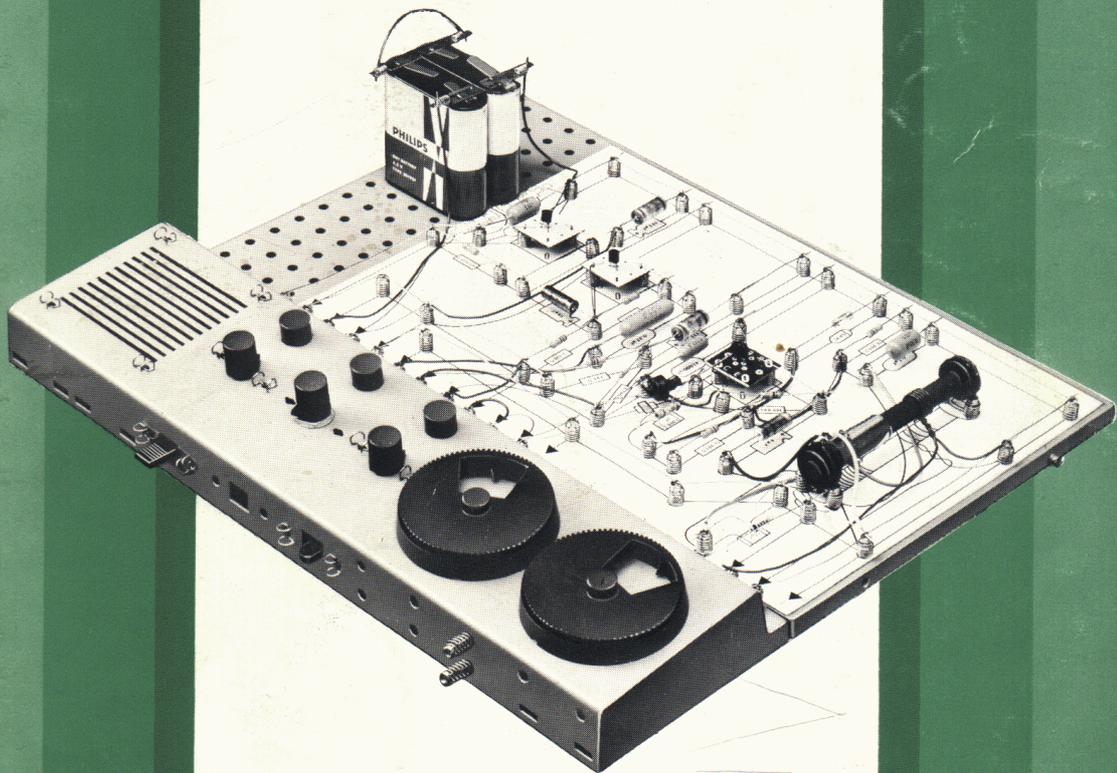


PHILIPS

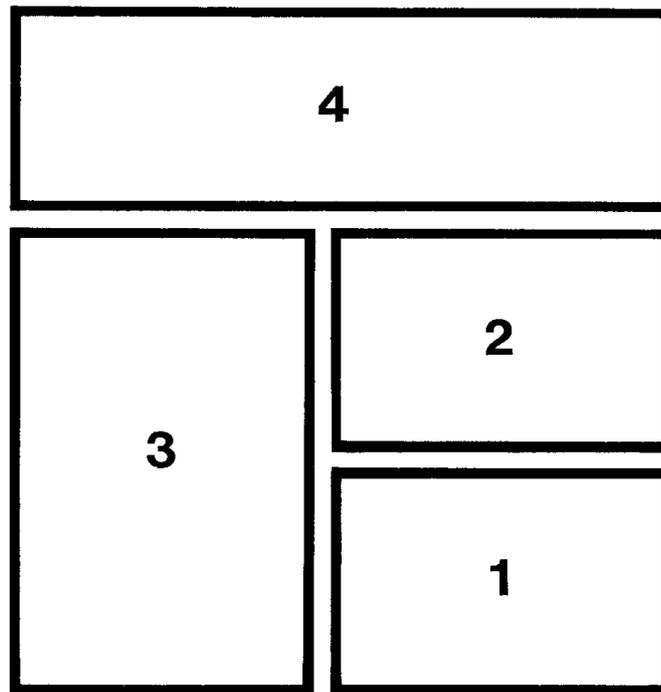


Quelle Elektronik-Labor 2,3,4

Anleitungsbuch und Einführung in die Elektronik



Elektronik Labor-Serie



© Philips GmbH, Bereich Technische Spielwaren, Hamburg – 1977/3

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.

Quelle
Elektronik Labor 2 / 3 / 4
Anleitungsbuch
mit der Einführung in die Elektronik

Herausgeber: Philips GmbH
Bereich Technische Spielwaren, Mönckebergstraße 7, 2000 Hamburg 1

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Abbildungen der Einzelteile und Inhaltsverzeichnis der Baukästen	6
1. Allgemeine Bauanleitung	9
2. Einführung in die Elektronik	16
2.1. Der Stromkreis	16
Schaltung 1, Einfacher Stromkreis	17
Schaltung 2, Stromkreis mit Schalter	18
Schaltung 3, Spannung	20
Schaltung 4, Parallelschaltung	21
2.2. Leiter und Nichtleiter	22
2.3. Der Widerstand	23
Schaltung 6, Stromkreis mit Widerstand	23
Schaltung 7, Reihenschaltung von Widerständen	27
Schaltung 8, Parallelschaltung von Widerständen	28
Schaltung 9, Spannungsteiler	29
Schaltung 10, Potentiometer als veränderlicher Widerstand	30
Schaltung 11, Potentiometer als Spannungsteiler	31
Schaltung 12, LDR im Stromkreis	31
2.4. Der Wechselstrom	32
2.5. Die Spule	36
2.6. Die Diode	38
Schaltung 13, Die Diode im Stromkreis	38
2.7. Der Transistor	41
Reihenuntersuchungen zum NPN-Transistor	
Schaltung 14, Basis-Emitterstrecke in Durchlaßrichtung	41
Schaltung 15, Basis-Emitterstrecke in Sperrichtung	42
Schaltung 16, Basis-Kollektorstrecke in Durchlaßrichtung	42
Schaltung 17, Basis-Kollektorstrecke in Sperrichtung	43
Schaltung 18, Kollektor-Emitterstrecke im Stromkreis	43
Schaltung 19, Kollektor-Emitterstrecke im Stromkreis	44
Schaltung 20, Kollektorstromkreis	44
Schaltung 21, Basisstromkreis	45
Reihenuntersuchungen zum PNP-Transistor	
Schaltung 22, Basis-Emitterstrecke in Sperrichtung	47
Schaltung 23, Basis-Emitterstrecke in Durchlaßrichtung	47
Schaltung 24, Basis-Kollektorstrecke in Sperrichtung	47
Schaltung 25, Basis-Kollektorstrecke in Durchlaßrichtung	48
Schaltung 26, Kollektor-Emitterstrecke im Stromkreis	48
Schaltung 27, Kollektor-Emitterstrecke im Stromkreis	48
Schaltung 28, Der PNP-Transistor im Stromkreis	49
Schaltung 29, NPN-Transistor als Schalter	50
2.8. Der Transistor als Schalter	
2.9. Der Transistor als Verstärker	50
Schaltung 30, NPN-Transistor als Verstärker	50
Schaltung 31, Arbeitspunkt durch Basisvorwiderstand	51
Schaltung 32, Gegenkopplung	52
Schaltung 33, Gegenkopplung	53
Schaltung 34, Arbeitspunkt durch NTC	53
Schaltung 35, Emitterschaltung	54
Schaltung 36, Kollektorschaltung	56
Schaltung 37, Vergleich: Emitter-Kollektor-Schaltung	57
Schaltung 38, Basisschaltung	58
2.10. Kondensatoren	58
Schaltung 39, Kondensator im Gleichstromkreis	58
Schaltung 40, Auf- und Entladen des Kondensators	62
Schaltung 41, Der Kondensator im Wechselstromkreis	62
2.11. Der Schwingkreis	63
3. Teilgebiete der Elektronik	65
3.1. Elektroakustik	65
Schaltung 42, Elektrische Energie-Schallenergie	66
3.2. Fernmeldetechnik	67
Schaltung 43, R-C-Oszillator	67
Schaltung 44, L-C-Oszillator	68
3.3. Elektronische Signalanlagen	69
Schaltung 45, Schmitt-Trigger	69
Schaltung 46, Flip-Flop	70
Schaltung 47, Astibiler Multivibrator	71
Schaltung 48, Monostabiler Multivibrator	72
3.4. Meß- und Regeltechnik	73
Schaltung 49, Regelkreis	73
3.5. Rundfunkempfangstechnik	75
Schaltung 50, Dioden-Empfänger	75

	Seite
4. Elektronische Geräte	77
1.01. Verstärker für Plattenspieler und Tonbandgerät	78
1.02. Zweistufiger Plattenspielerverstärker	80
1.03. Gegentaktverstärker	82
1.04. Verstärker mit Entzerrer	84
2.01. Morseübungsgerät	86
2.02. Morseübungsgerät mit Lautsprecher	88
2.03. Telefonverstärker	90
2.04. Dreistufiger Telefonverstärker	92
2.05. Telefonzeichengeber	94
2.06. Telefonzeichengeber mit Anzeigelampe	96
3.01. Lichtkontrollanlage	98
3.02. Blinklicht und Einbrecher-Alarmanlage	100
3.03. Blinklicht mit regelbarer Blinkgeschwindigkeit	102
3.04. Regelbares Blitzlicht	104
3.05. Licht- und Lautstärkemesser	106
3.06. Akustisches Relais	108
3.07. Einbrecher-Alarmanlage mit Warnlampe	110
3.08. Optische und akustische Einbrecher-Alarmanlage	112
3.09. Signalanlage mit Dämmerungsschalter	114
3.10. Zwei-Transistor-Richtungsanzeiger	116
3.11. Warnlampe	118
3.12. Licht-Ton-Betriebsanzeige	120
3.13. Martinshorn	122
3.14. Zweiklanghorn	124
3.15. Treppenhauslicht	126
3.16. Helligkeitsregler	128
3.17. Einschaltverzögerung	130
3.18. Ausschaltverzögerung	132
4.01. Automatisches Nachtlicht oder Parklicht	134
4.02. Einfacher Feuchtigkeitsanzeiger	136
4.03. Feuchtigkeitsanzeiger mit Lichtsignal	140
4.04. Feuchtigkeitsfühler mit Hupe	142
4.05. Zeitschalter	144
4.06. Langzeitschalter mit Lichtanzeige	146
4.07. Zeitschalter mit Hupe	148
4.08. Lichtstärkemesser	150
4.09. Empfindlicher Lichtstärkemesser	152
4.10. Lichtmeßgerät	154
4.11. Meßbrücke für Widerstand, Induktivität und Kapazität	156
4.12. Regelbarer Tonfrequenz-Generator	160
4.13. Flüssigkeitsstand-Anzeige	162
4.14. Lichtempfindliche Hellschaltung	164
4.15. Lichtempfindliche Dunkelschaltung	166
4.16. Transistoren-Prüfgeräte	168
5.01. Diodenempfänger mit Lautsprecher	170
5.02. Drei-Transistoren-Mittelwellen-Empfänger	172
5.03. Kurzwellenempfänger (Pendelaudion)	176
5.04. Ultrakurzwellen-Empfänger	178
Schaltymbole	182
Sachwortverzeichnis	184
Codetabelle	190

Die Geräte können aus folgenden Elektronik-Baukästen hergestellt werden:

- Quelle Elektronik Labor 3 oder Labor 1 und 2
- Quelle Elektronik Labor 3 und 4 oder Labor 1 und 2 und 4

Herzlichen Glückwunsch zu deinem neuen Quelle Elektronik-Experimentierkasten. Du wirst jetzt sicher viele interessante, aber auch lehrreiche Stunden „spielend“ verbringen. Damit die Freude an deinem Experimentierkasten lange anhält, möchten wir dir einen Hinweis für den Umgang mit diesem Anleitungsbuch geben.

Lies zuerst die **Allgemeine Bauanleitung**, in der die vorbereitenden Arbeiten erklärt werden. Danach ist es möglich, sofort das Gerät zu bauen, das dich am meisten interessiert.

Ist die Elektronik für dich „Neuland“, kannst du auch zuerst die **Einführung in die Elektronik** lesen und die dort beschriebenen Grundschaltungen aufbauen. Die Erklärungen dazu machen dich mit den Grundlagen vertraut, und du wirst dann auch die Schaltungsbeschreibungen leicht verstehen. Bewahre dir dieses Buch gut auf, denn die allgemeinen Hinweise gelten für alle Zusatzkästen. Wenn du ein Quelle Elektronik Labor 2 oder 3 besitzt, ist das Aufbewahren besonders wichtig, weil auch die Geräte beschrieben sind, die du mit dem Zusatzkasten Quelle Elektronik Labor 4 bauen kannst. Im Inhaltsverzeichnis ist hinter jedem Gerät angegeben, aus welchen Experimentierkästen es gebaut wird.

Vorwort

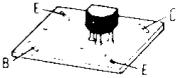
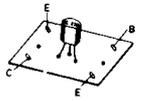
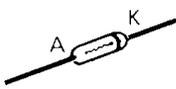
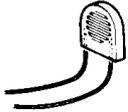
Junge Menschen haben immer schon ein sicheres Gefühl dafür gehabt, was in ihrer eigenen Generation und vor allem für ihre Zukunft wichtig ist. Viele Eltern wundern sich darüber, daß ihre knapp 10- oder 12jährigen Kinder über Weltraumfahrt, Autos, über Elektronik, Tonbandgeräte und Farbfernsehen viel besser Bescheid wissen als sie selbst. Die ältere Generation hat vor 50 Jahren den Wecker auseinandergenommen, weil man wissen mußte, weshalb er tickt. Genauso wollen Kinder von heute ihre technisierten Spielzeuge auseinanderbauen, um das Rätsel ihrer mechanischen und elektronischen Geheimnisse zu enthüllen. Das ist der Grund, weshalb der Baukasten schlechthin immer schon zu den beliebtesten Spielzeugen gezählt hat. Selber bauen ist eben reizvoller, als etwas Fertiges in die Hand zu bekommen.

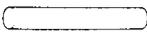
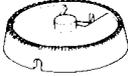
Auf diesem wichtigen Sektor ist der Philips GmbH ein großer Wurf gelungen. Sie hat mehrere elektronische Baukästen herausgebracht. An diesen Baukästen imponiert vor allem, daß modernste Geräte der heutigen Elektronik in Originalform verwendet werden. Ein junger elektronischer Baumeister, der mit einem solchen Kasten arbeitet, benutzt dabei die gleichen Elemente, mit denen Ingenieure in der ganzen Welt ihre viel bewunderten Wunder vollbringen. Dioden, Transistoren, Polyester- und Elektrolyt-Kondensatoren, Potentiometer und Montage-Elemente der modernen elektronischen Massenfertigung. Damit ist man auf dem richtigen Wege; denn man kann einem jungen Menschen, für den ein Radio in Taschenformat eine Selbstverständlichkeit ist, nicht mehr mit einer Elektronenröhre kommen.

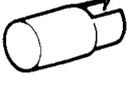
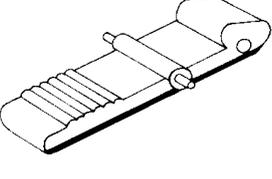
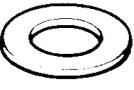
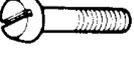
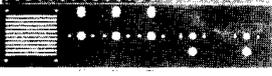
Jungen Menschen von heute ist es eine Selbstverständlichkeit, daß man mit elektronischen Hilfsmitteln eigentlich jede praktische Aufgabe der Automatisierung lösen kann. Feuchtigkeitsfühler und Zeitschalter für den Wecker, Einbrecher-Alarmanlagen und Lichttonbetriebsanzeiger, UKW-Radios und Telefonverstärker, Lichtkontrollanlagen und Tonblenden. Solche Geräte lassen sich mit den Philips Elektronik-Experimentierkästen mit den einfachsten Mitteln herstellen. Es liegt auf der Hand, daß es einem jeden Jungen, und auch jedem Mädchen, einen viel größeren Spaß bereitet, diese raffinierten Produkte der modernen Elektronik selbst zusammenzubasteln, als sie etwa für einen vielfachen Preis fertig zu kaufen. Die Philips GmbH hat es verstanden, mit diesen Experimentierkästen die moderne Elektronik jungen Bastlern zugänglich zu machen.



PROFESSOR DR. HEINZ HABER

Teil	Bestell-Nr.	Bezeichnung	Inhalt		
			Labor 2	Labor 3	Labor 4
	349.1001	Transistor BF 194* Kennfarbe: rot	1	1	
	1212	Transistor BC 238* Kennfarbe: weiß	1	2	
	1003	Diode OA 95*			1
	1004	Widerstand* 1/4 Watt ✓			1
		10 Ohm			1
		47 Ohm	1	1	
		100 Ohm			1
		220 Ohm	1	1	
		470 Ohm			1
		1 000 Ohm	1	1	
		1 500 Ohm			1
		2 200 Ohm		1	
		3 300 Ohm	1	1	
		4 700 Ohm		1	1
		10 000 Ohm	1	2	
		15 000 Ohm	1	1	
		22 000 Ohm			2
		47 000 Ohm		1	1
100 000 Ohm	1	1			
220 000 Ohm		1			
470 000 Ohm	1	1			
	1011	Potentiometer mit Schalter und Mutter, 10 000 Ohm	1	1	
	1010	Lichtempfindlicher Widerstand (LDR) 10 000 Lux = 12 Ohm 1 000 Lux = 110 Ohm 100 Lux = 900 Ohm 10 Lux = 9 000 Ohm dunkel = ca. 10 Mega Ohm	1	1	
	1005	Polyester-Kondensator*			1
		0,022 µF			
		0,047 µF	1	1	
		0,1 µF	1	2	
	1006	Elektrolyt-Kondensator*			1
		4 µF	1	1	
		10 µF	1	1	
	1007	Keramischer Kondensator*			1
		10 pF			2
		22 pF			1
*Es können auch abweichende Werte beiliegen (vergleiche Allgemeine Bau- anleitung und Codetabelle).		47 pF			1
		1 000 pF			1
		10 000 pF			1

Teil	Bestell-Nr.	Bezeichnung	Inhalt		
			Labor 2	Labor 3	Labor 4
	349.1155	Drehkondensator 5–180 pF			1
	1008	Drosselspule (L) 9,5 mH 740 Windungen			1
	1009	Mittelwellen-Antennenspule 400 µH 1–2 = 70 Windungen 3–4 = 6 Windungen 1 = rot 2 = gelb 3 = grün 4 = grau			1
	1041	Ohrhörer ca. 1000 Ohm Impedanz			
	1013	Lautsprecher 150 Ohm 1 W	1	1	
	1014	Lampe 6 V 0,05 A 0,3 W	1	1	
	1133	Batterieklammer	4	4	
	1016	Blanker Draht		4 m	
	1017	Isolierter Draht	4 m	4 m	4 m
	1018	Ferritstab			1
	1019	Großer Gummiring			2
	1020	Haarnadelfeder	50	75	
	1021	Klemmfeder	50	75	
	1022	Spiralfeder		20	
	1023	Skalenknopf			1
	1025	Knopf	1	1	

Teil	Bestell-Nr.	Bezeichnung	Inhalt		
			Labor 2	Labor 3	Labor 4
	349.1026	Lampenfassung		1	
	1027	Lampenkappe	1	1	
	1028	Gummiband		2	
	1029	Tastschalter	1	1	
	1030	Kontaktstift für Tastschalter	1	1	
	1031	Halterung für Tastschalter	2	2	
	1032	Madenschraube (M 3)	2	2	
	1033	Viereckige Mutter (M 3)	10	10	
	1034	Unterlegscheibe für Potentiometer	1	1	
	1036	Schraube (M 3)	8	8	
	1130	Grundplatte	1	2	
	1153	Schaltpult	1	1	
	1717	Schutzhülle	1	1	
	1154	Stanzstift	1	1	
	1091	Anleitungsbuch	1	1	
	1094	Verdrahtungspläne	24	24	24

1. Allgemeine Bauanleitung

Alle Geräte und Schaltungen werden auf Grundplatten aufgebaut, die Bedienungselemente sitzen im Schaltpult.

Beim Aufbau braucht nicht gelötet zu werden, sondern einwandfreie Verbindungen der Bauelemente untereinander werden mit **Klemmen** hergestellt.

Dieses Klemm-System ist so vielseitig und kontaktsicher, daß damit sämtliche Geräte bis hin zum Fernsehempfänger EE 2007, EE 2008 aufgebaut werden können.

Die Klemmen steckt man aus Haarnadel- und Klemmfedern folgendermaßen nach Abb. 1 zusammen: Von der Unterseite der Grundplatte (1130) wird die Haarnadelfeder (1020) durch ein Loch geschoben, zusammengedrückt und von oben eine Klemmfeder (1021) darübergesteckt, bis sie einrastet. Wenn du die Klemmfeder niederdrückst, erscheint die Schlaufe der Haarnadelfeder. Schiebe die zu verbindenden Anschlußdrähte hinein und laß die Klemmfeder wieder los: sie sind dadurch festgeklemmt.

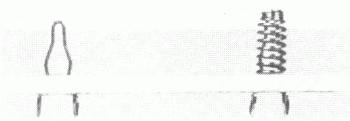


Abb. 1.a

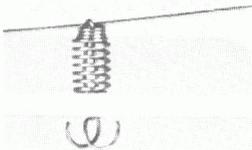


Abb. 1.b

1.1. Einbau der Bedienungselemente in das Schaltpult

Die Bedienungselemente im Schaltpult werden nur einmal eingebaut. Du brauchst also beim Aufbau neuer Geräte am Schaltpult nichts zu verändern.

