleichen Reihenfolge wie die LDRs in einem Kästchen mit einer Mattglasscheibe anordnen, erhalten wir auf der Frontseite die genaue Wiedergabe der Vorlage. Du hast ganz richtig erkannt, für dieses einfache Bild gebrauchen wir schon 10 Übertragungsleitungen, 9 lichtempfindliche Widerstände und 9 Wiedergabelampen. Bei einer fein gegliederten Aufnahme mit vielen Einzelheiten wird der Aufwand an Leitungen und Abtastelementen so groß, daß er technisch nicht mehr zu vertreten ist.

Für den Übertragungsweg vorteilhafter ist schon die Schaltung nach Abb. 145. Hier sind die 9 Steuerleitungen durch 2 Stufenschalter mit nur einer Verbindungsleitung ersetzt worden. Allerdings muß die Betätigung des

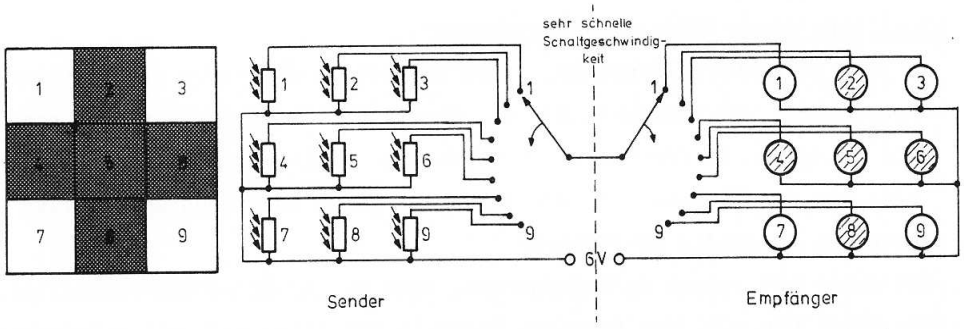


Abb.145

Sende- und des Empfängerschalters gleichzeitig erfolgen, und die Stellungen beider Schaltzungen müssen identisch sein; Schalter 1 und 2 müssen synchron und für eine flimmerfreie Übertragung sehr schnell betätigt werden. In Abb. 146 ist das nicht der Fall. Beide Schalter werden zwar gleichzeitig umgeschaltet, jedoch ist Schalter 2 gegenüber Schalter 1 um eine Stellung versetzt. Das vom Empfänger wiedergegebene Bild hat mit der Vorlage keine Ähnlichkeit mehr.

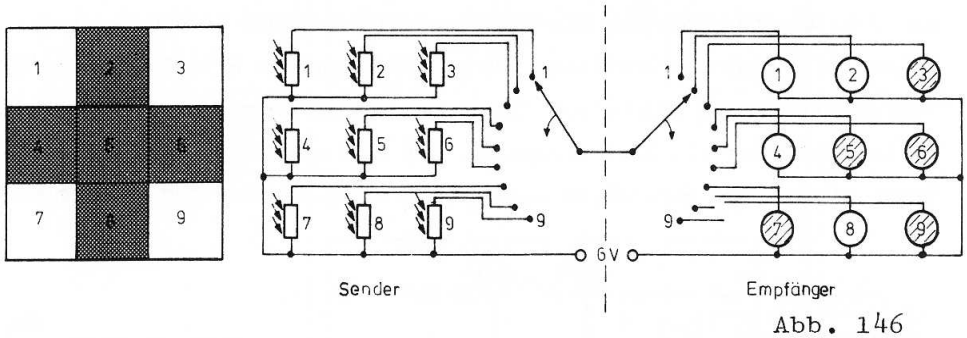


Abb. 146

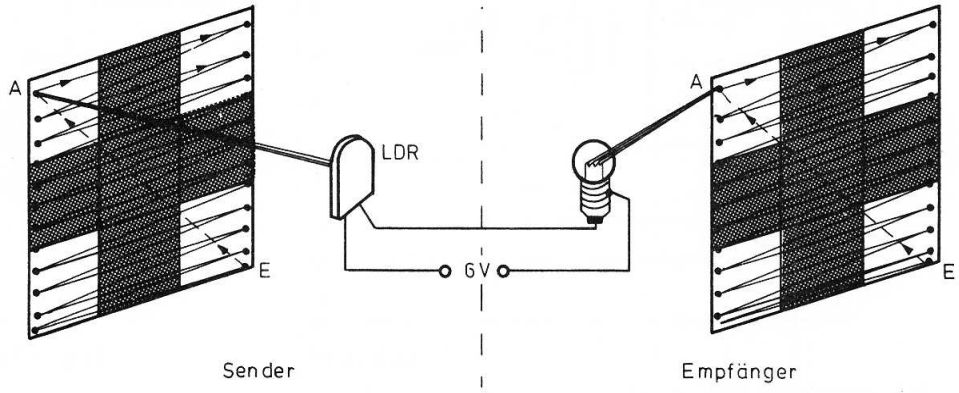


Abb. 147

Der nächste Schritt zur Vereinfachung der Bildabtastung und Wiedergabe ist die Einsparung von LDRs und Glühlampen. Bei der Anordnung in Abb. 147 wird die Bildvorlage nur von einer Fotozelle zeilenförmig abgetastet und im Empfänger synchron dazu die Lampe hinter der Mattscheibe bewegt. Außerdem wird jeweils beim Bildende LDR und Glühlampe ruckartig wieder in ihre Ausgangsposition gebracht. Dafür sind natürlich mechanische Steuereinrichtungen notwendig, die sehr schnell und genau arbeiten müssen. Und hier sind schon für die Güte der Bildaufnahme und Wiedergabe Grenzen gesetzt.

Mit der Erfindung der Braunschen Röhre (Oszillografenröhre) wurde den Technikern ein neues Bauelement in die Hand gegeben, mit dem es möglich war, auf elektronischem Wege, also ohne die ungenauen und langsamen Me-

chaniken, eine Bildvorlage zeilenförmig abzutasten und mit lichtempfindlichen Bauelementen die Helligkeitsänderungen in Spannungsimpulse umzusetzen. Um dir den Umwandlungsprozeß einer optischen in eine elektrische Größe und umgekehrt anschaulich zu erläutern, mußt du zunächst die Schaltung nach Abb. 148 auf der Grundplatte aufbauen. Decke ferner die lichtempfindliche Fläche des LDR mit zwei Papierstreifen so ab, daß nur ein ca. 3 mm breiter Streifen die Mitte des Widerstandes beleuchten kann. Befestige den so vorbereiteten LDR mit Klebeband im Mittelpunkt der Bildröhrenfrontscheibe (siehe Abb. 149). Bei dieser Anordnung dient die Oszillografenröhre als Rastererzeuger, der Papierstreifen soll die einfache Bildvorlage darstellen und der LDR einen Wandler für Lichtimpulse.

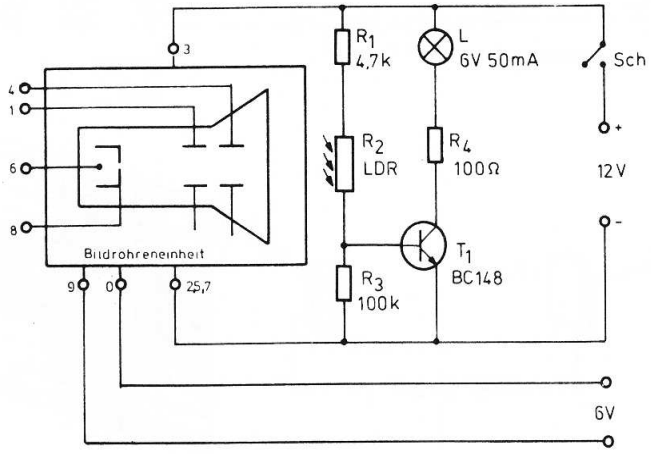


Abb.148

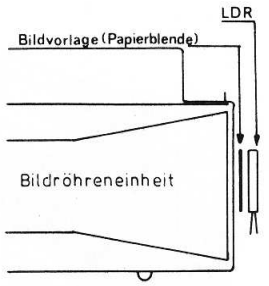


Abb.149

Als Empfänger ist die Lampe L anzusehen, die über den Transistor 1 mit Hilfe von Stromimpulsen angesteuert wird. Führe den nachfolgenden Versuch in einem abgedunkelten Raum aus. Stelle dazu den Helligkeitsregler auf mittlere Bildhelligkeit ein und betätige langsam den horizontalen Bildverschiebungsregler. Wenn die freie Fläche des LDR von dem Lichtpunkt auf der Bildröhre beleuchtet wird, ändert sich sein Widerstandswert so weit, daß ein Basisstrom fließen kann und die Lampe L aufleuchtet. Drehe den Regler langsam weiter, und die Lampe geht aus. Wenn du dazu in noch größeren Zeitabschnitten den vertikalen Bildlagenregler verdrehst, kannst du auch in vertikaler Richtung das Bild abtasten und den Schlitz vor dem LDR in seiner ganzen Länge beleuchten und in Spannungsimpulse umwandeln. Wenn der Rücklauf des Lichtpunktes vom Ende einer Zeile bis zum Anfang der nächsten unendlich schnell und der Hinlauf linear ist, ergibt sich für die vor der Vorlage gewonnenen Spannungsimpulse das Bild in Abb.150. Dabei muß der Elektronenstrahl auch in der vertikalen Richtung seine Lage ständig um einen bestimmten Betrag verändern. Am Kollektor von T1 erhält

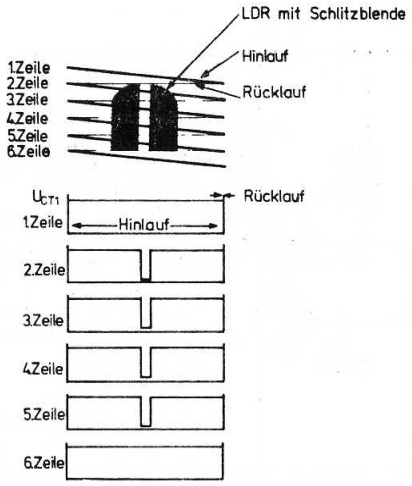


Abb. 15o

man Spannungsimpulse, die in ihrer Zeitdauer bei einer bestimmten Abtastgeschwindigkeit genau der Breite der Bildvorlage entsprechen.

Bei einem kommerziellen Fernsehbildgeber geht die Abtastung natürlich elektronisch und außerdem sehr schnell vor sich. Der Grund hierfür liegt in den optischen Eigenschaften des menschlichen Auges. Ein Kinofilm, der aus unzähligen aneinandergereihten einzelnen Standbildern besteht, muß mit 24 Bildern pro Sekunde vorgeführt werden. Erst dann hat der Betrachter den Eindruck, eine ruck- und flimmerfreie Bewegung auf der Leinwand zu sehen.

Aufgrund der Trägheit des Auges gelten für die zeilenförmige Bildabtastung die gleichen Bedingungen. Als Norm wurde festgelegt, daß in 1/25 Sekunde das Bild vollständig abgetastet sein muß. Für eine Zeile steht nur noch ein Bruchteil der Zeit zur Verfügung.

9.2. Erzeugung eines elektronischen Rasters

Mit den nächsten zwei Schaltungen kannst du den Elektronenstrahl der Bildröhre mit wenigen Bauelementen so beeinflussen, daß auf dem Bildschirm ein einfaches Raster zu sehen ist. Abb. 151 zeigt zunächst eine Horizontalablenkschaltung. Wie schon der Name sagt, wird mit Hilfe eines Generators der Elektronenstrahl in der waagerechten Richtung abgelenkt. Um Bildverzerrungen auszuschalten,muß die Ablenkung über den ganzen Bildschirm möglichst zeitlinear sein. Das bedeutet, in einer bestimmten Zeiteinheit muß der Leuchtfleck 1 mm auf dem Bildschirm gewandert sein. Deshalb ist es notwendig, den Horizontalverstärker der Bildröhreneinheit mit einer sägezahnförmigen Spannung anzusteuern. Sie wird in bekannter Weise mit Hilfe des Ladewiderstandes R5 und des Ladekondensators C3 gewonnen;

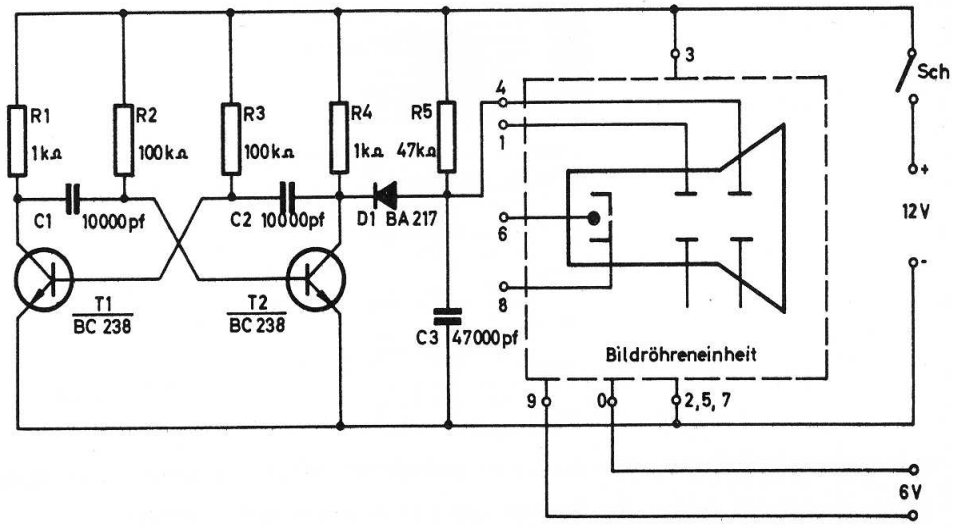


Abb. 151

dabei wird C3 periodisch über die Diode D1 und die Kollektor-Emitterstrecke von T2 entladen. Weil T1 und T2 einen unsymmetrischen, astabilen Multivibrator bilden, ist die Entladezeit gegenüber der Aufladezeit von C3 sehr kurz. Auf dem Bildschirm entsteht also ein langsamer Hinlauf und ein sehr viel schnellerer Rücklauf. Auf dem Leuchtschirm ist jedoch nur ein waagerechter Strich sichtbar, weil keine Sägezahnspannung den Vertikalverstärker aussteuert und den Strahl in senkrechter Richtung verschiebt.

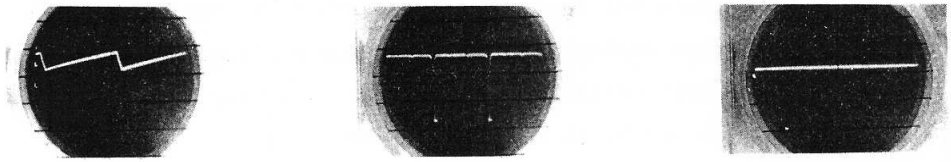


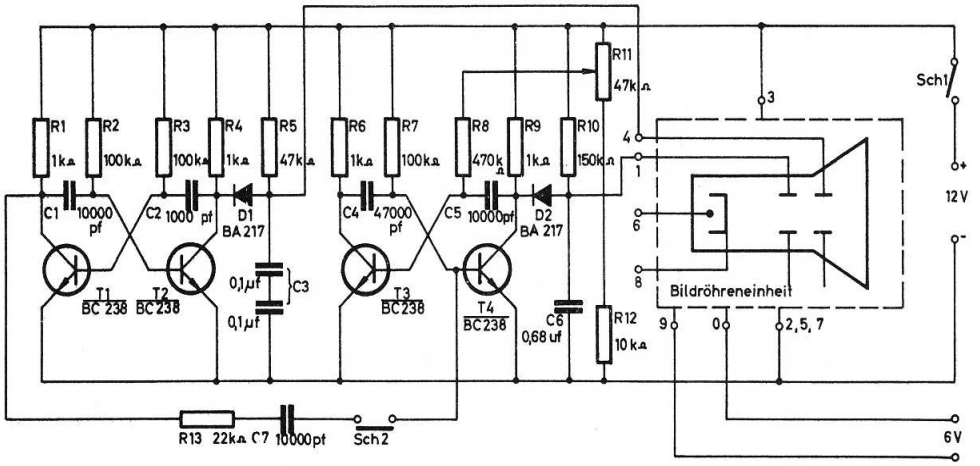
Abb. 152 a b c

In Abb. 152 findest du zwei Oszillogramme, die a) die Spannungsform an C3 und b) den Entladeimpuls am Kollektor von T2 zeigen. Als Resultat erscheint das Schirmbild in Abb. 152 c.

Wenn auf den Vertikaleingang der Bildröhreneinheit ebenfalls eine Sägezahnspannung gegeben wird und die Frequenz im Vergleich zur Horizontalablenkfrequenz viel geringer ist, zeichnet der Leuchtpunkt auf dem Bildschirm einen Linienraster. Das Verhältnis zwischen Horizontal- und Vertikalablenkfrequenz bestimmt die Anzahl der Zeilen, aus denen das Raster besteht. Ein Beispiel:

Horizontalfrequenz (fH) = 1 000 Hz, Vertikalfrequenz (fV) = 50 Hz

Anzahl der Zeilen $= \frac{fH}{fV} = \frac{1\,000}{50} = 20$ Zeilen



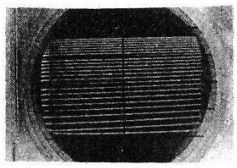


Abb. 153

Die Schaltung nach Abb. 153 hat außer dem Horizontalablenkgenerator T1 und T2 einen zweiten Sägezahnerzeuger erhalten, der wieder aus einer Entladeschaltung (T3, T4, D2), dem Ladekondensator C6 und dem Ladewiderstand R10 besteht. Da die Frequenz dieses Multivibrators niedriger sein muß, sind die Werte der zeitbestimmenden Bauelemente dementsprechend größer. Außerdem läßt sich die Frequenz mit Hilfe des Trimmpotentiometers R11 verändern. Auf dem Bildschirm erscheint ein Raster (Abb. 153 a), das je nach der Schleiferstellung eine kleine oder größere Anzahl von Zeilen aufweist.

Wenn der Schalter Sch 2 geöffnet ist, hast du Schwierigkeiten, mit R11 ein flimmerfreies und feststehendes Bild einzustellen, denn der Elektronenstrahl beginnt nach einem Durchlauf an einem beliebigen Punkt der ersten Zeile das nachfolgende Raster zu schreiben. Dadurch sind die Einzelraster nicht mehr deckungsgleich und erzeugen je nach Größe der Abweichung das Flimmern. Es müssen also die Generatoren T1 / T2 und T3 / T4 miteinander verkoppelt werden, damit Horizontal- und Vertikalfrequenz in einem ganzzahligen Verhältnis zueinander stehen. Die grafische Darstellung in Abb. 154 zeigt dir Horizontal- und Vertikalablenkspannungen bei nichtsynchronem und synchronem Betrieb.

Bei geschlossenem Schalter 2 werden positive Horizontalimpulse über R13 und C7 auf die Basis von T4 gegeben. Sie beeinflussen den frequenzbestimmenden Umladevorgang von C4 des vertikalen Multivibrators, indem sie

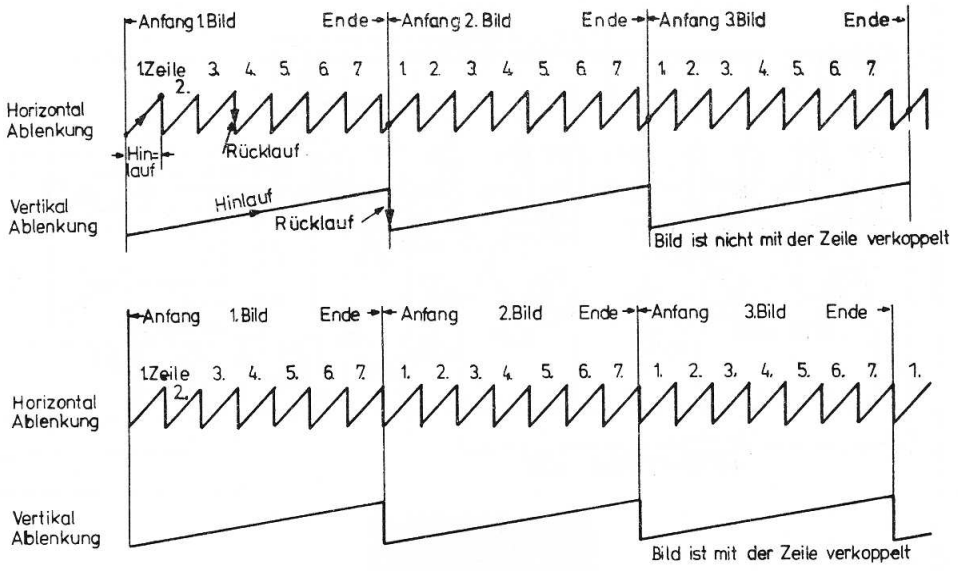


Abb. 154

bei noch vorhandener, geringer negativer Basisvorspannung (T2) den Transistor vorzeitig leitend werden lassen. Dadurch sind der vertikale und und der horizontale Sägezahngenerator miteinander verkoppelt, und die Anzahl der Zeilen läßt sich mit R11 problemlos einstellen.

Betrachte nun ganz genau das Schirmbild. Du erkennst, daß alle Zeilen links etwas tiefer liegen als rechts. Wenn du dir nochmals die Ablenkspannungen in Abb. 154 ansiehst, wirst du feststellen, daß zwischen Anfang und Ende des Zeilenhinlaufs die Vertikalablenkspannung etwas größer geworden ist und den Elektronenstrahl der Bildröhre auch beeinflußt hat. Deshalb ist der Zeilenhinlauf als schräge Linie erkennbar, während der Rücklauf durch seine hohe Geschwindigkeit waagerecht verläuft und kaum sichtbar ist.

9.3. Das Fernsehsignal

Stelle dir vor, daß direkt auf der Glasoberfläche der Bildröhre eine lichtdurchlässige Bildvorlage (Diapositiv) befestigt ist und von dem elektronisch erzeugten Raster beleuchtet wird. Eine Fotozelle (LDR) erfaßt über ein Linsensystem die ganze Fläche des Dias. Da der Leuchtpunkt sich ständig zeilenförmig auf dem Bildschirm weiterbewegt, ändert sich je nach Schwärzung der Bildvorlage die Lichtintensität hinter dem Dia. Die Helligkeitsschwankungen werden von der lichtempfindlichen Zelle aufgefangen und in eine Ausgangsspannung umgewandelt, die dem Helligkeitsverlauf der abgetasteten Bildzeile entspricht (siehe Kapital 9.1.). Um das Bild von der Aufnahmeeinrichtung originalgetreu auf eine Wiedergabe-

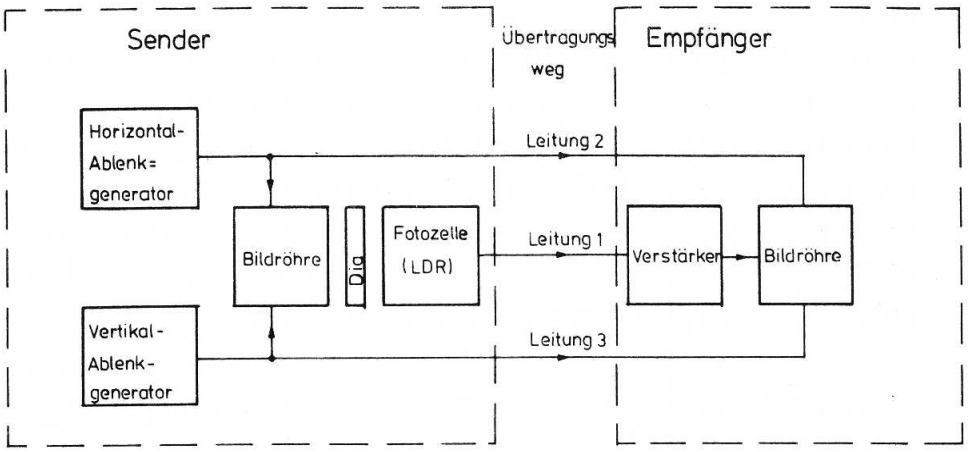


Abb. 155

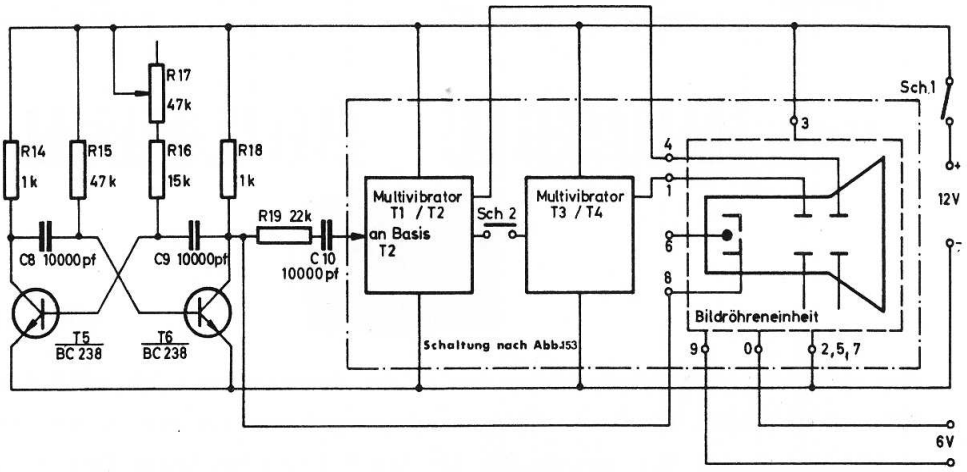


Abb. 156

einrichtung zu übertragen, sind nach der schematischen Darstellung in Abb. 155 drei Leitungswege notwendig:

1. die Leitung für das Helligkeitssignal,
2. die Leitung für die Horizontalablenkspannung,
3. die Leitung für die Vertikalablenkspannung.

Dazu ein praktisches Beispiel: Die Schaltung nach Abb. 156 stellt einen elektronischen Bildmustererzeuger dar, der als Sender zu betrachten ist. Du erkennst sicher sofort, daß es sich hierbei um das erweiterte Schaltbild aus Abb. 153 handelt. Die Multivibratoren T1 / T2 und T3 / T4 erzeugen wieder das zur Ablenkung benötigte Raster. Der Rechteckgenerator T5 / T6 liefert dagegen das Bildsignal, das direkt dem Anschluß 8 der Bildröhreneinheit zugeführt wird. Dieser Eingang bewirkt auf elektronischem Wege eine Helligkeitsregelung der Bildröhre; bei hoher Eingangs-

spannung ist das Bild dunkel, bei geringer oder gar keiner Spannung bleibt der Bildschirm hell.

Außerdem ist der Kollektor von T6 über die R-C-Kombination R19 und C10 mit der Basis von T2 (horizontaler Ablenkgenerator) verbunden. Dadurch wird erreicht, daß das Bildmuster starr mit dem Ablenkgenerator verkoppelt und ein stabiler Bildstand gewährleistet ist. Mit R17 kannst du die Anzahl der auf dem Bildschirm erscheinenden vertikalen Balken einstellen. Das Frequenzverhältnis der astabilen Multivibratoren T5 / T6 und T1 / T2 zueinander ergibt die Anzahl der senkrechten, dunklen Streifen.

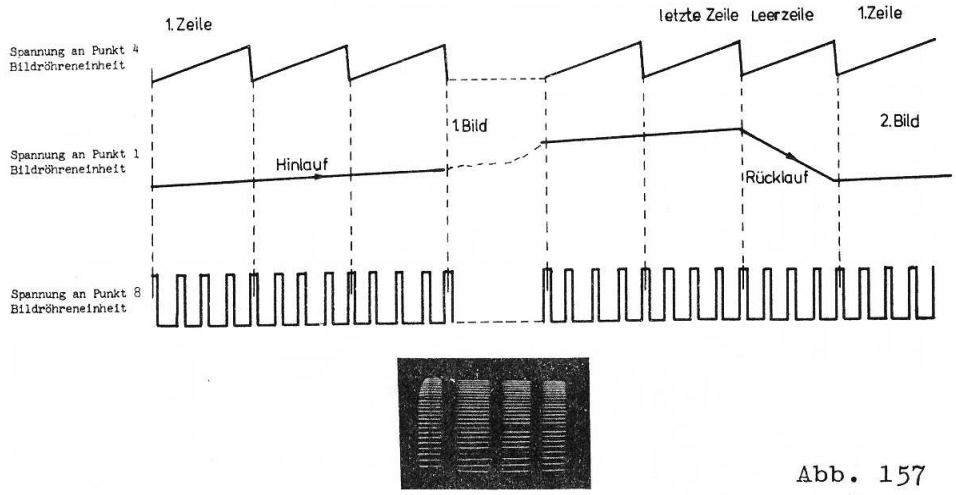


Abb. 157

Abb. 157 zeigt das Impulsschema der an den Anschlüssen 1, 4 und 8 der Bildröhreneinheit liegenden Eingangsspannungen und das daraus resultierende Schirmbild. Zwischen Sender (T1 bis T6) und Empfänger (Bildröhreneinheit) bestehen, abgesehen von der Stromversorgung, die drei Übertragungswege "Helligkeitssignal", "Horizontalablenkung" und "Vertikalablenkung". Das bedeutet für eine drahtlose Bildübermittlung drei unterschiedliche Übertragungskanäle - z.B. in Form von drei Sendestationen mit getrennten Frequenzbereichen. Der Aufwand auf der Sende- und auch auf der Empfangsseite wäre sehr groß und auch störanfällig.

Mit Hilfe eines technischen Tricks kommt man allerdings mit nur einer Leitung aus.

Nur während des Hinlaufs wird die Bildvorlage abgetastet und in Spannungsschwankungen umgewandelt. In der Rücklaufzeit gibt man auf die gleiche Leitungsverbindung sogenannte Gleichlaufimpulse (Synchronimpuls). Der Abstand zwischen den Synchronimpulsen entspricht der Hinlaufzeit der Ablenkgeneratoren. Über spezielle Schaltungen läßt sich aus diesem Signalgemisch die Horizontal- und Vertikalablenkspannung so wiedergewinnen, daß sie zeitlich genau mit den Sägezahnspannungen des Senders übereinstimmen.

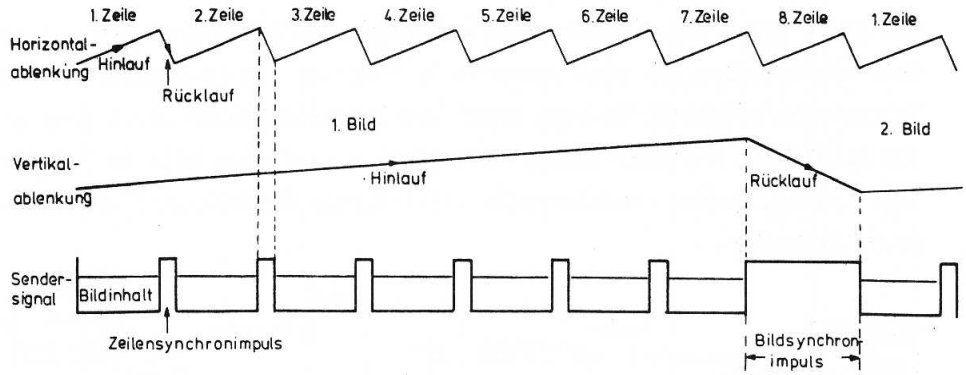


Abb. 158

Abb. 158 zeigt in einer stark vereinfachten Form Gleichlaufzeichen, die der Sender während des Zeilen- und Bildrücklaufs erzeugt. Zur Zeit des Horizontalrücklaufs (Zeilenrücklauf) haben die sich von dem Bildsignal abhebenden Spannungsimpulse eine geringe Breite. Die Rückflanke stimmt genau mit dem Anfang des Zeilenhinlaufs überein und signalisiert dem Empfänger den Beginn einer neuen Zeile. Nach der siebenten Zeile ist die Bildvorlage vollständig abgetastet, und der Vertikalrücklauf (Bildrücklauf) setzt ein. Um für die Empfängerschaltung Zeilen- und Bildanfang genau kenntlich zu machen, muß ein Unterschied zwischen beiden Gleichlaufzeichen bestehen. Aus diesem Grund entspricht in unserem Beispiel der Bildrücklauf genau einer Zeilenlänge. Der daraus resultierende Bildsynchronimpuls hebt sich dementsprechend gut von den Zeilensynchronimpulsen ab.

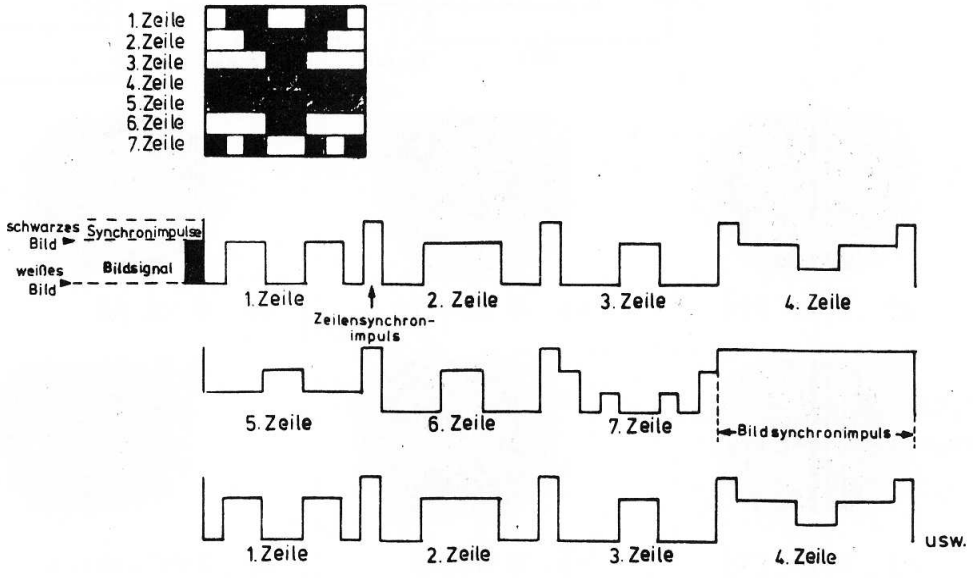


Abb. 159

Der freie Platz zwischen den Impulsen nimmt das Bildsignal auf. Allerdings darf die Spannung für eine schwarze Bildvorlage nur maximal 2/3 der Gleichlaufzeichen betragen, da sich sonst die Synchronimpulse nicht mehr genug vom Bildinhalt abheben. In Abb. 159 ist ein einfaches Bild in 7 Zeilen zerlegt und das daraus resultierende vollständige Sendersignal grafisch dargestellt worden.

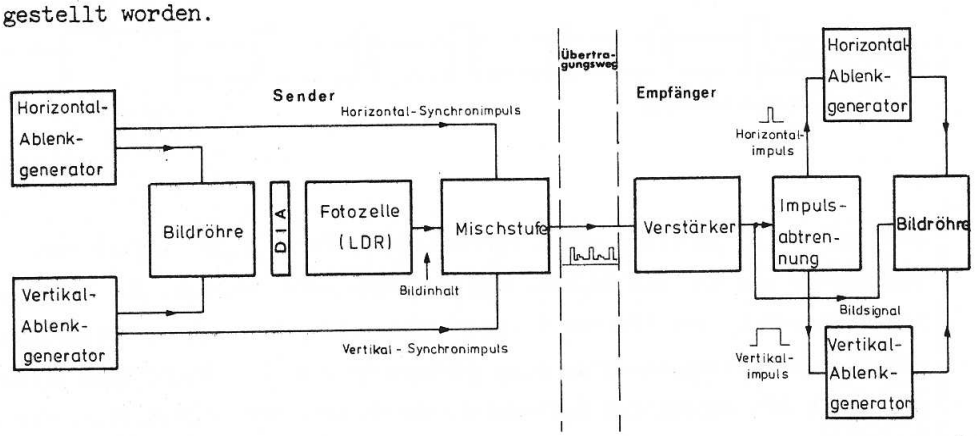
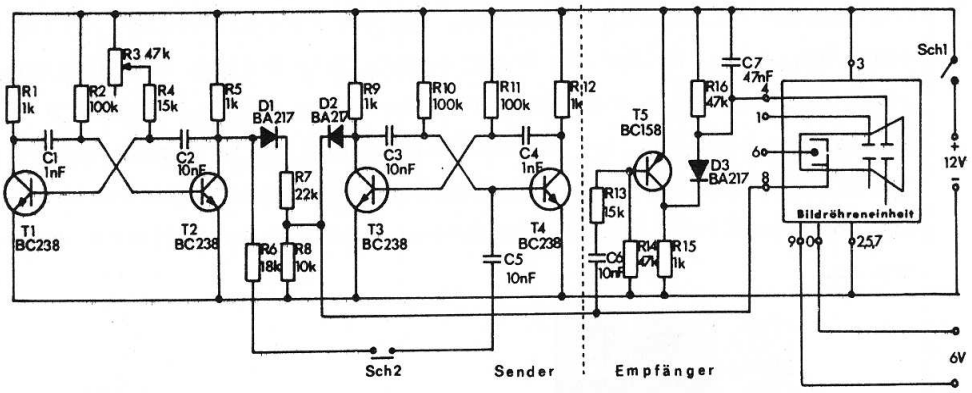
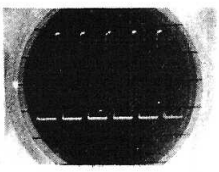
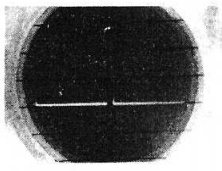


Abb. 16o

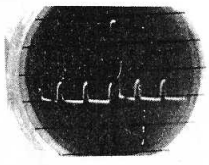




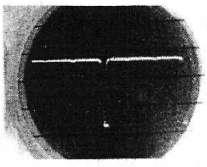
a) U an CT2



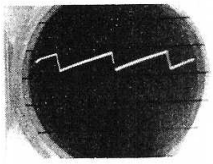
b) U an CT3



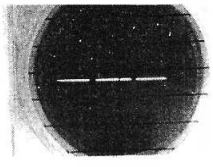
c) U an R8



d) U an CT5



e) U an C7



f) Schirmbild

Abb. 161

Wie im Sender das Bildsignal mit den Synchronimpulsen verschachtelt wird, über nur einen Übertragungsweg zum Empfänger gelangt und dort aus dem Gemisch die Ablenk- und Helligkeitssteuerspannungen wiedergewonnen werden, zeigt in schematischer Darstellung die Abb. 160. In Abb. 161 findest du einen Teil dieser Blockschaltung wieder, wobei zur besseren Übersicht das Bild nur in einer Zeile betrachtet (keine Vertikalablenkung) und ferner der Bildinhalt elektronisch erzeugt wird.

T3 und T4 bilden den astabilen Multivibrator, der die Horizontalimpulse erzeugt. Mit T1 / T2 wird der Bildinhalt gewonnen. Beide Generatoren sind über R6, Sch 2 und C5 miteinander verkoppelt, so daß auf dem Bildschirm bei geschlossenem Schalter immer ein fest eingerastetes Bild zu erkennen ist. Zusammengeführt und gemischt werden Bildinhalt und Synchronimpulse am gemeinsamen Arbeitswiderstand R8. Dabei muß der Bildinhalt über R7 so stark in seiner Amplitude reduziert werden, daß die Synchronimpulse deutlich aus dem Signalgemisch herausragen. Wie die Abb. 161 c zeigt, ist an R8 ein komplettes Bildsignal vorhanden. Über nur eine Verbindungsleitung gelangen Bildinhalt und Gleichlaufzeichen auf den Empfänger, der im wesentlichen aus dem Transistor T5 und der Bildröhreneinheit besteht. Das komplette Bildsignal steuert über den Anschluß 8 direkt die Helligkeit der Bildröhre, wobei der geringe Bildinhalt schon den Elektronenstrom vollständig unterbricht. Mit T5 wird aus dem Bildsignal der Synchronimpuls herausgesiebt. Sein Arbeitspunkt ist über R14 so eingestellt, daß nur die positiven Spitzen der Synchronimpulse den Kollektorstrom unterbrechen. Am Kollektor von T5 entsteht ein negativer Spannungsimpuls, der über D3 den Kondensator C7 schnell auflädt. Während T5 leitend ist, kann sich C7 über R16 langsam entladen. Eine schnelle Ladung und langsame Entladung bauen an C7 die sägezahnförmige Spannung in Abb. 161 e auf, die unmittelbar von den Synchronimpulsen abhängig ist. Auf dem Bildschirm erscheint eine durch das Bildsignal an mehreren Stellen unterbrochene horizontale Linie. Mit R3 kannst du die Zahl der Lücken verändern.

In den vorangegangenen Gedankenmodellen und elektronischen Versuchsschaltungen hast du einen grundsätzlichen Einblick in die Probleme der Fernsehabtasttechnik und Signalverarbeitung erhalten. Du kannst dir aber auch vorstellen, daß - um eine gute Bildqualität, wie wir sie von den Sendeanstalten täglich auf dem Bildschirm unserer Fernsehempfänger angeboten bekommen, zu erhalten - der technische Aufwand wesentlich größer ist und dementsprechend auch die Fernsehnormen etwas anders aussehen. Um dich mit den tatsächlichen Gegebenheiten vertraut zu machen, hier in Kurzform die Aufstellung der in Deutschland verwendeten Abtastdaten und Signalformen.

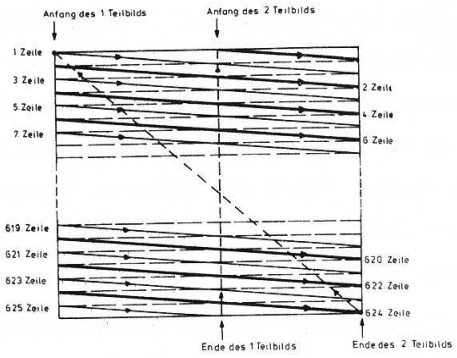


Abb. 162

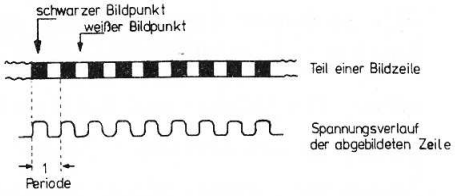


Abb. 163

A) Das Fernsehbild wird nach der CCIR-Norm in 625 Zeilen zerlegt. In 1/25 Sekunde ist das Bild vollständig abgetastet. Um eine möglichst flimmerfreie Wiedergabe auf dem Bildschirm zu ermöglichen, werden jedoch zuerst alle ungradzahligen und danach alle gradzahligen Zeilen abgetastet und gesendet. Das Bild wird also außer in Zeilen noch in zwei Teilbilder zerlegt, wobei jedes Teilbild 312 1/2 Zeilen besitzt (siehe Abb. 162). Daraus ergibt sich die neue Rasterfrequenz von 2 x 25 Hz = 50 Hz. Diese Unterteilung des Gesamtbildes in zwei Teilbilder nennt man Zeilensprungverfahren.

B) Um möglichst viele feine Einzelheiten vom Geschehen vor der Kamera übertragen zu können, wird das Bild in ca. 400 000 Bildpunkte zerlegt. Da 25 vollständige Bilder pro Sekunde ausgestrahlt werden, sind das 400 000 x 25 = 10 000 000 Bildpunkte pro Sekunde. Eine Wechselspannungsperiode besteht aus 2 Bildpunkten (Abb. 163). Dementsprechend ist die maximale Frequenz der zu übertragenden Bildwechselspannung

$$\frac{10\ 000\ 000}{2} = 5\ 000\ 000\ \text{Hz} = 5\ \text{MHz}$$

Alle Bildverstärker müssen aus diesem Grund den großen Frequenzbereich von 0 bis 5 MHz verarbeiten können.

C) Bild- und Zeilensynchronimpulse haben die besondere Form nach Abb. 164. Man erreicht dadurch einen guten Bildstand und kann die Gleichlaufzeichen leicht aus dem Frequenzgemisch heraussieben. Außerdem liegen die Spannungswerte des Bildinhalts für eine weiße Vorlage bei 10 % und für eine schwarze Vorlage bei 75 % der Gesamtspannung, wobei die Synchronimpulsamplitude der Bezugspegel 100 % ist.

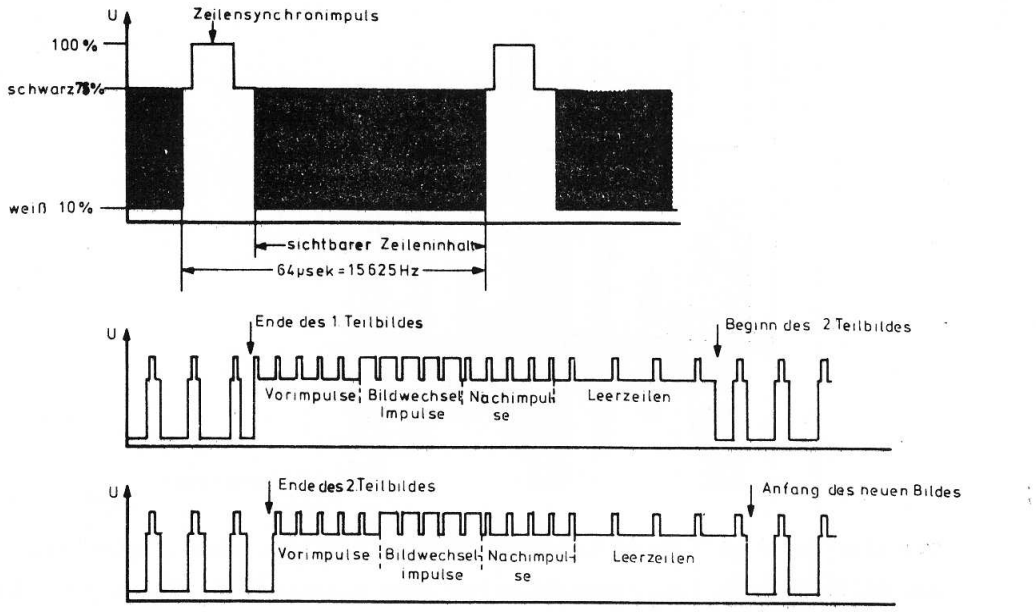


Abb. 164

9.4. Die drahtlose Bildübertragung

Fernsehkameras und Filmabtaster, für die besondere Aufnahme- und Abtaströhren entwickelt wurden, arbeiten alle nach dem dargestellten Grundprinzip der Bildzerlegung. Auf diese speziellen Bauelemente soll jedoch wegen des komplizierten Aufbaus nicht näher eingegangen werden. Die Fernsehsignale lassen sich nicht nur direkt abstrahlen, sondern können mit Hilfe von Magnetbandgeräten gespeichert und nach einem beliebigen Zeitraum gesendet werden. Alle elektronischen Studioeinrichtungen sind mit einem zentralen Taktgeber, der unter anderem die Zeilen- und Bildfrequenz liefert, verbunden. Somit lassen sich problemlos Bildsignale mischen und jede Art von Überblendungen vornehmen.

Für die drahtlose Übertragung ist es notwendig, das gewonnene Bildsignal auf eine hochfrequente Trägerfrequenzschwingung zu bringen. Dabei bedient

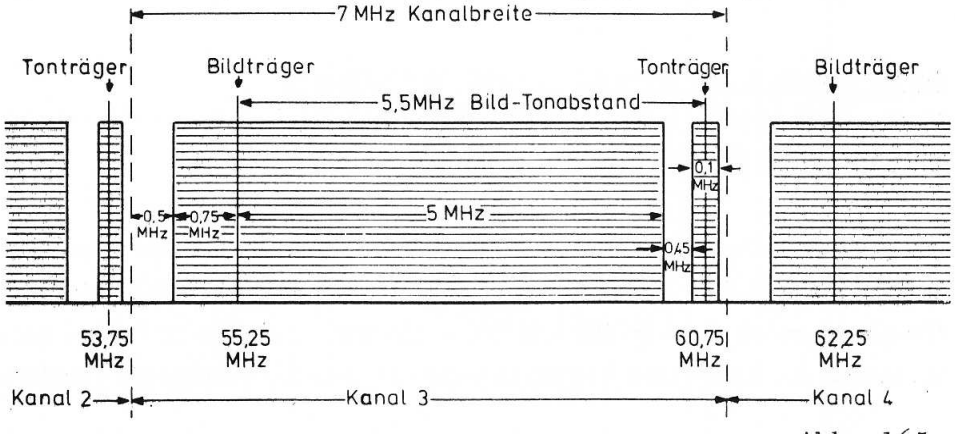


Abb. 165

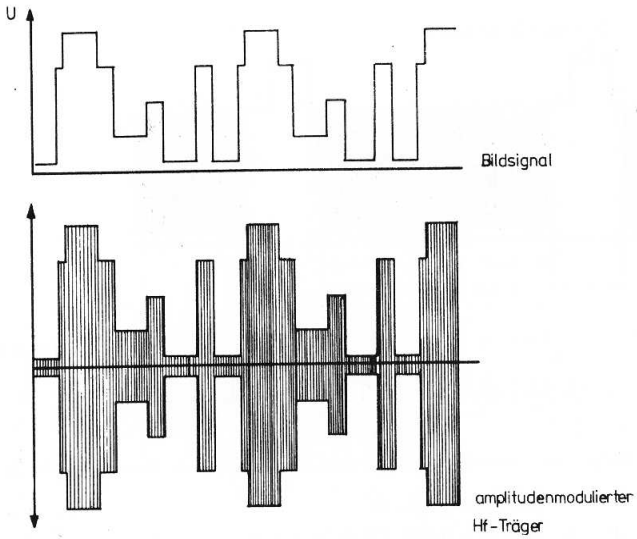


Abb. 166

man sich der Amplitudenmodulation. Der Ton wird mit einem Sicherheitsabstand zum Bildträger in frequenzmodulierter Form ausgestrahlt. Wegen der großen Übertragungsbandbreite für Bild- und Tonsignale muß der Frequenzbereich im HF-Spektrum insgesamt 7 MHz betragen; man spricht von einer 7 MHz-Kanalbreite. Abb. 165 zeigt dir die schematische Darstellung der Trägerfrequenzen mit ihren aus der Modulation resultierenden Seitenbändern. Das dem HF-Träger aufmodulierte und ausgestrahlte Bildsignal (für 2 Zeilen) ist in Abb. 166 dargestellt.

Um ein Land wie die Bundesrepublik Deutschland mit 3 unterschiedlichen Fernsehprogrammen beliefern zu können, ist es notwendig, einen breiten Frequenzbereich für die Leistungssender, die nur eine beschränkte Reichweite besitzen, zur Verfügung zu stellen. Das sind zur Zeit 4 Bänder:

1. der VHF-Fernsehbereich Band I von 41 - 68 MHz mit 3 Empfangskanälen
2. der VHF-Fernsehbereich Band III von 175 - 230 MHz mit 8 Empfangskanälen
3. der UHF-Fernsehbereich Band IV von 471 - 606 MHz mit 17 Empfangskanälen
4. der UHF-Fernsehbereich Band V von 606 - 790 MHz mit 23 Empfangskanälen

9.5. Blockschaltbild des Fernsehbild- und Tonempfängers

In diesem Abschnitt soll die Fernsehempfangstechnik dargestellt werden. Abb. 167 zeigt die Blockschaltung deines Fernsehempfängers.

Das ausgestrahlte hochfrequente Sendersignal gelangt über die Empfangsantenne auf den UHF- (Frequenzbereich 471 - 790 MHz) bzw. VHF-Kanalwähler (Frequenzbereich 41 - 68 MHz und 175 - 230 MHz) und wird in diesem Baustein auf die wesentlich tiefer liegende Bild-Zwischenfrequenz (Bildträger

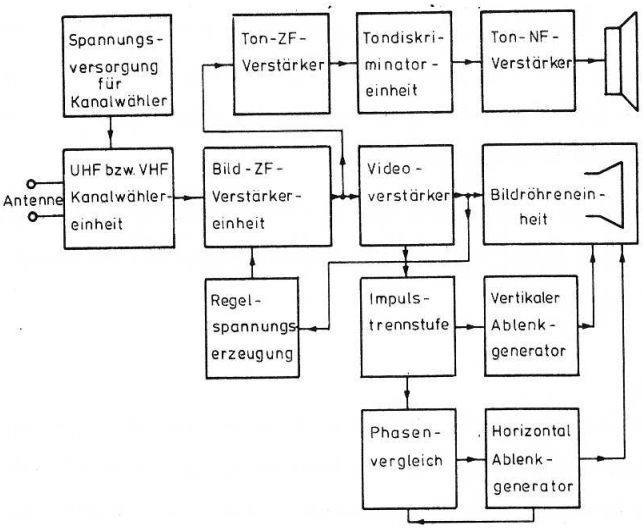


Abb.167

38,9 MHz, Tonträger 33,4 MHz) umgesetzt. Da einerseits die Senderabstimmung elektronisch über eine 30 Volt Gleichspannung erfolgt, andererseits diese Spannung aus den Batterien nicht zur Verfügung steht, muß sie mit Hilfe eines Gleichspannungswandlers erst erzeugt werden.

Am Ausgang des Bild-ZF-Verstärkers, der in deinem Experimentierkasten EE 1008 als kompletter Baustein vorhanden ist, entsteht das verstärkte und anschließend gleichgerichtete Zwischenfrequenzsignal. Es besteht aus den Synchronimpulsen, dem Bildinhalt und der Tonzwischenfrequenz von 5,5 MHz und wird kurz "Videosignal" genannt. Der Ton-ZF-Verstärker filtert das frequenzmodulierte Tonsignal aus der Videospannung heraus, verstärkt es und führt es dem eigentlichen Demodulator (Tondiskriminator) zu. Diese Baueinheit setzt die 5,5 MHz Ton-ZF-Spannung in eine Niederfrequenz um. Der nachfolgende Ton-NF-Verstärker vergrößert die Ausgangsspannung des Diskriminators so weit, daß schließlich im Lautsprecher der vom Sender ausgestrahlte Ton wahrgenommen werden kann.

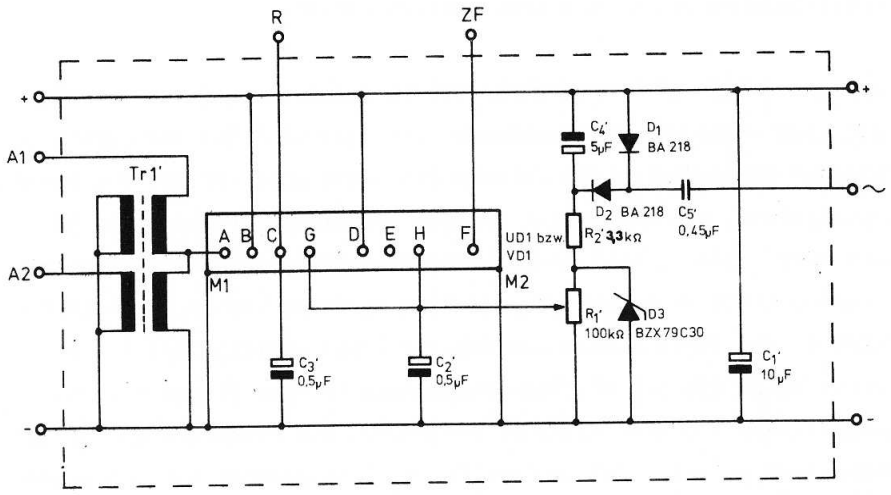
Wie wird nun aber das Bild erzeugt? - Der Videoverstärker paßt das am Demodulator des Bild-ZF-Verstärkers entstandene Videosignal auf den niederohmigen Videoeingang der Bildröhreneinheit an. Ferner wird aus diesen Impulsen die Regelspannung abgeleitet und in Abhängigkeit vom Antennensignal der Verstärkungsfaktor des Bild-ZF-Verstärkers beeinflußt, um einen konstanten Bildpegel zu erreichen. Die Impulsformerstufe hat die Aufgabe, die Synchronimpulse vom Bildsignal zu trennen und nach Bild- und Zeilenfrequenz aufzuteilen. Die wiedergewonnenen Bildgleichlaufzeichen synchronisieren dann direkt den Vertikalablenkgenerator, dessen sägezahnförmige

Ausgangsspannung die Vertikalablenkung der Bildröhre bewirkt. Über den Phasenvergleich erzwingen die Zeilensynchronimpulse einen stabilen Zeilenstand des Horizontalablenkgenerators, der den Elektronenstrahl der Bildröhre in waagerechter Richtung auslenkt.

In groben Zügen hast du sicherlich die elektrischen Zusammenhänge im Blockschaltbild verstanden, so daß wir jetzt die einzelnen Baugruppen näher betrachten können.

.6. Kanalwählereinheit

Aus dem Blockschaltbild hast du entnehmen können, daß die vor der Antenne aufgefangene Senderspannung auf den Antenneneingang des Kanalwählers gelangt. Um den Signalweg weiter zu verfolgen, mußt du dir die Schaltbilder in Abb. 168 und 169 ansehen. Abb. 168 zeigt die gesamte Kanalwähleinheit, wobei der Übersicht wegen der eigentliche UHF-Kanalwähler UD 1 (Abb. 169) nur als Kästchen angedeutet ist.