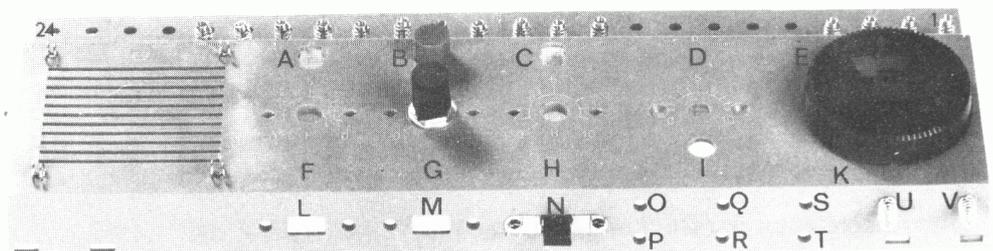


Abb. 2.

Einbau der Lampenfassung

Drücke die Fassung (1026) von der Unterseite des Schaltpultes (1153) auf den Stift, der neben dem Loch B herausragt (Abb. 3), und schraube die Glühlampe (1014) von oben in die Fassung. Die Lampenkappe (1027) wird ebenfalls von oben durch das Loch B über die Fassung geschoben.



Abb. 3

Einbau des Tastschalters

Dieser Schalter wird zusammengesetzt. Stecke zunächst von innen durch das Loch N an der Vorderseite des Schaltpultes die beiden Halterungen für Tastschalter (1031). Stecke von außen je eine Haarnadelfeder (1020) durch die Löcher. Bereite dann die Taste (1029) vor, indem du den Kontaktstift (1030) in deren Loch schiebst (Abb. 4). Diese Einheit klemmst du jetzt von innen in die Halterungen; die geriffelte Seite zeigt nach oben. Drücke die Halterungen auseinander und stecke die Taste so weit hinein, daß die Kunststoffzapfen in den kleinen Löchern der Halterungen einrasten. Achte aber darauf, daß die Bördelungen der Halterungen fest in den Löchern des Schaltpultes sitzen. Stecke zum Abschluß von der Innenseite je eine Klemmfeder (1021) auf die Haarnadelfeder (Abb. 5).

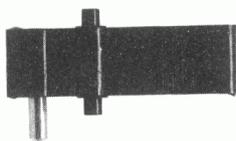


Abb. 4

Beim Niederdrücken der Taste muß der Metallstift auf beiden Seiten die Halterungen berühren. Falls das schon in Ruhestellung erfolgt, müssen die herausragenden Blechlaschen an der Seite, an der sich das dicke Ende des Kontaktstiftes befindet, etwas zusammengedrückt werden. Dann hat die Taste kein Spiel mehr.

Wird die Taste nach unten gedrückt, arbeitet sie als Tastschalter, d. h. der Kontakt ist nur so lange geschlossen, wie die Taste niedergehalten wird. Beim Anheben der Taste rastet sie ein und gibt einen Dauerkontakt.

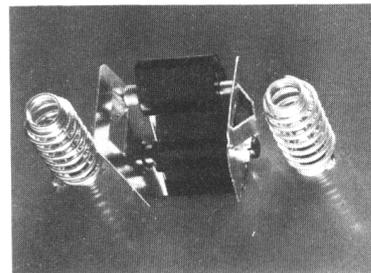


Abb. 5

Einbau des Lautsprechers (1013)

Durch die vier Löcher an den Ecken der Schallschlitze – linke Seite des Schaltpultes – wird von außen je eine Haarnadelfeder gesteckt. Von der Unterseite wird der Lautsprecher (1013) daraufgedrückt und über jede Haarnadelfeder noch eine Klemmfeder gesteckt. Zur Sicherung wird in jede Klemme ein kurzes Drahtstück eingeklemmt. (Anstelle der Klemmen kannst du auch vier 3-mm-Schrauben und -Muttern verwenden).

Einbau des Potentiometers mit Schalter (1011)

Von der Unterseite des Schaltpultes wird das Potentiometer mit der Achse durch das Loch G gesteckt und so weit gedreht, bis der Zapfen des Potentiometergehäuses an einem der Stege anliegt.

Von oben wird eine Unterlegscheibe (1034) aufgelegt und das Potentiometer mit einer Mutter festgezogen (Abb. 6).

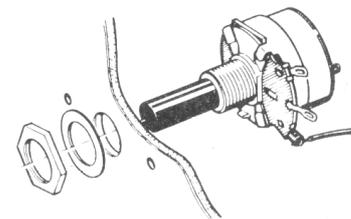


Abb. 6

Einbau des Drehkondensators (1155)

Stecke den Drehkondensator von der Unterseite durch das Loch E und befestige ihn wie das Potentiometer mit einer Unterlegscheibe und einer Mutter.

Klemmen für Außenanschlüsse

Durch die Löcher U und V an der rechten Vorderseite des Schaltpultes werden von innen Haarnadelfedern gesteckt und von außen Klemmfedern darübergeschoben.

1. 2. Anschließen der Bedienungselemente

Die Bedienungselemente werden mit Anschlüssen an der Rückseite des Schaltpultes verbunden. Beim Aufbau der Geräte werden später nur noch Verbindungen zu diesen Anschlüssen hergestellt.

Setze in die Löcher 1 bis 4 und 10 bis 20 Klemmen ein. Bei EE 2050 entfallen zunächst die Klemmen 3 und 4.

Glühlampe (Anschlüsse 10 und 11)

Miß zwei Stücke isolierten Schaltdraht (1017) ab, so daß sie von den Anschlüssen 10 bzw. 11 zu den Ösen der Lampenfassung reichen. An beiden Enden des Drahtes muß etwa 1 cm der Isolierung (mit einem Messer oder einer Zange) entfernt werden. Das nennt man abisolieren. Klemme einen Draht am Anschluß 10, den zweiten Draht am Anschluß 11 fest und führe beide Drähte durch einen Schlitz an der Rückseite des Pultes zur Lampenfassung. Stecke je eine Spiralfeder (1022) auf die Ösen an der Fassung, drücke sie so weit hinunter, daß die Drähte hindurchgesteckt werden können.

Tastschalter (Anschlüsse 12 und 13)

Von den Anschlüssen 12 und 13 werden zwei isolierte Drähte – das Abisolieren nicht vergessen – zu den Klemmen geführt, mit denen die Metallhalterungen an der Vorderseite des Pultes befestigt sind. Nach dem Niederdrücken der Klemmfedern lassen sich die Drähte in den Schlaufen festklemmen.

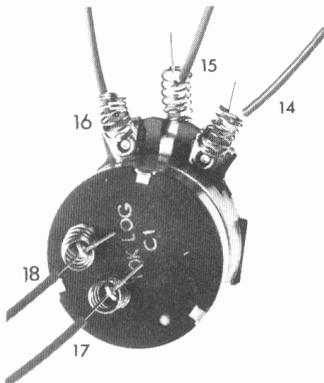


Abb. 7

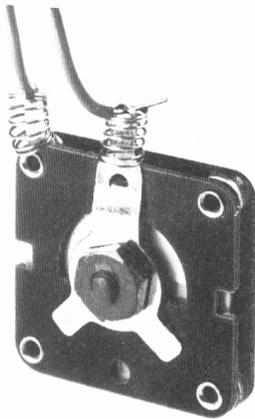


Abb. 8

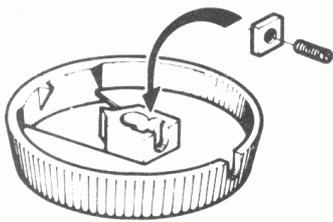


Abb. 9

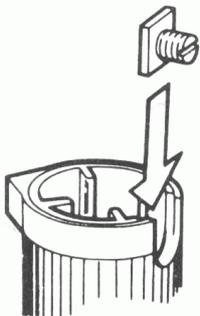


Abb. 10

Lautsprecher (Anschlüsse 19 und 20)

Von den Anschlüssen 19 und 20 werden zwei Drähte durch einen Schlitz an der Rückseite des Schaltpultes zum Lautsprecher geführt. Schiebe auf die beiden Ösen je eine Spiralfeder und befestige die Drähte, indem du die Spiralfedern niederdrückst und die Drähte in die Ösen steckst.

Bei Lautsprechern mit 3 Ösen werden nur die beiden äußeren benutzt. Beim EE 2050 wird statt des Lautsprechers der Ohrhörer (1041) direkt an den Anschlüssen 19 und 20 angeklemt.

Potentiometer mit Schalter (Anschlüsse 14 bis 18)

Mit dem Potentiometer wird die Leitung zur Batterie ein- und ausgeschaltet und zusätzlich die Spannung geregelt. Führe von den Anschlüssen 17 und 18 Drähte zur Rückseite des Potentiometers (zwei Ösen). Befestige die Drähte an diesen beiden Ösen mit Spiralfedern. Vom Anschluß 16 führe einen Draht an die linke der drei seitlichen Ösen (Abb. 7) und befestige ihn dort mit einer Spiralfeder. Anschluß 15 wird mit der mittleren, Anschluß 14 mit der rechten Öse verbunden. Achte darauf, daß du das nicht verwechselst.

Drehkondensator (Anschlüsse 3 und 4)

Führe von den Anschlüssen 3 und 4 je einen Draht zum Drehkondensator und befestige jeden mit einer Spiralfeder an einer Öse (Abb. 8).

Außenklemmen (Anschlüsse 1 und 2)

Führe von dem Anschluß 1 einen Draht an die Außenklemme V und von Anschluß 2 einen Draht an Außenklemme U. Stecke je einen Draht von innen durch die Löcher U und V, in denen auch die Klemmen sitzen. Drücke die Klemmfedern nieder und klemme die Drähte in die Schlaufen der Haarnadelfedern.

1. 3. Abschließende Arbeiten am Schaltpult

Zum Abschluß müssen noch der Knopf (1025) auf der Achse des Potentiometers und der Skalennopf (1023) auf der Achse des Drehkondensators befestigt werden (Abb. 9, 10).

Beim Anschlag an der linken Seite müssen die Nasen beider Knöpfe auf der 0 der Skalen stehen. Löse u. U. noch einmal die Madenschrauben und richte die Knöpfe aus.

Nimm hierzu eine Madenschraube (1032) und drehe sie einige Windungen in die viereckige Mutter (1033). Lege diese Teile jeweils in die rechteckigen Löcher der Knöpfe. Stecke sie auf die entsprechenden Achsen und drehe die Madenschraube mit einem kleinen Schraubenzieher fest.

Wenn du jetzt den Potentiometerknopf ganz nach links drehst, ist wieder ausgeschaltet.

Vor jedem Aufbau eines Gerätes oder einer Schaltung schalte stets aus!

Damit hast du das Schaltpult eingerichtet. Die noch freien Löcher im Schaltpult sind nicht etwa überflüssig, auch hast du nicht vergessen, etwas einzubauen: Mit diesem Schaltpult können nämlich bis zum kompletten Fernsehempfänger alle Geräte der Philips Elektronik-Experimentierkästen aufgebaut werden. Mit jedem Zusatzkasten werden weitere Bedienungselemente eingebaut, so daß das Schaltpult schließlich komplett ausgestattet ist. Du siehst: Die Philips Elektronik-Experimentierkästen sind für die Zukunft gebaut!

1. 4. Verbindung der Grundplatten (1130)

Die beiden Grundplatten müssen mit den langen Seiten so zusammengesetzt werden, daß die Zapfen jeweils in die gegenüberliegenden Löcher passen. Sie werden dann untereinander mit zwei Schrauben (1036) und Muttern (1033) verschraubt.

1. 5. Vorbereiten der Verdrahtungspläne

Zu jedem Gerät liegt deinem Elektronik-Experimentierkasten ein Verdrahtungsplan bei, dessen Nummer mit der im Anleitungsbuch übereinstimmt. Zu Gerät 1.01. gehört also auch der Verdrahtungsplan 1.01.

Zu den Schaltungen des Kapitels „Einführung in die Elektronik“ findest du einen verkleinerten Bauplan in diesem Anleitungsbuch.

Lege den Verdrahtungsplan des Gerätes, das du bauen willst, in oder unter die durchsichtige Schutzhülle (1717). Die Kreise auf dem Verdrahtungsplan müssen mit den Löchern in der Hülle übereinstimmen.

Lege beides so auf die Grundplatte, daß rechts vier Lochreihen freibleiben. Die Löcher der Hülle müssen genau über den Löchern der Grundplatte liegen.

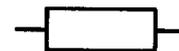
Drücke nun mit dem Stanzstift (1154) erst einmal vier Kreise heraus, die möglichst weit auseinanderliegen, und setze dort Klemmen ein. Jetzt kann der Verdrahtungsplan nicht mehr verrutschen. Stanze danach überall dort ein Loch, wo es mit einem Kreis angedeutet ist, und setze Klemmen ein.

1. 6. Befestigen der Bauelemente auf der Grundplatte

Die Bauelemente werden an den Klemmen befestigt, die du nach dem Verdrahtungsplan eingesetzt hast. Welche Bauteile mit den Zeichen auf dem Verdrahtungsplan gemeint sind und welche Besonderheiten beim Einbau zu beachten sind, soll nun erklärt werden.

Kohlewiderstände (1004)

Die Kohlewiderstände sind auf dem Verdrahtungsplan durch rechteckige Kästchen dargestellt, in denen der Wert in Ohm angegeben ist, z. B. 27 000 Ω . Auf den Widerständen selbst wird der Wert durch einen Farbcode angegeben. Die Bedeutung der Farbringe kannst du der Code-Tabelle am Schluß dieses Anleitungsbuches entnehmen.



Lichtempfindlicher Widerstand – LDR (1010)

Auf dem Verdrahtungsplan wird der LDR abgebildet. Die gestreifte Seite ist die lichtempfindliche.



Polyester-Kondensatoren (1005)

Polyester-Kondensatoren werden auf dem Verdrahtungsplan durch Rechtecke dargestellt, deren kürzere Seiten abgerundet sind. Der Wert ist darin angegeben. Es kann vorkommen, daß der Wert auf dem Kondensator in einer anderen Maßeinheit angegeben ist als auf dem Verdrahtungsplan. Angaben für die Umrechnung findest du in der Code-Tabelle am Ende des Buches.



Elektrolyt-Kondensatoren (1006)

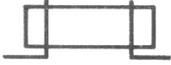
Elektrolyt-Kondensatoren werden auf dem Verdrahtungsplan ihren Umrissen entsprechend dargestellt. Der Wert ist aufgedruckt.

Es ist besonders wichtig, daß Elektrolyt-Kondensatoren richtig angeschlossen werden. Bei falscher Polung können sie und andere Teile zerstört werden. Auf der positiven Seite (+) befindet sich eine Rille. Achte immer darauf, zu welcher Klemme sie zeigen soll.



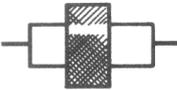
Keramische Kondensatoren (1007)

Sie sind auf den Verdrahtungsplänen durch Rechtecke dargestellt, an deren einer Längsseite die Anschlüsse herausführen. Der Wert ist angegeben. Da manche auch Farbringe tragen, mußt du die Werte nach der Code-Tabelle am Ende des Buches heraussuchen.



Drosselspule (1008)

Die Drosselspule wird auf den Verdrahtungsplänen durch ein Rechteck angegeben, in dem der Spulendraht durch ein schraffiertes Feld angedeutet ist. Der Spulendraht ist zum Schutz mit einer Wachsschicht überzogen.



Mittelwellen-Antennenspule

Schiebe die Antennenspule (1009) auf den Ferritstab (1018), dazu je einen Gummiring (1019) auf beide Seiten. Nimm zwei etwa 8 cm lange isolierte Drähte, stecke sie durch die Haarnadelfedern, an denen der Antennenstab befestigt werden soll, und drehe sie in den Einkerbungen der Gummiringe fest. Die beiden Enden der Drähte dürfen nicht abisoliert sein (Abb. 11). Die Anschlußdrähte der Antennenspule haben folgende Farben:

1 = rot 2 = gelb 3 = grün 4 = grau

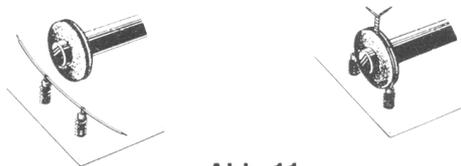
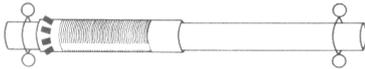


Abb. 11

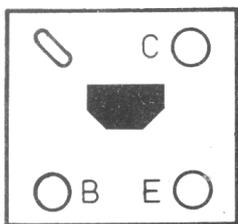
Den Einbau auf dem Verdrahtungsplan erkennst du an der Zeichnung.

Transistoren (1001, 1212)

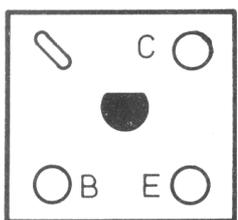
Die Transistoren sind auf einer kleinen Platte – einer gedruckten Schaltung – festgelötet.

Du mußt ganz besonders darauf achten, daß du sie nicht verwechselst und die Anschlüsse nicht vertauschst. Auf den Transistoren findest du auf der Oberseite des Plättchens die Buchstaben B – Anfangsbuchstabe von **B**asis, E – Anfangsbuchstabe von **E**mitter und C – Anfangsbuchstabe von **C**ollector.

Auf einigen Transistoren BC 238 (weiß) sind die Bezeichnungen nur auf der Unterseite. Damit du nicht immer wieder nachsehen mußt, schreibe sie mit einem Bleistift oder feinem Filzstift auch auf die Oberseite neben die Schlitzte. Es kann einmal vorkommen, daß in deinem Experimentierkasten nicht der Transistor BF 194 liegt, sondern ein anderer, der aber dieselben Aufgaben erfüllen kann. Er hat dann ebenfalls ein rotes Plättchen, und das ist für dich der Hinweis, daß du ihn anstelle des BF 194 einsetzen kannst. Ebenso kann auch auf dem weißen Plättchen ein anderer Transistor als der BC 238 festgelötet sein. Die Transistoren werden auf bereits eingesetzte Klemmen gesetzt. Vor dem Befestigen der Transistoren drehe die Schlaufen der Haarnadelfedern so, daß sie in die Schlitzte des Plättchens passen. Wenn du es nun niederdrückst, ragen die Schlaufen durch die Schlitzte. In diesen entstehenden Öffnungen befestigst du die Anschlußdrähte (Abb. 12).

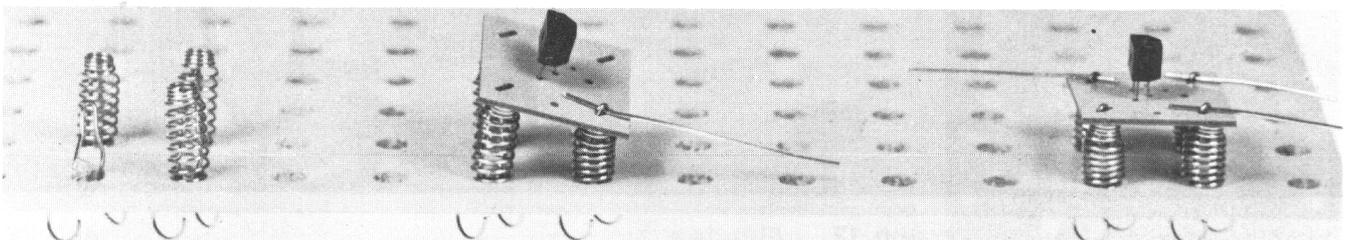


BF 194
rot
red
rouge



BC 238
weiß
white
blanc

Abb. 12



Diode (1003)

Auf dem Verdrahtungsplan ist die Diode ihrem Umriß entsprechend eingezeichnet und mit der Typennummer OA 95 (ersatzweise kann eine andere entsprechende Diode beiliegen) versehen. Da auch sie richtig herum eingebaut werden muß, findest du den roten Farbring, mit dem die eine Seite gekennzeichnet ist, auf dem Verdrahtungsplan als schwarzen Strich.



Verbindungsdrähte

Drahtverbindungen sind auf den Verdrahtungsplänen als schwarze Striche dargestellt. Dünne Striche bedeuten: blanker Draht, dicke Striche: roter isolierter Draht. Denke daran, daß du hier die Enden abisolieren muß.



Verbindungsdrähte, die auf dem Verdrahtungsplan mit einem dicken schwarzen Pfeil enden, werden später an den Anschluß des Schaltpultes geklemmt, dessen Nummer über der Pfeilspitze steht.



Es empfiehlt sich, lange durchgehende Drahtverbindungen aus einem Stück herzustellen.

1. 7. Zusammenbau von Schaltpult und Grundplatte

Stecke die Grundplatte und das Schaltpult so zusammen, daß Zapfen und Löcher ineinander passen. Die Pfeilspitzen auf den Verdrahtungsplänen müssen zum Schaltpult zeigen, so daß die Zahlen übereinstimmen. Verschraube das Schaltpult mit der Grundplatte an den äußeren Löchern.

1. 8. Anschluß der Batterien

Warnung

Spielen niemals mit dem Wechselstrom aus den Steckdosen an der Wand, denn diese Spannung kann tödliche Unfälle verursachen. Deshalb werden für die elektronischen Geräte aus diesem Kasten nur Batterien als Stromquelle benutzt.

Du benötigst für die Geräte und Schaltungen zwei 4,5 V Flachbatterien. Sie müssen noch zusammengeschaltet werden. Schiebe nach Abb. 13 auf jede der 4 Batterieflaschen je eine Batterieanschlusssklemme (1133). Verbinde dann die lange Lasche der Batterie 1 (Minuspole) mit der kurzen der Batterie 2 (Pluspol) durch einen isolierten Draht, der mit Spiralfedern festgeklemmt wird. Stelle dann die Batterien so auf die Grundplatte, daß der freie Pluspol (kurze Lasche) zum Schaltpult hinzeigt, wie auf dem Verdrahtungsplan angegeben. Um sie zu befestigen, fädle unmittelbar neben der Batterie ein Gummiband (1028) durch ein Loch und hake unten eine Haarnadelfeder ein (Abb. 14). An der anderen Seite der Batterien befestige das Gummiband in gleicher Weise. Stelle die Batterien dazu noch einmal zur Seite. Dann spanne das Gummiband und schiebe die Batterien darunter. Verbinde anschließend den freien Pluspol und den freien Minuspol, wie auf dem Verdrahtungsplan angegeben.