A1 = Eingang Antennenpol 1
A2 = Eingang Antennenpol 2
R = Eingang Regelspannung
~ = Eingang 15V Wechselspanng
ZF = Ausgang Bild-ZF
- = Eingang -12V (Masse)
+ = Eingang +12V

Abb. 168

Die Anschlüsse A1 und A2 stellen den symmetrischen 240 Ω Antenneneingang dar. Ein Anpassungsübertrager (TR1) sorgt für die Leistungsanpassung an den unsymmetrischen 60 Ω Kanalwählereingang A. Der auf Bandmitte fest abgestimmte UHF-Antenneneingang S1 / S2 / C2 / C3 / C4 verhindert, daß sich starke UKW- und UHF-Sender in Ton und Bild störend bemerkbar machen. T1 (Vorstufe) arbeitet in Basisschaltung, wobei über den Anschluß R der Kanalwählereinheit der Arbeitspunkt und somit der Verstärkungsfaktor dieses

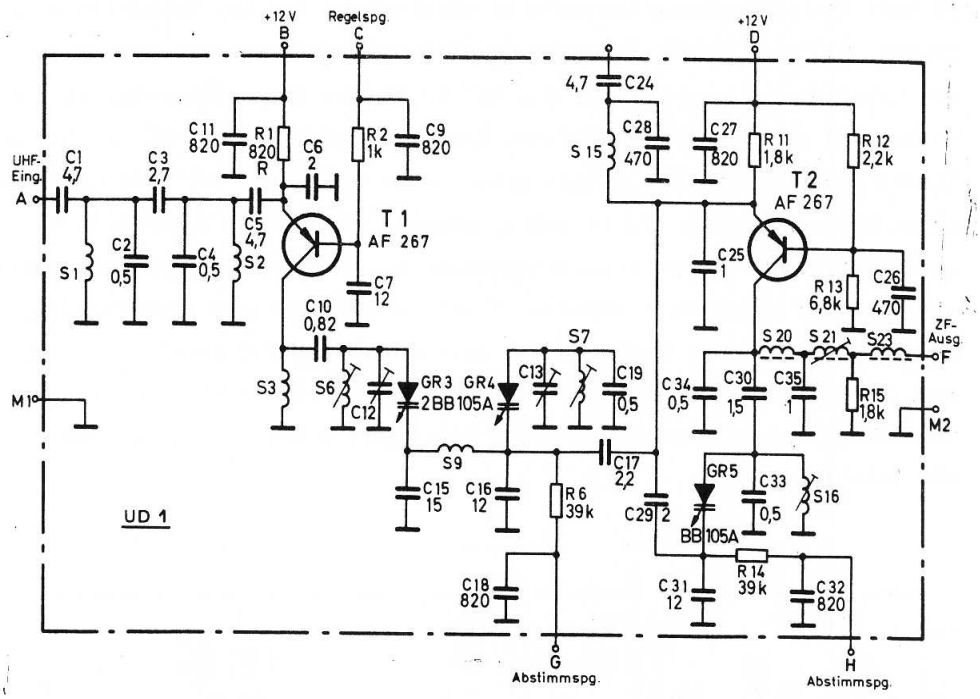


Abb. 169

Transistors eingestellt werden kann. Im Ausgang der Verstärkerstufe liegen die Zwischenkreise S6 / C12 / GR3 / C15 / und S7 / C13 / GR4 / C16. Sie sind über S9 miteinander gekoppelt. Abstimmen lassen sich beide Kreise mit den Kapazitätsdioden GR3 und GR4. Durch Veränderung der Abstimmspannung an Punkt G des UD1 kann die Sperrschichtkapazität der Dioden beeinflußt werden. Bei geringer Abstimmspannung stellt sich eine große Kapazität ein, die abgestimmte Frequenz ist dementsprechend niedrig. T2 ist als Oszillator- und Mischstufe geschaltet. Daraus erkennst du, daß der HF-Teil des Fernsehempfängers grundsätzlich wie ein Superheterodyn-, ein Überlagerungsempfänger (siehe EE 1003, Kap. C) arbeitet. Bei Anwendung dieses Prinzips werden mit geringem Aufwand eine hohe Verstärkung und ausgezeichnete Trennschärfe erreicht. Den Oszillatorkreis bildet S16 / C33 / GR5 und C31. Auch hier ist wie beim Zwischenkreis statt eines Drehkondensators die Kapazitätsdiode GR5 als Abstimmelement eingesetzt. Am Knotenpunkt C17 / C29, also am Emitter von T2, werden Eingangs- und Oszillatorfrequenz gemischt. Die Differenz beider Frequenzen ist durch die Dimensionierung aller Abstimmkreise mit Veränderung der Abstimmspannung zwischen 0 und 30 Volt immer gleich groß. So entsteht über dem ZF-Ausgangskreis S21 am Arbeitswiderstand R15 die Bildzwischenfrequenz mit einem Durchlaßbereich von ca. 30 bis 40 MHz. Bei allen eingestellten Sendern liegt der Tonträger auf 33,4 MHz und der Bildträger auf 38,9 MHz.

30 Volt Abstimmspannung lassen sich nicht direkt aus den Batterien entnehmen. Sie wird mit Hilfe eines Wechselspannungsgenerators gewonnen. Die erzeugte Spannung ist mit dem Anschluß ∿ der Kanalwählereinheit verbunden und gelangt über C5 auf den Spannungsverdoppler D1 und D2. Da der Ladekondensator C4 auf +12 Volt liegt, wird zusätzlich zur gleichgerichteten Wechselspannung die Batteriespannung addiert. Die Zenerdiode D3 stabilisiert die erzeugte Gleichspannung auf 30 Volt. Batteriespannungsschwankungen machen sich dadurch in der Abstimmung nicht bemerkbar. Mit Hilfe von R1, dessen Knopf aus dem Gehäuse der Kanalwählereinheit ragt, kannst du die Abstimmspannung zwischen 0 und 30 Volt verändern und jeden in deinem Empfangsbereich liegenden UHF-Sender zwischen 471 MHz und 790 MHz einstellen.

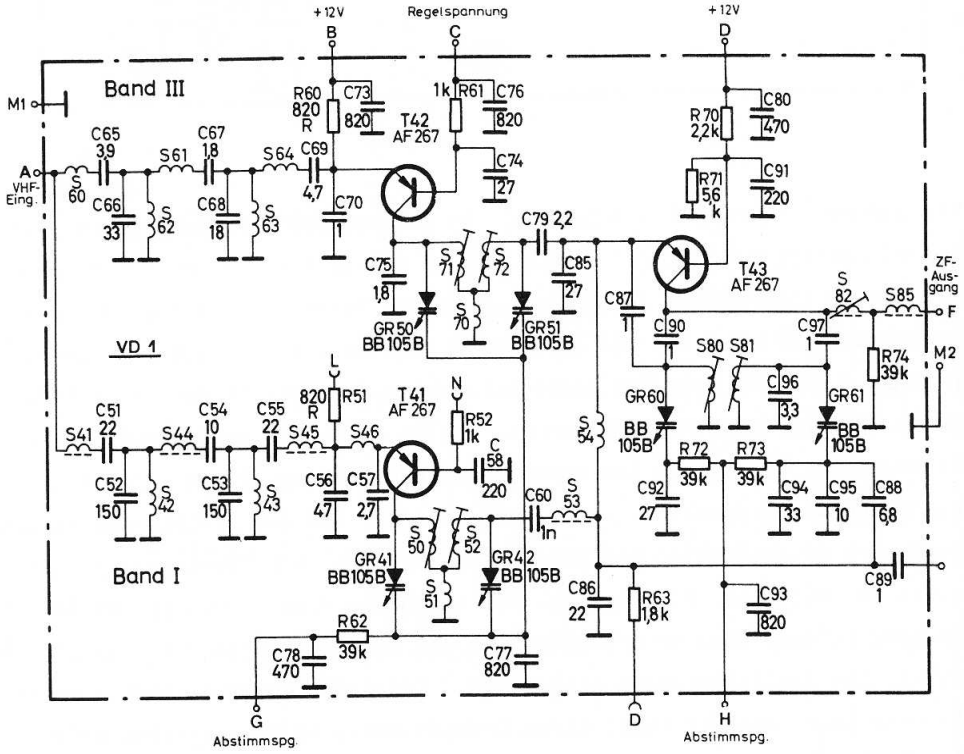
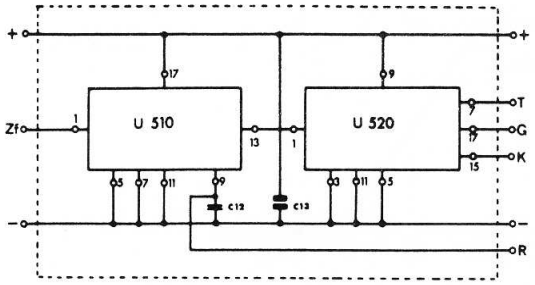


Abb. 17o

Die als Zusatz erhältliche VHF-Kanalwählereinheit ist bis auf den Kanalwähler VD1 (siehe Abb. 17O) vollkommen mit dem Schaltbild in Abb. 16B identisch. Dieser Kanalwähler hat für Band I und III getrennte Vorstufen und Zwischenkreise. T41 verstärkt nur Frequenzen zwischen 41 und 68 MHz, T42 dagegen zwischen 175 und 230 MHz. Der gemeinsame Oszillator- und Mischstufentransistor T43 liefert am Ausgang F wieder die Bildzwischenfrequenz.



Zf = Eingang Bild ZF
R = Eingang Regelspannung
G = Ausgang 1 Videospannung
K = Ausgang 2 Videospannung
T = Ausgang Ton ZF
\- = Eingang -12 Volt (Masse)
\+ = Eingang +12 Volt

Abb. 171

9.7. Die Bild-ZF-Verstärkereinheit

Wegen zu geringer Amplitude und schlechter Trennschärfe muß die aus dem Kanalwähler kommende Bild-FZ-Spannung weiter verstärkt und aufbereitet werden. Das geschieht in der Bild-ZF-Verstärkereinheit nach Abb. 171 und 172. Der Ausgang "ZF" der Kanalwählereinheit ist dabei direkt mit dem Eingang "ZF" der Bild-ZF-Verstärkereinheit verbunden. Wie du erkennen kannst, besteht der ZF-Verstärker U510 und der ZF-Demodulator U520 (Abb. 172) aus 3 Transistoren - T801, T802 und T803 - wobei die einzelnen Stufen über Abstimmkreise miteinander verbunden sind. Parallel- und Serienresonanzkreise bestimmen den Durchlaßbereich des Verstärkers. Er muß genau die Form in Abb. 173 haben, da sonst für einzelne zu übertragene Frequenzen die Verstärkung zu hoch oder zu gering und unter Umständen die Trennschärfe schlecht ist. Dein Verstärkerbaustein ist nach diesen Gesichtspunkten optimal eingestellt worden. Du darfst deshalb auf keinen Fall an den Abgleichkernen drehen.

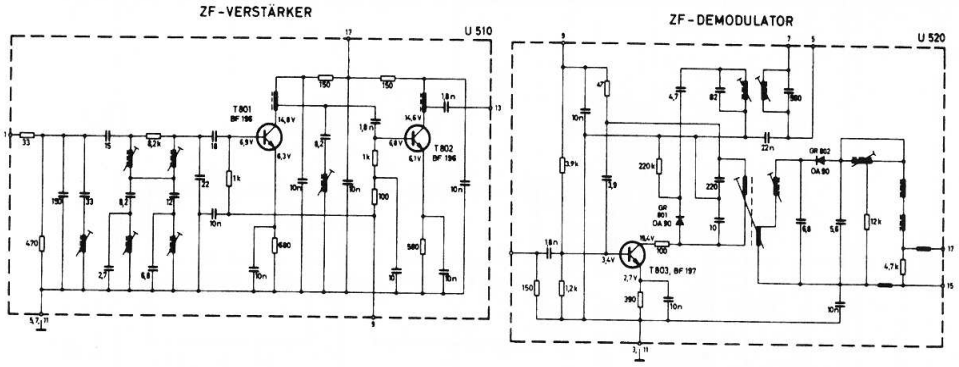


Abb. 172

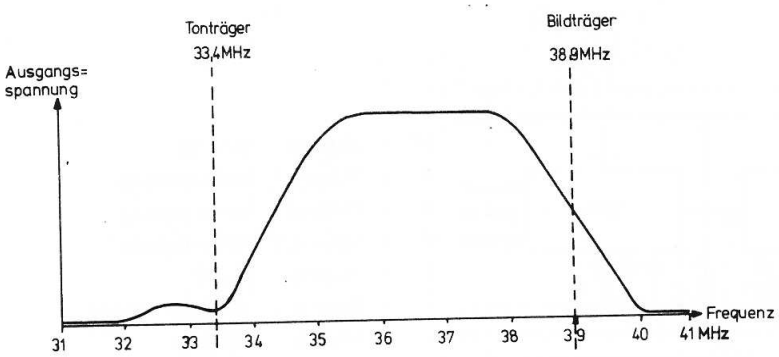


Abb. 173

Über GR802 findet die Gleichrichtung des ausreichend verstärkten ZF-Signals statt. Am Arbeitswiderstand 4,7 kΩ (liegt zwischen Punkt 15 und 17 von U520) ist das vollständige Videosignal vorhanden. Außerdem entsteht durch die Mischung von Bild- und Tonträger eine Differenzfrequenz, die Tonzwischenfrequenz von 5,5 MHz (Bildträgerfrequenz - Tonträgerfrequenz = Tonzwischenfrequenz; 38,9 MHz ./. 33,4 MHz = 5,5 MHz).

Um bei schwankendem Antennensignal die Ausgangsspannung zwischen Punkt 15 und 17 des ZF-Demodulators konstant zu halten, kann durch eine Regelspannung am Anschluß R der Verstärkungsfaktor von T801 und T802 verändert werden.

9.8. Der Ton-ZF- und NF-Verstärker

Sieh dir die Schaltung in der Abb. 174 an. Sie stellt unter Verwendung von zwei Baueinheiten (5,5 MHz Bandfiltereinheit und Tondiskriminatoreinheit) den gesamten Tonteil deines Fernsehempfängers dar. Verfolge nun den weiteren Signalweg. Über C104 wird die 5,5 MHz Ton-ZF-Spannung vom Videosignal getrennt und einem zweikreisigen 5,5 MHz Bandfilter zugeführt.

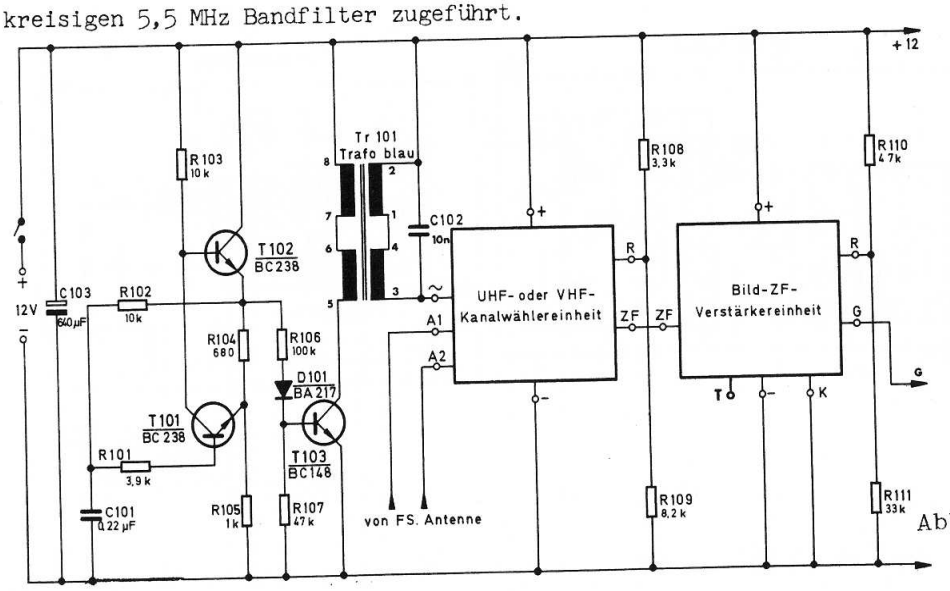


Abb. 175

Als nachfolgender Verstärker dient der Transistor T104, dessen Arbeitspunkt durch den Basisspannungsteiler R113 / R114 und den Emitterwiderstand R115 bestimmt wird. Da dieser Transistor im Kollektorkreis keine Spule, sondern R116 als Arbeitswiderstand besitzt, bezeichnet man die Stufe als einen aperiodischen Verstärker. Der Kollektor von T104 ist direkt mit der Basis von T50, der sich in der Tondiskriminatoreinheit befindet, verbunden; man spricht bei dieser Schaltungsart von einer galvanischen Kopplung. In der Kollektorleitung von T50 liegt der Parallelresonanzkreis S53 / C55. Er ist, wie auch der zweite Schwingkreis (S55 / C56) der Baueinheit, auf 5,5 MHz abgestimmt. Bei einem nicht modulierten Tonträger ist die Ausgangswechselspannung an Punkt 4 der Einheit 0 Volt. Durch die induktive und galvanische Kopplung von S53 zu S55 über die Spule S54 erreicht man, daß bei einem modulierten Träger die Dioden D50 und D51 aus der Frequenzänderung wieder eine Amplitudenschwankung machen. Die so gewonnene Niederfrequenzspannung (NF) gelangt über R118 und C109 auf den NF-Verstärker, den du schon aus der Schaltung A1 "Zweistufiger Plattenspieler-Verstärker" des Elektronik-Experimentierkastens EE 1003 kennst, und der deshalb nicht noch einmal besprochen werden muß.

9.9. Der vollständige Fernsehtonempfänger

In den Kapiteln 9.6. bis 9.8. hast du alle neuen Baueinheiten kennengelernt, die du zum Bau eines Fernsehtonempfängers benötigst. Wenn du Abb. 175 und Abb. 174 zusammenlegst, erhältst du das Gesamtschaltbild.Neu hinzugekommen ist in Abb. 175 lediglich die Spannungsversorgung für den Kanalwähler. Sie besteht aus dem astabilen Multivibrator T101 / T102, der über R106 und D101 den Schalttransistor T103 periodisch ansteuert. Da im Kollektorkreis der

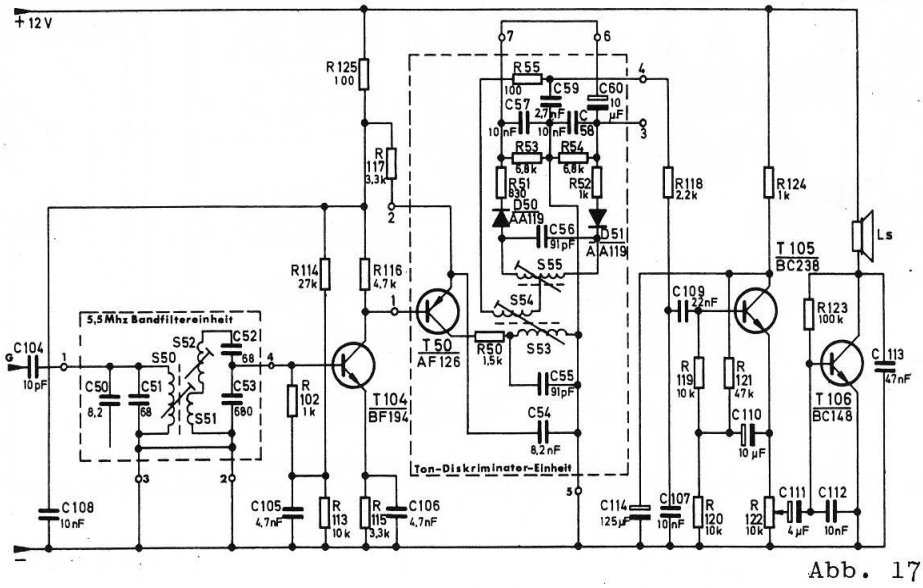


Abb. 174

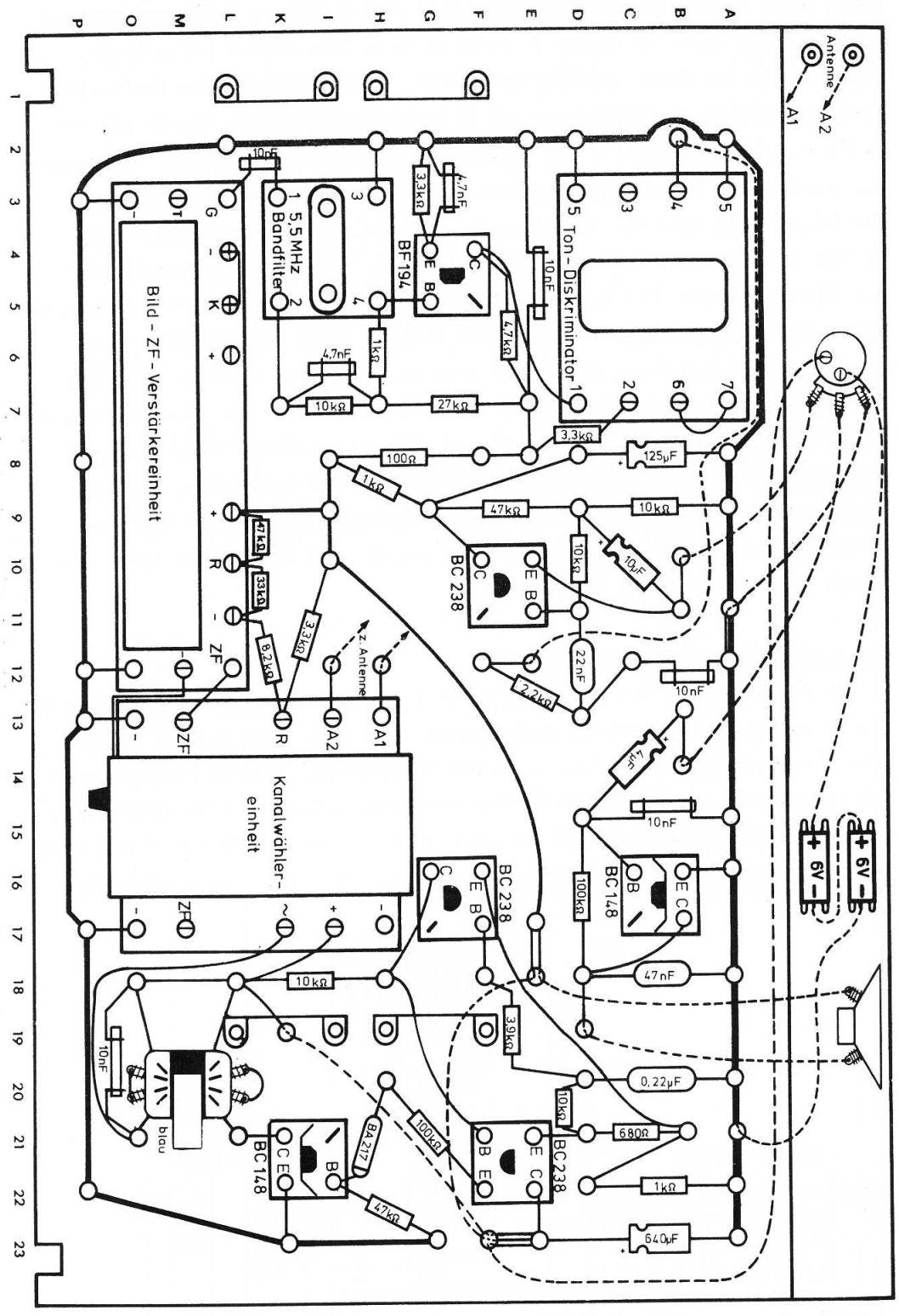

Antenne
A1
A2
Ton-Diskriminator
5,5 MHz Bandfilter
BF194
Bild-ZF-Verstärkereinheit
Kanalwähler-einheit
BC 238
BC 148
BA 217
z. Antenne
blau
6V
10nF
3,3kΩ
4,7nF
1kΩ
10kΩ
27kΩ
100Ω
125µF
47kΩ
10µF
22nF
2,2kΩ
8,2kΩ
33kΩ
100kΩ
47nF
3,9kΩ
0,22µF
680Ω
640µF

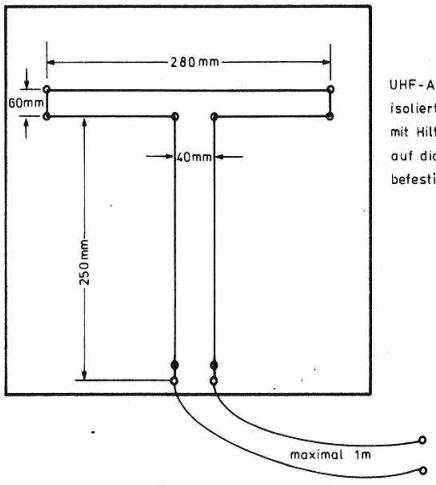
Abb. 176

Transformator Tr101 liegt, wird durch den ständig unterbrochenen Primärstrom in der Sekundärseite eine Wechselspannung induziert, die den Anschluß ∿ der Kanalwählereinheit speist. C102 unterdrückt starke Spannungsspitzen, die T103 zerstören würden. Die Abb. 176 zeigt dir den gesamten Verdrahtungsplan des Fernsehtonempfängers.

Beim Zusammenbau mußt du folgende Punkte genau beachten:

1. Stecke zunächst nach dem Verdrahtungsplan alle Haarnadelfedern durch die Grundplatte und sichere sie von der Oberseite mit Klemmfedern.
2. Die im Verdrahtungsplan dick eingezeichneten Minus- und Plusleitungen müssen in einem Stück durch die Ösen der Haarnadelfedern gezogen werden.
3. Wenn du den Aufbau und die Verdrahtung fertig hast, befestige unterhalb der Grundplatte nach der "Allgemeinen Bauanleitung" zwei 6 Volt Batteriehalter.
4. Kontrolliere vor Inbetriebnahme sorgfältig die Gesamtschaltung und achte besonders auf den polrichtigen Anschluß von Transistoren, Dioden, Baueinheiten, Elkos und Batteriehalter.

Wenn du alles überprüft hast, kannst du das Gerät einschalten. Drehe dazu den Lautstärkeregler R122 ganz an den rechten Anschlag. Aus dem Lautsprecher muß ein Rauschen zu hören sein. Verbinde die Anschlüsse A1 und A2 mit einer UHF-Fernsehantenne (in Sendernähe genügt auch die Behelfsantenne nach Abb. 177 oder ein Stückchen Draht) und drehe am schwarzen Abstimmknopf der Kanalwählereinheit. Mit 20 Knopfumdrehungen kannst du den gesamten UHF-Bereich von 470 MHz bis 790 MHz durchstimmen. Als Orientierungshilfe dient dir dabei der weiße Plastikschleifer des Spindelpotentiometers, den du gut durch das transparente Gehäuse sehen kannst.



UHF-Antenne aus isoliertem Schaltdraht mit Hilfe von Löchern auf dickem Karton befestigen

Abb. 177

Bei einer bestimmten Potentiometerstellung wirst du den Ton eines UHF-senders gut empfangen können. Falls du beim Durchstimmen keinen Sender findest und auch kein Rauschen zu hören ist, schalte den Empfänger aus und überprüfe nochmals die Schaltung. Drehe auf keinen Fall an den Abgleichkernen der Baueinheit.

Falls du eine VHF-Kanalwählereinheit besitzt, erfolgt der Einbau und die Inbetriebnahme sinngemäß.
Die Anschlüsse A1 und A2 mußt du mit einer VHF-Antenne verbinden. Beim Bau einer Behelfsantenne kannst du dir wieder die Skizze in Abb. 177 zur Hilfe nehmen, jedoch mußt du die Länge des Dipols von 280 mm auf 2500 mm für den Empfang der Kanäle 2 bis 4 und auf 700 mm für den Empfang der Kanäle 5 - 12 vergrößern. Alle weiteren Maße bleiben unverändert.

9.1o. Videoverstärker und Regelspannungserzeugung

Sicher willst du nicht nur den Fernsehton, sondern auch das dazugehörende Bild empfangen. Vor dem mechanischen Aufbau sollst du dir jedoch die weitere Funktion der Schaltung verdeutlichen. Abb. 178 zeigt nochmals die vollständige Eingangsschaltung mit der Kanalwähler- und Bild-ZF-Verstärkereinheit, wobei im Gegensatz zu der Abb. 175 zwei Anschlüsse des Bild-ZF-Verstärkers anders geschaltet sind. Der Anschluß K ist mit einer festen positiven Vorspannung, die mit dem Widerstandsteiler R110 / R111 erzeugt wird, versehen und bestimmt den Arbeitspunkt des Videoverstärkers. Außerdem wird über -R- dem Bild-ZF-Verstärker eine positive Regelspannung zugeführt.

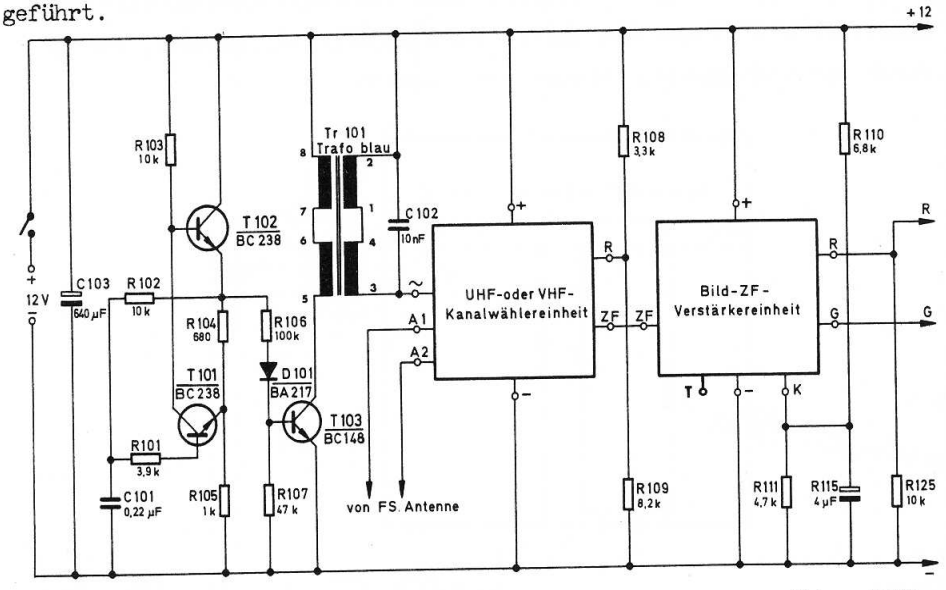


Abb. 178

Wie du aus dem Schaltbild in Abb. 179 ersehen kannst, ist das gleichgerichtete Bild-ZF-Signal (Videosignal) direkt mit der Basis des Videoverstärkers T107 verbunden, der als Impedanzwandler und Phasenumkehrstufe (keine Verstärkung) arbeitet. Die negativ gerichtete Bildsignalspannung am Emitterwiderstand R126 bewirkt, daß über den Anschluß 6 der Bildröhreneinheit der Videoendtransistor T28 (siehe Abb. 15) das Raster auf dem Bildschirm mit der vom Sender ausgestrahlten Bildinformation moduliert. Zur Erläuterung dieses Vorgangs dient die Abb. 180. Hier ist in einer grafischen Darstellung die Intensität des Elektronenstrahls der Bildröhre in Abhängigkeit ihrer negativen Gittervorspannung (Spannungsdifferenz Katode - Gitter 1) aufgetragen, wobei als Steuerspannung das Videosignal eingezeichnet ist. Die Synchronimpulse der positiv gerichteten Spannung können noch keinen Elektronenstrom fließen lassen, auch bei 75 % der Maximalspannung bleibt der Bildschirm dunkel (schwarz). Erst mit abnehmender Bildsignalspannung wird er heller. Die Amplitude der Steuerspannung, also die Abstufung zwischen schwarz und weiß (Kontrast) kannst du mit R44 der Bildröhreneinheit verändern.

Um den Spannungspegel des Videosignals bei schwankender Antenneneingangsspannung konstant auf ca. 2 Vss zu halten, muß eine Regelspannung erzeugt werden, die in Abhängigkeit von der Größe der Synchronimpulse den Verstärkungsfaktor der Bild-ZF-Verstärkereinheit beeinflußt. Dies geschieht mit Hilfe des Transistors T108. Der Emitter liegt auf dem festen Potential von +1,5 V. Erzeugt wird diese Spannung mit dem Vorwiderstand R133 und

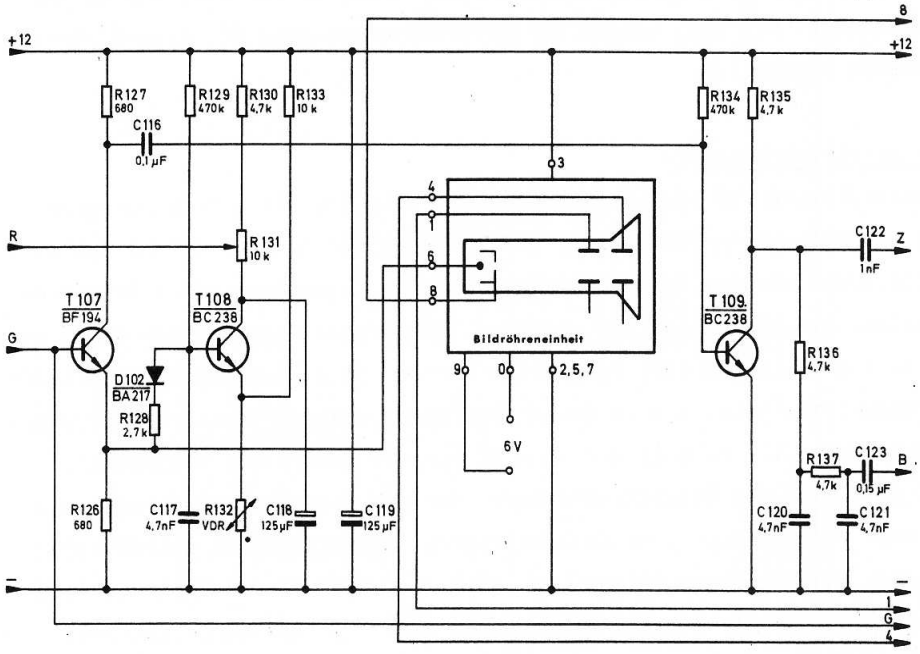


Abb.179

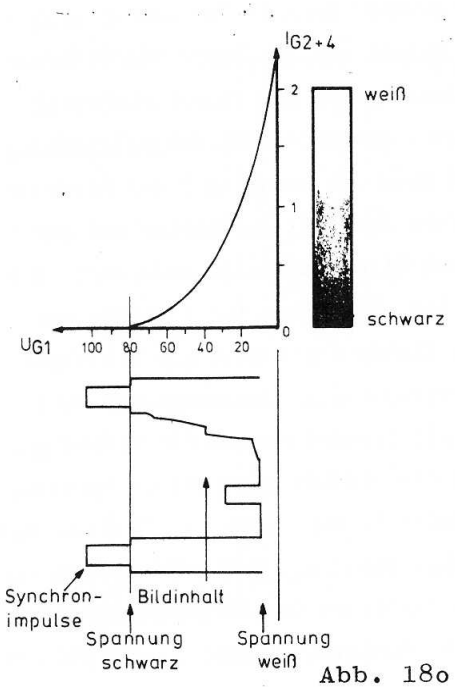


Abb. 18o

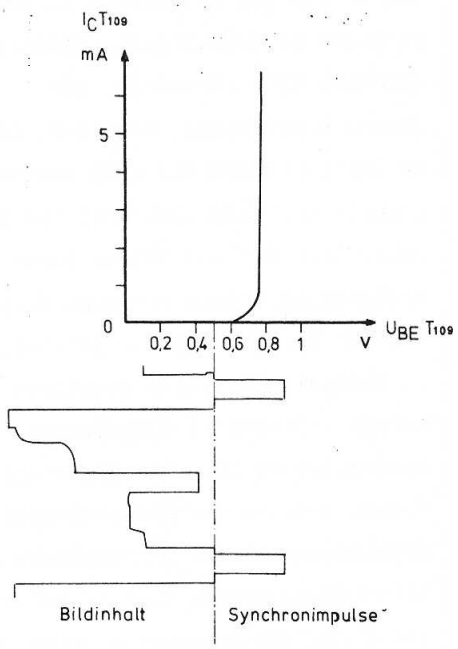


Abb. 181

dem Spannungsstabilisator (VDR) R132. Bei größer wendendem negativen Videosignal wird durch die Spitzen der Synchronimpulse über R128 und D102 die positiv vorgespannte Basis negativer, so daß weniger Kollektorstrom fließt und die Kollektorspannung ansteigt. Das hat eine höhere positive Regelspannung zur Folge, die den Stromfluß der ZF-Verstärkertransistoren ansteigen läßt. Dadurch werden die Schwingkreise stärker gedämpft, und die Ausgangsspannung wird wieder um den gleichen Betrag verkleinert. Mit R131 kannst du die Grundvorspannung des Bild-ZF-Verstärkers einstellen.

9.11. Die Synchrontrennstufe

Grundbedingung für die vollständige und zeitlich richtige Wiedergabe des ausgestrahlten Bildes ist, daß im Empfänger Zeilen- und Bildablenkgeneratoren mit dem Sendertakt gleichlaufen. Dazu dienen die Synchronimpulse. Sie müssen aus dem gesamten Videosignal herausgetrennt und nach Bild- und Zeilenimpulsen aufgeteilt werden. Diese Aufgabe übernimmt die Synchrontrennstufe, die in deinem Empfänger aus dem Transistor T109 besteht. Über C116 gelangt das an R127 positiv gerichtete Videosignal auf die Basis des Schalttransistors. Nur die positiven Synchronimpulsspitzen verursachen einen Kollektorstrom. Das Bildsignal selbst wird dagegen abgeschnitten (siehe Abb. 181). Deshalb sind am Kollektorwiderstand R135 nur die negativ gerichteten Gleichlaufzeichen vorhanden.

Die Trennung nach Bild- und Zeilenimpulsen erfolgt mit Hilfe von Pässen. R136 / C120 / R137 / C121 bilden einen doppelten Tiefpaß, der so dimensioniert ist, daß nur die Bildsynchronimpulse von 50 Hz ungehindert passieren können, die Zeilenfrequenz (15 625 Hz) dageben durch die geringen Wechselstromwiderstände von C120 und C121 kurzgeschlossen wird. Der Hochpaß C122 / R151 ist für die Zeilensynchronimpulse kein Hindernis, für die 50 Hz Bildfrequenz jedoch stellt C122 einen hochohmigen Widerstand dar.

Andere Bezeichnungen für Hoch- und Tiefpaß, wie du sie häufig in der technischen Literatur finden wirst, sind Differenzier- und Integrierglied. In Kapitel 2.11. und 3.12. hast du ihre Wirkung auf eine Sinusschwingung kennengelernt. Eine Rechteckspannung, wie z.B. unser Synchronimpuls, reagiert etwas anders auf die R-C-Schaltung. Das zeigt dir die Abb. 182 und Abb. 183 ganz deutlich.

Das Differenzierglied (Hochpaß) C1 und R4 der Schaltung in Abb. 182 überträgt den Rechteckimpuls, der in einem Rechteckgenerator mit nachfolgender Ausgangsstufe T1 erzeugt wird, auf den Vertikaleingang der Oszillografenschaltung. Mit steigender Kapazität (kleiner wendender kapazitiver Widerstand) wird die Form der Ausgangsspannung immer weniger beeinflußt. Ist C1 dagegen sehr klein (in unserem Fall 10 nF), kann sich nach dem posi-

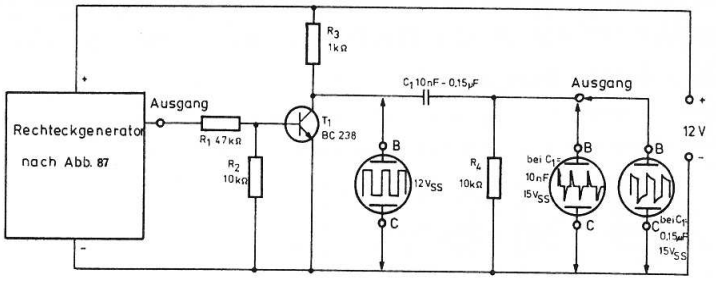


Abb. 182

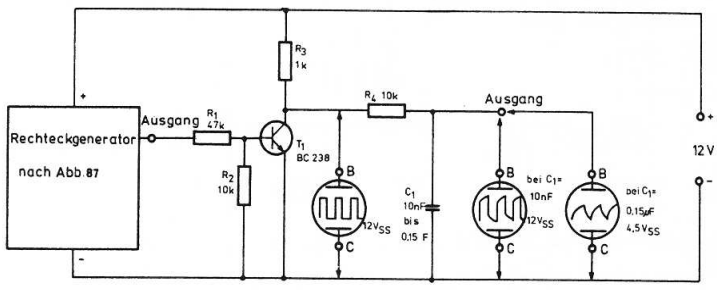
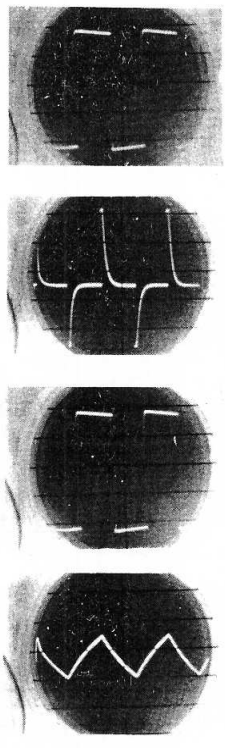


Abb. 183



tiven Spannungsanstieg der Eingangsspannung der aufgeladene Kondensator C1 wieder sehr schnell über R4 entladen. Die Ausgangsspannung sinkt auf 0 Volt, während am Eingang noch der positive Wert vorhanden ist. Fällt der Eingangsimpuls auf 0 Volt zurück, lädt sich C1 mit entgegengesetzter Polarität auf, kann sich aber auch wieder schnell entladen. Aus einem langen positiven Rechteckimpuls sind bei der Differenzierung je ein kurzzeitiger positiver und negativer Nadelimpuls entstanden.

Abb. 183 zeigt dagegen ein Integrierglied (Tiefpaß). Da C1 sich über R4 bei einer rechteckförmigen Eingangsspannung ständig auf- und entladen muß, wird z.B. bei einer Kapazität von 10 nF die Form des Rechtecksignals unwesentlich verändert. Ist C1 dagegen 0,15 µF, kann sich der Kondensator bei einem positiven Spannungsanstieg nicht mehr schnell genug auf den max.Wert aufladen.Die Ausgangsspannung ist sägezahnförmig und beträgt nur noch 1/3 der Eingangsspannung.

9.12. Vertikaler Ablenkgenerator

Die Schaltung in Abb. 184 stellt u. a. den vertikalen Ablenkgenerator dar, der den Elektronenstrahl der Bildröhre möglichst zeitlinear in senkrechter Richtung über den Bildschirm wandern lassen soll. Diese Forderung kann nur ein periodischer Sägezahn erfüllen (siehe Kap. 4.1.). Da jedes Bild von oben nach unten geschrieben wird, muß die Spannung vom Maximalwert in einer der Norm entsprechenden Zeit von ca. 1/50 Sekunde gleichmäßig auf -0- abfallen. Für den Rücklauf ist ein um ein Vielfaches schnellerer Spannungssprung von 0 auf den höchsten Wert erforderlich.

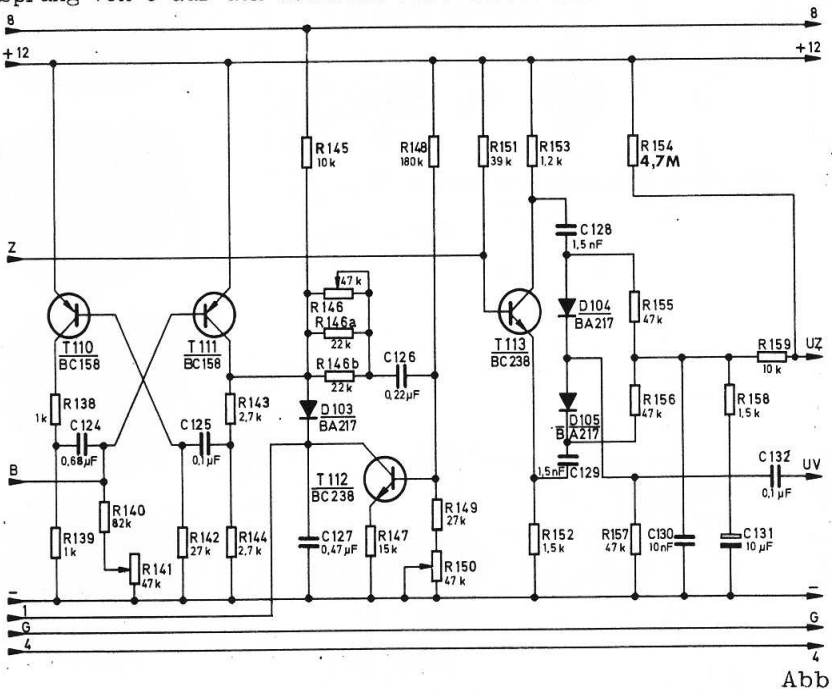


Abb. 184

Erzeugt wird der Sägezahn indirekt über den unsymmetrischen astabilen Multivibrator T110 und T111, dessen Funktion du schon im Kapitel 5.4. kennengelernt hast. Seine Schaltung ist so ausgelegt, daß am Kollektor von T111 ein kurzer positiver Rechteckimpuls steht, der über die Diode D103 den Kondensator C127 schnell aufladen kann (Rücklauf). T122 ist als Entladewiderstand mit einem konstanten Entladestrom aufzufassen, wobei mit R150 der Kollektorstrom (Entladestrom, Bildhöhe) und mit R146 die Entladekurve (Bildlinearität) eingestellt wird. C127 ist direkt mit dem Vertikaleingang 1 der Bildröhreneinheit verbunden, so daß der Strahl in senkrechter Richtung der Fernsehnorm entsprechend ausgelenkt wird.

Die Synchronimpulse gelangen über C123 direkt auf die Basis von T111 und sorgen für einen stabilen Bildstand; die Frequenz des Generators (Bildfrequenz) bestimmt die Schleiferstellung von R141.

Zum Verständnis dieser Vorgänge dient dir die Abb. 185, in der die verschiedenen Spannungsformen der Vertikalablenkstufe dargestellt sind.

9.13. Horizontaler Ablenkgenerator

Als eigentlicher Horizontaloszillator dient der Transistor T115 in Abb. 186, der mit der Spule S101 einen L-C-Oszillator bildet. Die Funktion dieser Stufe hast du im Prinzip schon im Kapitel 5.2. kennengelernt. Allerdings weicht die Schaltung dieses Zeilenoszillators etwas von der Abb. 75 ab. C135 ist der frequenzbestimmende Kondensator und bildet gleichzeitig mit C136 einen kapazitiven Spannungsleiter, der die zurück-

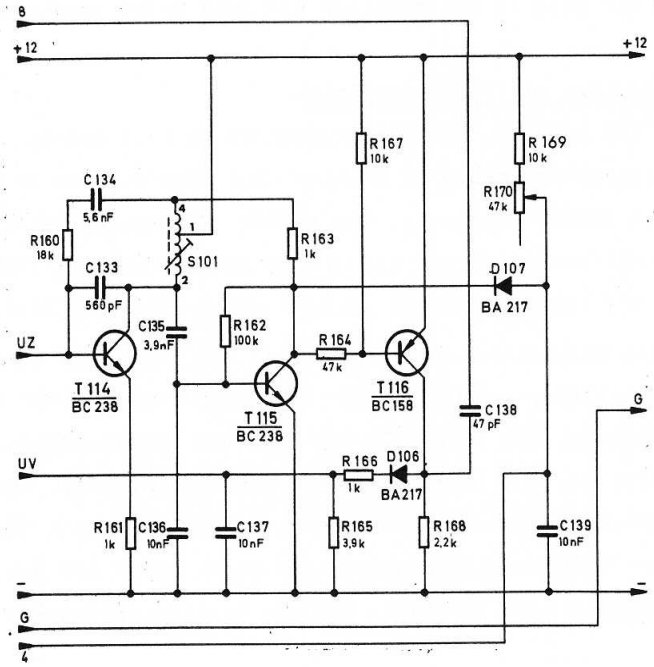


Abb. 186

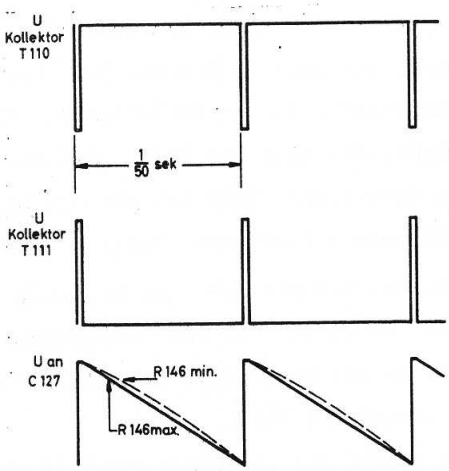


Abb. 185

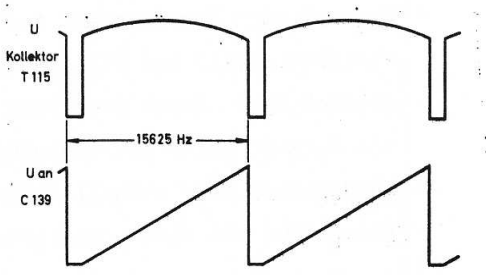


Abb. 187

gekoppelte Spulenspannung reduziert. Da im Kollektorkreis der Widerstand R163 in Reihe mit dem Schwingkreis liegt, ist die Ausgangsspannung nicht sinusförmig, sondern - weil der Transistor im Übersteuerungsbereich arbeitet - stark rechteckig, wie sie zur Gewinnung der sägezahnförmigen Ablenkspannung benötigt wird (Abb. 187).Während der Dauer des Synchronimpulses ist der Transistor T115 leitend und schließt über die Diode D107 den positiv aufgeladenen Kondensator C139 kurz. R169 und R170 laden, nachdem der Transistor gesperrt ist, C139 erneut auf, wobei die Amplitude (Bildbreite) der entstandenen sägezahnförmigen Spannung vom Widerstandswert des Potentiometers R170 abhängig ist. Wenn du C139 direkt mit dem Horizontaleingang (Anschluß 4) der Bildröhreneinheit verbindest, erhältst du zwar schon das vollständige helligkeitsmodulierte Raster auf dem Bildschirm, jedoch ist das Bild in horizontaler Richtung nicht synchronisiert.

9.14. Horizontalsynchronisation mit Phasenvergleich

Betrachte die Abb. 184 und 186. Die Phasenumkehrstufe T113 erzeugt aus dem negativen Horizontalsynchronimpuls am Emitter eine negative und am Kollektor eine positive Rechteckspannung, die gleiche Amplituden haben und über C128 und C129 differenziert auf die Gleichrichterschaltung D105 und D106 gelangen, die wir Phasenvergleich nennen. Ferner wird dem Mittelpunkt dieser Schaltung eine Sägezahnspannung zugeführt, die über T116 direkt aus dem Horizontaloszillator gewonnen wird (Abb. 188). Dabei dient T116 als periodischer Schalter, der über D106 und R166 den Ladekondensator C137 während der Dauer des positiven Oszillatorimpulses auflädt. Über R165 kann der Kondensator sich wieder entladen, so daß C132 eine Sägezahnspannung auf den Phasenvergleich übertragen kann. Durch die Schaltungsanordnung der Dioden wird erreicht, daß die Oszillatorfrequenz und

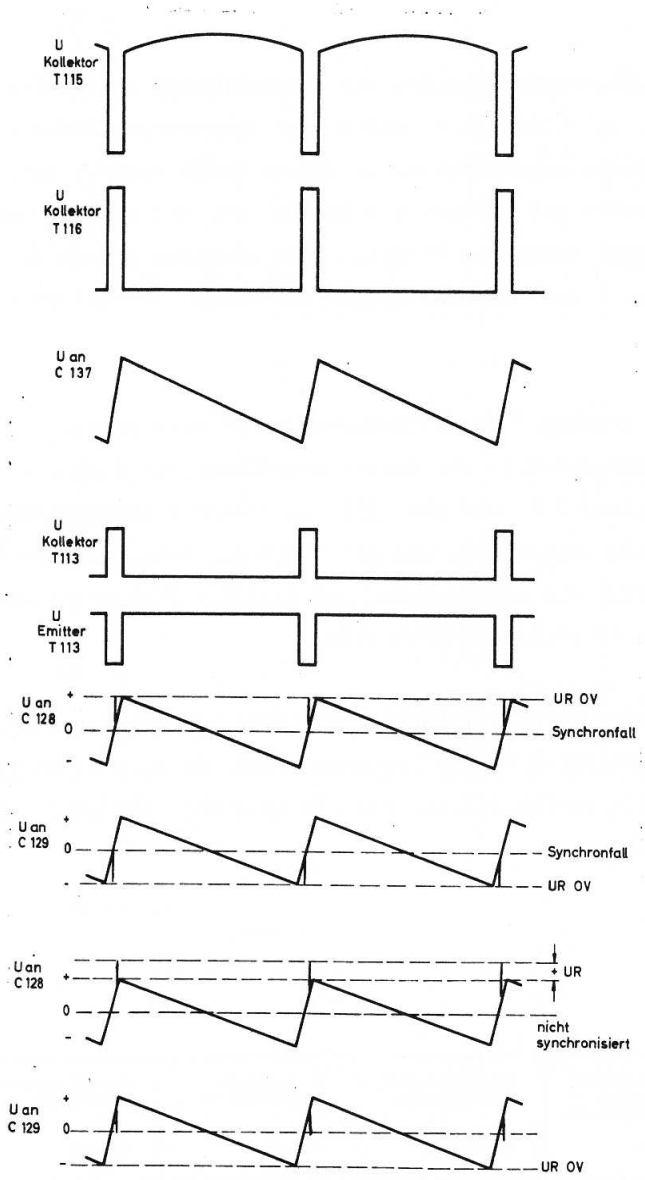


Abb. 188

die Zeilensynchronimpulse miteinander verglichen werden und am Knotenpunkt R155 / R156 eine Regelspannung entsteht, die direkt von der Größe der Frequenzabweichung abhängig ist und durch ihre Höhe und Polarität den Wert der mit T114 / C133 / C134 und R160 gebildeten veränderlichen Kapazität bestimmt. Da die Reaktanzstufe (so bezeichnet man eine künstlich erzeugte Kapazität) parallel zur Schwingkreiskapazität C135 / C136 liegt, verändert sich die Frequenz des Oszillators so lange, bis sie mit dem Zeilensynchronimpuls genau übereinstimmt und keine Regelspannung mehr vorhanden ist. Der Fangbereich des Phasenvergleichs ist natürlich nicht sehr groß, und deshalb mußt du mit einem Schraubenzieher am Abgleichkern von S101 die Frequenz des Oszillators grob einstellen.

9.15. Rücklaufunterdrückung

Wichtig für eine gute Bildwiedergabe ist die Unterdrückung der Zeilen- und Bildrückläufe. Wie du weißt, wird während der Synchronimpulsdauer kein Bildinhalt vom Sender ausgestrahlt. In dieser Phase muß der Rücklauf des Elektronenstrahls vom rechten zum linken bzw. vom unteren zum oberen Bildrand erfolgen. Um diesen Vorgang nicht sichtbar werden zu lassen, muß für die Dauer der Synchronimpulse der Strahl der Bildröhre unterbrochen werden.

Gibt man z.B. auf den Eingang 8 der Bildröhreneinheit eine positive Spannung, so wird der Bildschirm über den Austastverstärker T29 dunkel getastet (vergleiche Kapitel 2.2. und Abb. 15). In diesem Fernsehempfänger geschieht dieser Vorgang automatisch und sehr schnell, weil positive Horizontalimpulse über C138 die waagerechten und positive Vertikalimpulse über R145 die senkrechten Rückläufe austasten.

Damit hast du das gesamte Fernsehempfängerschaltbild kennengelernt und kannst nun mit dem praktischen Aufbau beginnen. Falls du noch einen Blick auf das Gesamtschaltbild werfen willst, mußt du nach Abb. 189 alle Teilbilder aneinanderreihen.

Kanalwähler Bild-Zf-Verstärker Abb. 178	Videoverstärker Regelspannung Impulstrennstufe Abb. 179	Vertikalablenkung Phasenvergleich Abb. 184	Reaktanzstufe Horizontalablenkung Abb. 186	Ton-Zf-Verstärker Nf-Verstärker Abb. 174

Abb. 189

9.16. Der Gesamtaufbau des Fernsehempfängers

Voraussetzung für die gesamte Verdrahtung des Fernsehempfängers ist, daß dein Tonempfänger (siehe Kapitel 9.9.) einwandfrei arbeitet. Da der Eingangsteil des gesamten Gerätes (Abb. 178) geringfügig vom Fernsehtonempfänger in Abb. 175 abweicht, mußt du an dem noch vorhandenen alten Aufbau die Änderungen vornehmen, die in Punkt 1 und 2 beschrieben werden.

1. Entferne die Drahtbrücke zwischen den Anschlüssen - (minus) und -K- der Bild-ZF-Verstärkereinheit und füge dafür den Spannungsteiler R110 / R111 / C115 so ein, wie es in dem neuen Verdrahtungsplan nach Abb. 190 dick eingezeichnet ist.
2. Entferne den Spannungsteiler R108 / R109 vom Anschluß R der Bild-ZF-Verstärkereinheit. Dieser Anschluß bleibt vorerst frei.
3. Schraube mit Hilfe der Dübel 4 Abstandshalter auf die Grundplatte. Verwende dazu die im Verdrahtungsplan (Abb. 190) mit einem schraffierten Kreis gekennzeichneten Löcher.
4. Befestige wie in der allgemeinen Bauanleitung angegeben den dritten Batteriehalter (Heizspannung für Bildröhreneinheit) unterhalb der Grundplatte. Die Position ist im Verdrahtungsplan nach Abb. 190 eingezeichnet.
5. Stecke nach dem Verdrahtungsplan in Abb. 191 alle Haarnadelfedern von unten durch die obere Grundplatte und sichere sie von oben mit Klemmfedern.
6. Montiere jetzt mit Hilfe von Dübeln und Schrauben die zweite Grundplatte auf die Abstandshalter.
7. Ziehe die im Verdrahtungsplan dick eingezeichneten Plus- und Minusleitungen in einem Stück - also ohne Unterbrechung - durch die Ösen der Haarnadelfedern.
8. Verbinde zunächst nur die Bauelemente des Abschnitts A untereinander, der im Verdrahtungsplan (Abb. 191) durch eine gestrichelte Linie begrenzt wird.
9. Verbinde durch einen kurzen isolierten Schaltdraht die auf der unteren (Abb. 190) und oberen Grundplatte (Abb. 191) mit einem - + - gekennzeichneten Klemmfedern.
10. Verbinde durch einen kurzen blanken Schaltdraht die auf der unteren und oberen Grundplatte mit - (minus) gekennzeichneten Klemmfedern.