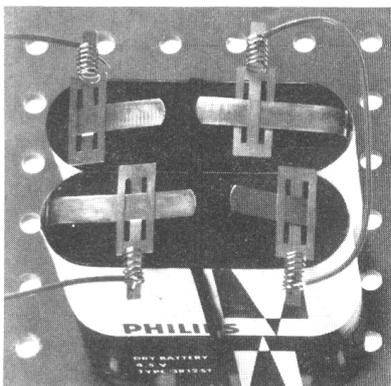
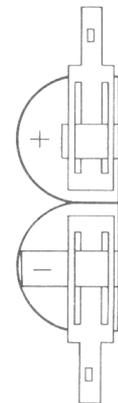


Abb. 13

Abb. 14.a

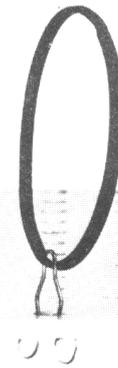


Abb. 14.b

1.9. Letzte Kontrolle

Wenn du alles so ausgeführt hast, wie es in der Allgemeinen Bauanleitung und in der Geräte-Bauanleitung steht, ist dein Gerät fertig. Prüfe aber erst noch einmal, ob du auch nicht aus Versehen etwas falsch gemacht hast!

Sind die Einzelteile an der richtigen Stelle angebracht?

Hast du nichts vergessen?

Berühren sich etwa Drähte, die es nicht sollen?

Sind alle Elektrolyt-Kondensatoren richtig eingebaut und ihre positiven Seiten (Rille im Mantel) auch so angeschlossen, wie eingezeichnet?

Sind die Transistoren und die Diode richtig eingebaut und angeschlossen?

Ist die Polung der Batterien richtig?

Dann schalte das Gerät ein.

1.10. Fehlersuche

Wenn ein Gerät nicht gleich funktioniert, schalte es sofort aus!

Prüfe sorgfältig und langsam Stück für Stück!

Wahrscheinlich hast du irgendeine Drahtverbindung vergessen oder ein Teil nicht eingebaut oder nicht richtig angeschlossen.

Überprüfe die Verdrahtung. Vergleiche sie mit dem Verdrahtungsplan oder dem Bauplan.

Sieh genau nach, ob du nicht irgendeine Verbindung oder irgendein Einzelteil vergessen hast. Achte darauf, daß die Drähte auch guten Kontakt an den Klemmen haben und sich nirgendwo anders berühren.

Sieh nach, ob die Transistoren richtig angeschlossen sind und Kontakt haben.

Prüfe, ob die Diode richtig herum angeschlossen ist.

Sieh nach, ob die Elektrolyt-Kondensatoren in der vorgeschriebenen Richtung angeschlossen sind, d. h. mit der Rille an der Seite, wie auf dem Verdrahtungsplan angegeben.

Sind die Widerstände entsprechend dem Farbschlüssel der Code-Tabelle an der richtigen Stelle eingebaut?

Ist die Lampe fest genug eingeschraubt?

Schraube die Lampe heraus und prüfe direkt an den Batteriepolen, ob sie noch brennt.

Prüfe nach, ob die Batterien leer sind.

Hast du die Plusleitung und die Minusleitung richtig angeschlossen?

1.11. Abbau

Schalte das Gerät aus und klemme die Anschlüsse zu den Batterien ab.

Baue Grundplatte und Schaltpult auseinander.

Der weitere Abbau ist dir überlassen. Er muß aber sorgfältig erfolgen. Unnötiges Knicken der Drahtenden von Einzelteilen ist zu vermeiden. Die Einzelteile sollten sortiert in die Fächer des Experimentierkastens gelegt werden, damit du sie später sofort wieder findest. Keine Drähte wegwerfen! Sie können beim nächsten Gerät wieder eingesetzt werden.

2. Einführung in die Elektronik

Der Begriff der Elektronik ist heute ein fester Bestandteil in unserem Leben geworden. Trotzdem ist sicher nicht jedem klar, welche theoretischen Zusammenhänge die technischen Vorgänge ermöglichen, die für das Funktionieren elektronischer Geräte notwendig sind. Es fällt uns leicht, Plattenspieler, Kofferradio, Stereo-Anlage oder Fernsehempfänger zu bedienen und zu nutzen, doch über das technische „Innenleben“ machen sich viele Leute nur wenig Gedanken.

Der Philips Elektronik-Experimentierkasten soll dir helfen, in die Geheimnisse der Elektronik einzudringen und mehr Verständnis für diese großartige Technik aufzubringen. Dabei gehört es zu den Grundvoraussetzungen, die allgemeine Wirkungsweise des elektrischen Stroms zu erforschen und etwas über seine Funktion in einfachen und komplizierten Schaltungen zu erfahren.

2.1. Der Stromkreis

Für die folgenden Schaltungen werden auf der Grundplatte, die mit dem Schaltpult verbunden wird, Klemmen entsprechend Abb. 15 eingesetzt. Damit nicht nach jeder Schaltung ein völliger Neuaufbau erfolgen muß, werden gleich zu Anfang mehr Klemmen eingesetzt als notwendig erscheint.

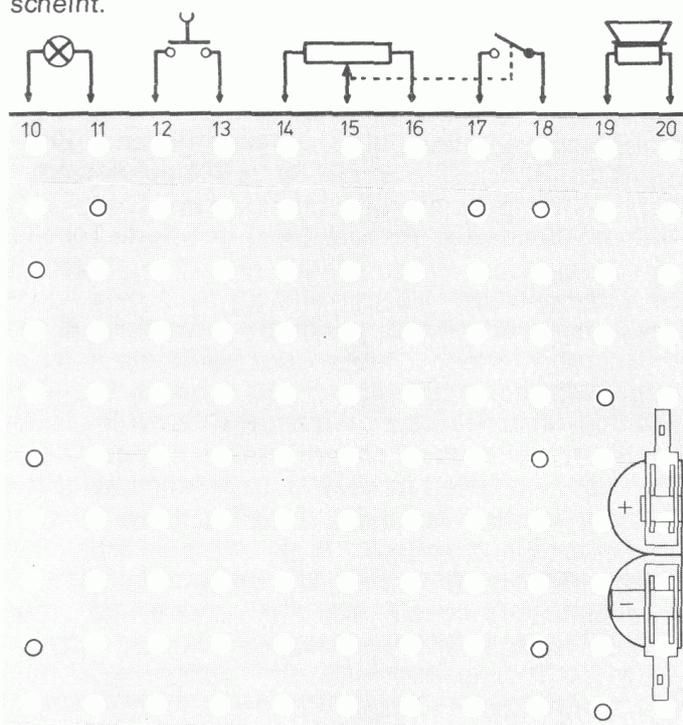
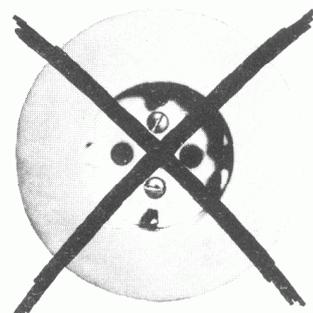


Abb. 15

Als nächstes brauchst du einen „Stromlieferanten“, genannt **Stromquelle**. Dazu dienen zwei 4,5-Volt-Batterien, die für **alle** Schaltungen verwendet werden.

Ein sehr wichtiger Hinweis:

Für alle Schaltungen mit diesem Philips Experimentierkasten verwende nur die vorgeschriebenen Flachbatterien von 4,5 Volt. **Auf gar keinen Fall** darfst du Strom aus der **Steckdose** entnehmen. **Das ist lebensgefährlich!**



Schaltung 1

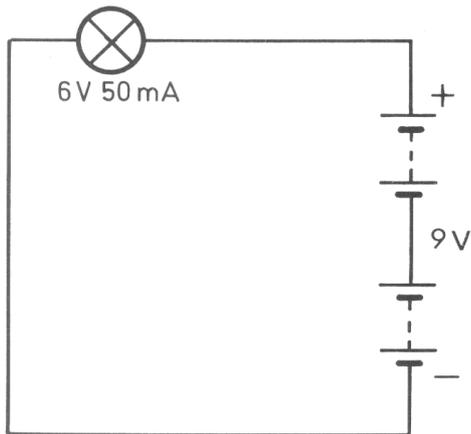


Abb. 16

Flachbatterien haben alle einen kurzen und einen langen Metallstreifen, von denen der Strom abgenommen wird. Sie heißen **Pole**. Verbinde die Batterien wie in Abb. 13. Jetzt befestige einen Draht am **Pluspol**, das ist die kurze freie Lasche, und führe ihn über die in dem Bauplan (Abb. 17) eingezeichneten Klemmen an den Anschluß 11 des Schaltpults. Von dort führt eine Verbindung zur Glühlampe. Von dem Anschluß 10 – zweite Verbindung zur Glühlampe – führe den Draht wieder über die Klemmen zurück zum **Minuspol** der zweiten Batterie (langer Metallstreifen).

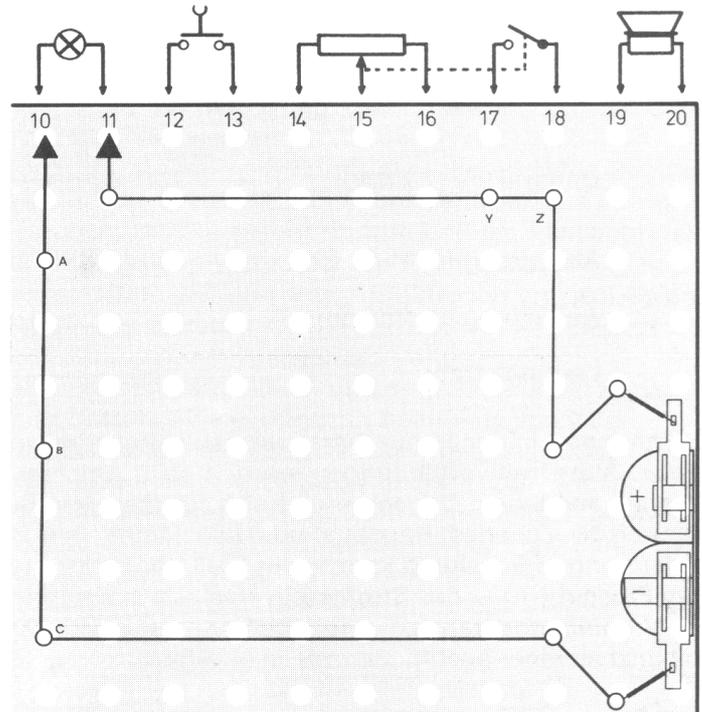
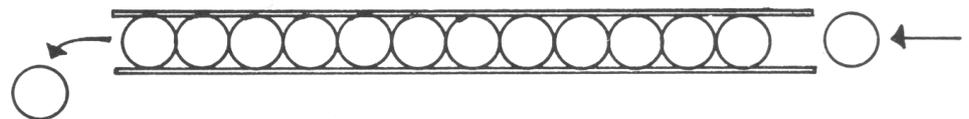
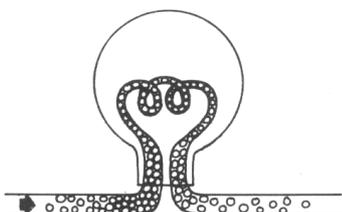


Abb. 17

Wenn du alles richtig gemacht hast, leuchtet die Glühlampe, sonst mußt du alles noch einmal sorgfältig überprüfen.

Die Tatsache, daß eine Glühlampe leuchtet, wenn man sie mit den Polen einer Batterie verbindet, ist dir sicher nicht neu, aber hast du dir schon einmal klar gemacht, wie das erreicht wird? Dazu mußt du wissen, daß der elektrische Strom nicht irgend etwas Unfaßbares ist, sondern aus unendlich kleinen Teilen besteht. Diese Teilchen nennt man **Elektronen**. Im Draht und in der Batterie sind diese Elektronen enthalten. Auf der Seite der Batterie mit dem langen Metallstreifen befinden sich besonders viele Elektronen. Dieser lange Metallstreifen wird Minuspol genannt.

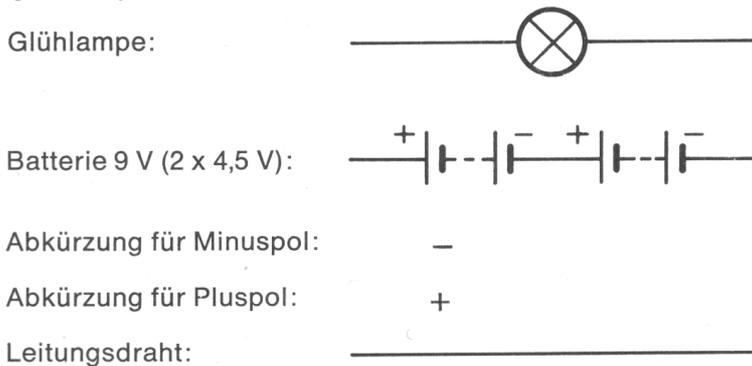
Wenn ein Draht vom Minuspol der Batterie über die Lampe zum Pol mit dem kurzen Metallstreifen – genannt Pluspol – geführt wird, so drängen die am Minuspol im Überschuß vorhandenen Elektronen in den Leitungsdraht und schieben die darin enthaltenen Elektronen vor sich her. Dabei werden alle Elektronen gleichzeitig mit gleicher Geschwindigkeit bewegt. Am anderen Ende des Drahtes werden die Elektronen wieder über den Pluspol in die Batterie zurückgedrängt.



Die Elektronen, die dabei durch den Glühfaden der Lampe geschoben werden, bringen ihn zum Leuchten. Da sich die Elektronen immer vom Minuspol zum Pluspol in einem Kreis bewegen, spricht man von einem **Stromkreis**.

Löse jetzt an irgendeiner Stelle den Leitungsdraht. Die Glühlampe erlischt. Die Wanderung der Elektronen wird unterbrochen, weil kein geschlossener Stromkreis mehr besteht.

Damit nicht von jedem Gerät eine große Zeichnung angefertigt werden muß, die ja bei komplizierten Schaltungen immer unübersichtlicher werden würde, haben die Techniker Abkürzungen verabredet, um sich besser verständigen zu können. Diese Abkürzungen werden **Schaltzeichen** oder **Schaltsymbole** genannt. Für die in der ersten Schaltung verwendeten Teile gelten folgende Symbole:



Zeichnungen, in denen nur Schaltzeichen verwendet werden, heißen **Schaltbilder**. Alle Drahtverbindungen werden so gezeichnet, daß sie senkrecht aufeinanderstehen. Danach ergibt sich für die erste Schaltung das Schaltbild Abb. 16. Zu jedem Bauplan findest du immer ein Schaltbild.

In der vorigen Schaltung konnte der Fluß der Elektronen vom Minuspol (-) zum Pluspol (+) – der Stromkreis also – nur unterbrochen werden, wenn der Verbindungsdraht an einer Stelle gelöst wurde. Diese Unterbrechung soll jetzt an einer bestimmten Stelle erfolgen.

Schaltung 2

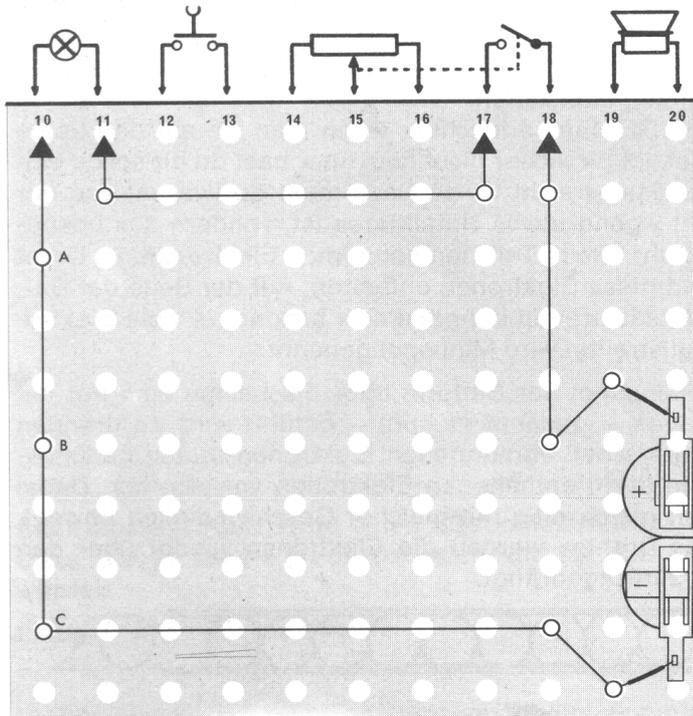


Abb. 18

Löse dazu die Verbindung zwischen den Klemmen Y und Z und führe den Draht an die Anschlüsse 17 und 18 des Schaltpults, die mit dem Schalter des Potentiometers verbunden sind. Wenn du den Knopf nach rechts drehst, hörst du ein Knacken, und die Glühlampe leuchtet auf (Abb. 18).

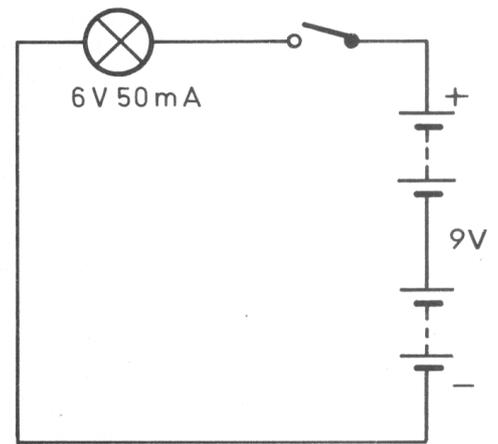


Abb. 19

Daraus wird deutlich, daß sich die Elektronen nur im Draht fortbewegen können. Wird der Schalter nicht betätigt, entsteht eine „Lücke“ im Kreis, die von den Elektronen nicht überbrückt werden kann.

Schaltzeichen für Schalter sehen so aus:



Ein-Aus-Schalter

Tastschalter

Umschalter

Für die Schaltung 2 findest du das Schaltbild in Abb. 19.

Dem Schaltbild kannst du entnehmen, daß zwischen den beiden äußeren Polen die Bezeichnung 9 V steht. Was hat es nun damit auf sich?

Wie du schon erfahren hast, bewegen sich die Elektronen in einem Kreis vom Minuspol zum Pluspol. Diese Bewegung können sie jedoch nur ausführen, wenn sie dazu angetrieben werden.

Dieser Antrieb wird durch die Batterie hervorgerufen, die wie eine Pumpe wirkt und die Elektronen immer wieder in den Draht befördert bis ihre gespeicherte Kraft aufgebraucht ist. Sie beruht darauf, daß am Minuspol der Batterie besonders viele Elektronen vorhanden sind, am Pluspol dagegen wenig. Der Unterschied zwischen viel und wenig Elektronen an zwei Polen wird als elektrische **Spannung** bezeichnet. Sie wird in **Volt**, abgekürzt **V**, gemessen, benannt nach dem Italiener Alessandro Volta.

Steht also im Schaltbild zwischen dem Minus- und dem Pluspol die Angabe 9 V, so bedeutet das, hier besteht eine elektrische Spannung von 9 Volt.

Durch ständigen Gebrauch verliert die Batterie die Fähigkeit, immer wieder Elektronen vom Minuspol durch den Leitungsdraht zum Pluspol zu drücken. Die Spannung zwischen den beiden Polen wird immer geringer und ist schließlich überhaupt nicht mehr vorhanden. Man sagt dann, die Batterie ist leer. Die Spannung beträgt dann 0 V.

Der Begriff der elektrischen Spannung läßt sich in einem Vergleich mit Wasser noch besser verdeutlichen.

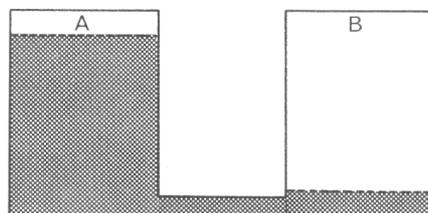
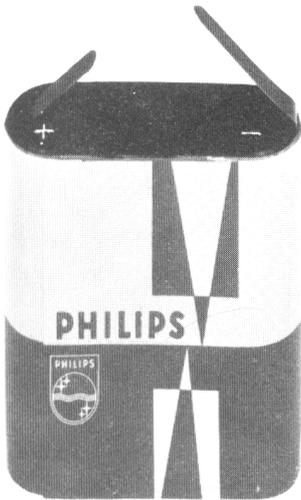


Abb. 20 a

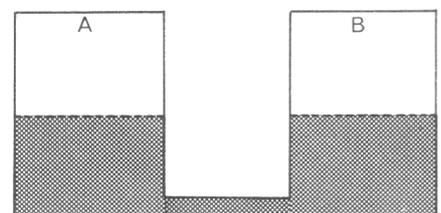


Abb. 20 b

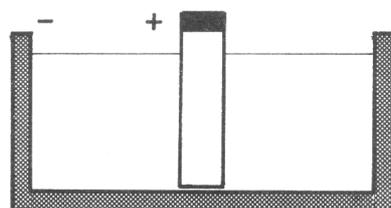


Abb. 21 a

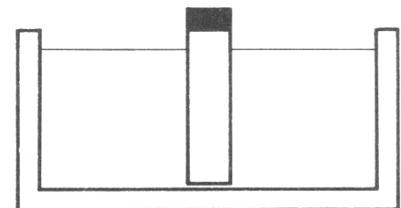


Abb. 21 b

Zwei Wasserbehälter (A und B) werden wie in Abb. 20 miteinander verbunden und der Behälter A mit Wasser gefüllt. Im Behälter A ist jedoch ein „Wasserüberschuß“, der durch die Verbindungsrohre in Behälter B drängt. Der Druck, der dabei ausgeübt wird, ist vergleichbar mit der elektrischen Spannung; denn auch die Elektronen vom Minuspol strömen zum Pluspol (Abb. 21), wie das Wasser von Behälter A nach Behälter B. Ist in beiden Behältern gleich viel Wasser enthalten, ist kein Druck mehr vorhanden – das Wasser fließt nicht mehr. Nachdem zwischen den Batteriepolen ein Elektronenausgleich erfolgt ist, besteht keine Spannung mehr, und es fließt kein Strom.

Die Spannungen in elektrischen Stromkreisen können sehr unterschiedlich sein. In der elektronischen Technik treten Spannungen auf, die viel größer, aber auch viel kleiner als 1 Volt (1 V) sind. So arbeitet z. B. die Bildröhre eines Fernsehgerätes mit Spannungen von ungefähr 15 000 V. Bei so hohen Spannungen benutzt man für je 1 000 Volt die Schreibweise 1 kV, wobei der Buchstabe k Kilo – und damit eine Abkürzung für Tausend – bedeutet ($1\,000\text{ V} = 1\text{ kV}$).

Für 15 000 V kann man abgekürzt auch 15 kV schreiben.

Bei sehr viel kleineren Spannungen wird der tausendste Teil eines Volts als Millivolt bezeichnet, abgekürzt mV, der millionste Teil eines Volts ist ein Mikrovolt; er wird abgekürzt als μV geschrieben. μ ist der griechische Buchstabe My, er wird in Verbindung mit der Bezeichnung Volt **Mikro** ausgesprochen.

1 kV	$=$	$1\,000\text{ V}$
1 V	$=$	$1\,000\text{ mV} = 1\,000\,000\ \mu\text{V}$
1 mV	$=$	$1\,000\ \mu\text{V}$

Sämtliche Schaltungen im Philips Experimentierkasten werden mit einer Spannung von 9 V betrieben. Kein Gerät funktioniert besser, wenn mehr als 9 V angelegt werden. Es könnten im Gegenteil Bauelemente dadurch zerstört werden.

Betätige noch einmal den Schalter in Schaltung 2 und achte auf die Helligkeit der Glühlampe. Nun entferne eine Batterie, befestige die Anschlußdrähte an den Polen der anderen Batterie und betätige wieder den Schalter.

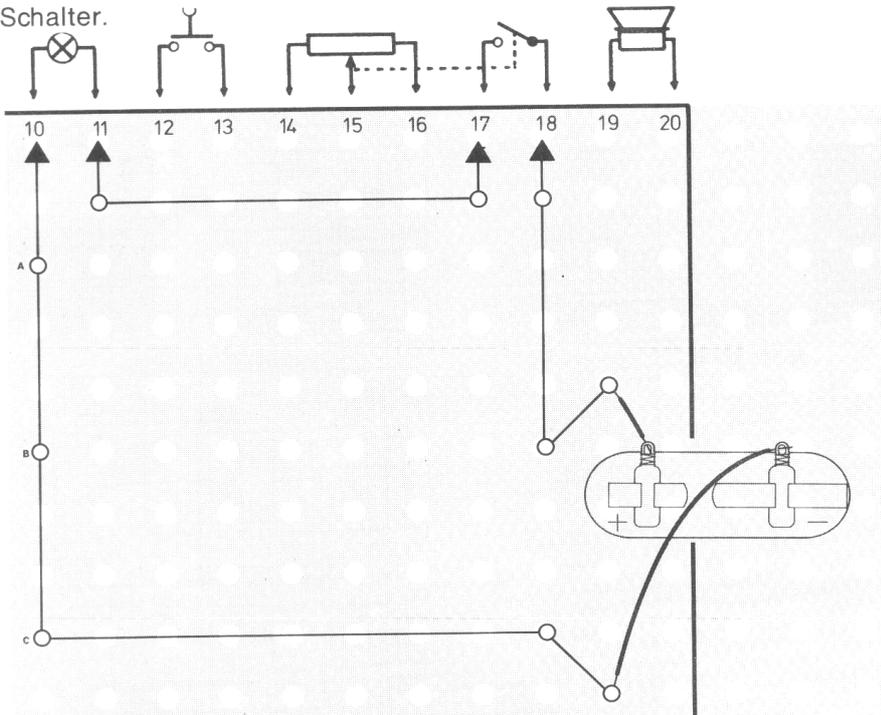


Abb. 22

Die Lampe brennt dunkler, da eine Batterie nur eine Spannung von 4,5 V liefert (Abb. 22, 23).

In der Schaltung 2 waren die beiden Batterien so miteinander gekoppelt, daß eine Verbindung vom Pluspol der einen zum Minuspol der zweiten Batterie bestand. Dadurch wird der Elektronendruck, d. h. die Spannung, verdoppelt, und die Lampe brennt heller ($4,5\text{ V} + 4,5\text{ V} = 9\text{ V}$).

Werden Batterien oder andere Bauteile in dieser Weise in den Stromkreis eingesetzt, spricht man von einer **Reihenschaltung**.

Schaltung 3

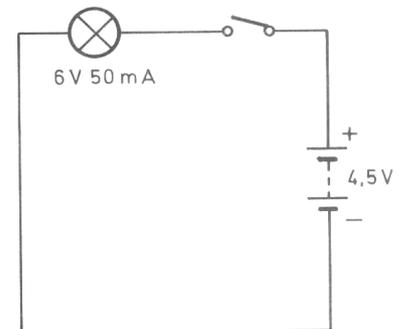


Abb. 23

Schaltung 4

Du kannst nun noch eine andere Möglichkeit, die Batterien in den Stromkreis zu schalten, ausprobieren. Verbinde dazu die beiden Plus- und Minuspole der Batterien.

Jetzt befestige zusätzlich die Anschlußdrähte am Pluspol der einen und am Minuspol der anderen Batterie (Abb. 24, 25). Dann betätige den Schalter (Knopf des Potentiometers nach rechts drehen) und achte auf die Helligkeit der Glühlampe.

Die Lampe brennt jetzt nur so hell, als ob eine Batterie in den Stromkreis geschaltet wäre. Man nennt diese Art der Schaltung **Parallelschaltung**.

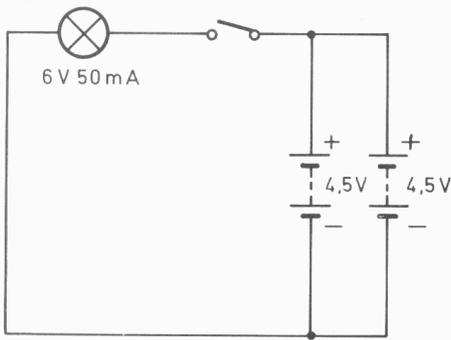


Abb. 24

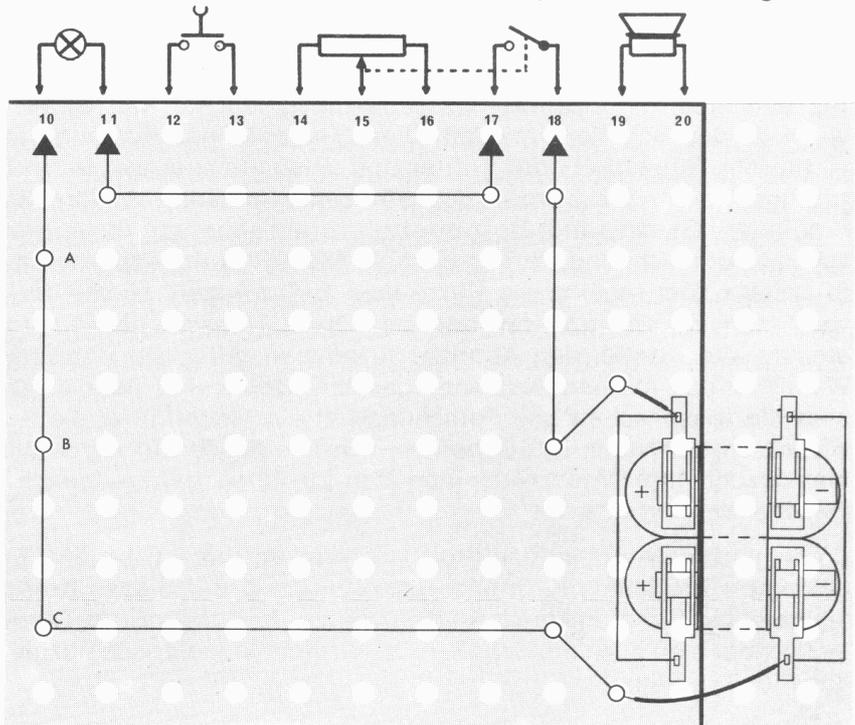


Abb. 25

In diesem Falle erhöht sich nicht die Spannung, also der Elektronendruck. Dagegen wird erreicht, daß in der gleichen Zeit mehr Elektronen durch den Leitungsdraht fließen können. Es ließen sich bei dieser Parallelschaltung der Batterien mehr Glühlampen in den Stromkreis schalten, ohne daß die Helligkeit abnimmt.

Die Menge der fließenden Elektronen, die sich in einer Sekunde durch die elektrische Leitung bewegen, ist die **Stromstärke**. Um sie zu bestimmen, wurde als Maßeinheit **Ampere**, abgekürzt **A**, festgelegt, benannt nach dem französischen Physiker André Marie Ampère.

Die Maßeinheit 1 Ampere (1 A) bezeichnet eine unvorstellbar große Zahl von Elektronen, nämlich mehr als 6 Trillionen, die in einer Sekunde den Leitungsdraht passieren. Diese Stromstärke liegt vor, wenn man z. B. eine Glühlampe von 200 Watt bei einer Spannung von 200 V einschaltet (mehr über die Maßeinheit Watt erfährst du später).

Solche und stärkere Ströme fließen im Stromnetz der Haushalte, in der Elektronik ist man im allgemeinen sparsamer mit Elektronen. In elektronischen Schaltungen fließen meist Ströme, die tausendmal oder millionenmal kleiner sind als ein Ampere. Um einfacher über diese schwachen Ströme sprechen zu können, nennt man den tausendsten Teil eines Amperes ein Milliampere, abgekürzt 1 mA, und den millionsten Teil eines Amperes bezeichnet man als ein Mikroampere, abgekürzt 1 μ A (vgl. μ V).

$$1 \text{ A} = 1\,000 \text{ mA} = 1\,000\,000 \mu\text{A}$$

$$1 \text{ mA} = 1\,000 \mu\text{A}$$

2.2. Leiter und Nichtleiter

Nachdem du erfahren hast, daß der fließende Strom in elektrischen Leitungen aus Elektronen besteht, sollst du nun verschiedene Stoffe auf ihre Leitfähigkeit untersuchen.

Auf dem Bauplan (Abb. 18) sind drei Klemmen mit A, B und C bezeichnet. Entferne zwischen Klemme B und C das Drahtstück. Halte zwischen diese beiden Klemmen nacheinander

1. einen Schlüssel, eine Bleistiftmine, eine Nähnadel;
2. ein Stück Bindfaden, ein Gummiband, ein Holzstück, Draht, von dem die Isolierung **nicht** entfernt wurde.

Betätige jeweils den Schalter und achte auf die Glühlampe.

Bei den unter 1. genannten Gegenständen leuchtet die Glühlampe auf, wenn du den Schalter betätigst. Diese Gegenstände bestehen aus Metall (Schlüssel, Nähnadel) oder Kohlenstoff (Bleistiftmine) und leiten den elektrischen Strom. Sie werden deshalb **Leiter** genannt. Andere Stoffe, wie Bindfaden, Gummiband, Holz oder die Drahtisolierung, leiten den elektrischen Strom nicht und werden deshalb **Nichtleiter** oder **Isolatoren** genannt. In Leitern können sich die Elektronen fortbewegen, Nichtleiter dagegen verhindern die Elektronenwanderung. Diese Tatsache hängt mit den Bausteinen aller Stoffe, den Atomen, zusammen. Alles auf der Erde und im Weltall ist aus Atomen zusammengesetzt. **Atome** sind zwar nicht sichtbar, aber die wissenschaftliche Forschung hat ein Modell über die Atome entwickelt. In der Natur unterscheiden sich alle Stoffe nur durch die Zusammensetzung ihrer Atomkerne und den zu ihnen gehörenden Elektronen voneinander.

Das einfachste Atom ist das Atom des Wasserstoffes (Abb. 26): Es besteht aus einem **Proton** als Kern und einem Elektron, das diesen Kern auf einer festgelegten Bahn umkreist, ähnlich wie der Mond die Erde. Diese Bahnen bezeichnet man auch als Schalen. Das Proton ist elektrisch positiv geladen, das Elektron negativ.

Wenn ein Atom mehr als zwei Elektronen besitzt, bewegen sie sich nicht alle auf einer Bahn (Schale) um den Kern, sondern auf zwei oder mehreren. Ein Kupfer-Atom (Abb. 27) z. B. hat 29 Elektronen, die um den Kern kreisen. Diese Elektronen sind so auf 4 Schalen verteilt, daß auf der äußersten Schale nur ein Elektron kreist.

Das einzelne, auf der äußersten Schale kreisende Elektron kann sich unter bestimmten Voraussetzungen aus seinem Atomverband lösen und von Atom zu Atom auf „Wanderschaft“ gehen. Man bezeichnet diesen winzigen Wanderer auch als freies Elektron. Da ein kleines Stück Kupferdraht aus Milliarden von Atomen besteht, sind auch Milliarden freie Elektronen vorhanden. Die Bewegung dieser freien Elektronen ist allerdings sehr ungeordnet. Sie können sich durch den Kupferdraht bewegen, wenn eine Spannung angelegt wird. Die aus der Stromquelle austretenden Elektronen schieben die freien Elektronen durch den Draht vor sich her und bewegen sich dann selbst durch den Draht. Der elektrische Strom besteht also aus solchen Elektronen, die sich in einem Kreislauf vom Minuspol zum Pluspol einer Stromquelle bewegen.

Diese Erscheinung ist nur bei Metallen und bei Kohlenstoff zu beobachten. Daher leiten auch nur Metalle und Kohlenstoff den elektrischen Strom. Alle anderen Stoffe nicht; sie setzen dem elektrischen Strom fast einen unüberwindlichen Widerstand entgegen. Es fließt kein Strom, wenn man sie an eine Spannungsquelle anschließt.

Während bei den Nichtleitern der Widerstand so hoch ist, daß kein Strom fließen kann, erfahren die Elektronen auch in leitenden Stoffen einen Widerstand, der durch Reibung bei der Elektronenwanderung erzeugt wird.

Schaltung 5

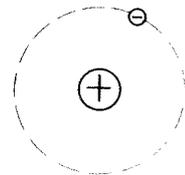


Abb. 26

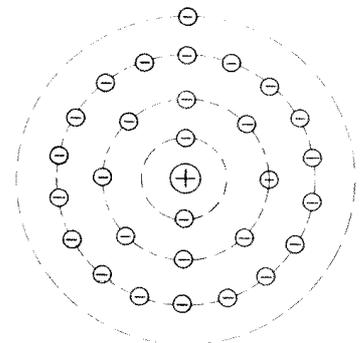


Abb. 27



Abb. 28

Schaltung 6

Er wird **elektrischer Widerstand** genannt. Aber nicht nur elektrische Leitungen haben einen Widerstand. In elektronischen Schaltungen wird es oft notwendig, den Elektronenfluß künstlich zu hemmen. Dafür wurden Bauteile aus bestimmtem Material entwickelt, die allgemein als **Widerstände** bezeichnet werden.

2.3. Der Widerstand

In diesem Experimentierkasten werden Kohlewiderstände verwendet. Sie bestehen aus einer kleinen keramischen Röhre, auf die ein dünner Kohlebelag aufgetragen ist. Eine solche Kohleschicht hat einen viel größeren Widerstand als z. B. Kupferdraht. Die Stärke des Kohlebelags, seine Länge und der Feinheitsgrad der Kohleteilchen bestimmen die Größe des Widerstandes.

Abb. 28 zeigt einen solchen Widerstand. Um die Wirkungsweise dieser Bauteile zu untersuchen, nimm dir zunächst einen Widerstand, auf dem die Farbringe gelb – lila – schwarz – gold (oder silber) zu finden sind. Du kannst den letzten Schaltungsaufbau benutzen. Um einen Vergleich zu haben, stelle zunächst zwischen Klemme B und C wieder eine Drahtverbindung her, betätige den Schalter und achte auf die Helligkeit der Glühlampe. Entferne nun das Drahtstück zwischen Klemme B und C und setze dafür den Widerstand mit den angegebenen Farbringen ein (Abb. 30). Dann schalte ein.

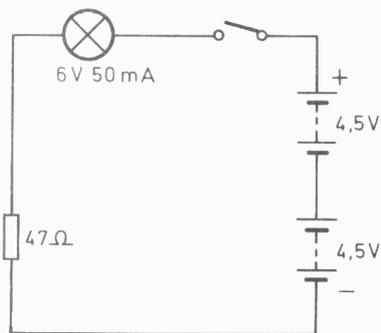


Abb. 29

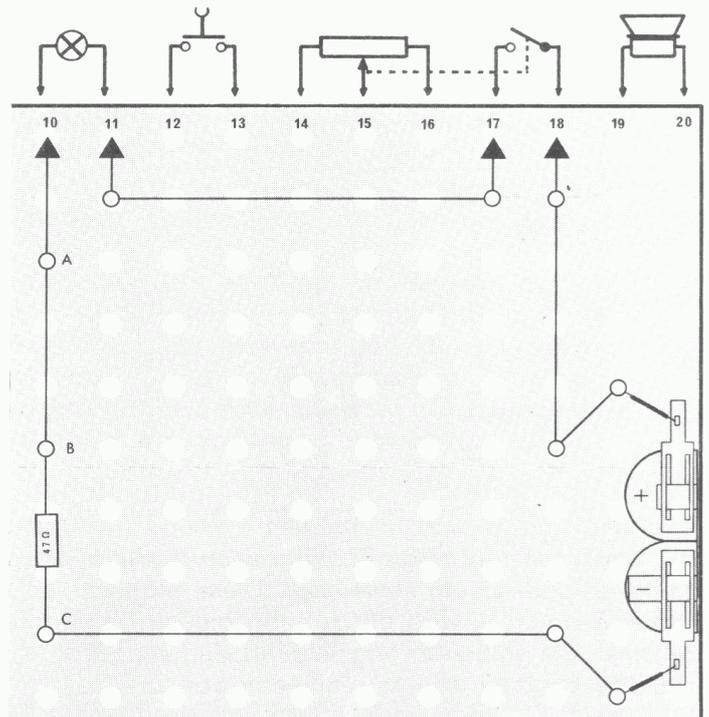


Abb. 30

Du wirst bemerken, daß die Lampe jetzt nicht mehr so hell leuchtet. Daran läßt sich erkennen, daß ein geringerer Strom zur Lampe gelangt, wenn ein Widerstand in den Stromkreis geschaltet wird.

Der Widerstand wirkt wie eine verengte Stelle im Draht, durch die die Elektronen schwerer hindurchkommen. Deshalb können auch nur weniger Elektronen zur Lampe gelangen.

Als Schaltzeichen für einen Widerstand zeichnet man: 

Das Schaltbild für einen Stromkreis mit Widerstand zeigt dir die Abb. 29. Du hast jetzt **einen** Widerstand ausprobiert; es gibt aber viele verschiedene, die die Elektronen auf ihrem Weg unterschiedlich stark hemmen.

Der deutsche Naturforscher Georg Simon Ohm hat den Widerstand im elektrischen Stromkreis genauer untersucht und gemessen. Deshalb gibt man den Wert eines Widerstandes in **Ohm** an und schreibt dafür dieses Zeichen: Ω (gesprochen Ohm). Es ist der griechische Buchstabe Omega. Große Widerstände werden in Kilo-Ohm (tausend Ohm), abgekürzt $k\Omega$ oder Mega-Ohm (Millionen-Ohm), abgekürzt $M\Omega$, angegeben.

$$1\ k\Omega = 1\ 000\ \Omega$$

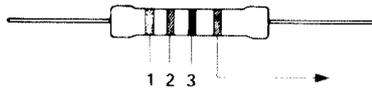
$$1\ M\Omega = 1\ 000\ k\Omega = 1\ 000\ 000\ \Omega$$

Da sich auf diese kleinen Bauteile schlecht Zahlen aufdrucken lassen, verwendet man Farbringe, an denen man den Wert eines Widerstandes ablesen kann. Jede Farbe steht für eine bestimmte Zahl, außerdem ist zu beachten, an welcher Stelle von links nach rechts der Ring steht (der goldene oder silberne Farbring muß immer rechts liegen).

Der erste Farbring bedeutet die erste Ziffer einer Zahl, der zweite Farbring bedeutet die zweite Ziffer einer Zahl. Der dritte Farbring sagt dir, wieviel Nullen an die beiden ersten Ziffern angehängt werden müssen.

An dieser Tabelle kannst du die Zahlenwerte für die einzelnen Farben ablesen.

Farbcode für Widerstände



Toleranz gold 5 %
und silber 10 %

Farbe	Erster Farbring	Zweiter Farbring	Dritter Farbring
schwarz	0	0	—
braun	1	1	0
rot	2	2	00
orange	3	3	000
gelb	4	4	0 000
grün	5	5	00 000
blau	6	6	000 000
lila	7	7	
grau	8	8	
weiß	9	9	

Die durch die Farbringe angegebenen Werte können jedoch in ihrer Genauigkeit geringfügig abweichen. Diese mögliche Abweichung – auch **Toleranz** genannt – wird durch den goldenen bzw. silbernen Ring gekennzeichnet. Ein goldener Ring zeigt an, daß der Widerstand eine Toleranz von $\pm 5\%$ hat und der silberne Ring eine von $\pm 10\%$.

Du kannst nun selbst den Wert des Widerstandes bestimmen, den du in der Schaltung benutzt hast. Lege diesen Widerstand so vor dich hin, daß der goldene (oder silberne) Ring auf der rechten Seite liegt. Von links nach rechts erkennst du die Anordnung der Farbringe gelb – lila – schwarz – (gold oder silber).

Du mußt nun ablesen:

1. Farbring: gelb	=	4
2. Farbring: lila	=	7
3. Farbring: schwarz	=	keine Null (oder 0 Nullen)
<hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/>		
Ergebnis:		47 Ohm

Der goldene Ring – Toleranz $\pm 5\%$ – deutet darauf hin, daß der Wert dieses Widerstandes zwischen $44,65\ \Omega$ und $49,35\ \Omega$ schwanken kann.