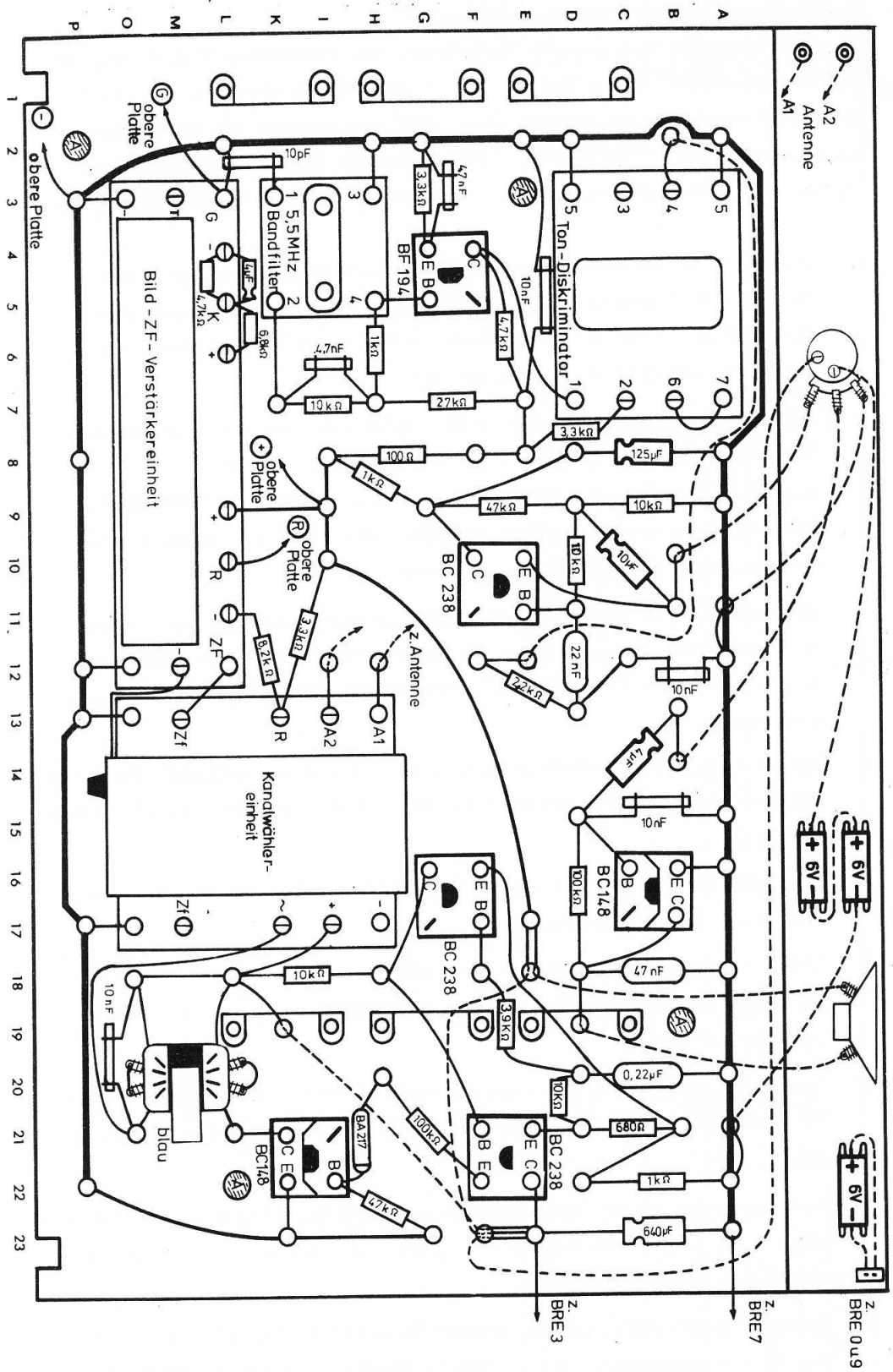


Bild-ZF-Verstärkereinheit
5,5MHz Bandfilter
BF 194
Ton-Diskriminator
Kanalwähler-einheit
BC 238
BC148
BA217
obere Platte
z. Antenne
A2 Antenne
A1
z. BRE 3
z. BRE 7
z. BRE 0u9
blau
6V

Abb. 19o

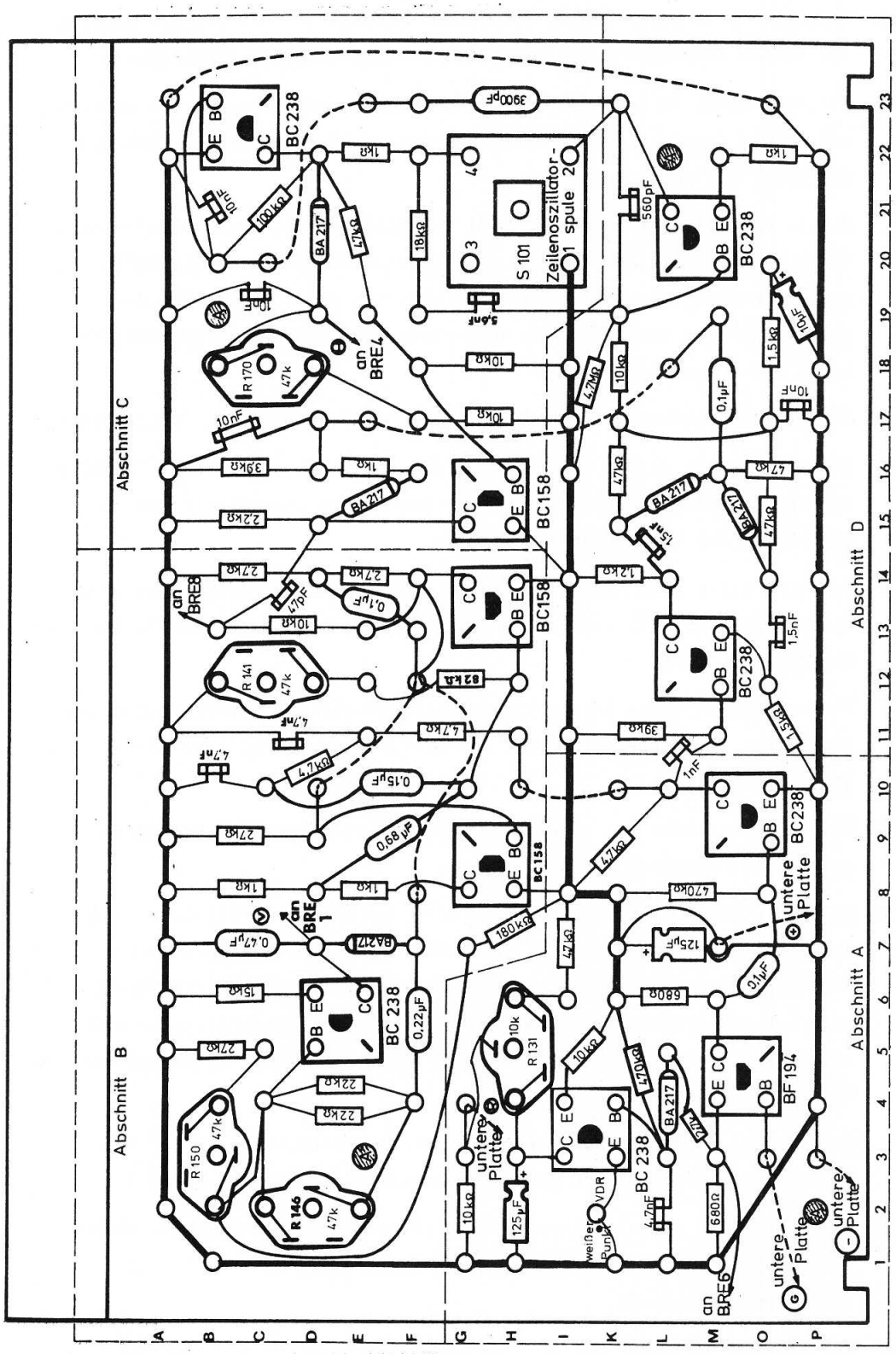

Abschnitt A
Abschnitt B
Abschnitt C
Abschnitt D
Zeilenoszillator-spule
S 101
BC238
BC158
BC 238
BF 194
BA 217
R 170
R 141
R 150
R 146
R 131
VDR
weißer Punkt
an BRE1
an BRE2
an BRE3
an BRE4
an BRE6
untere Platte
3900pF
560pF
180kΩ
470kΩ
680Ω
125µF
0,68µF
0,22µF
0,15µF
0,1µF
0,47µF
1,5nF
1nF
10nF
4,7nF
5,6nF
4,7pF
10pF
1,5µF
10µF
100kΩ
82kΩ
39kΩ
27kΩ
22kΩ
18kΩ
15kΩ
10kΩ
4,7MΩ
4,7kΩ
3,9kΩ
2,2kΩ
1,2kΩ
1,5kΩ
1kΩ
680Ω
47k
10k

Abb. 191

11. Verbinde durch einen kurzen isolierten Schaltdraht die auf der unteren und oberen Grundplatte mit einem -G- gekennzeichneten Klemmfedern.

12. Verbinde durch einen kurzen isolierten Schaltdraht die auf der unteren und oberen Grundplatte mit einem -R- gekennzeichneten Anschlüsse und überprüfe den gesamten Aufbau.

13. Stelle das Trimmpotentiometer R131 auf Mittelstellung und schalte das Gerät ein. Du mußt jetzt, wenn dein Fernsehtonempfänger einwandfrei gearbeitet hat, wieder ein Rauschen bzw. den eingestellten Sender empfangen. Dazu muß natürlich auch wieder die Antenne an die Anschlüsse A1 und A2 geklemmt werden.

14. Schalte den Empfänger aus und stelle dicht daneben die Bildröhreneinheit.

15. Verdrahte jetzt nur den Abschnitt B und stelle eine isolierte Drahtverbindung zwischen der Klemmfeder -V- der oberen Grundplatte und dem Anschluß 1 der Bildröhreneinheit her.

16. Verbinde durch einen isolierten Schaltdraht die auf der unteren Grundplatte mit einer -7- versehene Klemmfeder mit dem Anschluß -7- der Bildröhreneinheit.

17. Verbinde durch einen isolierten Schaltdraht die auf der unteren Grundplatte mit einer -3- versehene Klemmfeder mit dem Anschluß -3- der Bildröhreneinheit.

18. Überprüfe nochmals den gesamten Aufbau auf richtige Verdrahtung und eventuell vorhandene Kurzschlüsse.

19. Drehe die Trimmpotentiometer R131, R146 und R150 auf Mittelstellung und schalte den Empfänger ein. Du mußt wieder den Ton hören können. Verbinde ferner den Heizspannungsanschluß 0 und 9 der Bildröhreneinheit mit dem dritten Batteriehalter. Nach kurzer Einschaltdauer muß bei Betätigung des Helligkeitsreglers ein senkrechter Strich auf dem Bildschirm erscheinen.

2o. Schalte den Empfänger aus, trenne auch das Batteriehalterkabel vom Heizspannungsanschluß und verdrahte anschließend den Abschnitt C.

21. Verbinde durch einen isolierten Schaltdraht die auf der oberen Grundplatte mit einem -H- gekennzeichneten Klemmfedern mit dem Anschluß 4 der Bildröhreneinheit.

22. Drehe das Trimmpotentiometer R170 auf Mittelstellung und überprüfe nochmals die gesamte Verdrahtung.

23. Schalte den Empfänger und die Heizung der Bildröhreneinheit ein. Auf dem Bildschirm muß ein Raster wie in Abb. 192 erscheinen.

24. Überprüfe die Funktion der Regler R150 und R170. Mit dem zuerst genannten läßt sich die Bildhöhe, mit dem zweiten die Bildbreite einstellen.

25. Schalte den Empfänger und die Heizung der Bildröhreneinheit wieder aus und verdrahte den Abschnitt D.

26. Verbinde durch einen isolierten Schaltdraht die auf der oberen Grundplatte mit einer -6- gekennzeichnete Klemmfeder mit dem Anschluß 6 der Bildröhreneinheit.

27. Verbinde durch einen isolierten Schaltdraht die auf der oberen Grundplatte mit einem -A- gekennzeichnete Klemmfeder mit dem Anschluß 8 der Bildröhreneinheit.

28. Schalte den Empfänger und die Heizung der Bildröhreneinheit ein. Auf dem Bildschirm muß jetzt ein helligkeitsmoduliertes Raster ähnlich wie in Abb. 193 erscheinen. Ein vollständig synchronisiertes Bild erhältst du jedoch erst nach dem Abgleich verschiedener Regler.

9.17. Abgleich und Fehlersuche

Überzeuge dich vor Beginn der Arbeiten, daß die Antenne richtig an das Gerät angeschlossen ist, daß alle Trimmpotentiometer in Mittelstellung stehen und schalte den Empfänger ein. Suche mit dem Abstimmpotentiometer der Kanalwählereinheit einen starken Sender, der möglichst ein Testbild ausstrahlt. Stelle den Kontrastregler der Bildröhreneinheit auf Maximum. Nimm die Abb. 194 zur Hand und vergleiche die Fotos mit deinem empfangenen Bild. Nimm danach den Abgleich bzw. die Fehlersuche vor, die im folgenden eingehend beschrieben werden.

a) Die Zeilenfrequenz stimmt nicht: Stecke einen schmalen Schraubenzieher durch das Loch an der Oberseite der Zeilenoszillatorspule S101 und verdrehe so lange den Abstimmkern, bis sich das Bild aufrichtet und einrastet. Sollte zwar die Frequenz stimmen, das Bild jedoch nicht fest synchronisieren, mußt du den Fehler in Abschnitt A und D der oberen Grundplatte suchen.

b) Die Bildfrequenz stimmt nicht: Drehe das Trimmpotentiometer R141 langsam zum linken oder rechten Anschlag, bis das Bild einrastet. Sollte sich zwar die Frequenz verändern, aber keine Synchronisation vorhanden sein, mußt du den Fehler in den Abschnitten A und B der oberen Grundplatte suchen.

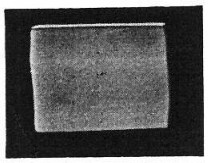


Abb. 192

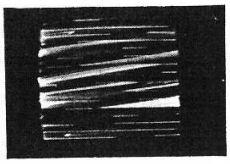


Abb. 193

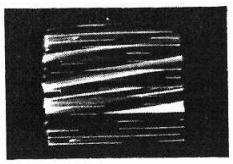


Abb. 194 a

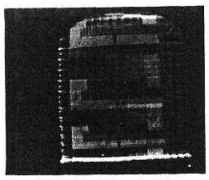
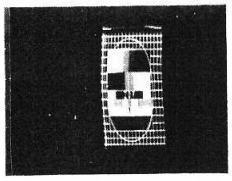
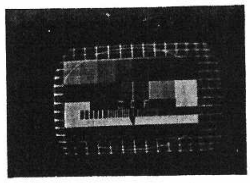


Abb. 194 b



c



d

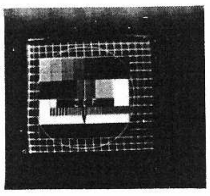
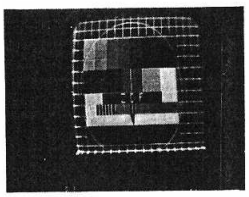
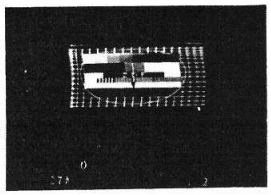


Abb. 194 e



f



g

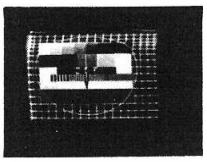
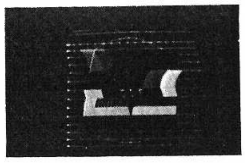
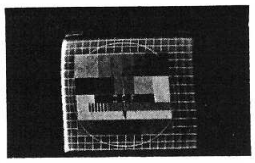


Abb. 194 h



i



k

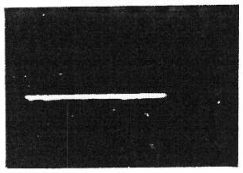
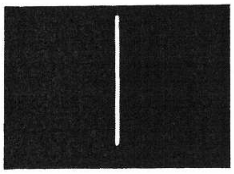
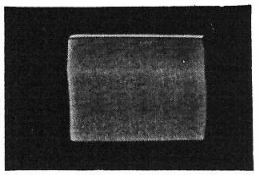


Abb. 194 l



m



n

c) Die Bildbreite ist zu gering: Stelle das Trimmpotentiometer R170 auf ca. 4,5 cm Bildbreite ein.

d) Die Bildbreite ist zu groß: Stelle das Trimmpotentiometer R170 auf ca. 4,5 cm Bildbreite ein.

e) Das Bild ist richtig eingestellt: Es sind keine Korrekturen notwendig.

f) Die Bildhöhe ist zu groß: Stelle das Trimmpotentiometer R150 auf ca. 3,5 cm Bildhöhe ein.

g) Die Bildhöhe ist zu gering: Stelle das Trimmpotentiometer R150 auf ca. 3,5 cm Bildhöhe ein.

h) Die Bildlinearität ist schlecht: Stelle mit dem Trimmpotentiometer R146 den Kreis des Testbildes möglichst rund ein. Eventuell mußt du die Bildhöhe korrigieren.

i) Die Regelspannung ist zu gering: Stelle das Trimmpotentiometer R131 auf optimale Bildqualität ein. Tritt keine Veränderung auf, überprüfe den Abschnitt A.

k) Die Regelspannung ist zu hoch: Stelle das Trimmpotentiometer R131 auf optimale Bildqualität ein. Tritt keine Veränderung auf, überprüfe Abschnitt A.

l) Der Vertikalablenkgenerator arbeitet nicht: Überprüfe den Abschnitt B. Die Funktion des Multivibrators T110 / T111 kannst du überprüfen, indem du die isolierte Leitung von der Klemmfeder V trennst und direkt mit dem Kollektor von T111 verbindest. Wenn jetzt das Bild in vertikaler Richtung ausgelenkt wird (allerdings stark verzerrt), brauchst du den Fehler nur noch um den Transistor T112 herum zu suchen. Tritt keine Änderung auf dem Bildschirm ein, liegt der Fehler im astabilen Multivibrator T110 / T111.

m) Der Horizontalablenkgenerator arbeitet nicht: Überprüfe den Abschnitt C auf der oberen Grundplatte. Die Funktion des Zeilen-Oszillators T115 kannst du überprüfen, indem du die isolierte Leitung von der Klemmfeder H trennst und direkt mit dem Kollektor von T115 verbindest. Diese Stufe ist einwandfrei, wenn jetzt das Bild stark verzerrt in der horizontalen Richtung ausgelenkt wird. Eventuell ist D107 defekt.

n) Der HF-Teil oder Videoverstärker arbeitet nicht: Ist der Ton des Senders vorhanden, jedoch keine Helligkeitsmodulation auf dem Bildschirm, überprüfe den Abschnitt A.

10. Verschiedene Schaltungen

10.1. Spannungsstabilisator

Hochempfindliche elektrische Schaltungen benötigen, um in den geforderten Toleranzgrenzen arbeiten zu können, eine stabilisierte Versorgungsspannung. So soll z.B. bei schwankender Batteriespannung der Multivibrator in Abb. 195 seine Werte nicht ändern und eine konstante Ausgangsspannung abgeben. Aus diesem Grund ist zwischen der Batterie und dem Multivibrator der Spannungsstabilisator T1 geschaltet.

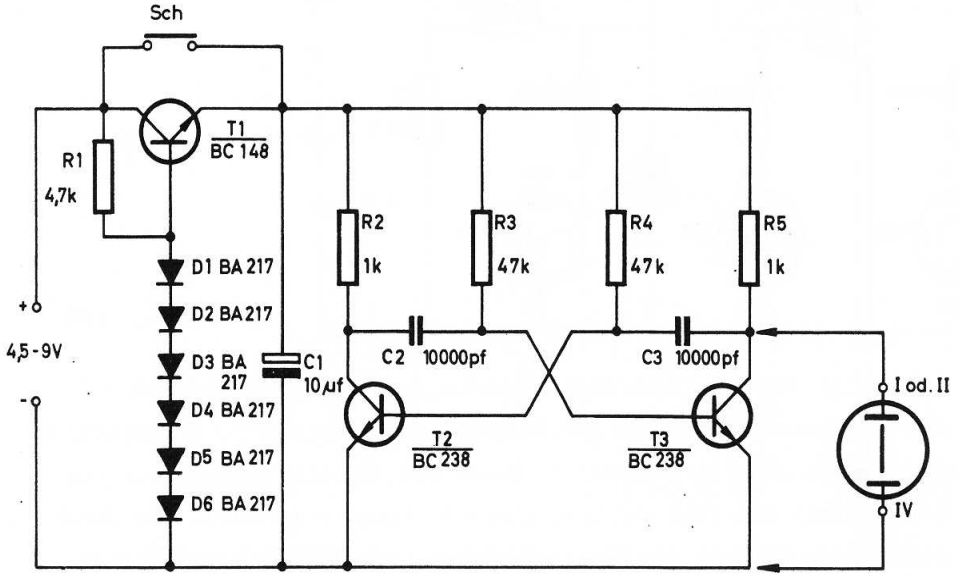
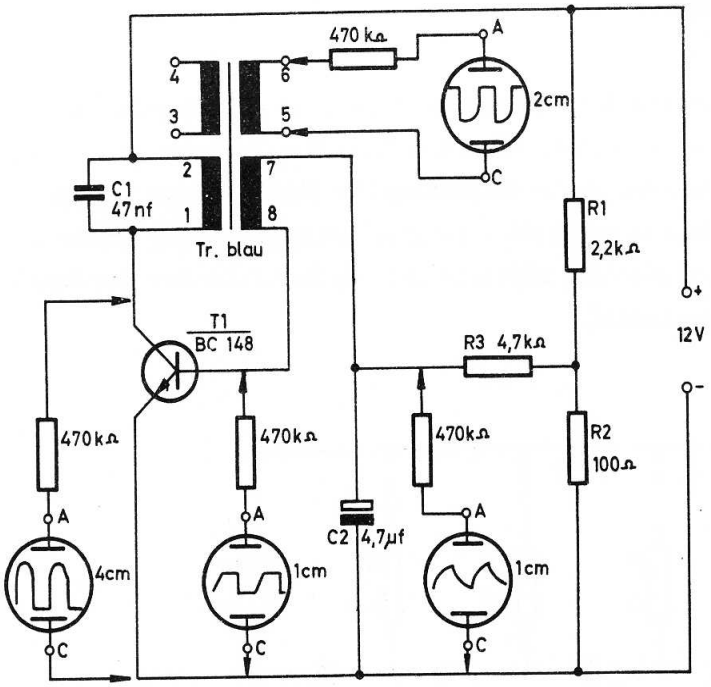


Abb. 195

Über R1 fließt durch die Dioden D1 - D6 ein Strom, der an der Basis von T1 eine stabile positive Spannung hervorruft. Stabil deshalb, weil die Durchlaßspannung einer Siliziumdiode in einem weiten Strombereich ca. 0,7 Volt beträgt. Die Ausgangsspannung, die sich am Emitter von T1 einstellt, ist etwas geringer als die Basisspannung, jedoch für den Eingangsspannungsbereich von 4,5 bis 9 Volt konstant 3,5 Volt. Die mit dem X-Y-Oszillografen am Kollektor von T3 gemessene Wechselspannung ändert sich bei Betriebsspannungsschwankungen nur unwesentlich. Wird der Schalter Sch geschlossen, ist die stabilisierende Wirkung von T1 aufgehoben.

10.2. Gleichspannungswandler

Vielfach werden für batteriebetriebene Geräte Spannungen benötigt, die wesentlich höher als die Betriebsspannung sind. Aus diesem Grund muß die niedrige Gleichspannung zerhackt, also in eine Wechselspannung umgeformt und mit Hilfe eines Transformators auf die gewünschte Spannung transformiert werden.



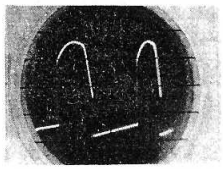


Abb. 196

Abb. 196 zeigt einen solchen Gleichspannungswandler. Der Transistor T1 hat die Aufgabe, den Strom in der Transformatorwicklung 1 - 2 periodisch zu unterbrechen. Das wird erreicht, indem die auf die Sekundärwicklung 7 - 8 induzierte Spannung den Basisstrom so lange vergrößert, bis durch die begrenzende Wirkung des Wicklungswiderstandes keine Stromänderung in der Spule 1 - 2 auftritt. Die Polarität der Wicklungsspannung 7 - 8 polt sich um und unterbricht den Kollektorstrom. Erst wenn C2 sich über den Spannungsleiter R1 / R2 / R3 wieder auf seinen ursprünglich positiven Wert aufgeladen hat, kann wieder ein Kollektorstrom fließen. C1 unterdrückt die bei einem Schaltvorgang auftretenden hohen Spannungsimpulse. An den Wicklungen 3 - 4 und 5 - 6 kann die Ausgangswechselspannung abgenommen werden.

0.3. Treppenspannungsgenerator

Eine treppenförmige Ausgangsspannung kannst du ganz leicht mit dem Generator in Abb. 197 erzeugen. Dazu benötigen wir einen Rechteckimpuls, der über den Transistor T1 den Kondensator C2 stufenförmig auflädt. T2 und T3 sind als Unijunktiontransistor geschaltet, dessen Wirkungsweise du im Kapitel 5.5. kennengelernt hast. Wenn die Kondensatorladung fast die Höhe der Betriebsspannung erreicht, wird die Strecke Emitter T2 - Emitter T3 schlagartig leitend, und der Kondensator kann sich entladen. Dieser Vorgang wiederholt sich periodisch. Die Anzahl der Stufen hängt vom Kapa-

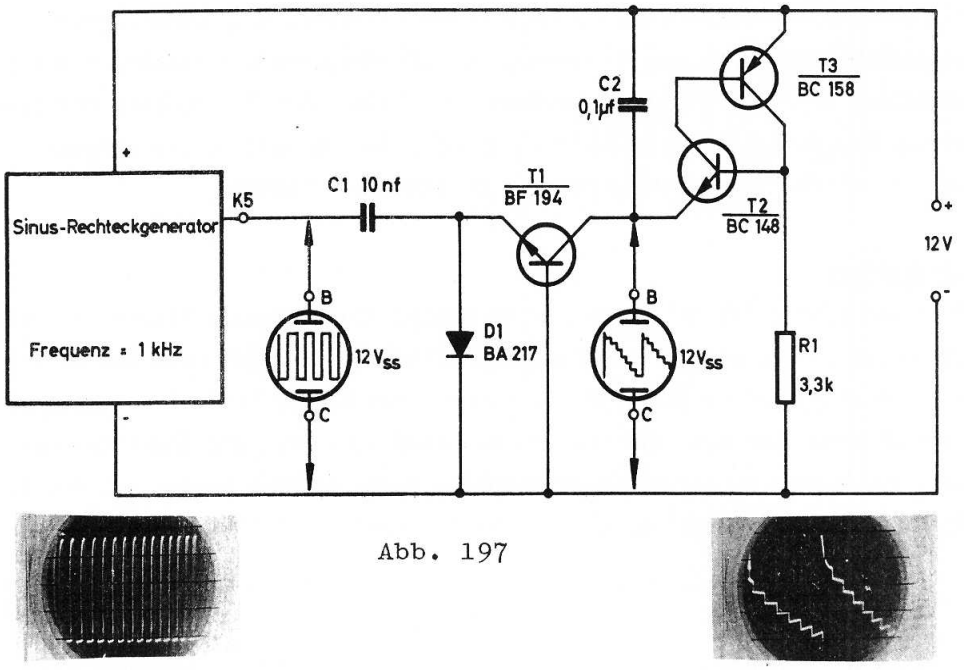


Abb. 197

zitätsverhältnis C2 zu C1 ab und beträgt in diesem Beispiel

$$\frac{C2}{C1} = \frac{100\ 000\ pF}{10\ 000\ pF} = 10 \text{ Stufen.}$$

Verändere C2 und zähle die Aufladevorgänge.

10.4. Stufentongenerator

Die Abb. 198 zeigt dir eines der vielen Anwendungsbeispiele des Treppenspannungsgenerators. In dem folgenden Beispiel soll die Frequenz eines astabilen Multivibrators in kleinen Schritten elektronisch umgeschaltet werden.

T1 und T2 liefern die für den Treppenspannungsgenerator T3 / T4 / T5 erforderliche Rechteckspannung. Der Ladekondensator C5 wird durch den Emitterfolger T6 nur sehr wenig belastet, so daß am Arbeitswiderstand R8 das unverfälschte stufenförmige Ausgangssignal zur Verfügung steht. Die stän-

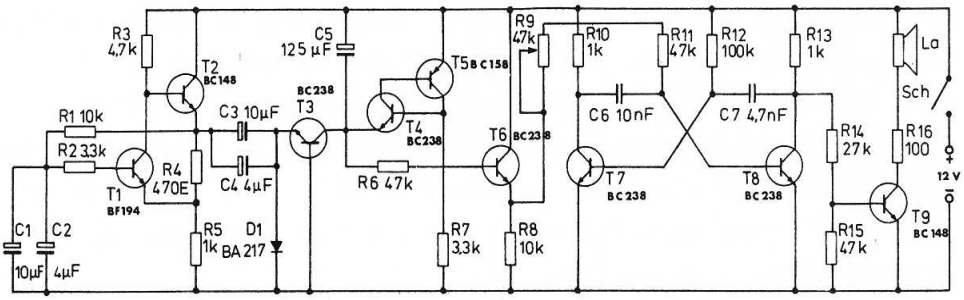


Abb. 198

dig abfallende Spannung ruft über R10 und R11 einen sich dementsprechend ändernden Basisstrom von T8 hervor, der die Frequenz des astabilen Multivibrators T7 / T8 in Stufen variiert. Die Anzahl der Tonschritte bestimmt wieder das Kapazitätsverhältnis C5 zu C3 / C4, während du die Frequenz selbst mit dem Trimmpotentiometer R10 einstellen kannst.