Um noch einen anderen Widerstand auszuprobieren, suche den heraus, der die Farbringe rot – rot – rot (gold oder silber) hat. Kannst du ihn schon selbst bestimmen? Der goldene oder silberne Ring muß wieder rechts liegen!

1. Farbring: rot	=	2
2. Farbring: rot	=	2
3. Farbring: rot	=	00 (2 Nullen)
Ergebnis		2200 Ohm

Dieser Widerstandswert kann auch mit 2,2 kΩ angegeben werden. In Schaltbildern findet man auch die Bezeichnung 2k2. (Weitere Schreibweisen findest du in der Codetabelle am Ende des Buches.)

Wenn du nach dem Einbau dieses Widerstandes den Schalter betätigst, werden die Elektronen durch den hohen Widerstand in ihrer Bewegung so stark gehemmt, daß nicht mehr genug zur Lampe gelangen, um sie zum Leuchten zu bringen.

Überbrückst du den Widerstand mit einem Drahtstück, das du an die Klemmen B und C hältst, leuchtet die Lampe hell auf. Die Elektronen benutzen dann den einfachen Weg durch den Draht und umgehen den Widerstand.

Daraus ergibt sich die Schlußfolgerung: Bei gleicher Spannung hängt der fließende Strom vom Wert des Widerstandes ab.

kleiner Widerstand = großer Strom
 großer Widerstand = kleiner Strom

Bei den Schaltungen zur Reihen- und Parallelschaltung der Batterien hast du festgestellt, daß die Helligkeit der Glühlampe abnimmt, wenn die Spannung verringert wird.

Da auch beim Einsetzen eines Widerstandes die Glühlampe nicht so hell leuchtet, muß der Widerstand ebenfalls ein Absinken der Spannung bewirken.

Diese Spannungsverminderung tritt an jedem Widerstand auf; sie ist je nach Widerstandswert und Stromstärke unterschiedlich groß. Man bezeichnet die durch den Widerstand hervorgerufene Spannungsverminderung als **Spannungsabfall**. So kann in elektronischen Schaltungen aus einer Batteriespannung von z. B. 9 V durch Einsetzen verschiedener Widerstände jede beliebige niedrigere Spannung erzeugt werden.

Allgemein gilt:

Kleiner Widerstand = geringer Spannungsabfall = große Stromstärke und
 großer Widerstand = hoher Spannungsabfall = kleine Stromstärke

Dieser Zusammenhang zwischen Spannung, Stromstärke und Widerstand ist im **Ohmschen Gesetz** festgelegt. Es besteht zwischen den drei genannten Größen folgende Beziehung:

1. Die Stromstärke wird größer, wenn die Spannung wächst oder der Widerstand abnimmt.
2. Die Stromstärke wird kleiner, wenn die Spannung abnimmt oder der Widerstand wächst.

Daraus läßt sich für diese Beziehung die Formel ableiten:

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{Spannung}}{\text{Widerstand}}$$

Zur praktischen Verständigung ist diese Darstellungsform zu umständlich. Deshalb benutzt man festgelegte Abkürzungen und schreibt für

Stromstärke = I
 Spannung = U
 Widerstand = R

In Kurzschreibweise ergibt sich für das Ohmsche Gesetz folgende Formel:

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

Aus diesem Gesetz läßt sich aber auch der Wert für die angelegte Spannung ermitteln. Dazu muß die Formel umgestellt werden:

$$U = I \cdot R$$

Für die Bestimmung des Widerstandes aus Stromstärke und Spannung ergibt sich:

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

Bei der Anwendung des Ohmschen Gesetzes ist zu beachten, daß die Werte für U (Spannung) in Volt, für I (Stromstärke) in Ampere und für R (Widerstand) in Ohm eingesetzt werden. Liegen die Werte für die einzelnen Größen in unterschiedlichen Maßeinheiten vor – z. B. Volt und Kilo-Ohm –, muß umgerechnet werden.

Diese Übersicht zeigt noch einmal die in der Praxis benutzten Maßeinheiten für Spannung, Stromstärke und Widerstand:

Spannung:	1 V = 1 000 mV	1 mV = 0,001 V
Stromstärke:	1 A = 1 000 mA	1 mA = 0,001 A
Widerstand:	1 Ω = 0,001 kΩ	1 kΩ = 1 000 Ω
		1 MΩ = 1 000 kΩ

Hier zwei Beispiele für die Anwendung des Ohmschen Gesetzes:

1. Die Stromstärke soll bestimmt werden, wenn bei einer Spannung von 9 V ein Widerstand von 47 Ω in den Stromkreis geschaltet wird.

$$I = \frac{U}{R} \quad I = \frac{9 \text{ V}}{47 \Omega} \quad I = 9 : 47 \approx 0,2 \text{ A}$$

2. Wie groß muß ein Widerstand gewählt werden, wenn in einem Stromkreis ein Strom von 0,5 A fließen soll und eine Batterie mit 4,5 V angeschlossen wird?

$$R = \frac{U}{I} \quad R = \frac{4,5 \text{ V}}{0,5 \text{ A}} \quad R = 4,5 : 0,5 = 9 \Omega$$

Der Widerstand muß 9 Ω betragen.

Nimm jetzt den 47-Ω-Widerstand zwischen Daumen und Zeigefinger und halte die beiden Anschlußdrähte kurzfristig direkt an die Pole der Batterien. Du wirst bemerken, daß sich der Widerstand sehr stark erwärmt.

Beim Durchfluß von Strömen entwickeln Widerstände dieser Art stets Wärme. Die Wärmewirkung entsteht durch die Reibung der Elektronen im Leitermaterial. Deshalb spricht man vom **Wirkwiderstand**.

Alle elektrischen Geräte können im weiteren Sinne demnach als Widerstände betrachtet werden. Durch die Widerstandswirkung von Heizdrähten wird z. B. die Wärmeentwicklung in Kochplatten, Bügeleisen usw. erzielt.

An dieser Stelle verrichtet der elektrische Strom Arbeit. Die in einer bestimmten Zeit verrichtete Arbeit wird als **Leistung** des elektrischen Stroms angegeben und in **Watt** gemessen, benannt nach dem Engländer James Watt.

Die Leistung wird mit dem Buchstaben P bezeichnet. Sie ergibt sich aus dem Produkt der Spannung U (in Volt) und der Stromstärke I (in Ampere).

$$P = U \cdot I$$

Je größer Stromstärke und Spannung werden, um so größer wird auch die Leistung.

Schaltung 7

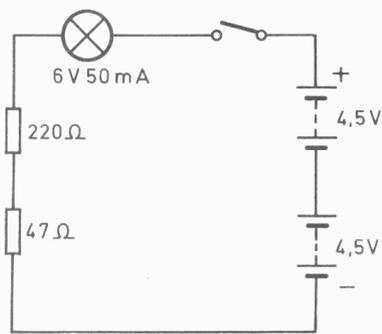


Abb. 31

Wenn sich bei dem vorigen Versuch der Widerstand so stark erwärmte, daß die Temperaturerhöhung fühlbar wurde, dann sollte das in elektronischen Schaltungen möglichst nicht auftreten. Zum einen können durch übermäßige Erwärmung Bauteile zerstört werden, zum anderen wird die Spannungsquelle (Batterie) dadurch unnötig belastet.

Du hast in den vorigen Schaltungen erkennen können, welche Wirkung ein Widerstand im Stromkreis hat. In elektronischen Schaltungen werden aber sehr viele Widerstände mit unterschiedlichen Widerstandswerten eingesetzt, um die einzelnen Bauteile mit der richtigen Spannung zu versorgen.

Die folgenden Schaltungen sollen dir zeigen, welche Wirkungen durch den Einsatz mehrerer Widerstände erzielt werden können. Du kannst dazu wieder den Aufbau der vorigen Schaltungen benutzen.

Setze zwischen die Klemmen A und B den Widerstand von 220 Ω und zwischen B und C den von 47 Ω (Abb. 31, 32). Drehe den Schalter und achte auf die Glühlampe. Sie glimmt nur schwach. Wenn du jeweils einen Widerstand mit einem Drahtstück überbrückst, leuchtet die Lampe heller.

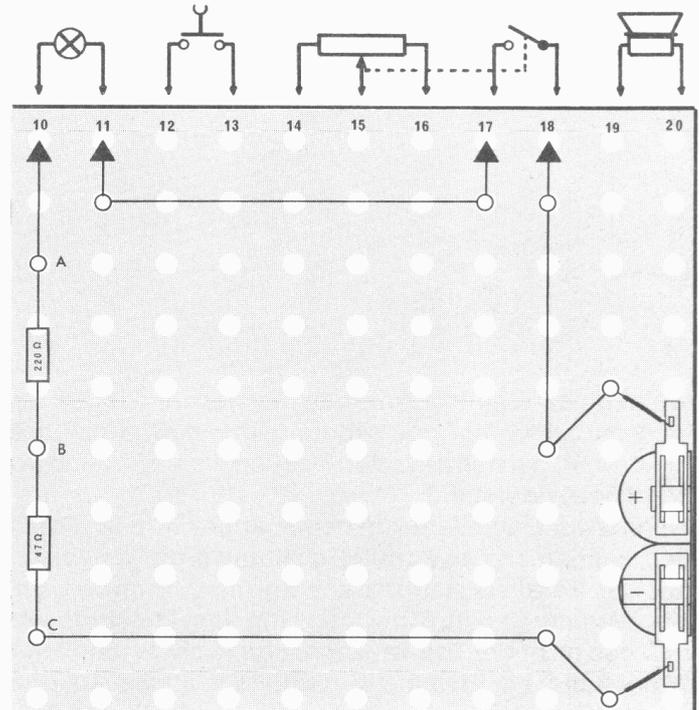


Abb. 32

Werden zwei Widerstände hintereinander in den Stromkreis eingebaut, so wirken sie wie **ein großer** Widerstand, denn die Elektronen müssen auf ihrem Weg vom Minus- zum Pluspol den Widerstand von 47 Ω und zusätzlich den von 220 Ω passieren. In beiden werden die Elektronen gehemmt, wobei sich die Widerstandswirkung addiert.

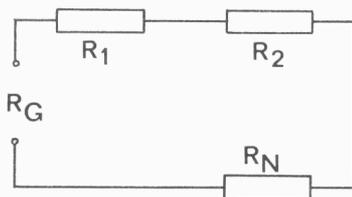
Der **Gesamtwiderstand** (abgekürzt R_G) kann also durch folgende Berechnung ermittelt werden:

$$R_G = R_1 + R_2$$

Für die im Versuch verwendeten Widerstände bedeutet das:

$$R_G = 220 \Omega + 47 \Omega$$

$$R_G = 267 \Omega$$



Natürlich kann nach dieser Formel auch der Gesamtwiderstand mehrerer hintereinandergeschalteter Widerstände errechnet werden. Es gilt dann $R_G = R_1 + R_2 + \dots + R_n$

Da die beiden Widerstände in einer Reihe im Stromkreis angeordnet sind, nennt man das **Reihenschaltung**. Diese Bezeichnung gilt für alle Bauteile, die in dieser Form in den Stromkreis eingebaut werden. Du hast sie schon einmal bei der Reihenschaltung der beiden Batterien kennengelernt.

Nimm jetzt den 47- Ω -Widerstand heraus und setze ihn **neben** den mit 220 Ω . Befestige ihn auch an den Klemmen A und B. Zwischen Klemme B und C stelle wieder eine Drahtverbindung her (Abb. 33, 34).

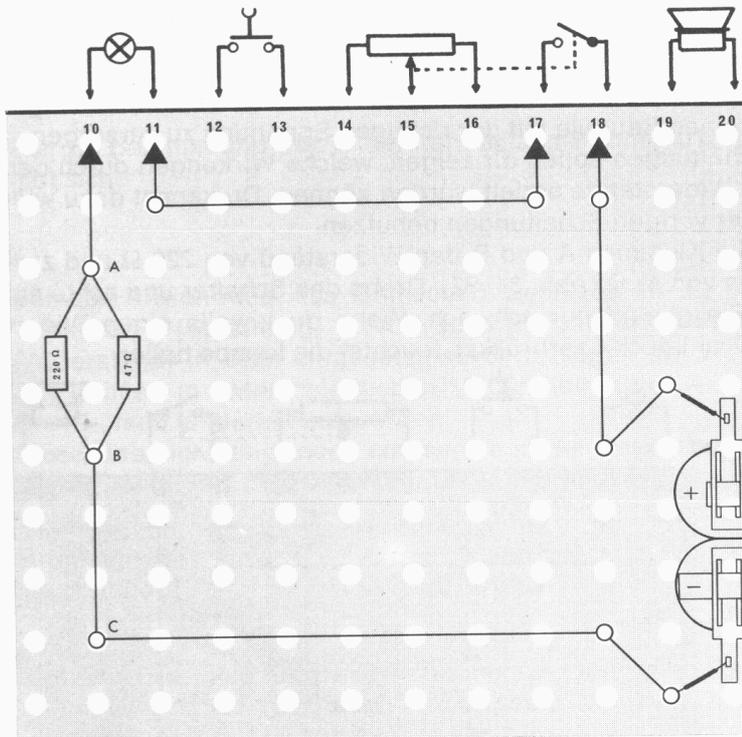


Abb. 33

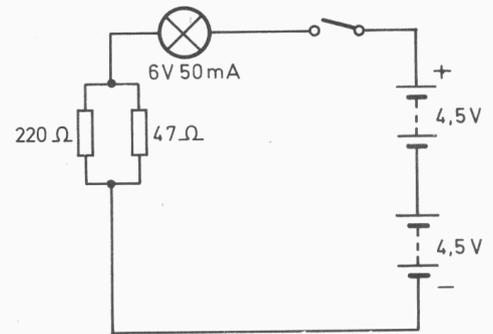


Abb. 34

Wenn du einschaltest, wirst du feststellen, daß die Lampe jetzt etwa so hell leuchtet, als ob nur der Widerstand von 47 Ω eingesetzt wäre. Die meisten Elektronen suchen sich den bequemsten Weg und wandern deshalb durch den 47- Ω -Widerstand.

Wenn zwei Bauteile so nebeneinander in den Stromkreis eingesetzt werden, nennt man das **Parallelschaltung** (vgl. Parallelschaltung von Batterien). Bei der Parallelschaltung könnte man vermuten, daß alle Elektronen nur den Weg durch den Widerstand mit dem kleineren Wert wählen.

Daß das nicht der Fall ist, kannst du leicht feststellen. Löse dazu den 220- Ω -Widerstand an Klemme B. Schalte ein und achte auf die Helligkeit der Glühlampe. Halte nun den freien Anschluß des 220- Ω -Widerstandes kurz an Klemme B. Wiederhole mehrfach, beobachte dabei die Glühlampe.

Beim Berühren der Klemme B mit dem freien Anschluß des 220- Ω -Widerstandes leuchtet die Glühlampe immer ein wenig heller. Nicht alle Elektronen wählen nämlich den leichten Weg durch den 47- Ω -Widerstand, sondern einige „quälen“ sich zusätzlich durch den größeren Widerstand. Bei einer Parallelschaltung von Widerständen ist deshalb der Gesamtwiderstand immer kleiner als der kleinste Einzelwiderstand – im vorliegenden Fall der von 47 Ω .

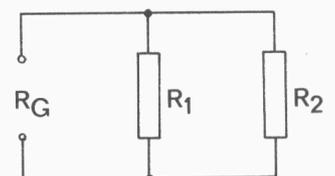
Die Berechnung des Gesamtwiderstandes wird nach folgender Formel durchgeführt:

$$R_G = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Für dieses Schaltungsbeispiel gilt:

$$R_G = \frac{220 \cdot 47}{220 + 47} = \frac{10340}{267} = 38,7 \Omega \approx 39 \Omega$$

Während also der kleinere Widerstand in der Parallelschaltung einen Wert von 47 Ω hat, beträgt der Gesamtwiderstand tatsächlich nur 39 Ω .



Schaltung 9

Als Schaltelemente haben Widerstände in einer elektronischen Schaltung wichtige Aufgaben zu erfüllen:

Durch die Verwendung von zwei hintereinandergeschalteten Batterien ist die Betriebsspannung für alle Schaltungen des Philips Experimentierkastens mit 9 Volt festgelegt. Da diese Spannung nicht für alle Bauelemente geeignet ist, kann die Spannung durch Vorschalten eines Widerstandes herabgesetzt werden. Dadurch wird verhindert, daß das Bauteil (z. B. Transistor) zerstört wird. Man bezeichnet diesen Widerstand als **Vorwiderstand**. Eine andere wesentliche Aufgabe der Widerstände kannst du aus der folgenden Schaltung erkennen. (Nach Möglichkeit sollten dafür frische Batterien verwendet werden.) Baue dazu einen Stromkreis auf, in dem die Widerstände von $220\ \Omega$ und $47\ \Omega$ zwischen den Klemmen A–B und B–C in Reihe geschaltet werden. Die Anschlüsse 10 und 11 der Glühlampe werden mit Klemme B und F verbunden (Abb. 36.). Dann verbinde Klemme E und F mit einer Drahtbrücke, schalte ein und achte auf die Glühlampe.

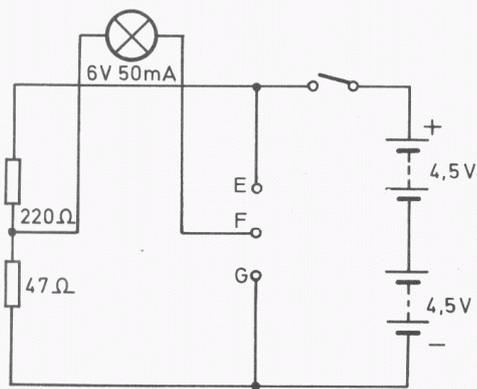


Abb. 35

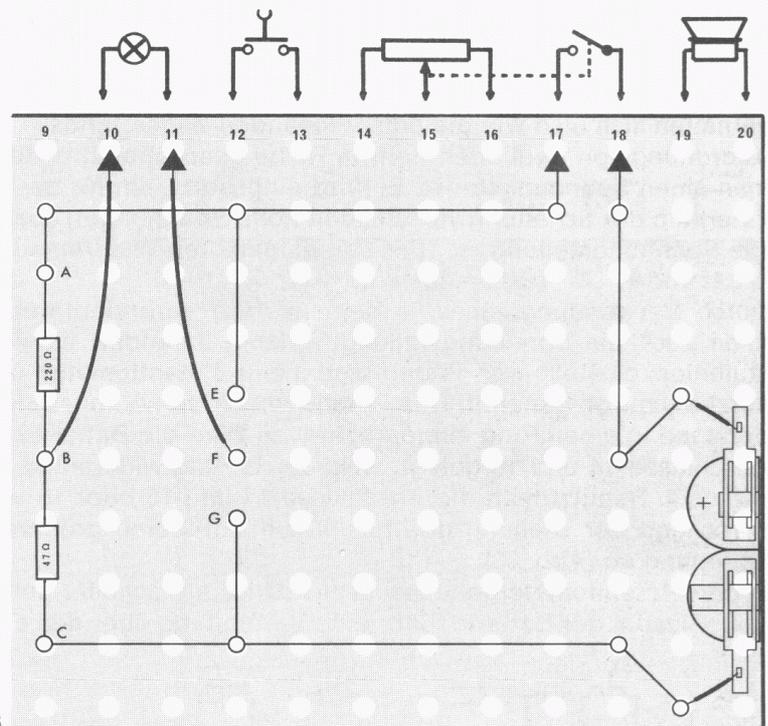


Abb. 36

Löse nun die Drahtbrücke zwischen E und F und stelle eine Verbindung zwischen F und G her. Drehe den Schalter und achte auf die Glühlampe. (Du mußt jetzt sehr genau hinsehen, eventuell den Raum abdunkeln.) Im ersten Fall leuchtet die Lampe hell. Durch die Verbindung der Klemmen E und F wird erreicht, daß die Lampe mit dem Widerstand R_2 ($47\ \Omega$) in Reihe und gleichzeitig mit R_1 ($220\ \Omega$) parallelgeschaltet ist. Im zweiten Fall glimmt die Lampe nur äußerst schwach, denn jetzt wird durch die Verbindung der Klemmen F und G die Lampe mit dem Widerstand R_1 ($220\ \Omega$) in Reihe und mit R_2 ($47\ \Omega$) parallelgeschaltet.

Mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes läßt sich diese Erscheinung erklären.

Zunächst kann nach der Formel $I = \frac{U}{R}$ der durch die Widerstände fließende Strom ermittelt werden. Die Batteriespannung beträgt 9 V, der Gesamtwiderstand $220 + 47 = 267\ \Omega$.

Also ist:

$$I = \frac{9}{267}$$

$$I \approx 0,0337\ \text{A}$$

Für R_1 : $U_1 = 220 \cdot 0,0337 = 7,42 \text{ V}$
 $U_1 \approx 7,5 \text{ V}$

Für R_2 : $U_2 = 47 \cdot 0,0337 = 1,58 \text{ V}$
 $U_2 \approx 1,5 \text{ V}$

In dieser Reihenschaltung verhalten sich die Widerstände von 220Ω und 47Ω ungefähr wie $5 : 1$. Die Berechnung nach dem Ohmschen Gesetz ergibt, daß sich auch die Teilspannungen ungefähr wie $5 : 1$, nämlich $7,5 \text{ V} : 1,5 \text{ V}$, verhalten.

Die Glühlampe erhält also bei Reihenschaltung mit dem Widerstand R_2 (47Ω) eine Spannung von $7,5 \text{ V}$, weil an R_2 nur ein Spannungsabfall von $1,5 \text{ V}$ auftritt ($9 \text{ V} - 1,5 \text{ V} = 7,5 \text{ V}$). Sie brennt deshalb hell. Bei Reihenschaltung mit dem Widerstand R_1 (220Ω) dagegen erhält sie nur eine Spannung von $1,5 \text{ V}$, weil an R_1 ein Spannungsabfall von $7,5 \text{ V}$ auftritt ($9 \text{ V} - 7,5 \text{ V} = 1,5 \text{ V}$). Deshalb glimmt sie nur ganz schwach.

Die errechneten Werte stimmen nicht ganz genau, da die Glühlampe einen Eigenwiderstand hat und somit in der Parallelschaltung mit R_1 oder R_2 den Gesamtwiderstand verändert.

Die Spannungen an den einzelnen Widerständen einer Reihenschaltung verhalten sich also wie die entsprechenden Widerstandswerte. Eine solche Anordnung von zwei oder mehr in Reihe geschalteten Widerständen nennt man einen **Spannungsteiler**. Er wird eingesetzt, um für bestimmte Bauteile innerhalb der Schaltung verschieden hohe Spannungen abzugreifen.

Die Spannungsteilung ist aber bei festgelegten Widerstandswerten – z. B. 220Ω und 47Ω – fest eingestellt.

Durch Verwendung eines in seinem Wert veränderbaren Widerstandes kann auch die Spannungsteilung beliebig verändert werden. Ein solcher stufenlos einstellbarer Widerstand heißt **Potentiometer** (Abb. 37), abgekürzt auch Poti genannt. Das Potentiometer ist so konstruiert, daß der Widerstand in einen Ring eingearbeitet ist. Wird die Batteriespannung an die Anschlüsse 14 und 16 gelegt, wird der Gesamtwiderstand von z. B. $10 \text{ k}\Omega$ wirksam. Benutzt man die Anschlüsse 14 und 15 oder 15 und 16, fällt entsprechend der Stellung des Schleifkontaktes eine größere oder kleinere Spannung ab (Abb. 38).

In dem Potentiometergehäuse ist zusätzlich ein Schalter untergebracht.

Vom Pluspol der Batterie führe eine Verbindung über den Ein-Aus-Schalter

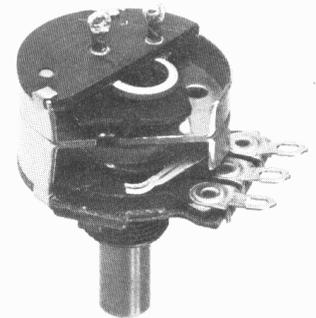


Abb. 37

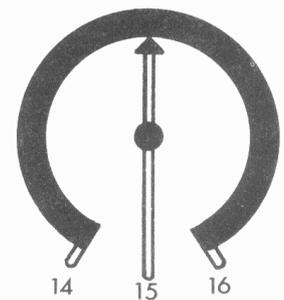


Abb. 38

Schaltung 10

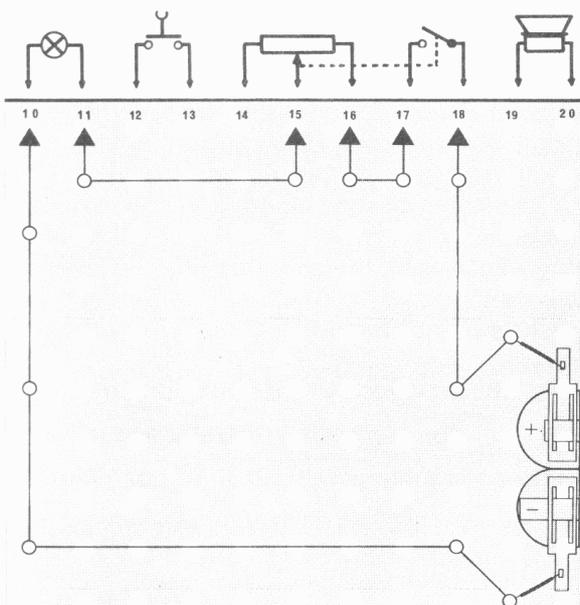


Abb. 39

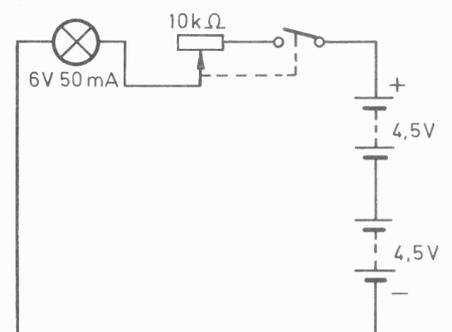
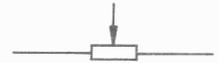


Abb. 40

(Anschlüsse 17 und 18) zum Anschluß 16 des Potentiometers. (Die Schaltung kann auch mit dem Trimpotentiometer (ab EE 2004) durchgeführt werden.) Dann verbinde Anschluß 15 (Schleiferkontakt) mit dem Anschluß 11 der Glühlampe. Vom Anschluß 10 führt die Verbindung zum Minuspol der Batterie (Abb. 39, 40).

Das Schaltzeichen für ein Potentiometer sieht so aus:



Schalte zunächst ein und bewege dann durch Drehen am Knopf den Schleiferkontakt des Potentiometers langsam immer weiter nach rechts. – Die Glühlampe leuchtet erst hell auf. Je weiter du den Knopf nach rechts drehst, desto dunkler wird die Glühlampe, weil der Widerstand ständig größer wird. Schließlich erlischt sie ganz, weil der Widerstand so groß ist, daß die noch vorhandene Spannung nicht mehr ausreicht, um die Lampe zum Leuchten zu bringen. Am anderen Anschlagpunkt beträgt der Widerstand 10 000 Ω (10 k Ω).

Soll das Potentiometer als Spannungsteiler arbeiten, wird die Batteriespannung an die Anschlüsse 14 und 16 gelegt. Über den Schleiferkontakt 15 kann die gewünschte Teilspannung abgenommen werden (Abb. 41 und Abb. 42).

Schaltung 11

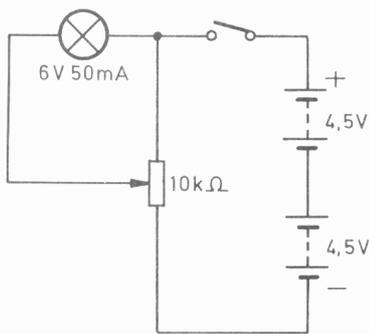


Abb. 41

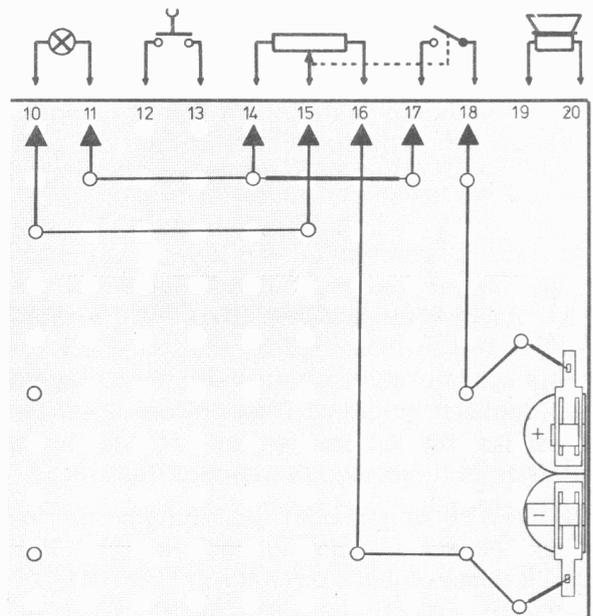


Abb. 42

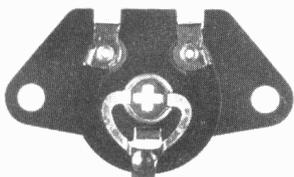


Abb. 43

In gleicher Weise arbeitet ein weiteres Bauteil, das **Trimpotentiometer** (Abb. 43). Der Unterschied besteht nur darin, daß beim Trimpotentiometer eine gewünschte Spannungsteilung eingestellt („getrimmt“) und nach dem Einbau nicht mehr verändert wird. Der Gesamtwiderstand des Trimpotentiometers beträgt 47 000 Ω (47 k Ω).

Du sollst jetzt noch einige besondere Widerstände kennenlernen, die sich in ihrer Konstruktion von den bisher beschriebenen sehr unterscheiden. Ihre Funktionsweise kannst du am Beispiel des **lichtabhängigen Widerstandes** (Abb. 44), abgekürzt **LDR** (englisch: **L**ight **D**ependent **R**esistor), erfahren.

Baue dir dazu einen einfachen Stromkreis nur mit der Glühlampe auf. Unterbrich zwischen Klemme A und B diesen Stromkreis, setze den LDR dazwischen und laß – möglichst von einer Taschenlampe – einen Lichtstrahl auf die gestreifte Fläche fallen. Solange ausreichend Licht auf den LDR fällt, leuchtet die Glühlampe auf (Abb. 45, 46).

Schaltung 12

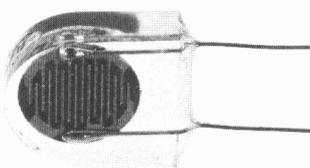


Abb. 44

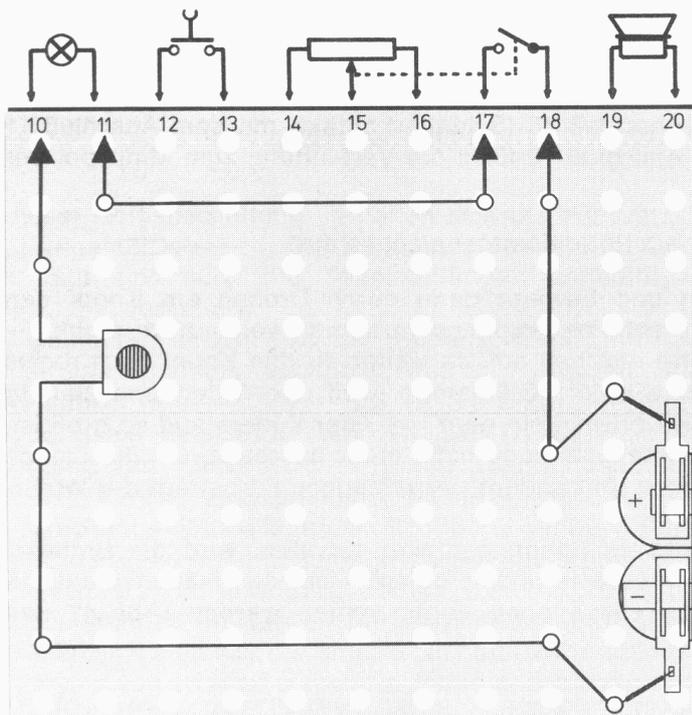


Abb. 45

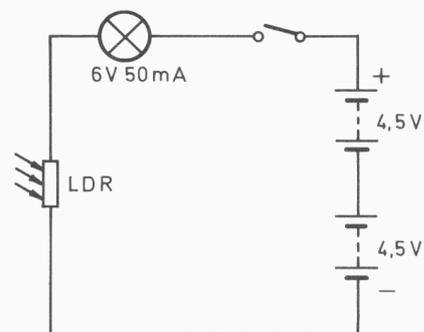


Abb. 46

Die Konstruktion des lichtabhängigen Widerstandes beruht darauf, daß das verwendete Material im Dunkeln einen sehr hohen Widerstand (ca. 10 Mega-Ohm) besitzt. Fällt Licht auf die gestreifte Seite, nimmt der Widerstand ab, bei starkem Lichteinfall beträgt er z. B. nur noch ca. 20 Ω .

Schaltzeichen:



Hier noch zwei Widerstände, die ihren Wert durch äußere Einflüsse ändern:

1. temperaturabhängiger Widerstand, abgekürzt **NTC**
(englisch: **N**egative **T**emperature **C**oefficient)
2. spannungsabhängiger Widerstand, abgekürzt **VDR**
(englisch: **V**oltage **D**ependent **R**esistor)

Der NTC verringert bei Erwärmung seinen Wert, d. h. der Spannungsabfall wird kleiner. Er wird eingesetzt, um z. B. bei Erwärmung von Transistoren den Basisstrom zu steuern (vgl. Transistor).

Der VDR ist ein Bauelement, dessen Widerstandswert bei einer bestimmten Spannung geringer wird. Er wird zur Spannungsstabilisierung eingesetzt. Bei allen bisherigen Schaltungen hast du den elektrischen Strom als ständige Wanderung der Elektronen vom Minuspol der Batterie über die Leitung zum Pluspol kennengelernt. Man nennt ihn dann **Gleichstrom**.

2.4. Der Wechselstrom

Eine andere Form der Elektronenbewegung wird möglich, wenn sich die Elektronen ständig in der angeschlossenen Leitung hin- und herbewegen. Ein solcher Strom wird **Wechselstrom** genannt.

Aus einem Vergleich soll dir deutlich werden, wie hierbei der Stromfluß zustande kommt.

In Abb. 47 liegen einige Kugeln hintereinander in einer Reihe. Wenn die rechte Kugel in Bewegung gesetzt wird und gegen die andere prallt, kommt sie sofort zum Stillstand. Die äußere linke Kugel aber löst sich im gleichen Augenblick von der Reihe und bewegt sich allein weiter. Wenn sie umgekehrt nun ihrerseits auf die Kugelreihe zurückprallt, spielt sich der gleiche Vorgang in der anderen Richtung ab, und die äußere rechte Kugel entfernt sich allein von der Reihe (Abb. 48).

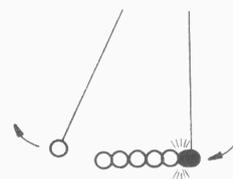


Abb. 47

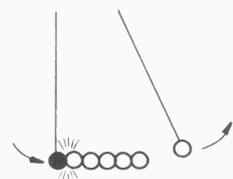


Abb. 48

Ein ähnlicher Vorgang spielt sich auch bei den Elektronen in der Leitung ab.

Durch eine ganz einfache Prüfung wird das deutlich. Entferne aus der vorigen Schaltung den LDR und schließe den einfachen Stromkreis durch eine Drahtverbindung. Dann halte das eine Ende des Leitungsdrahtes an den Pluspol, das andere an den Minuspol der Batterie.

Die Lampe leuchtet, weil sofort die Elektronenwanderung von Minus nach Plus einsetzt. Halte die Leitungsenden jetzt jeweils an die entgegengesetzten Pole der Batterie. Die Lampe leuchtet wieder, die Elektronenbewegung geht jetzt aber in die andere Richtung. Wenn du den „Wechsel“ zwischen den Batteriepolen in schneller Folge mehrfach wiederholst, wechseln auch die Elektronen in der Leitung jedesmal die Richtung, bringen aber trotz der Hin- und Herbewegung die Lampe zum Leuchten. Im Prinzip hast du auf diese Weise in Ansätzen eine „Wechselspannung“ – wenn auch in sehr ungleichmäßiger Form – erzeugt.

Tatsächlich bewegen sich die Elektronen z. B. im Haushalts-Stromnetz in einem sehr viel schnelleren Wechsel, und zwar für $\frac{1}{100}$ sec. in die eine und darauf für $\frac{1}{100}$ sec. in die andere Richtung usw.

Eine elegantere Möglichkeit, eine Wechselspannung zu erzeugen, ergibt sich, wenn du den Schiebeschalter (ab EE 2004) in den Stromkreis einbeziehst (Abb. 49).

Sowohl in Schalterstellung links als auch in Stellung rechts leuchtet die Glühlampe.

Mit einem Spannungsmesser (Voltmeter) anstelle der Glühlampe ließe sich die Richtungsänderung sichtbar machen. So kann die Wechselspannung nur theoretisch konstruiert werden, und es ergibt sich eine Darstellung wie in Abb. 50, 51.

Wird im Punkt 0 die Spannung eingeschaltet – Schalterstellung „links“ –, zeigt das Meßgerät einen Ausschlag von + 9 V. Das entspricht dem Punkt 1 im Diagramm. Die Verbindungslinie 0 – 1 zeigt den Anstieg der Spannung beim Einschalten. Bei dieser Schalterstellung ändert sich an der vorhandenen Spannung nichts. Sie bleibt auf gleicher Höhe bei + 9 V stehen, dargestellt durch die waagerechte Linie von 1 nach 2.

Wird der Schalter auf Stellung „rechts“ gelegt, werden die Batterieanschlüsse umgepolt, und die Spannung ändert ihre Richtung. Der Zeiger des Meßinstrumentes wandert beim Umschalten über den Nullpunkt in den negativen Anzeigebereich und bleibt bei – 9 V stehen (Punkt 3 der Darstellung). Die Richtungsänderung zeigt die Verbindungslinie von 2 nach 3. Solange der Schalter in dieser Stellung belassen wird, ändert sich auch die Spannung von – 9 V nicht (Verbindung von Punkt 3 nach 4). Erst wenn in Punkt 4 der Schalter wieder auf Stellung „links“ gelegt wird, kehrt sich die Richtung der Spannung erneut um.

Beim Erreichen der Nulllinie (Punkt 5) ist der erste Schwingungszug vollendet – der zweite beginnt.

Die Gesamthöhe der **Schwingung** von Punkt 0 bis Punkt 1 bzw. von 4 bis 5 heißt **Amplitude**. Sie hat in diesem Beispiel den Wert 9 V.

Damit sich ein gleichmäßiger Kurvenzug ergibt, müßte der Schalter für einen gleichen Zeitraum in Stellung „links“ bzw. „rechts“ belassen werden – im Beispiel jeweils 0,5 Sekunden. Die Zeiteinteilung wird auf der waagerechten Nulllinie abgelesen. Die Schwingungen des Wechselstroms von Punkt 0 bis Punkt 5 in einer Sekunde bezeichnet man als **Frequenz** (abgekürzt f), sie wird gemessen in **Hertz**, benannt nach dem deutschen Physiker Heinrich Hertz. Da in dem beschriebenen Beispiel für die gesamte Schwingung eine Sekunde benötigt wird, liegt hier eine Frequenz von 1 Hertz vor. Das ist eine sehr niedrige Frequenz. Der Wechselstrom des Lichtnetzes hat 50 Hertz, abgekürzt Hz, d. h., in einer Sekunde werden 50 Schwingungen ausgeführt.

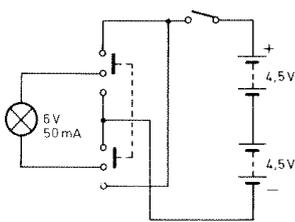


Abb. 49

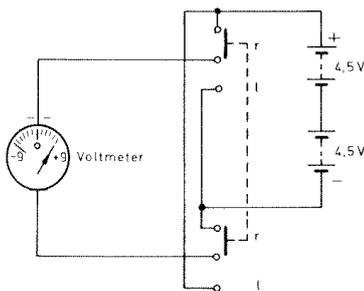


Abb. 50

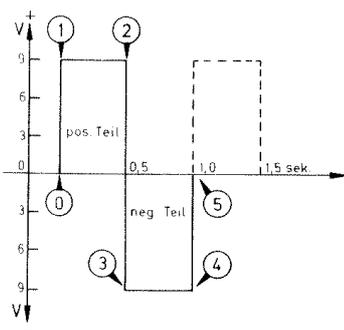


Abb. 51

$$\text{Frequenz 1 Hz} = \frac{1 \text{ Schwingung}}{1 \text{ Sekunde}}$$

Beim Umpolen der Spannung mit Hilfe des Schalters entsteht eine sogenannte **Rechteckkurve**, da bei einer bestimmten Schalterstellung die Spannung auf einer Höhe stehen bleibt.

Der Wechselstrom im Leitungsnetz fließt in einer viel „weicheren“ Kurve (Abb. 52).

Diese Kurve wird **Sinuskurve** oder Sinusschwingung genannt.

Für die Nachrichten- und Radiotechnik sind Schwingungen dieser Art von grundlegender Bedeutung, denn alles, was wir als Sprache, Musik oder Geräusche wahrnehmen, sind **Schallwellen**, die in unterschiedlichen Frequenzen schwingen. Der tiefste noch hörbare Ton schwingt mit etwa 16 Hz – also 16 Schwingungen in der Sekunde – und die obere Grenze schwankt zwischen 16 000 Hz und 20 000 Hz.

Diese Schallwellen kann man in elektrische Schwingungen umwandeln. Von einem Sender werden Schwingungen als „Trägerwellen“ ausgesendet, auf denen Sprache, Musik und Bilder zu dem Empfängern „transportiert“ werden (vergleiche Kapitel 5).

Bei sehr hohen Frequenzen verwendet man für 1000 Hz die Bezeichnung 1 kHz (Kilohertz) und für 1000 kHz schreibt auch 1 MHz (Megahertz).

$$\begin{aligned} 1\,000\,000 \text{ Hz} &= 1\,000 \text{ kHz} = 1 \text{ MHz} \\ 1\,000 \text{ Hz} &= 1 \text{ kHz} \end{aligned}$$

In der Elektronik spielt auch die Magnetkraft eine große Rolle. Sicher hast du schon einmal Gelegenheit, einen Magneten kennenzulernen und konntest dabei beobachten, welche geheimnisvolle Kraft von einem so unscheinbaren Stück Eisen ausgeht: Eisenteile werden angezogen oder können magnetisiert werden, so daß sie selbst wie ein Magnet wirken. Leider sind wir nicht in der Lage, die magnetischen Wirkungen mit unseren Sinnesorganen zu erfassen, sondern müssen dazu Hilfsmittel benutzen.

Wenn du Gelegenheit hast, dir einen Stabmagneten und Eisenspäne zu beschaffen, kannst du die magnetische Kraft sichtbar machen. Lege dazu ein Stück Papier auf den Stabmagneten und streue die Eisenspäne darauf. Sie werden sich zunächst ziemlich unregelmäßig an den Enden des Magneten – Nordpol und Südpol – anhäufen. Wenn du vorsichtig an das Papier klopfst, ordnen sich die Eisenteilchen auf ganz bestimmten Linien, die von Pol zu Pol verlaufen. Sie heißen **magnetische Kraftlinien** und sind in einem bestimmten Raum um den Magneten wirksam. Diesen Raum, der von der magnetischen Kraft erfüllt ist, nennt man **magnetisches Kraftfeld** oder kurz **magnetisches Feld** (Abb. 53).

Auch der elektrische Strom hat eine magnetische Wirkung.