10.5. Leuchtfeuer

An allen Küsten der Weltmeere und an großen Flußmündungen findest du Leuchttürme und Bojen, die in der Nacht den Schiffen einen sicheren Weg weisen oder rechtzeitig vor Hindernissen warnen. Sie senden nach einem bestimmten Code Lichtzeichen aus, die weithin sichtbar sind. Mit der Schaltung nach Abb. 199 kannst du dir einen elektronischen Blinkgeber bauen, bei dem du die Anzahl der Lichtblitze und die Pausendauer einstellen kannst.

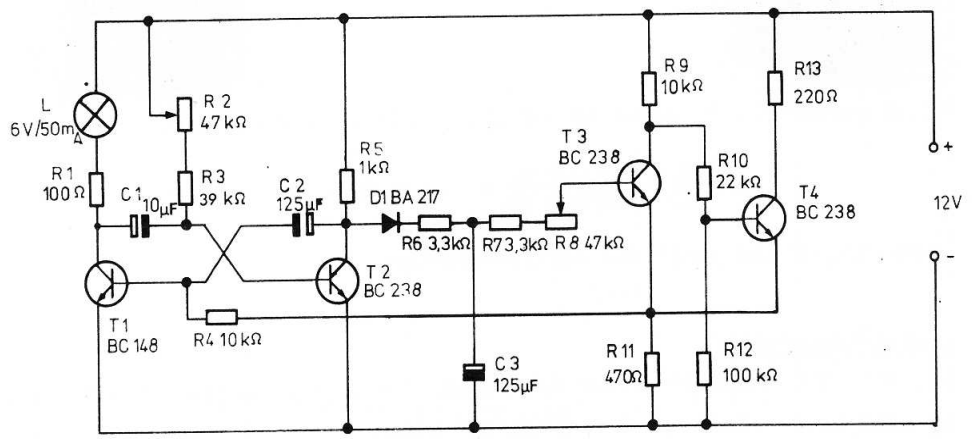


Abb. 199

T1 und T2 stellen den eigentlichen Blinkgenerator dar, wobei du die Blinkdauer mit R2 in weiten Grenzen (2 bis 8 Blitze) verändern kannst. Über D1 und R6 wird der Kondensator C3 so lange mit positiven Spannungsimpulsen aufgeladen, bis der erste Transistor des Schmitt-Triggers T3 / T4 leitend wird und T4 sperrt. Aufgrund des Widerstandsverhältnisses von R9 / R11 bricht in diesem Moment die Emitterspannung auf unter 1 Volt zusammen, so daß der astabile Multivibrator über R4 außer Betrieb gesetzt wird. Über den Eingangswiderstand des Schmitt-Triggers, der mit R7 und R8 (Pausendauer) in Reihe geschaltet ist, kann sich C3 langsam entladen, bis die Emitterspannung fast unterschritten wird und T3 sperrt. T4 wird leitend, die Spannung an R11 steigt wieder auf ca. 8 Volt an, und der Blinkgeber beginnt zu arbeiten.

10.6. Metallsuchgerät

Diese Schaltung (Abb. 200) spricht auf alle metallischen Gegenstände an, die direkt an der Spule L vorbeigeführt werden. T1 ist als Colpits-Oszillator geschaltet, der mit einer Frequenz von ca. 18 kHz schwingt. Durch das Metallteil im Nahfeld der Spule werden ihre magnetischen Eigenschaften so stark verändert, daß sich die Ruhefrequenz des Oszillators verstimmt. Hörbar kann dieser Unterschied jedoch nur durch einen zweiten Generator (T3) gemacht werden, der auf einer Betriebsfrequenz von ca. 16 kHz arbeitet. Der den Oszillatoren nachgeschaltete Endverstärker T2 mischt die beiden Ausgangsspannungen unterschiedlicher Frequenz zu der Differenzfrequenz von ca. 2 kHz, die durch den Lautsprecher wiedergegeben wird. Geringe Frequenzverstimmungen des Colpits-Oszillators rufen durch die Differenzbildung eine deutlich hörbare Tonhöhenschwankung hervor.

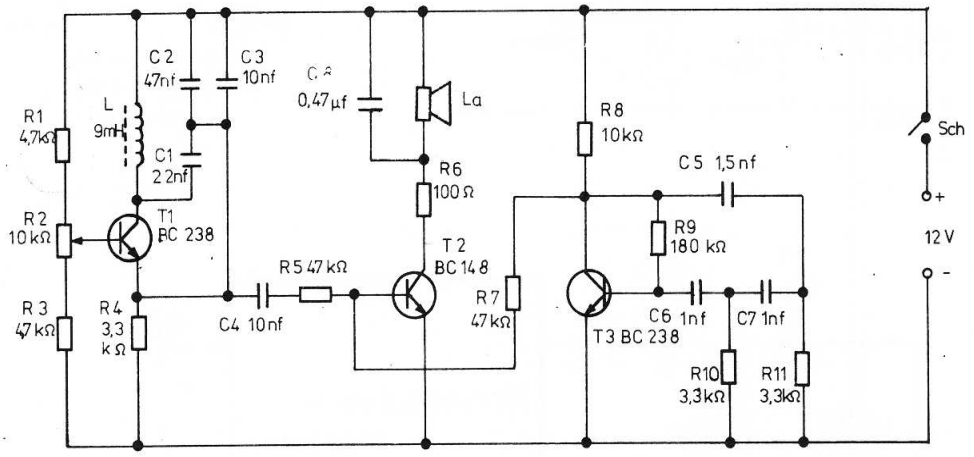
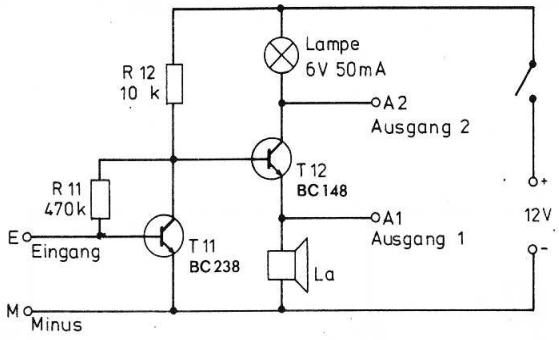


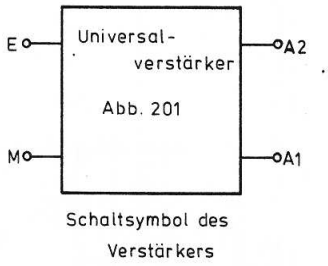
Abb. 2oo

10.7. Universalverstärker

Zum Abschluß lernst du eine einfache Verstärkerschaltung (Abb. 201) kennen, die sich universell einsetzen läßt. Sie besteht aus den galvanisch gekoppelten Transistoren T11 und T12, wobei in der Kollektorleitung von T12 die Lampe L und in der Emitterleitung der Lautsprecher La liegen. Mit wenigen zusätzlichen Bauelementen läßt sich diese Grundschaltung vom Generator bis zum MW-Reflex-Empfänger verändern.

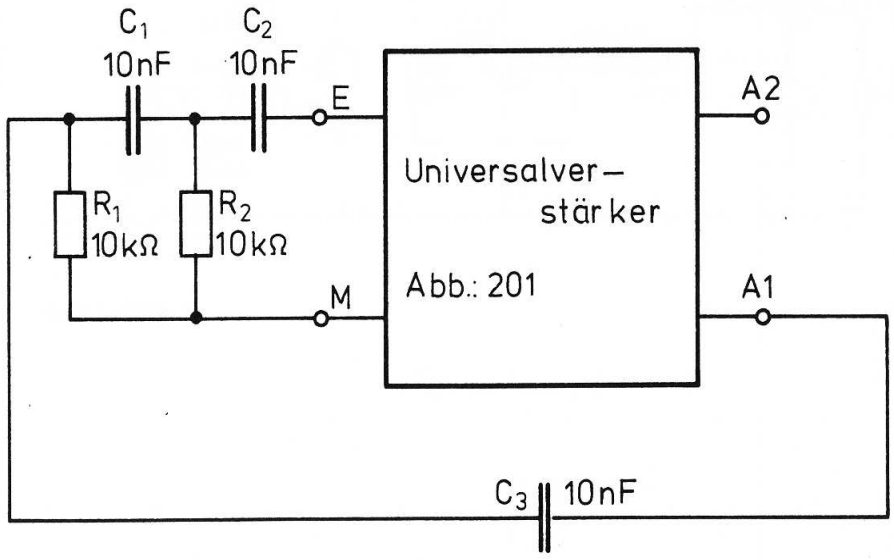
Da du jetzt das ganze Anleitungsbuch durchgearbeitet und verschiedene Grundschaltungen mit Hilfe des Oszillografen verstehen gelernt hast, versuche einmal ohne weitere Hilfe die Funktionen der nachfolgenden Schaltungen zu erklären.





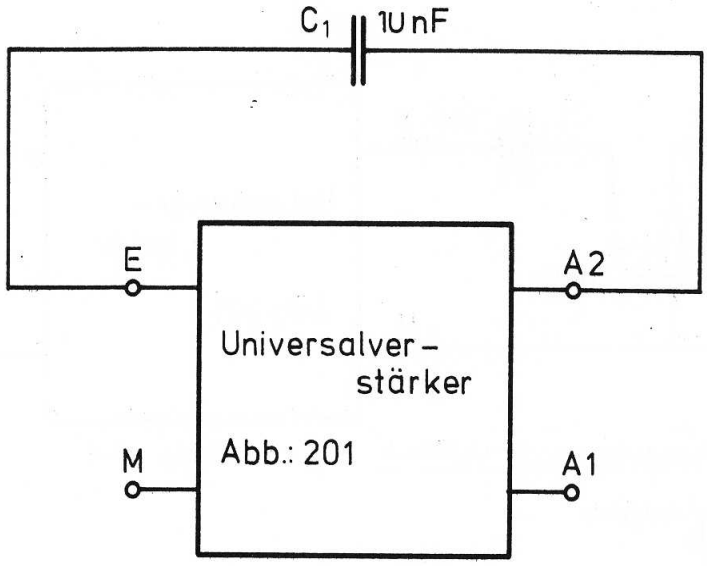
Schaltsymbol des Verstärkers

Abb. 2o1

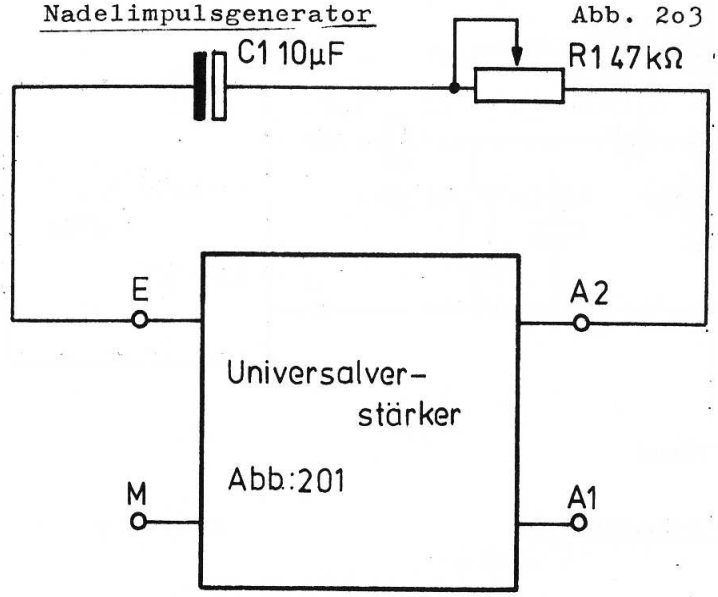


10.8. 1 kHz Sinusgenerator

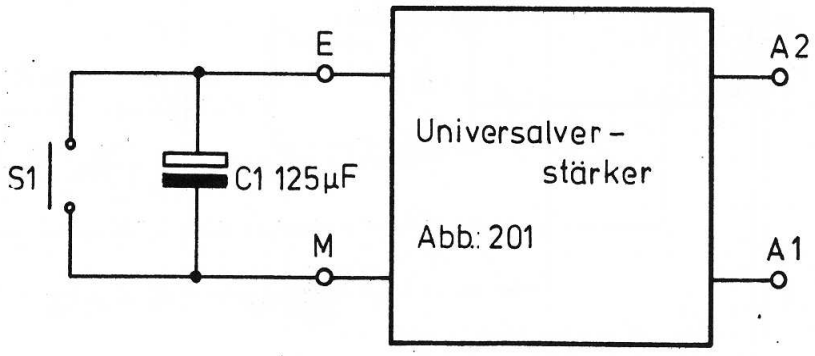
Abb. 2o2



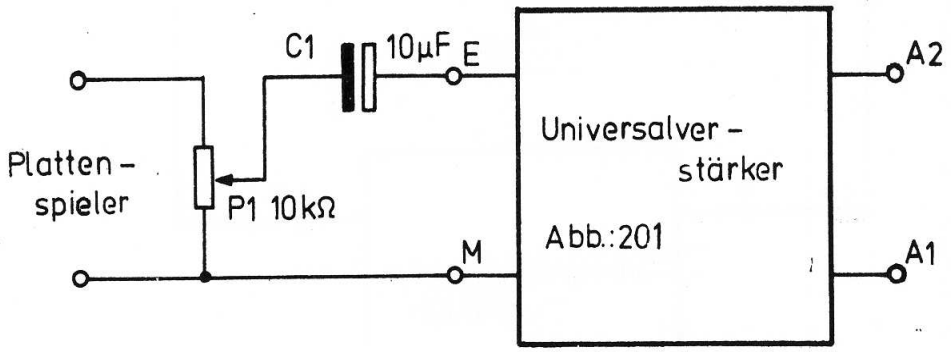
10.9. Nadelimpulsgenerator Abb. 2o3



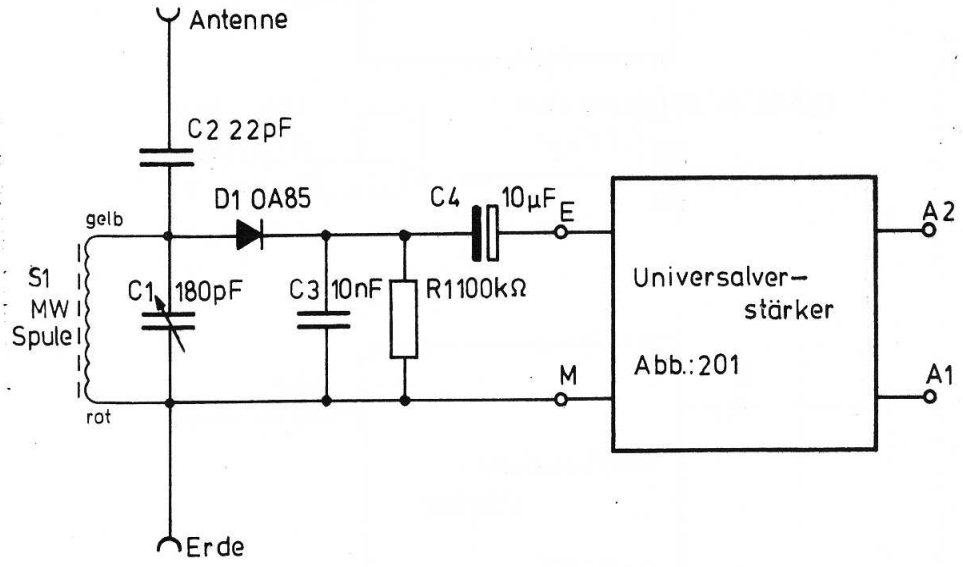
10.10. Blinklicht mit Pause Abb. 2o4



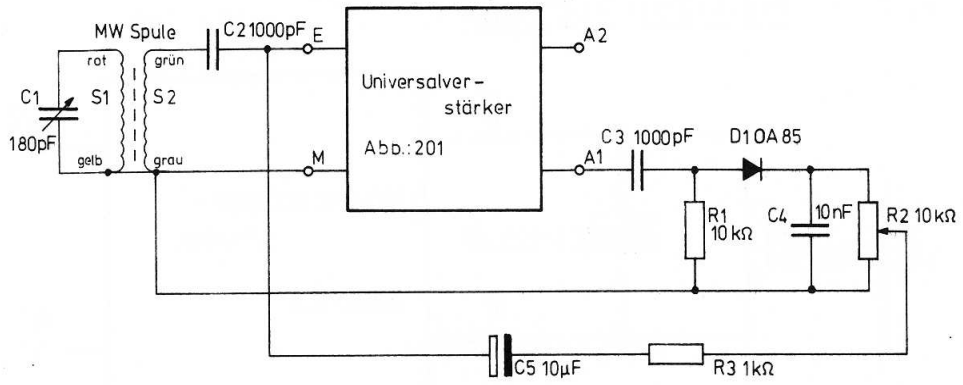
10.11. Zeitschalter Abb. 2o5



10.12. Plattenspielerverstärker Abb. 2o6



10.13. Diodenempfänger Abb. 2o7



10.14. Reflex-MW-Empfänger Abb. 2o8

11. Sachwortverzeichnis

A Ablenkgenerator - Wechselspannungserzeuger mit sägezahnförmiger Ausgangsspannung, die zur Strahlablenkung einer Oszillografenröhre dient.

Ablenkverstärker - Schaltungsanordnung, die die geringe Ablenkempfindlichkeit einer Bildröhre vergrößert.

Aktive Bauelemente - sind elektrische Bauteile, die in irgendeiner Form Ströme oder Spannungen verstärken, wie z. B. Transistoren, Röhren.

AM - Abkürzung für Amplituden-Modulation. Als AM bezeichnet man Hochfrequenzschwingungen, die in ihrer Spannungshöhe im Takt einer Niederfrequenzspannung verändert werden (siehe Technische Erläuterungen, Kap. 4).

Amplitude - Höhe einer Wechselspannungsschwingung (siehe Techn. Erläuterungen, 2.4).

Analogtechnik - (analog = übereinstimmend) Schaltungstechnik, bei der die Eingangs- und Ausgangsspannungen die gleiche Kurvenform haben und alle Werte annehmen können.

Anodenspannung - Hohe positive Spannung an der Anode einer Vakuumröhre. Sie dient zur Beschleunigung der aus einer beheizten Katode austretenden Elektronen (siehe Techn. Erläuterungen, 3.1).

Aperiodischer Verstärker - HF-Verstärker, der als Arbeitswiderstand statt eines Resonanzkreises einen ohmschen Widerstand hat.

Astabiler Multivibrator - Generatorschaltung, die ständig Rechteckimpulse erzeugt (siehe Techn. Erläuterungen, 4).

Austastverstärker - Er dient in Verbindung mit einer Wechselspannung zur elektronischen Helligkeitsunterdrückung einer Oszillografenröhre für einen bestimmten Augenblick (Rücklaufunterdrückung).

B Bandfilter - abgestimmte Resonanzkreise, die nur ein bestimmtes Frequenzband (Frequenzbereich) durchlassen.

Basisschaltung - vielfach auch Basisbasisschaltung genannt, ist die Schaltungsart eines Transistors, bei der die Basis gemeinsamer Bezugspunkt für den Eingangs- und Ausgangsstromkreis ist (siehe Techn. Erläuterungen, 3.12).

Bistabiler Multivibrator - Rückgekoppelte Transistorschaltung mit zwei stabilen Ausgangszuständen. Nur Eingangsimpulse können eine Änderung des Ausgangszustandes hervorrufen (siehe Techn. Erläuterungen, 4).

Brummspannung - Unerwünschte Wechselspannung, die einer Gleichspannung überlagert ist.

C CCIR - Abkürzung für Comité Consulatif International des Radiocommunications (Internationaler beratender Ausschuß für den Funkdienst).

C CCIR-Norm - ist die allgemein gültige europäische (außer Belgien, Frankreich und England) Fernsehnorm, die der Internationale beratende Ausschuß für den Funkdienst (CCIR) erarbeitet hat.

Colpits - Oszillator - Die Rückkopplung dieser Oszillatorschaltung erfolgt durch einen kapazitiven Spannungsteiler.

D Demodulation - Wiedergewinnung der in einem Hochfrequenzsignal enthaltenen Niederfrequenzspannung (siehe Techn. Erläuterungen, 4).

Digitaltechnik - Schaltungstechnik, bei der die Eingangs- und Ausgangsspannungen nur zwei Werte annehmen können, z.B. den Wert -0- (keine Spannung) und den Wert -1- (volle Betriebsspannung).

Diskriminator - Gleichrichterschaltung (wird in den meisten UKW-Geräten angewendet, um die NF aus dem HF-Signal zu gewinnen).

Drehkondensator - Kondensator, dessen Wert sich in einem bestimmten Bereich stufenlos verändern läßt (siehe Techn. Erläuterungen, 2.9).

E Eichschaltung - Die Eichschaltung liefert ein Ausgangssignal mit bekannten Größen (z.B. ist die Spannung oder die Frequenz durch die Schaltungsart genau festgelegt) und dient zur ersten Einstellung (Abgleich) eines Meßgerätes.

Einweggleichrichtung - Gleichrichterschaltung, bei der aus nur einer Wechselspannungshalbwelle die Gleichspannung gewonnen wird.

Elektrisches Feld - Als elektrisches Feld bezeichnet man die Menge an Elektronen in einem Medium. Positive elektrische Ladung bedeutet Mangel an Elektronen, negative Ladung einen Elektronenüberschuß (siehe Techn. Erläuterungen, 2.9).

Emitterschaltung - vielfach auch Emitterbasisschaltung genannt, ist die Schaltungsart eines Transistors, bei der der Emitter gemeinsamer Bezugspunkt für den Eingangs- und Ausgangsstromkreis ist (siehe Techn. Erläuterungen, 3.12).

F Filter - (Elektronik) Abgestimmte Resonanzkreise, die nur bestimmte Frequenzen durchlassen.

Flip-Flop - andere Bezeichnung für einen bistabilen Multivibrator.

FM - Abkürzung für Frequenz-Modulation. Es sind Hochfrequenzschwingungen, deren Grundfrequenz sich im Takt der zu übertragenden Information (Niederfrequenz) ständig verändert (siehe Techn. Erläuterungen, 4).

G Galvanische Kopplung - Gleichspannungskopplung.

Gatter - Andere Bezeichnung für eine "logische Verknüpfungsschaltung", wie z. B. UND, ODER, NAND.

G Gegenkopplung - Rückführung eines Teils der Ausgangsspannung auf den Eingang eines Verstärkers, die zu einer Reduzierung des Ausgangssignals führt.

Gegentaktendstufe - Schaltungsart eines Verstärkers, bei dem das zu verstärkende Signal in zwei Teile aufgespalten, getrennt, verstärkt und wieder zusammengefügt wird.

Generator - siehe Oszillator.

Gleichspannungswandler - Ein Gleichspannungswandler hat die Aufgabe, Gleichspannungen in Wechselspannungen umzuformen.

Grenzfrequenz - Tiefste bzw. höchste Übertragungsfrequenz eines Verstärkers. Bei konstanter Eingangsspannung erreicht das Ausgangssignal bei diesen Frequenzen nur noch den o,7-fachen Wert der maximalen Ausgangsspannung (siehe Techn. Erläuterungen, 4).

H HF - Abkürzung für Hochfrequenz (siehe Techn. Erläuterungen, 4).

Hochpaß - Frequenzabhängige Schaltungsanordnung von Bauelementen, die für hohe Frequenzen einen geringen und für tiefe Frequenzen einen großen Widerstand darstellt (siehe Techn. Erläuterungen, 2.9).

I Induktion - Wechselwirkung zwischen Magnetismus und Elektrizität (siehe Techn. Erläuterungen 2.6).

Impedanz - Wechselstromwiderstand.

Impedanzwandler - Schaltung zur möglichst verlustlosen Anpassung zweier unterschiedlicher Wechselstromwiderstände.

Impulse - Wechselspannungsschwingungen, die keinen sinusförmigen Verlauf haben (siehe Techn. Erläuterungen, 4).

Impulstrennstufe - Schaltungsanordnung in einem Fernsehgerät, die die Aufgabe hat, Synchronimpulse (Gleichlaufzeichen) vom Bildinhalt zu trennen.

K Kapazitätsdiode - Spezielle Halbleiterdiode, durch eine regelbare Spannung läßt sich die Sperrschichtkapazität verändern.

Kennlinie - Zeichnerische Darstellung einer Eigenschaft von Bauelementen in Abhängigkeit von einer Bezugsgröße (z.B. Stromkennlinie einer Diode in Abhängigkeit von der Durchlaßspannung).

Kollektorschaltung - Vielfach auch Kollektorbasisschaltung genannt, ist die Schaltungsart eines Transistors, bei der der Kollektor gemeinsamer Bezugspunkt für den Eingangs- und Ausgangsstromkreis ist (siehe Techn. Erläuterungen, 3.12).

Kontrast - Verhältnis zwischen kleinster und größter Helligkeit auf dem Leuchtschirm einer Bild- oder Oszillografenröhre.

L Laststrom - Strom, der den Ausgang einer Schaltung zusätzlich belastet.

LDR - Abkürzung für light dependent resistor; Fotowiderstand, der in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke seinen Widerstandswert ändert (siehe Techn. Erläuterungen, 4).

M Mischstufe - Schaltungsanordnung zum Zusammenfügen (mischen) von Eingangs- und Oszillatorfrequenz.

Mitkopplung - Rückführung eines Teils der Ausgangsspannung auf den Eingang des Verstärkers, die zu einer Erhöhung der ursprünglichen Ausgangsspannung führt.

Modulation - Änderung einer Hochfrequenzschwingung im Takt der zu übertragenden Frequenz (AM, FM).

Modulationstiefe - Größe der Amplitudenverformung einer Hochfrequenzschwingung durch die zu übertragende Information (NF); nur bei Amplitudenmodulation.

Monostabiler Multivibrator - Schaltungsanordnung mit einem stabilen Zustand (siehe Techn. Erläuterungen, 4).

N NF - Abkürzung für Niederfrequenz (siehe Techn. Erläuterungen, 4).

NF-Signal - Wechselspannungen im Frequenzbereich von ca. 16 Hz bis 18 000 Hz.

NPN-Transistor - Halbleiterbauelement mit Verstärkereigenschaften, bei dem die Kollektor- und die Steuerspannung (Basisspannung) gegenüber dem Emitter positiv sein muß, um einen Kollektorstrom hervorzurufen (siehe Techn. Erläuterungen, 3.6).

O Oszillator - Verstärkerschaltung, bei der sich durch phasenrichtige Rückführung der Ausgangsspannung auf den Eingang die Schaltung selbst erregt und Wechselschwingungen erzeugt (siehe Techn. Erläuterungen, 4).

P Parallelresonanzkreis - Kondensator und Spule in Parallelschaltung. Hat bei der Resonanzfrequenz den größten Widerstand.

Parallelschaltung - Bezeichnung für das Nebeneinanderschalten von Bauelementen (siehe Techn. Erläuterungen, 1.6 und 2.1o).

Passive Bauelemente - sind elektrische Bauteile, die keine verstärkenden Eigenschaften haben, wie z. B. Widerstände, Kondensatore, Spulen usw.

Phasenumkehrstufe - Schaltung zur wechselseitigen Ansteuerung einer Gegentaktendstufe (zwei Endverstärkerelemente).

Phasenvergleich - Schaltung zur indirekten Verkopplung zwischen Zeilensynchronimpulsen des Senders und dem Zeilenablenkgenerator eines Fernsehempfängers.

P PNP-Transistor - Halbleiterbauelement mit Verstärkereigenschaften, bei dem die Kollektor- und die Steuerspannung (Basisspannung) gegenüber dem Emitter negativ sein muß, um einen Kollektorstrom hervorzurufen (siehe Techn. Erläuterungen, 3.8).

Potentiometer - Stufenlos veränderlicher ohmscher Spannungsteiler, dessen Gesamtwiderstand bei allen Spannungsteilerverhältnissen gleich ist (siehe Technische Erläuterungen, 1.4).

R Radar - Abkürzung für "radio detecting and ranging" und bedeutet soviel wie Entfernungsmessung durch Funkimpulse.

R-C-Oszillator - Generatorschaltung, die über aktive Bauelemente mit Widerständen (R) und Kondensatoren (C) Sinusschwingungen erzeugt.

Reaktanzstufe - Mit einem aktiven Bauelement nachgebildeter künstlicher Kondensator (oder auch Spule). Durch eine regelbare Gleichspannung kann die Kapazität bzw. Induktivität verändert werden.