Von einem stromdurchflossenen Draht geht ebenso wie von einem Stabmagneten eine magnetische Wirkung aus. Um den Draht baut sich ein magnetisches Feld auf, dessen Kraftlinien kreisförmig verlaufen (Abb. 54). Wenn man einen isolierten Draht aufwickelt, erhält man eine **Spule**. Wird nun der Strom durch eine Spule geschickt, bilden sich ebenfalls magnetische Kraftlinien aus, die Magnetwirkung ist jedoch wesentlich stärker als bei einem einzelnen Draht. Da die einzelnen Windungen verhältnismäßig eng nebeneinanderliegen, wirken die Magnetfelder der einzelnen Wicklungen gemeinsam. Die Wirkung erhöht sich bis zu einer gewissen Grenze mit der Zahl der Windungen auf der Spule. Das Magnetfeld im Inneren der Spule hat – wie ein Stabmagnet – an den Enden einen Nord- und einen Südpol (Abb. 55). Es kann noch verstärkt werden, wenn wie in Abb. 56 ein Eisenkern (Eisenstab) in das Innere der stromdurchflossenen Spule ge-



Abb. 52

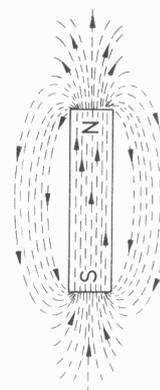


Abb. 53

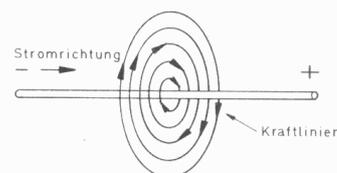


Abb. 54

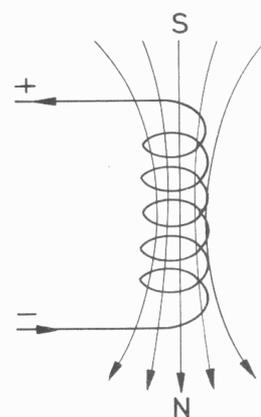


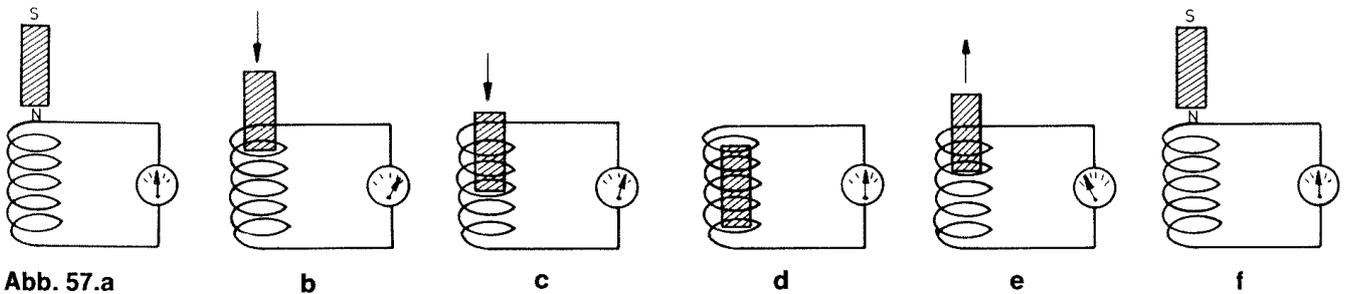
Abb. 55



Abb. 56

führt wird. Der Eisenkern in der Spule wird selbst magnetisch, solange ein Strom durch eine Spule fließt. Eine stromdurchflossene Spule mit Eisenkern wird auch als **Elektromagnet** bezeichnet. Der elektrische Strom kann also magnetische Wirkungen hervorrufen.

Daß sich dieses Verfahren auch umkehren läßt, soll anhand der folgenden Bildreihe erklärt werden (Abb. 57a bis f).



Du siehst auf dem ersten Bild eine Spule, an die ein Meßinstrument angeschlossen ist. Es soll einen auftretenden Stromfluß und seine Richtung anzeigen.

Der Magnet befindet sich auf Abb. 57a noch außerhalb der Spule im Ruhezustand. Er hat keine Wirkung auf die Spule, deshalb zeigt auch das Meßgerät keinen Ausschlag an.

In Abb. 57b und 57c bewegt sich der Magnet in das Innere der Spule, das Meßgerät zeigt einen deutlichen Ausschlag nach rechts. Es muß also eine Spannung in der Spule entstehen. In Abb. 57d steht der Magnet innerhalb der Spule still. Das Meßgerät zeigt keinen Ausschlag – es ist keine Spannung mehr vorhanden. Bewegt sich der Magnet aber in entgegengesetzter Richtung (Abb. 57e) aus der Spule, zeigt das Meßgerät wieder eine Spannung an; diesmal schlägt der Zeiger aber zur linken Seite aus. In Abb. 57f befindet sich der Magnet wieder außerhalb der Spule, das Instrument zeigt keinen Ausschlag, also ist auch keine Spannung mehr vorhanden.

Das bedeutet: Nur wenn sich der Magnet bewegt, entsteht eine Spannung. Bei Ab- bzw. Aufwärtsbewegung schneidet sein Kraftfeld den Draht der Spule, wodurch die Spannung erzeugt wird. Wird der Magnet in schneller Folge in der Spule hin- und herbewegt, entsteht eine Wechselspannung. Ihre Frequenz ist abhängig von der Häufigkeit des Eintauchens. Diese erzeugte Spannung nennt man **Induktionsspannung**. Der gesamte Vorgang der Spannungserzeugung mit Hilfe eines magnetischen Feldes wird auch als **elektromagnetische Induktion** bezeichnet.

Bei der Induktion schneiden die Kraftlinien des Magneten die Windungen der Spule und erzeugen eine Spannung. Da auch ein stromdurchflossener Draht ein magnetisches Kraftfeld um sich bildet, kann mit dem Kraftfeld einer stromdurchflossenen Spule (vgl. Abb. 55) durch Induktion eine Spannung erzeugt werden. Soll diese Spannung in einer zweiten Spule erzeugt werden, muß sie in das Kraftfeld der Spule gebracht werden, durch die der Strom fließt. Dann wird, genau wie beim Magneten, durch Induktion in der zweiten Spule eine Spannung erzeugt.

Die Induktion in der zweiten Spule kann aber nur erfolgen, wenn sie neben die erste, also in das Kraftfeld der ersten Spule, hineingebracht wird (Abb. 58) und wenn das Kraftfeld der ersten Spule durch Ein- und Ausschalten der elektrischen Spannung ständig auf- oder abgebaut wird. Die erste, stromdurchflossene Spule wird **Primärspule**, die zweite **Sekundärspule** genannt.

Da in elektronischen Schaltungen weder eine mechanische Bewegung der Sekundärspule noch ein ständiges Ein- und Ausschalten des Stroms der Primärspule möglich ist, hat man nach einer günstigeren Lösung gesucht.

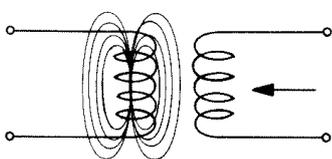


Abb. 58.a

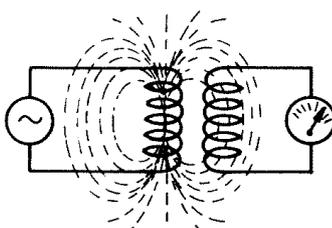


Abb. 58.b

Wird nämlich die Primärspule mit Wechselspannung versorgt, ändert der Stromfluß (vgl. Wechselstrom Abb. 51) ständig seine Richtung. Dadurch wird auch das Magnetfeld mit seinen Kraftlinien im gleichen Rhythmus periodisch umgepolt. Die Spulen brauchen also in ihrer Lage nicht mehr verändert zu werden, sondern der Wechselstrom der Primärspule induziert ebenfalls eine Wechselspannung in der Sekundärspule, da beide durch Kraftlinien miteinander gekoppelt sind. Durch einen Eisenkern läßt sich auch hier wieder die Wirkung verstärken. Eine solche Anordnung zeigt Abb. 59.

Werden nun zwei Spulen fest auf einem geschlossenen Eisenkern montiert, erhält man einen **Transformator**, der nur mit Wechselspannung arbeiten kann.

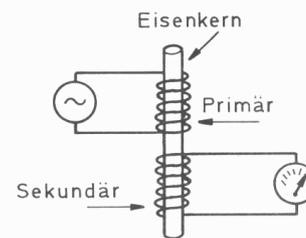


Abb. 59

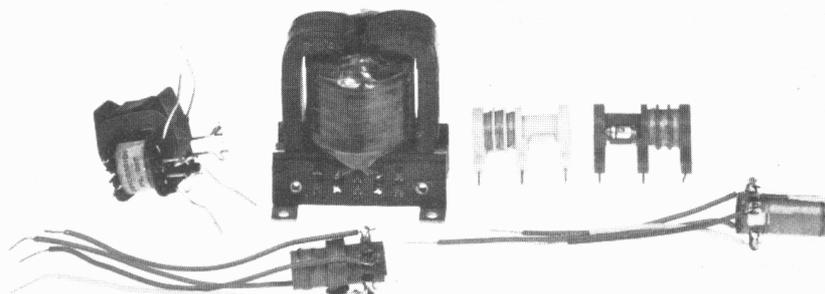


Abb. 60

Abb. 60 zeigt dir verschiedene Transformatoren, die sich in der Ausführungsform und im verwendeten Material unterscheiden.

Mit einem Transformator können u. a. niedrige Spannungen auf hohe Spannungen gebracht werden und umgekehrt. Dabei spielt die Windungszahl der beiden verwendeten Spulen eine Rolle.

Hier ein Beispiel:

Primärspule = 300 Windungen

Sekundärspule = 600 Windungen

Wird an die Primärspule eine Wechselspannung von 25 V gelegt, so steigt die Spannung in der Sekundärspule auf ca. 50 V an. Gleichzeitig wird der fließende Strom auf die Hälfte herabtransformiert. Die Windungen beider Spulen stehen in einem Verhältnis von 1 : 2; entsprechend verhalten sich die auftretenden Spannungen, umgekehrt (2 : 1) die Ströme. Hieraus wird deutlich, daß die Zahl der Windungen auf einer Spule eine ganz wesentliche Rolle spielt; außerdem hast du schon erfahren, daß die Verwendung eines Eisenkerns die Wirkung der Spule verstärkt. Ganz allgemein spricht man vom **Spulenkern**.

2.5. Die Spule

Windungszahl sowie Abmessung des Spulenkerns bestimmen die **elektromagnetischen Eigenschaften** einer Spule, die man unter dem Begriff **Induktivität** zusammenfaßt.

Um die Induktivität einer Spule bestimmen zu können, hat man als Maßeinheit das **Henry** – benannt nach dem amerikanischen Physiker Joseph Henry festgelegt. Als Formelzeichen für die Induktivität wird das L verwendet.

Die Induktivität einer Spule beträgt dann ein Henry, wenn bei einer Änderung des Stromflusses um 1 Ampere in einer Sekunde in der Spule eine Induktionsspannung von 1 V induziert wird.

Da das Henry eine recht große Einheit ist – in der Praxis werden wesentlich geringere Werte als 1 Henry gemessen –, benutzt man auch die Unterteilungen Millihenry, abgekürzt mH, für ein Tausendstel Henry und Mikrohenry, abgekürzt μH , für ein Millionstel Henry.

$$1 \text{ H} = 1\,000 \text{ mH} = 1\,000\,000 \mu\text{H}$$

$$1 \text{ mH} = 1\,000 \mu\text{H}$$

Eine weitere wichtige Funktion einer Spule besteht darin, daß sie unter bestimmten Voraussetzungen als Widerstand verwendet werden kann.

Um die Wirkung im Wechselstromkreis verstehen zu können, mußt du noch folgendes wissen:

Jede Spule baut bei Stromdurchfluß ein Magnetfeld auf (vgl. S. 34). Bei einer Änderung des Magnetfeldes wird eine Induktionsspannung erzeugt, die dem vorhandenen elektromagnetischen Zustand entgegenwirkt, d. h. der Stromfluß durch die Spule wird abgeschwächt.

Da beim Anlegen einer Wechselspannung an die Spule das Magnetfeld sich ständig auf- und abbaut, wird dem Stromfluß durch Induktion dauernd ein Widerstand entgegengesetzt. Er wird als **Wechselstromwiderstand** oder **induktiver Widerstand** bezeichnet. Dabei handelt es sich nicht um den schon bekannten Ohmschen Widerstand (**Gleichstromwiderstand**) des Spulendrahtes, der von der Länge und dem Durchmesser abhängig ist und der beim Anlegen einer Gleichspannung als fester Wert meßbar ist. Außerdem gibt es noch die Bezeichnung **Blindwiderstand** oder den Fachausdruck **Impedanz**. Der induktive Widerstand wird ebenfalls in Ohm gemessen und mit dem Buchstaben X_L bezeichnet.

Der Wechselstromwiderstand einer Spule – ihr induktiver Widerstand also – wird um so größer, je schneller die Änderungen des Magnetfeldes erfolgen. Das bedeutet, daß bei Wechselströmen mit hoher Frequenz ein großer Widerstand in der Spule auftritt, bei Wechselströmen mit niedriger Frequenz ein kleiner. Bei Gleichstrom ist der induktive Widerstand nicht wirksam.

hohe Wechselstromfrequenz = großer induktiver Widerstand
 kleine Wechselstromfrequenz = kleiner induktiver Widerstand

Diese Tatsache kann man z. B. dazu ausnutzen, zwei Wechselströme mit unterschiedlicher Frequenz zu trennen oder Gleich- und Wechselströme voneinander zu trennen. Man spricht deshalb von einer **Drosselwirkung** der Spule für den Wechselstrom und bezeichnet eine so eingesetzte Spule auch als **Drossel**.

Die Drosselspule in den Philips Elektronik-Experimentierkästen besteht aus Kupferdraht, der um einen Ferritkern gewickelt ist. Zum Schutz gegen Beschädigungen ist sie mit Wachs überzogen.

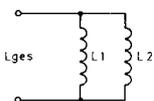
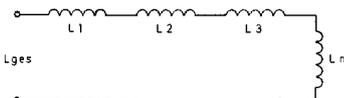
In elektronischen Schaltungen werden derartige Drosseln verwendet, um z. B. Störfrequenzen in Rundfunk- und Fernsehgeräten auszuschalten.

Werden Spulen in Reihe geschaltet, vergrößert sich die wirksame Induktivität (L) etwa nach der Formel

$$L_{\text{ges}} = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n$$

Parallelgeschaltete Spulen ergeben stets – ähnlich wie bei Widerständen – eine kleinere Gesamtinduktivität, als die kleinste verwendete Spule aufweist. Sie kann nach folgender Formel berechnet werden:

$$L_{\text{ges}} = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$$



2.6. Die Diode

Aus den bisherigen Schaltungen hast du erfahren, daß der elektrische Strom aus der Fortbewegung von freien Elektronen im Metall besteht. Wenn eine Spannungsquelle an einem metallischen Leiter (z. B. Kupferdraht) angeschlossen wird, bewegen sich die negativen Elektronen immer vom negativen zum positiven Spannungspol.

Vor ungefähr 50 Jahren entdeckte man, daß sich Elektronen unter bestimmten Voraussetzungen auch im Vakuum (luftleerer Raum) bewegen können. Um ein Vakuum zu erzeugen, wird ein Glaskolben luftleer gepumpt. In diesen Glaskolben sind vorher zwei elektrische Pole in Form von Metallplatten eingeschmolzen worden. Die Pole werden **Anode** und **Kathode** genannt. Eine solche Anordnung heißt **Röhre**.

Wird nun die Anode mit dem Pluspol und die Kathode mit dem Minuspol einer Spannungsquelle verbunden und die Kathode zusätzlich erhitzt (mit einem extra dafür eingebauten Heizdraht), treten bei einer bestimmten Temperatur von der Kathode Elektronen in den freien Raum aus. Sie werden von der mit dem Pluspol verbundenen Anode angezogen und streben dorthin. Damit ist der Stromkreis geschlossen, und es entsteht ein Stromfluß (Abb. 61). Eine solche Anordnung heißt **Röhre**.

Da diese Röhre zwei elektrische Pole (Anode, Kathode) hat, nennt man sie auch **Diode** (di = zwei) oder Röhrendiode.

Wenn nun die Spannungsquelle umgepolt wird, d. h. die Anode mit dem Minuspol verbunden wird, werden die an der beheizten Kathode austretenden Elektronen abgestoßen. Sie bilden eine Wolke um die Kathode und können den „Bezirk“ nicht verlassen. Der Elektronenstrom ist unterbrochen, die Röhrendiode sperrt den Stromfluß (Abb. 62).

Etwa 25 Jahre wurden ausschließlich Röhren in der Rundfunk- und Nachrichtentechnik verwendet. Durch die Entdeckung, daß sich für diese Zwecke auch sogenanntes **Halbleitermaterial** verwenden läßt, wurde die Entwicklung der Elektronik entscheidend verändert.

Halbleiter sind Stoffe, deren elektrische Leitfähigkeit zwischen den Nichtleitern (Isolatoren) und den guten Leitern (Kupfermetall) liegen (vgl. Leiter – Nichtleiter). Die zur Zeit am meisten verwendeten Halbleiterstoffe sind **Germanium** und **Silizium**.

Eine aus diesem Material gefertigte Diode heißt Halbleiterdiode.

Aus der Beschreibung der Röhrendiode konntest du erfahren, daß eine elektrische Leitfähigkeit nur in einer Richtung besteht.

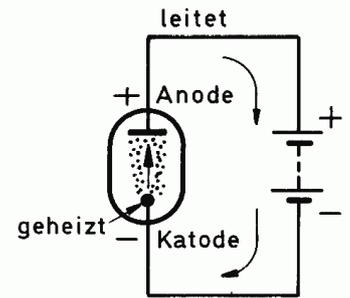


Abb. 61

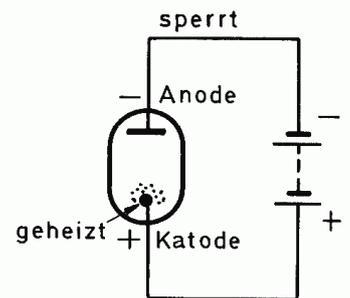


Abb. 62

Schaltung 13

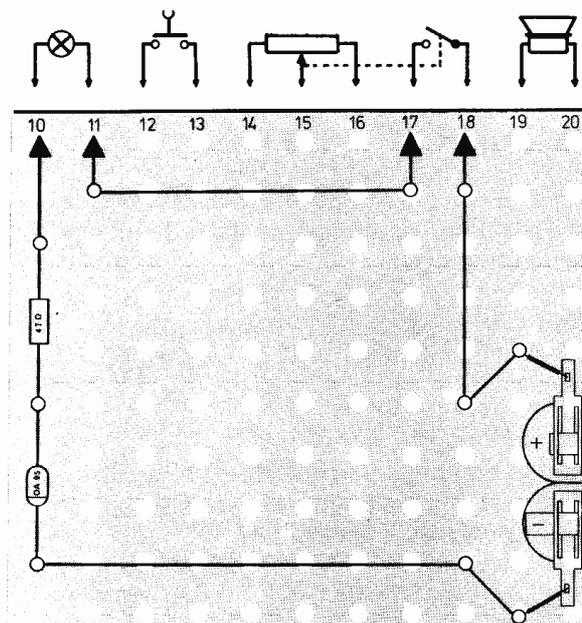


Abb. 63

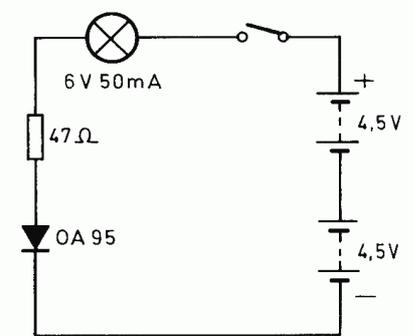


Abb. 64



Abb. 65

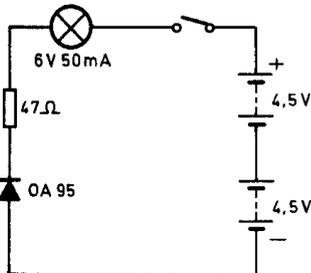


Abb. 66

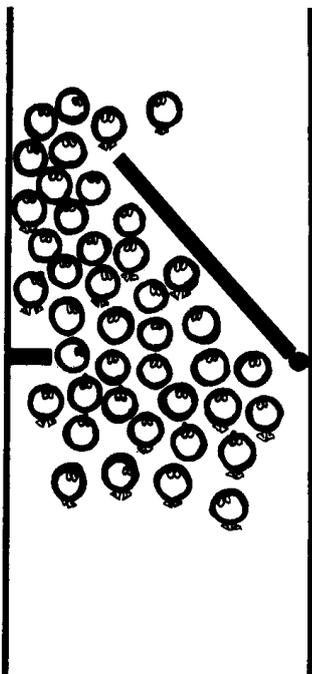


Abb. 67



Abb. 68

Um zu prüfen, ob die Halbleiterdiode aus deinem Philips Elektronik-Experimentierkasten (Abb. 65) die gleichen Bedingungen erfüllt, baue dir einen Stromkreis auf und setze die Diode so zwischen die Klemmen B und C, daß die rote Seite zum Minuspol der Batterie zeigt (Abb. 63, 64).

Wenn du den Schalter betätigst, leuchtet die Lampe.

Jetzt setze die Diode anders herum in den Stromkreis – die rote Spitze muß nun gegen den Pluspol der Batterie zeigen. Betätigst du den Schalter, leuchtet die Lampe nicht (Abb. 66).

Auch die aus Halbleitermaterial gefertigte Diode läßt die Elektronen nur in **einer** Richtung passieren.

Anhand der folgenden Modellbeispiele kannst du die Wirkungsweise einer Diode erkennen.

Dazu mußt du dir vorstellen, in die Diode sei eine Schwingtür eingebaut, die sich nur nach einer Richtung öffnet!

Zeigt die rote Spitze zum Minuspol der Batterie, strömen die Elektronen gegen diese Schwingtür, sie öffnet sich, und die Elektronen können hindurch (Abb. 67).

Man sagt, die Diode ist in **Durchlaßrichtung** (Tür geöffnet) geschaltet (Abb. 64).