Reihenschaltung - Bezeichnung für das Hintereinanderschalten von Bauelementen (siehe Techn. Erläuterungen, 1.6 und 2.1o).

Reihenschwingkreis - Kondensator und Spule in Reihenschaltung. Hat bei der Resonanzfrequenz den kleinsten Widerstand.

Resonanz - Hin- und Herpendeln des elektrischen und magnetischen Feldes in einem Schwingkreis bei einer bestimmten Frequenz.

Resonanzfrequenz - Zeiteinheit, in der sich im Schwingkreis zweimal ein elektrisches und zweimal ein magnetisches Feld gebildet hat. Die Resonanzfrequenz ist von den elektrischen Werten der Spule und des Kondensators abhängig.

Resonanzkreis - Spule und Kondensator in Reihen- oder Parallelschaltung.

Rückkopplung - Rückführung eines Teils der Ausgangsspannung auf den Eingang einer Schaltung; Gegen- oder Mitkopplung (siehe Techn. Erläuterungen, 4).

S Sägezahnspannung - Wechselspannung mit der Form eines Sägezahns.

Saugkreis - Reihenschwingkreis an L- und C-Gliedern zur Unterdrückung einer bestimmten Frequenz.

Schmitt-Trigger - Überschreitet die Eingangsspannung einen bestimmten Wert (Schwellspannung), ändert sich schlagartig die Ausgangsspannung.

Schwellspannung - Spannungswert eines Schmitt-Triggers oder Verstärkers, der durch die Eingangsspannung überschritten werden muß, um eine deutliche Änderung des Ausgangssignals hervorzurufen.

Schwellwertschalter - siehe Schmitt-Trigger.

Sensor - Fühler, der unter bestimmten Umgebungseinflüssen seine elektrischen Werte verändert.

S Siebschaltung - Tiefpaßschaltung in Stromversorgungsteilen (Netzteilen) zur Reduzierung der Brummspannung.

Spannungsspitzen - Kurzzeitig auftretende Spannungsüberhöhungen.

Sperrschicht - Übergangszone in einem Halbleiterkristall.

Sperrschichtkapazität - Kapazität eines in Sperrichtung (kein Stromfluß) betriebenen Halbleiterbauelementes.

Stabilisierung - Festhalten wichtiger Betriebsgrößen auf einem bestimmten Wert (z. B. Spannung).

Super - Abkürzung für Superheterodyn-Empfänger (Überlagerungsempfänger).

Superheterodyn-Empfänger - siehe Überlagerungsempfänger.

Synchron - andere Bezeichnung für gleichzeitig.

Synchronimpuls - Ein ständig mit der Horizontal- und Vertikalfrequenz wiederkehrender Impuls des Videosignals, der sich deutlich vom Bildsignal abhebt und starr mit den Abtasteinrichtungen (Fernsehkamera, Filmgeber) des Senders verbunden ist.

T Tiefpaß - Frequenzabhängige Schaltungsanordnung von Bauelementen, die für tiefe Frequenzen einen geringen und für hohe Frequenzen einen großen Widerstand darstellt.

Ton-Diskriminator - Gleichrichterschaltung zur Rückgewinnung der Niederfrequenzspannung aus einer frequenzmodulierten Hochfrequenzschwingung.

Transformator - Anordnung von mindestens 2 Spulen, die durch einen Eisenkern magnetisch miteinander verkoppelt sind. Er dient zur Übertragung oder Transformation von Wechselspannungen (siehe Techn. Erläuterungen, 2.7).

U Überlagerungsempfänger - Empfängerschaltung nach dem Überlagerungsprinzip. Alle abstimmbaren Eingangsfrequenzen werden in einer Mischstufe mit der veränderlichen Oszillatorfrequenz, die einen konstanten Abstand zur jeweils eingestellten Eingangsfrequenz hat, zusammengeführt und in eine Zwischenfrequenz umgewandelt.

Übertragungsbandbreite - Frequenzbereich eines Verstärkers. Bei konstantem Eingangssignal darf in diesem Frequenzbereich das Ausgangssignal nicht unter den o,7-fachen Wert der maximalen Ausgangsspannung sinken.

UHF - Abkürzung für "ultra high frequency". Mit UHF wird der Frequenzbereich zwischen 300 MHz und 3 000 MHz bezeichnet.

Unijunktiontransistor - Halbleiterbauelement, das bistabile Eigenschaften hat.

V VDR - Abkürzung für "voltage dependent resistor", spannungsabhängiger Widerstand.

V VHF - Abkürzung für "very high frequency". Mit VHF wird der Frequenzbereich zwischen 30 MHz und 300 MHz bezeichnet.

Videosignal - Andere Bezeichnung für Bildsignal. Der Ausdruck "Video" ist aus dem lateinischen Wort "videre" = "sehen" abgeleitet.

Videoverstärker - Andere Bezeichnung für Bildsignalverstärker.

W Wechselspannungshalbwelle - Der positive oder negative Teil einer Wechselspannungsschwingung (siehe Techn. Erläuterungen, 3.1).

Wehnelt-Zylinder - Steuerelektrode (Gitter 1) einer Oszillografen- oder Bildröhre.

X X-Y-Oszillograf - Meßgerät zur Sichtbarmachung von elektrischen Größen in der waagerechten (X-Achse) und senkrechten Richtung (Y-Achse) des Bildschirms einer Oszillografenröhre.

Z Zenerdiode - Halbleiterdiode zur Stabilisierung (Konstanthaltung) von Gleichspannungen.

ZF - Abkürzung für Zwischenfrequenz (siehe Techn. Erläuterungen, 4).

ZF-Verstärker - Abkürzung für Zwischenfrequenz-Verstärker.

Zweiweggleichrichtung - Gleichrichterschaltung, bei der aus der positiven und der netativen Wechselspannungshalbwelle die Gleichspannung gewonnen wird.

A c h t u n g

Dieses Anleitungsbuch enthält die Verdrahtungspläne für

EE 1007/ 1008 und

EE 2007/ 2008

In Verbindung mit dem Grundkasten EE 1003 müssen die Pläne des EE 1007/8 benutzt werden, die nicht besonders gekennzeichnet sind, z.B. Abb. 113.

In Verbindung mit dem Grundkasten EE 2003 müssen die Pläne des EE 2007/8 benutzt werden, die wie folgt gekennzeichnet sind: z.B. Abb. 113 (2007) .

Hinweise für die Benutzung des Grundkastens EE 2003

Im Anleitungsbuch wird davon ausgegangen, daß der Grundkasten EE 1003 verwendet wird. Es ergeben sich daher bei der Kombination EE 2003/ 2007/8 folgende Änderungen.

Transistoren und Dioden

Für den Transistor BC 238 kann auch BC 148 weiterverwendet werden. Dasselbe gilt für die Dioden OA 95 und OA 85.

1.4.1. Batteriehalter

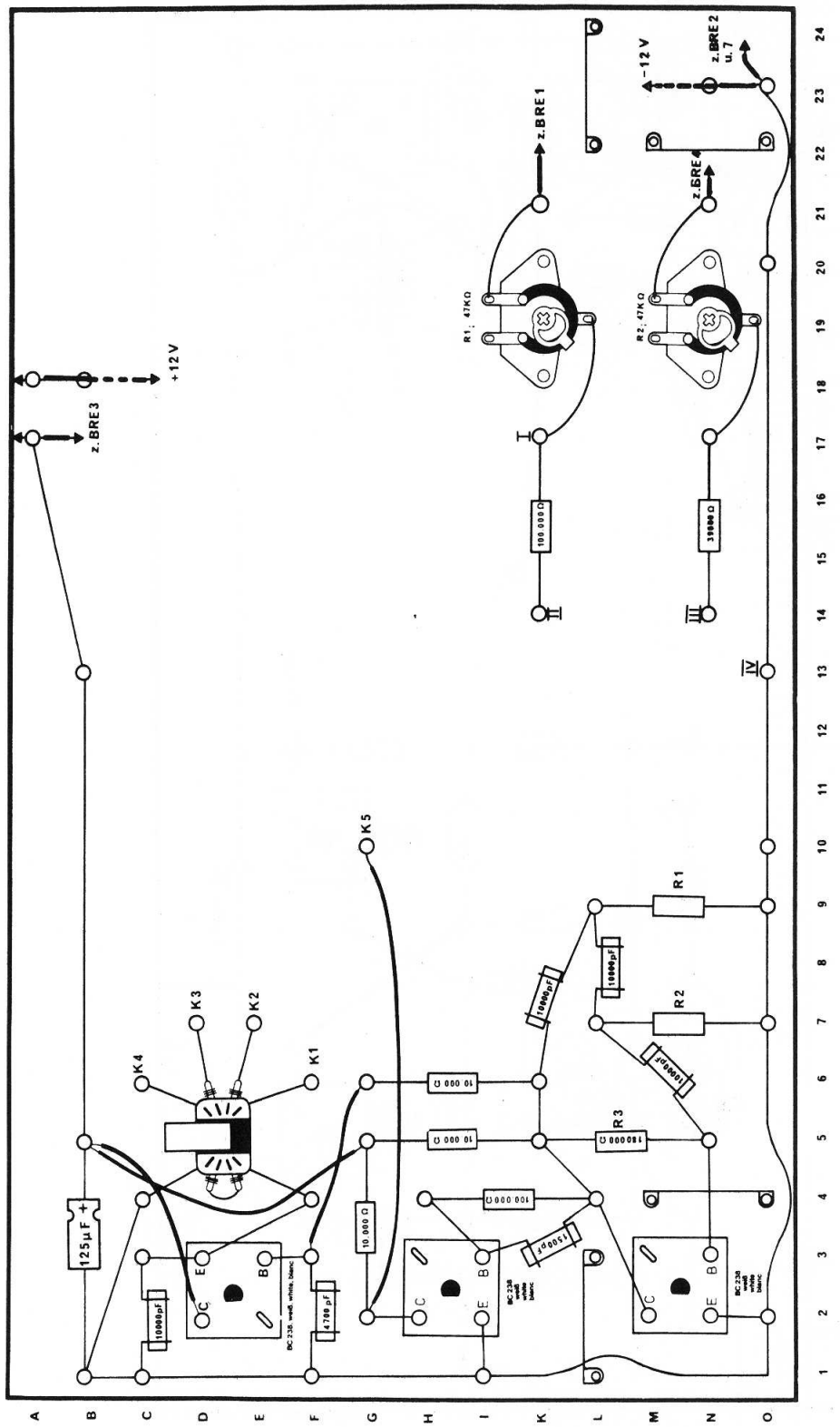
Montage der Batteriehalter wie unter 1.4.1. beschrieben. Die Befestigung erfolgt jedoch, indem die Füße einfach von innen in die rechteckigen Schlitze an der Unterseite des Schaltpultes eingeschoben werden. Die andere Seite der Batteriehalter wird mit Klemm- und Haarnadelfedern in den Löchern L1/L3 und L22/L23 befestigt. Diese beiden Batteriehalter müssen untereinander verbunden werden (Abb.3) und ergeben den 12 V-Anschluß.

Der Batteriehalter mit Anschlußkabel 349.1202 wird mit Klemm- und Haarnadelfedern unter der Grundplatte in den Löchern M4/04 und M22/022 befestigt.

1.4.10. Abstandshalter

Die Befestigungslöcher für die Abstandshalter sind in den Verdrahtungsplänen des EE 2003/7 mit einem A gekennzeichnet.

Wenn bei den Geräten Abb. 22, 47 und 50 der Oszillator nicht anschwingt, muß der Widerstand R3 (180 kOhm) vergrößert werden (220 kOhm bis auf 470 kOhm) .



+12 V
z.BRE3
z.BRE1
z.BRE4
-12 V
z.BRE2
u.7
R1; 47KΩ
R2; 47KΩ
100 000 Ω
39000 Ω
K1
K2
K3
K4
K5
R1
R2
R3
125µF +
10000pF
4700 pF
10 000 Ω
100 000 Ω
1500pF
BC 238 weiß white blanc

Abb. 22 (2007)

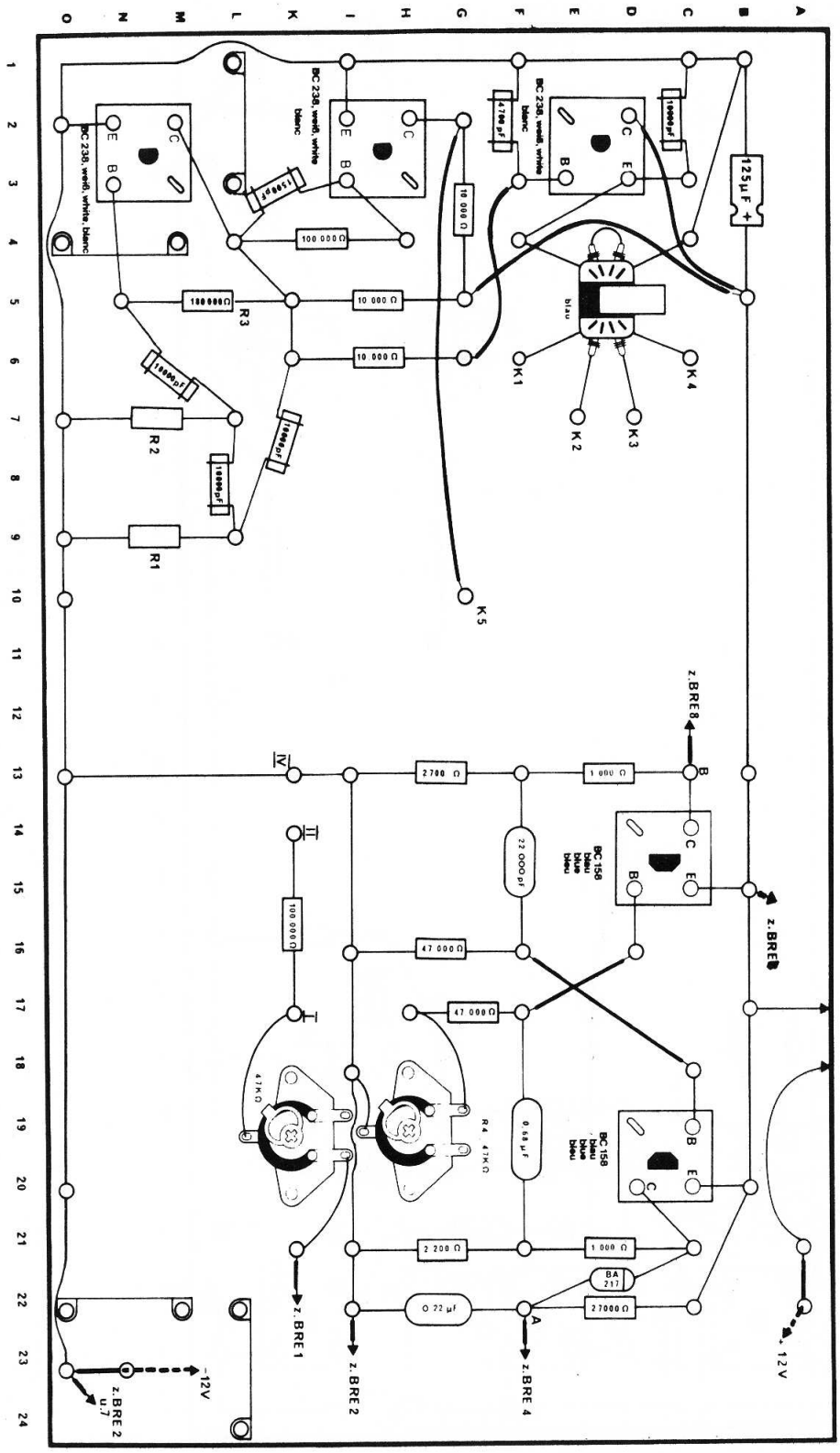

BC 238, weiß, white blanc
BC 238, weiß, white blanc
BC 238, weiß, white, blanc
125µF
10 000 Ω
100 000 Ω
180 000 Ω
10 000 Ω
10 000 Ω
R1
R2
R3
K1
K2
K3
K4
K5
blau
z.BRE8
z.BRE
BC 158 blau blue bleu
BC 158 blau blue bleu
2700 Ω
1 000 Ω
22 000 pF
47 000 Ω
47 000 Ω
100 000 Ω
47KΩ
R4 47KΩ
0,68 µF
2 200 Ω
1 000 Ω
BA 217
27000 Ω
0,22 µF
z.BRE1
z.BRE2
z.BRE4
z.BRE2 u.7
-12V
+12V

Abb. 47 (2007)

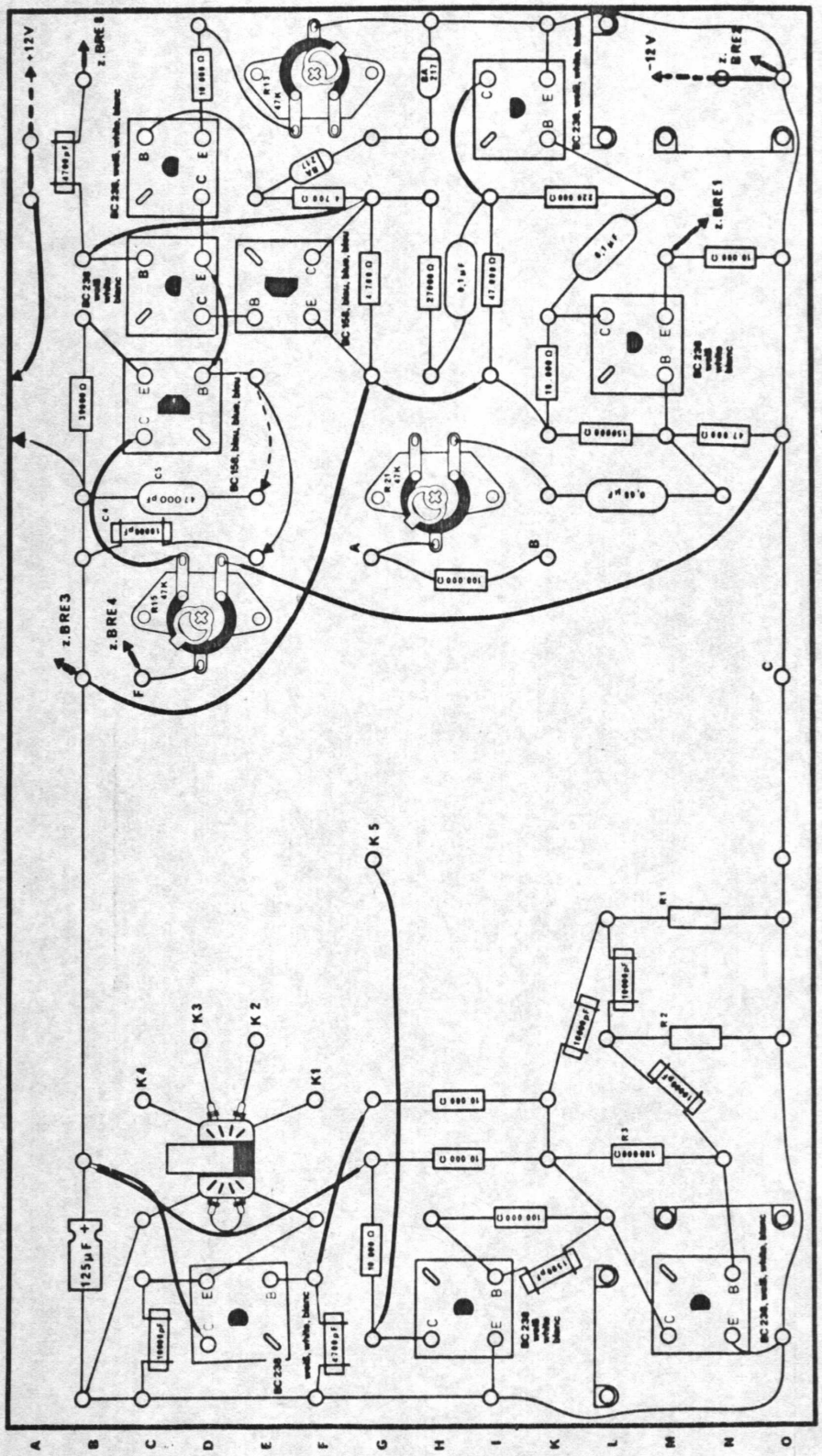

+12V
-12V
z.BRE1
z.BRE2
z.BRE3
z.BRE4
z.BRE8
K1
K2
K3
K4
K5
125µF
BC 238
BC 238, weiß, white, blanc
BC 156, blau, blue, blau
BC 158, blau, blue, blau
BA 217
R1
R2
R3
R15 47K
R21 47K
A
B
C
F

Abb. 50 (2007)

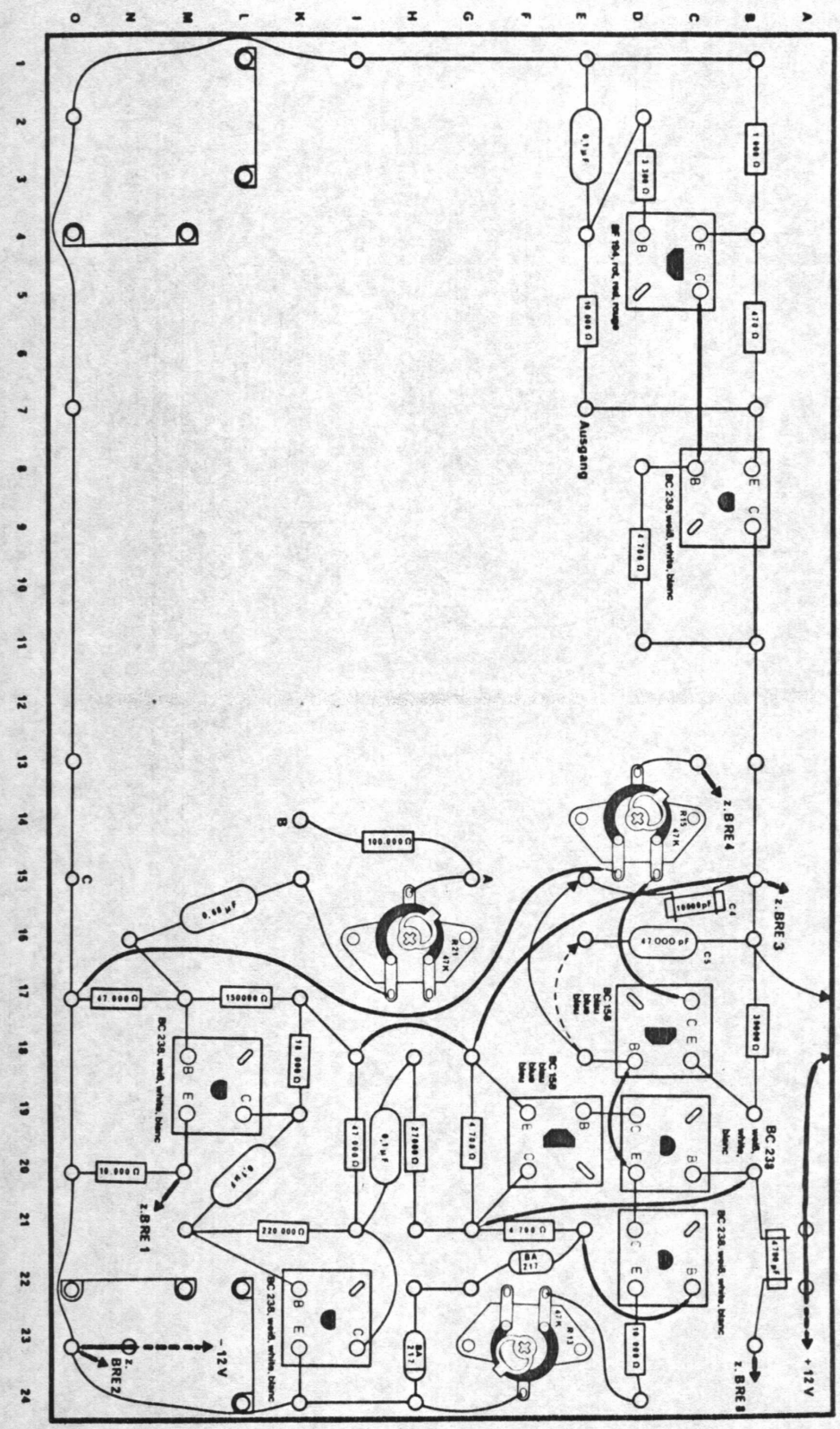

Ausgang
BF 194, rot, red, rouge
BC 238, weiß, white, blanc
BC 158 blau blue bleu
BC 238 weiß, white, blanc
z. BRE 1
z. BRE 2
z. BRE 3
z. BRE 4
z. BRE 8
-12V
+12V
100.000 Ω
47.000 pF
150000 Ω
220.000 Ω
10.000 Ω
47.000 Ω
4.700 Ω
10.000 Ω
470 Ω
3.300 Ω
1.000 Ω
0,1 µF
0,68 µF
BA 217
R21 47K
R15 47K
R13 47K
C4
C5

Abb. 88 (2007)

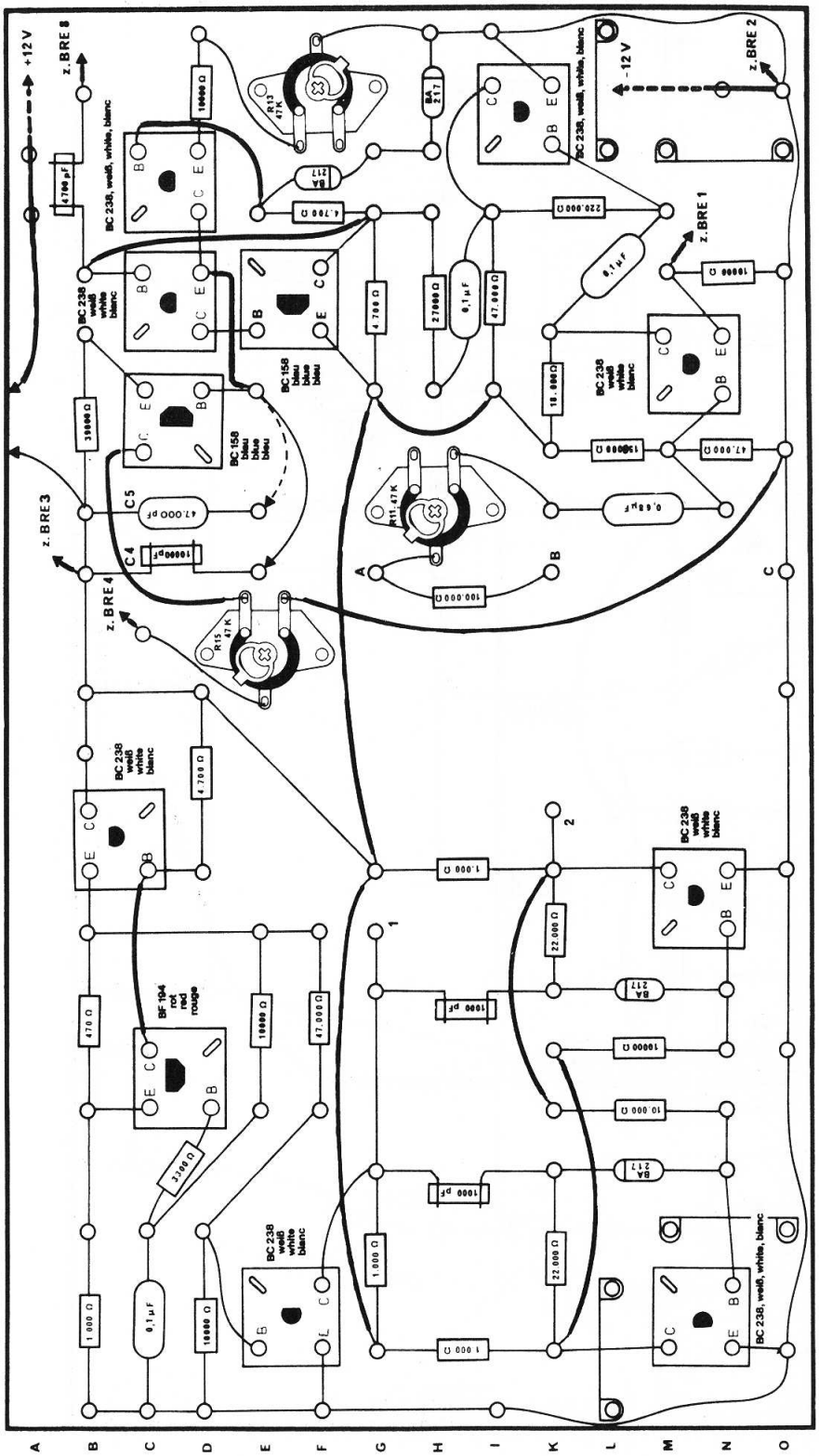

+12 V
z. BRE 8
z. BRE 3
z. BRE 4
z. BRE 1
z. BRE 2
-12 V
BC 238, weiß, white, blanc
BC 158 bleu blue bleu
BF 194 rot red rouge
BA 217
R13 47 K
R15 47 K
R11 47 K
C4
C5
4700 pF
10000 Ω
39000 Ω
4.700 Ω
27000 Ω
0,1 µF
47.000 Ω
220.000 Ω
18.000 Ω
15000 Ω
0,68 µF
100.000 Ω
1.000 Ω
22.000 Ω
10.000 Ω
470 Ω
3300 Ω
1000 pF
A
B
C
D
E
F
G
H
I
K
L
M
N
O
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

Abb. 101 (2007)

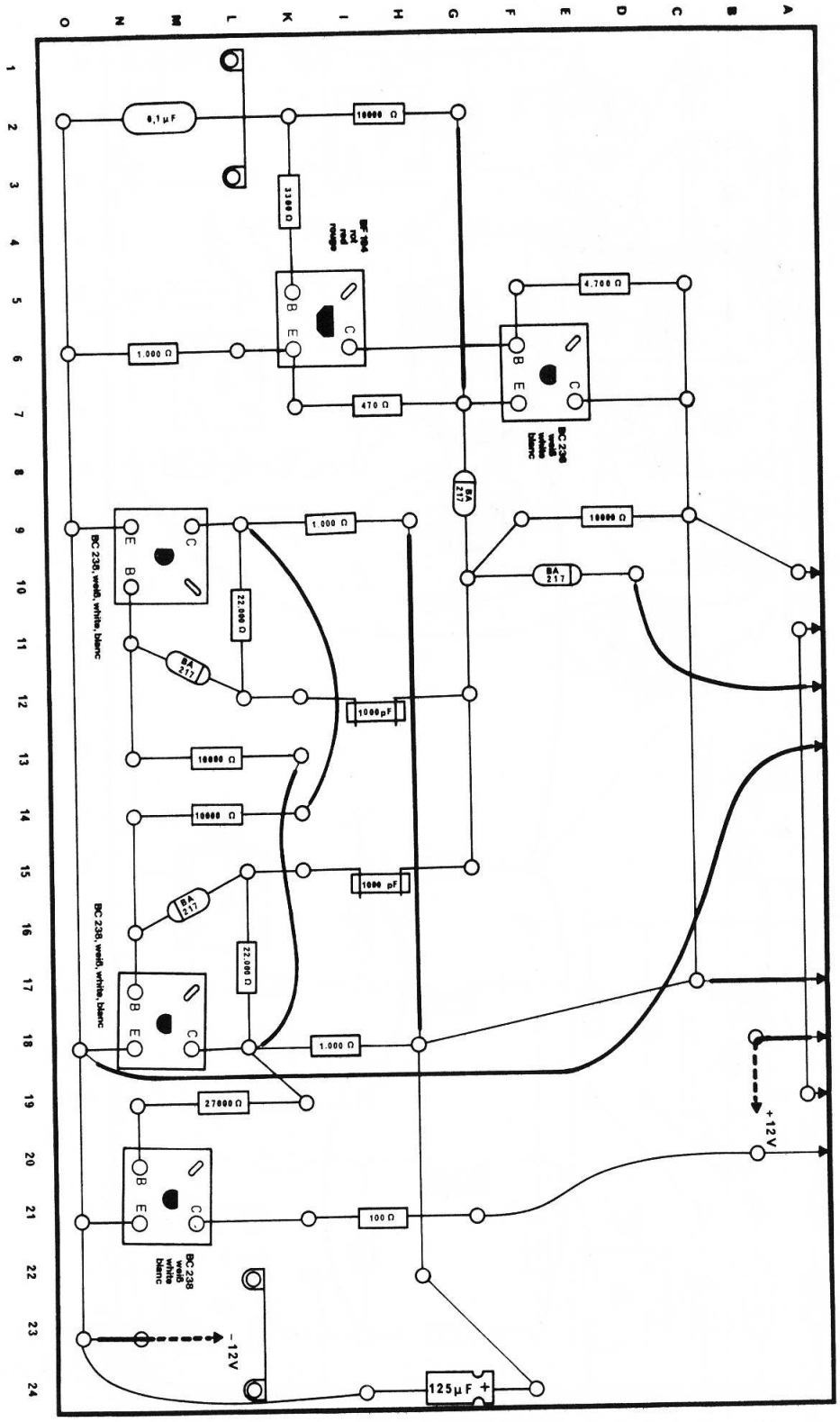

0,1 µF
10000 Ω
3300 Ω
4.700 Ω
1.000 Ω
470 Ω
BA 217
22.000 Ω
1000pF
1000 pF
27000 Ω
100 Ω
+12 V
-12V
125µF +

Abb. 105 (2007)

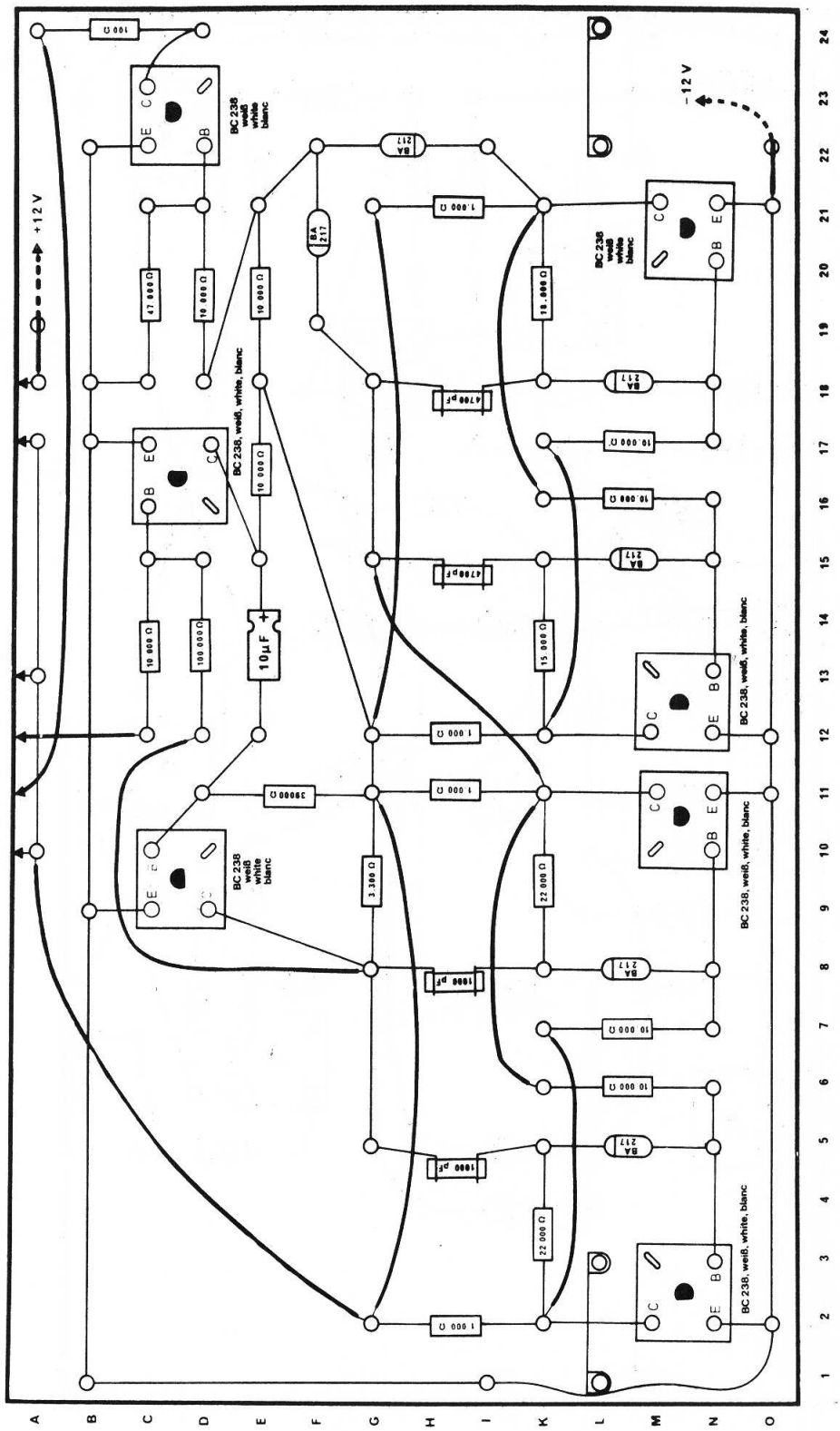

+12 V
-12 V
100 Ω
47 000 Ω
10 000 Ω
100 000 Ω
15 000 Ω
3900 Ω
1 300 Ω
22 000 Ω
1 000 Ω
4700 pF
1000 pF
10µF
BA 217
BC 238 weiß white blanc
BC 238, weiß, white, blanc
A B C D E F G H I K L M N O
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

Abb. 108 (2007)

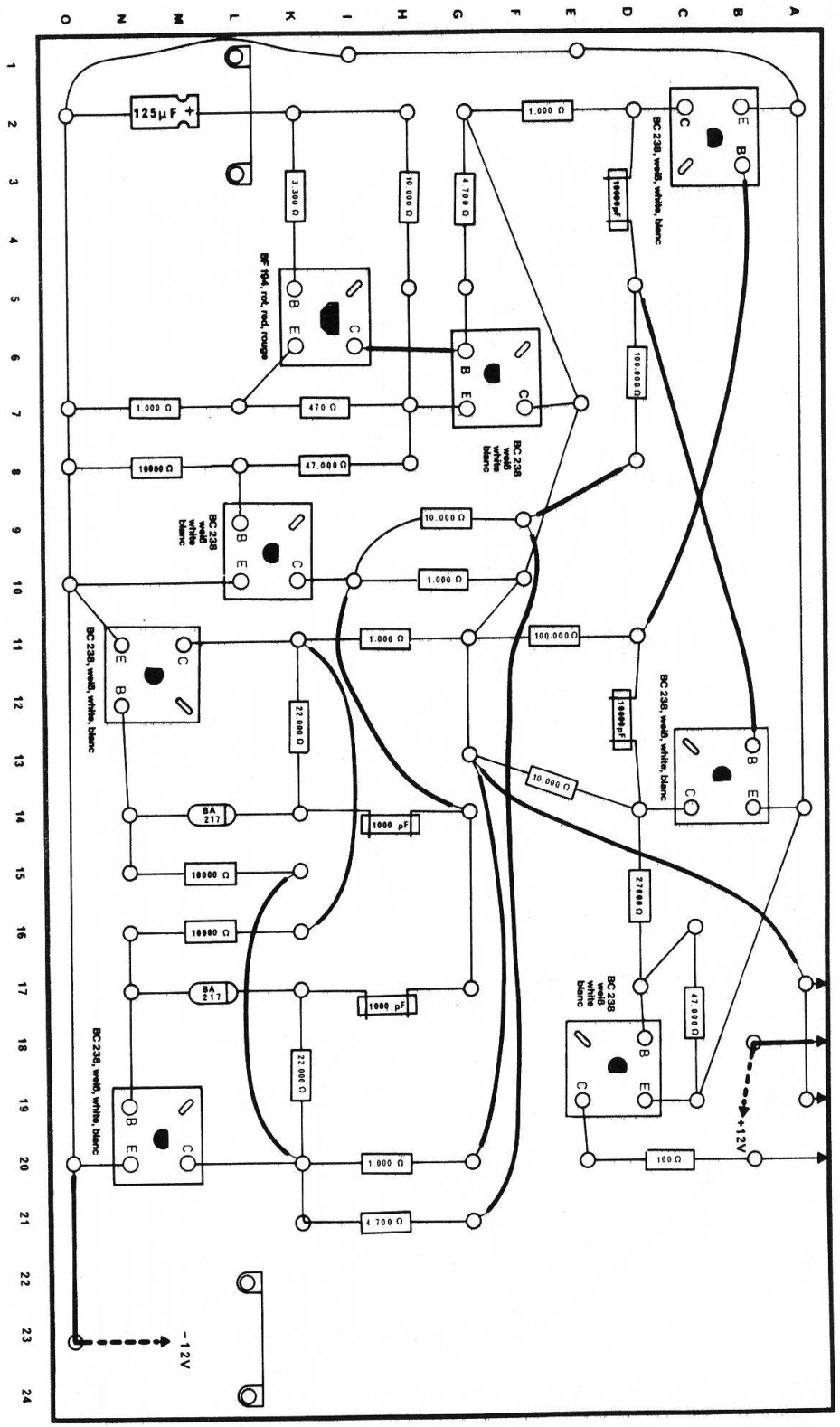

125µF +
1.000 Ω
3.300 Ω
10.000 Ω
4.700 Ω
BF 194, rot, red, rouge
BC 238, weiß, white, blanc
10000pF
100.000Ω
470 Ω
47.000 Ω
22.000 Ω
BA 217
1000 pF
27000 Ω
100 Ω
+12V
-12V

Abb. 110 (2007)

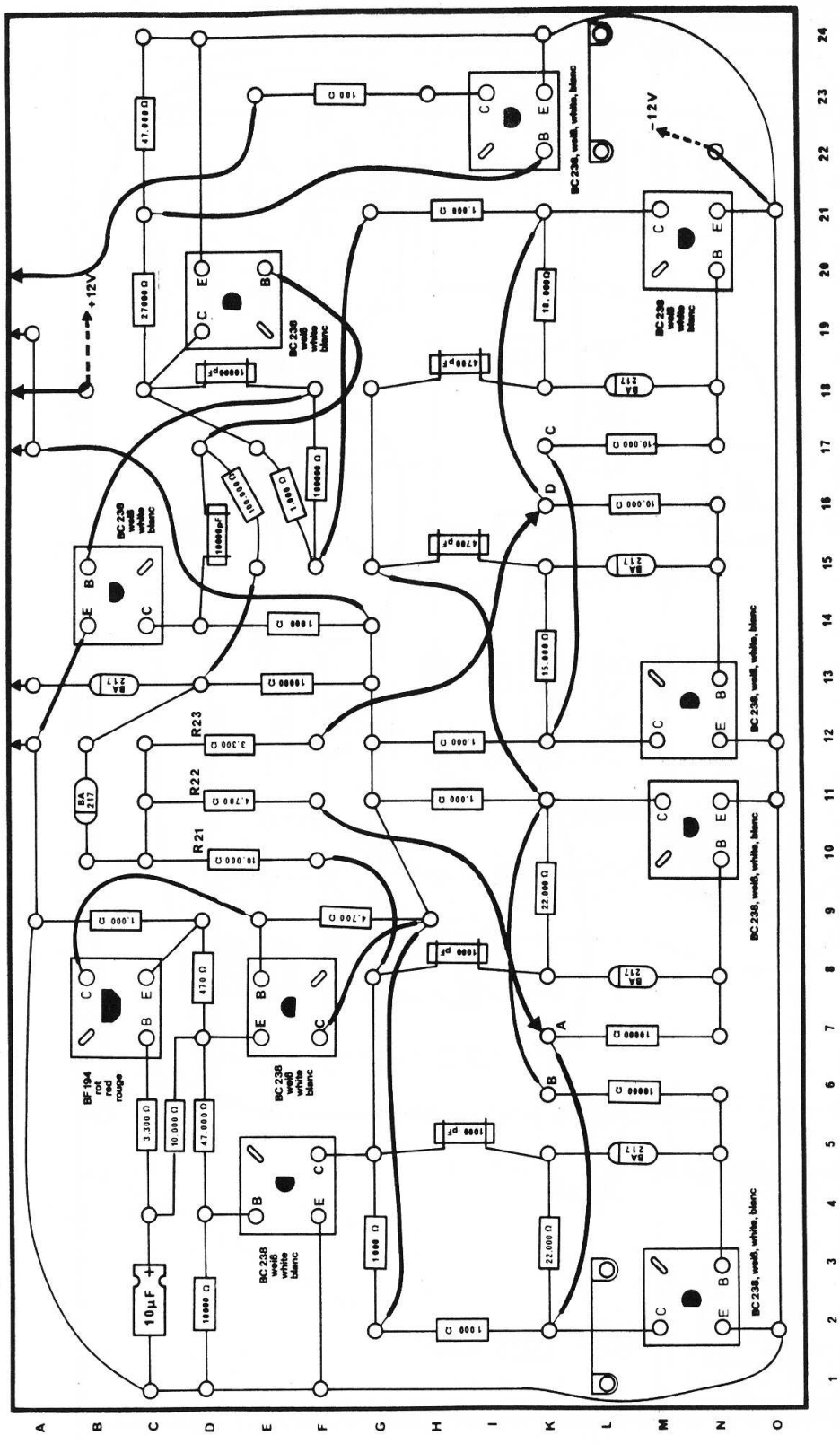

+12V
-12V
R23
R22
R21
BF 194 rot red rouge
BC 238 weiß white blanc
BA 217
10µF
A B C D E F G H I K L M N O
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

Abb. 113 (2007)

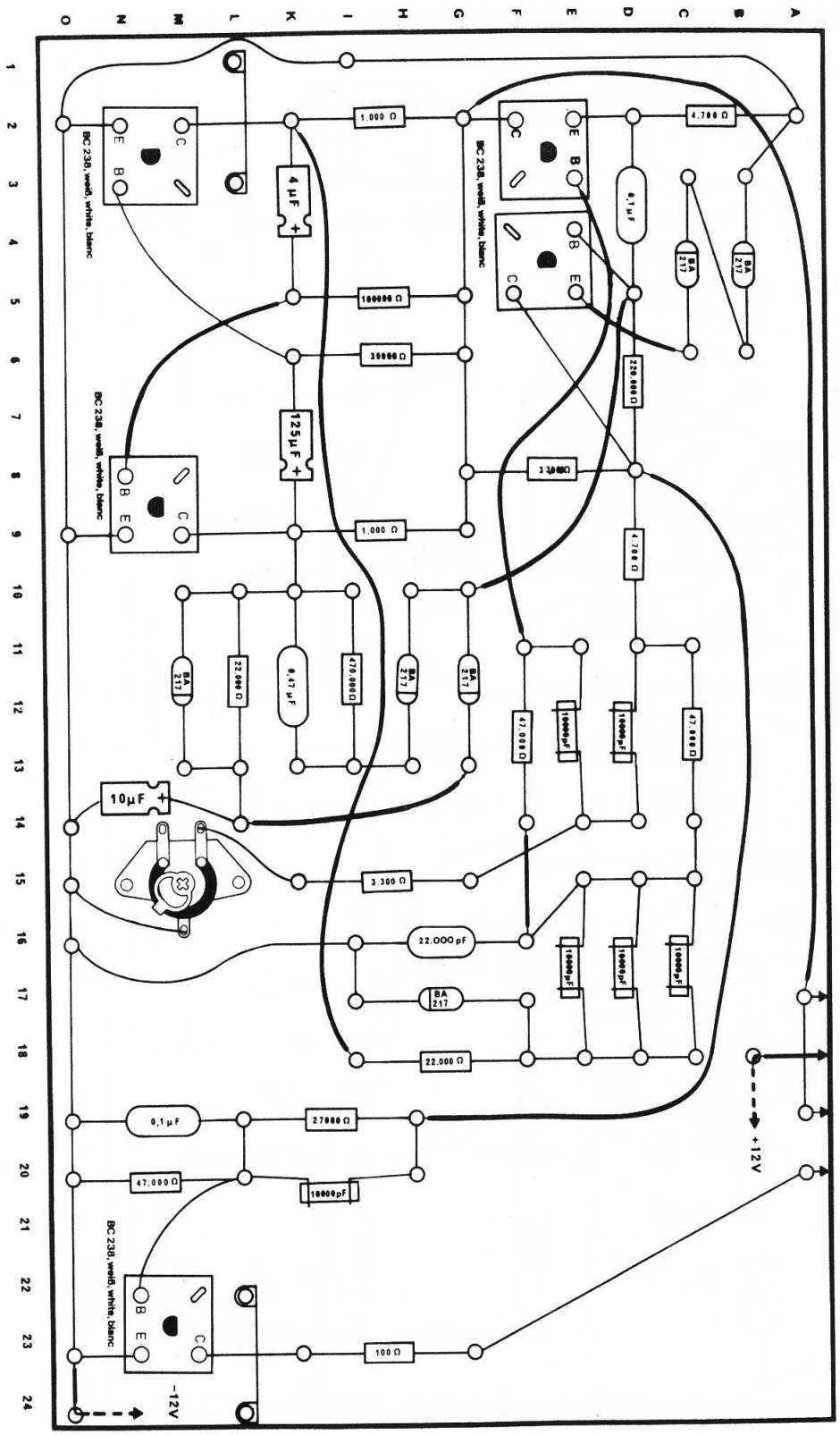

BC 238, weiß, white, blanc
4 µF +
125 µF +
10µF +
1.000 Ω
100000 Ω
39000 Ω
4.700 Ω
0,1 µF
BA 217
220.000 Ω
3.300 Ω
22.000 Ω
0,47 µF
470.000Ω
47.000 Ω
10000pF
22.000 pF
27000 Ω
100 Ω
+12V
-12V

Abb. 115 (2007)

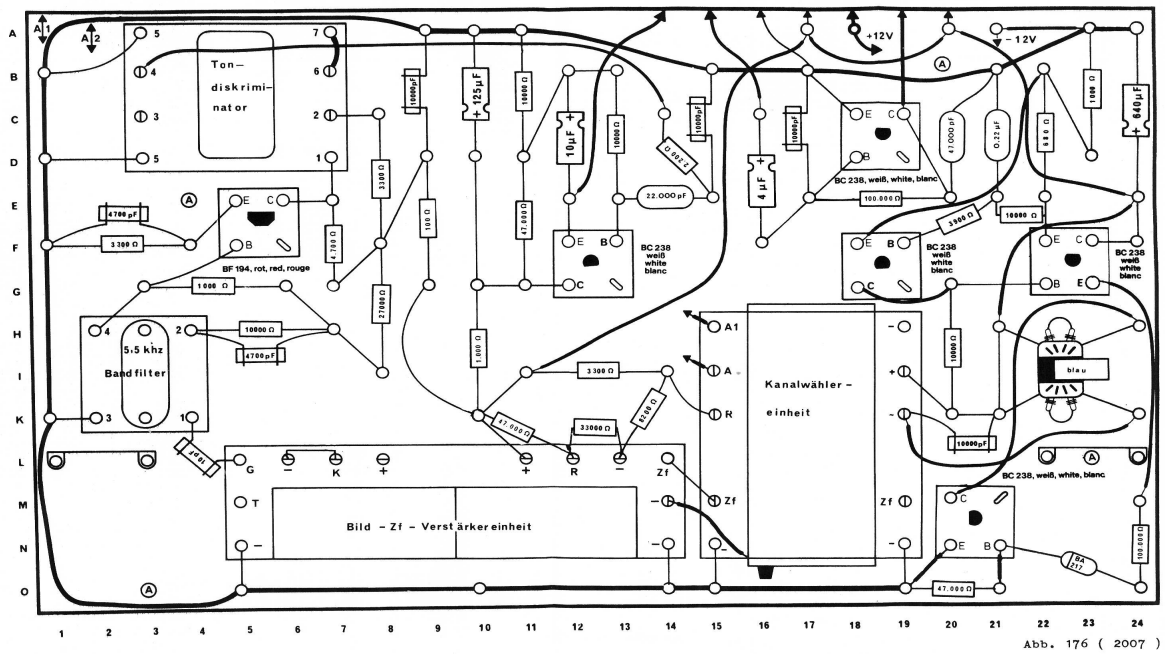

Ton-
diskrimi-
nator
BF 194, rot, red, rouge
5,5 khz
Bandfilter
Bild - Zf - Verstärkereinheit
Kanalwähler-
einheit
BC 238
weiß
white
blanc
BC 238, weiß, white, blanc
+12V
-12V
blau
125µF
10µF
4µF
640µF
22.000 pF
100.000 Ω
47.000 Ω
10000 Ω
3300 Ω
4700 pF
1000 Ω
100 Ω
27000 Ω
33000 Ω
100000 Ω
47.000 Ω
100 000 Ω
BA 217

Abb. 176 (2007)

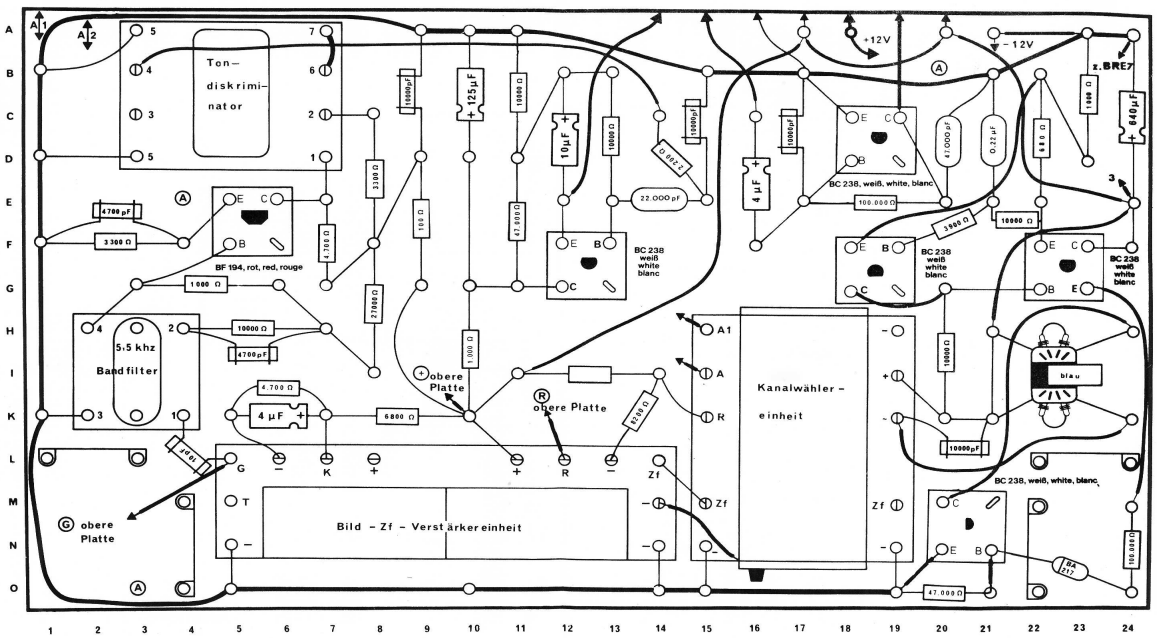
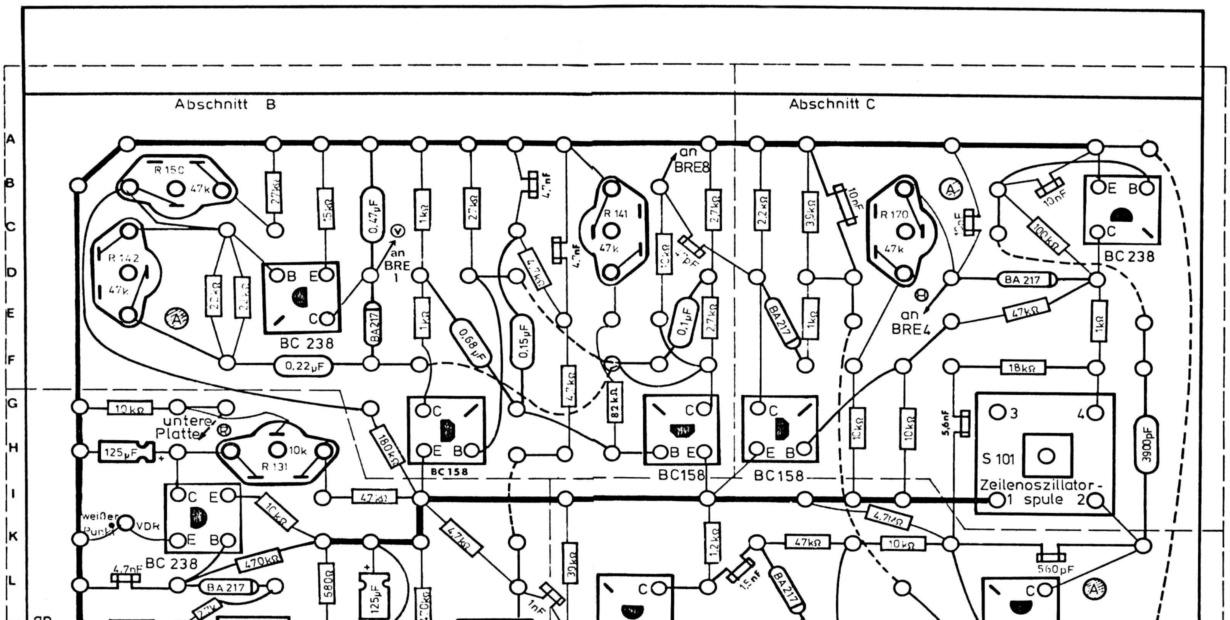

Ton-
diskrimi-
nator
BF 194, rot, red, rouge
5,5 khz
Bandfilter
obere
Platte
Bild - Zf - Verstärkereinheit
BC 238
weiß
white
blanc
Kanalwähler-
einheit
+12V
-12V
z.BRE7
blau
BC 238, weiß, white, blanc
BA
217

Abb. 190 (2007)



Abschnitt B
Abschnitt C
Abschnitt A
Abschnitt D
BC 238
BC 158
BC158
BF 194
S 101
Zeilenoszillator-
1 spule 2
an BRE 1
an BRE8
an BRE4
an BRE6
untere Platte
weißer Punkt
VDR
R 150
R 142
R 141
R 170
R 131

Abb. 191