Schaltzeichen für Diode:



Wird die Diode in entgegengesetzter Richtung in den Stromkreis eingebaut, strömen die Elektronen gegen die andere Seite der Tür und drücken sie gegen den Pfosten (Abb. 68). Die Diode ist dann in **Sperrichtung** geschaltet.

Die beiden Modellzeichnungen können zwar für die Wirkungsweise der Diode sehr gut als Erklärung dienen, tatsächlich sind die Vorgänge viel komplizierter.

Es ist notwendig, daß du dich noch einmal mit dem Aufbau des Atoms beschäftigst.

Aus Abb. 27 konntest du ersehen, daß für die Leitfähigkeit des Kupfermetalls das Valenzelektron (freies Elektron) auf der äußersten Schale ausschlaggebend ist, denn die gerichtete Bewegung dieser Valenzelektronen zwischen den Atomen ist elektrischer Strom.

Bei Nichtleitern (Isolatoren) gibt es **keine** freien Elektronen.

Dazwischen liegen die Halbleiter, wie z. B. Germanium und Silizium.

Auf der äußersten Schale dieser Elemente sind vier Elektronen sehr fest verankert. Bei einer Umgebungstemperatur von -273°C , man nennt diese Temperatur den absoluten Nullpunkt, bewegen sie sich überhaupt nicht. Es gibt dann auch keine elektrische Leitfähigkeit.

Bei Zimmertemperatur tritt eine schwache Leitfähigkeit auf, weil einzelne Elektronen durch das Material wandern.

Der entscheidende Unterschied zu den Leitern besteht darin, daß die vier äußeren Elektronen eines Atoms mit den Elektronen des nächsten in einer Art „Verzahnung“ miteinander verbunden sind (Abb. 69).

Löst sich jetzt durch Wärme oder Anlegen einer Spannung ein Elektron aus diesem Verband, entsteht an dieser Stelle eine Lücke; diese Lücke wird **Loch** oder **Defektelektron** genannt.

Das „abgesprungene“ Elektron wiederum füllt das Loch aus einem anderen Atomverband.

Durch diesen zweifachen Vorgang

- Austreten des Elektrons aus der Bindung,
- Ausfüllen eines Loches durch ein Elektron

entsteht einerseits eine Elektronenbewegung in Richtung auf den Pluspol der Batterie, andererseits scheinen aber auch die Löcher in Richtung des Minuspol der Batterie zu wandern. Die Erscheinung, daß die Löcher in

den Atomverbänden immer in Richtung des Minuspols „wandern“, bezeichnet man als **Löcherstrom**. Der Gesamtstrom in einem Halbleiter besteht danach aus Elektronen- und Löcherstrom.

Die schwache „Eigenleitung“ des Halbleitermaterials ist allerdings für technische Zwecke nicht ausreichend. Deshalb werden Spuren anderer Elemente zugesetzt, die auf der äußeren Schale entweder fünf oder nur drei Elektronen haben. Man nennt das **Dotieren**.

Wird der Germaniumkristall mit einem Element, z. B. Antimon, dotiert, das **fünf** Außenelektronen besitzt, wirkt dies als zusätzlicher Elektronenspende. Bei Anlegen einer Spannung wandern die freien Elektronen vom Minus- zum Pluspol. Vertauscht man die Batterieanschlüsse, kehren die Elektronen um und fließen in entgegengesetzter Richtung, aber wieder vom Minus- zum Pluspol. Der Halbleiterkristall verhält sich wie ein normaler Leiter. Der durch die Dotierung mit zusätzlichen Fremdatomen „verunreinigte“ Kristall hat also einen **Elektronenüberschuß** ($N = \text{negativ}$), der als **N-Leitfähigkeit** bezeichnet wird (Abb. 70).

Umgekehrt kann der Halbleiterkristall auch mit solchen Elementen, z. B. Indium, dotiert werden, die auf der Außenschale nur **drei** Elektronen haben. Dabei entsteht Elektronenmangel, weil bei der Bindung an die Nachbaratome ein Elektron fehlt. Es entsteht eine Lücke oder ein Loch, das auch als Defektelektron bezeichnet wird.

Beim Anlegen einer Spannung bewegen sich zwar auch Elektronen, aber sie legen nur kurze Strecken zurück, und zwar so weit, bis sie ein „Loch“ ausgefüllt haben. Dabei entsteht an der Stelle, die das Elektron vorher verlassen hat, ein neues Loch. Dieser Vorgang wiederholt sich nun ständig, so daß jedesmal neue Löcher entstehen.

Bei dieser Form der Dotierung herrscht also **Elektronenmangel** ($P = \text{positiv}$), der auch als **P-Leitfähigkeit** bezeichnet wird (Abb. 71).

Die Bewegungsrichtung der Elektronen, die immer wieder neue Löcher besetzen, verläuft wie gewohnt zum Pluspol. Gleichzeitig verschieben sich die dabei entstehenden Löcher in entgegengesetzter Richtung zum Minuspol.

Die Löcher können so angesehen werden, als ob sie eine positive Ladung haben und deshalb vom Minuspol angezogen werden.

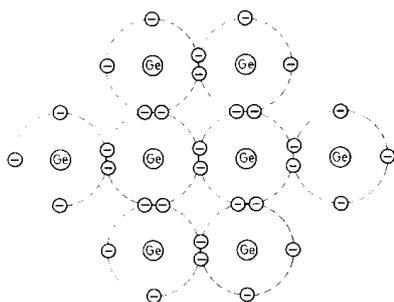


Abb. 69

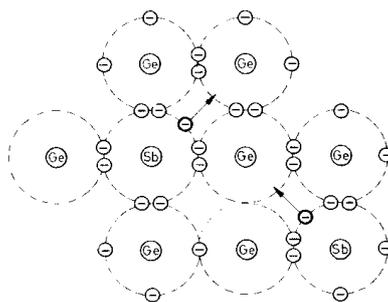


Abb. 70

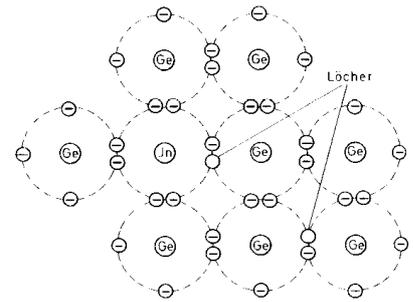


Abb. 71

Die in der letzten Schaltung verwendete Diode ist nun so konstruiert, daß sie auf der einen Seite einen Löcherüberschuß (P) und auf der anderen Seite einen Elektronenüberschuß (N) hat. In der Mitte bildet sich dann eine Zone, in der beide Bereiche aneinanderstoßen. Man bezeichnet diese Grenzfläche als **PN-Übergang**. Im Bereich der Grenzfläche wandern durch die schwache Eigenleitung Elektronen aus dem N-Bereich in den P-Bereich und füllen dort die Löcher, umgekehrt geschieht das gleiche. Dadurch entsteht eine sehr dünne neutrale Schicht. Weitere Elektronen bzw. Löcher können dann nicht mehr überwechseln.

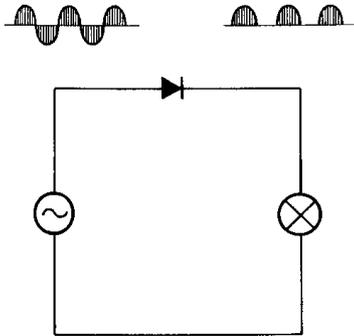


Abb. 72

Wird die Diode wie in Schaltung 13 so in den Stromkreis geschaltet, daß die Seite, auf der Elektronenüberschuß herrscht (rote Seite der Diode), mit dem Minuspol verbunden ist, werden durch die elektrische Spannung Elektronen von der einen und Löcher von der anderen Seite in den Grenzbereich des PN-Übergangs gedrückt. Der Widerstand an dieser Schicht wird so klein, daß nun ein Strom hindurchgelassen wird. Der Halbleiter leitet – die Diode ist in Durchlaßrichtung geschaltet (vgl. S. 39).

Bei Vertauschung der Batterieanschlüsse liegt der Pluspol an der Seite mit Elektronenüberschuß, der Minuspol an der Seite mit Löcherüberschuß. Jetzt werden sowohl Elektronen als auch Löcher von der Übergangsschicht weggezogen. Dadurch verbreitert sich der PN-Übergang, und ein Stromfluß findet nicht statt. Der Halbleiter sperrt – die Diode ist in Sperr-Richtung geschaltet (vgl. S. 39).

In einem Wechselstromkreis ändert sich ständig die Polung. Das bedeutet, daß die Diode den Strom in einer Richtung passieren läßt, die andere Richtung dagegen sperrt. Da der Wechsel jedoch so schnell erfolgt, macht sich der Wegfall des einen Anteils nur dadurch bemerkbar, daß eine in den Stromkreis geschaltete Glühlampe zwar ständig, aber dunkler leuchtet.

Aus der Wechselfspannung wird eine pulsierende Gleichspannung (Abb. 72). Dieser Vorgang wird in der Elektronik als **Gleichrichten** bezeichnet. Die Diode ist in dieser Funktion ein Gleichrichter.

2.7. Der Transistor

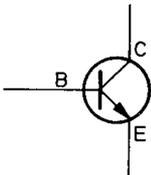
Kaum ein Bauelement hat den Bereich der Elektronik so grundlegend verändert wie der Transistor. Kleine Taschenradios wären ebenso undenkbar wie Raumflüge zum Mond oder moderne Großrechenanlagen – besser bekannt als Computer. Dabei ist es noch nicht einmal 30 Jahre her, seit amerikanische Wissenschaftler zufällig bei der Untersuchung von Dioden die Eigenschaften entdeckten, die heute den Transistor auszeichnen. Das Wort entstand übrigens aus **transfer resistor**, was etwa bedeutet „Übertragung des Widerstandes“.

Wie dieses Bauelement zu dem Namen kam und welche Eigenschaften es besitzt, wird in den folgenden Schaltungen erläutert werden.

Es soll zunächst der Transistor BC 238 (weißes Plättchen) eingesetzt werden.

Baue die Schaltung nach Abb. 73, 74 auf. Betätige nach dem Überprüfen des

Schaltensymbol Transistor NPN



Schaltung 14

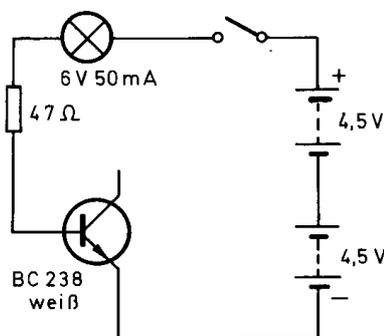


Abb. 73

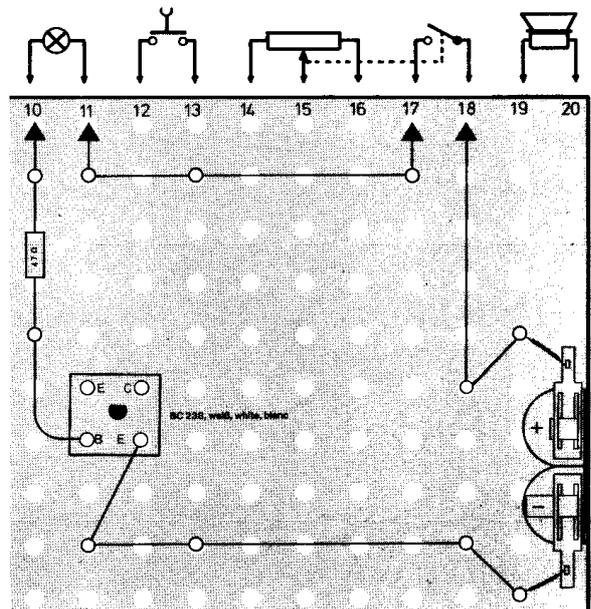


Abb. 74

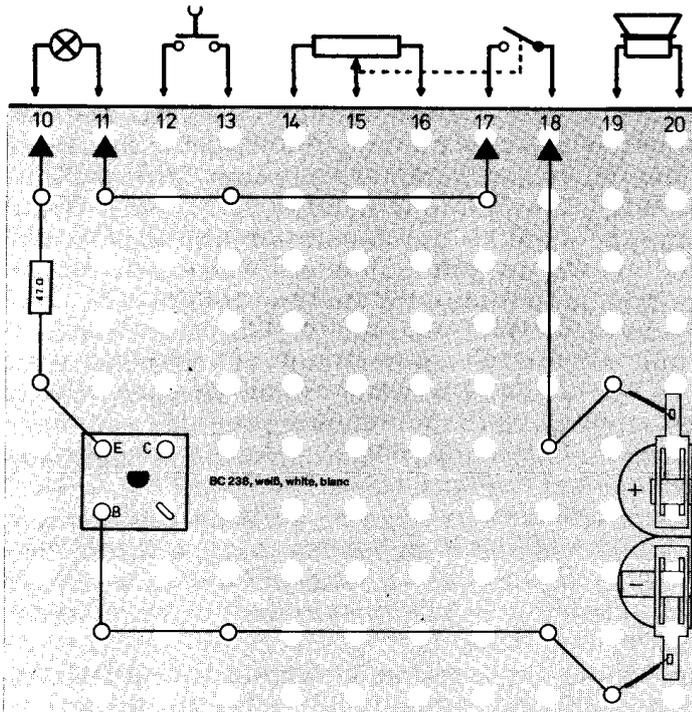


Abb. 75

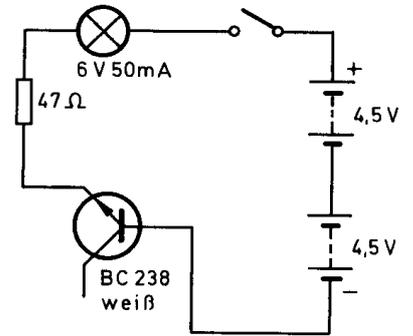


Abb. 76

Aufbaus den Schalter und achte auf die Glühlampe. Ändere anschließend die Schaltung so ab, daß der Kontakt B –**Basis**– des Transistors mit dem Minuspol der Batterie und E –**Emitter**– des Transistors mit dem Widerstand 47 Ω Verbindung hat (Abb. 75, 76). Drücke dann wieder den Schalter.

Wenn der Kontakt B – über den Widerstand, die Glühlampe und den Schalter – mit dem Pluspol der Batterie verbunden ist, leuchtet die Glühlampe. Sie leuchtet dagegen nicht, wenn der Kontakt E mit dem Pluspol der Batterie Verbindung hat.

Dieses Verhalten des Transistor, wenn nur die Kontakte B und E angeschlossen sind, entspricht genau dem der Diode. Ein Strom kann nur dann fließen, wenn bei dem Transistor BC 238 die Basis am Pluspol der Spannungsquelle liegt und der Emitter am Minuspol. Andernfalls wird das „Tor“ gesperrt, und die Lampe leuchtet nicht.

Wie verhält sich der Transistor, wenn die Anschlüsse B und C belegt werden?

Baue die Schaltung nach Abb. 77, 78 auf. Untersuche, ob die Lampe beim Betätigen des Schalters leuchtet.

Schaltung 15

Schaltung 16

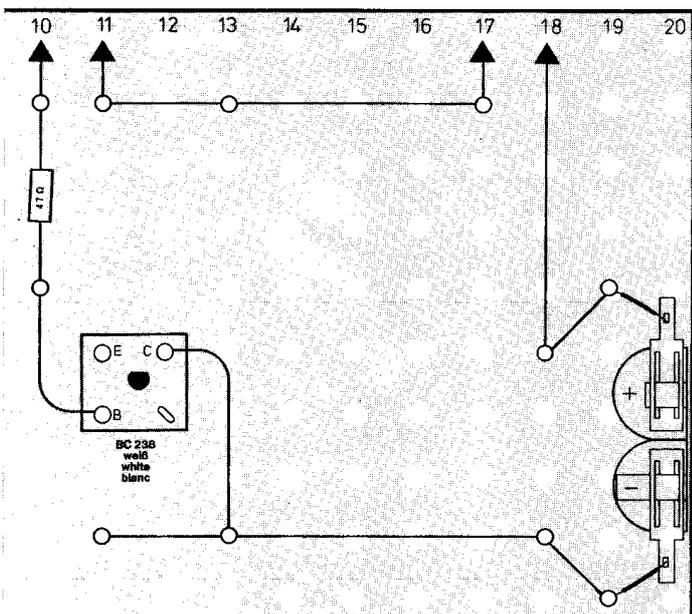


Abb. 77

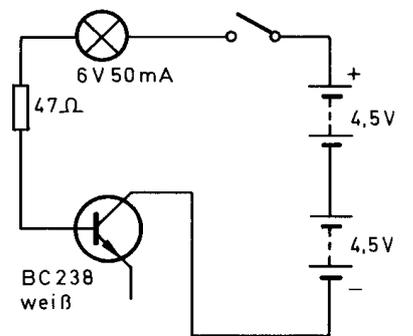


Abb. 78

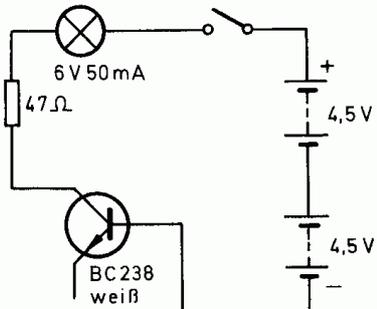


Abb. 79

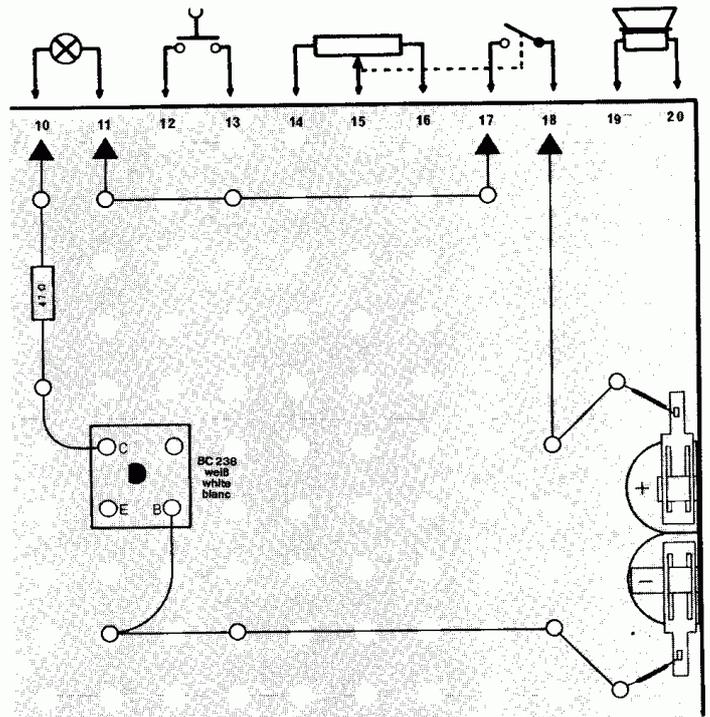


Abb. 80

Schaltung 17

Ändere dann den Aufbau wie in Abb. 79, 80 so ab, daß der **Kollektor (C)** über den Widerstand, die Lampe und den Schalter Verbindung mit Pluspol und die Basis (B) direkt zum Minuspol der Batterie hat. Leuchtet die Lampe jetzt auch?

Die Lampe leuchtet nur dann, wenn die Basis am Pluspol der Batterie liegt. Es ist übrigens gleichgültig, ob, wie in diesem Aufbau, noch der Widerstand, die Lampe und der Schalter dazwischenliegen. Die Basis bleibt trotzdem mit dem Pluspol verbunden.

Schaltung 18

Auch die beiden Kontakte Basis und Kollektor zeigen dasselbe Verhalten wie eine Diode. Du sollst nun untersuchen, wie sich die beiden Kontakte Emitter und Kollektor im Stromkreis verhalten. Baue dazu die Schaltung nach Abb. 81, 82 auf. Leuchtet die Lampe?

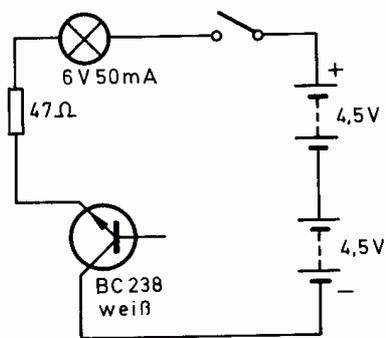


Abb. 81

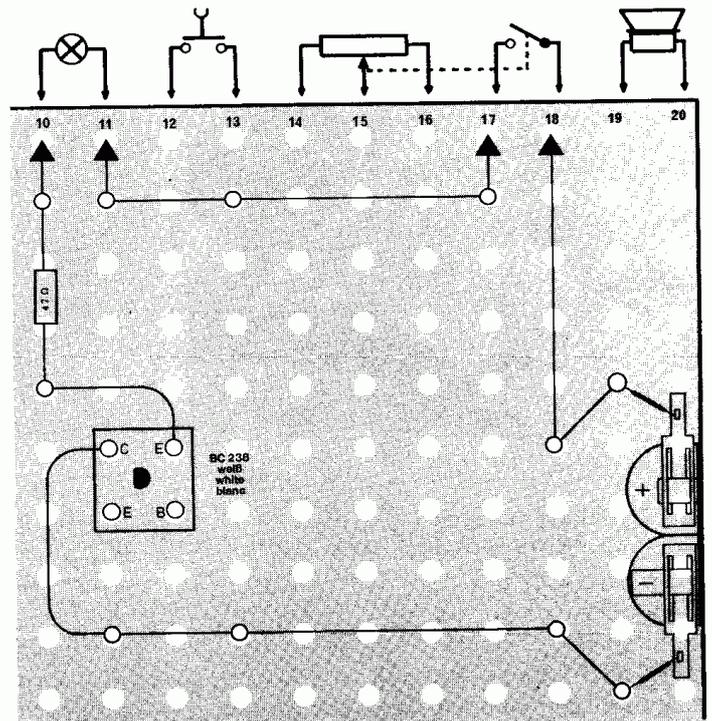


Abb. 82

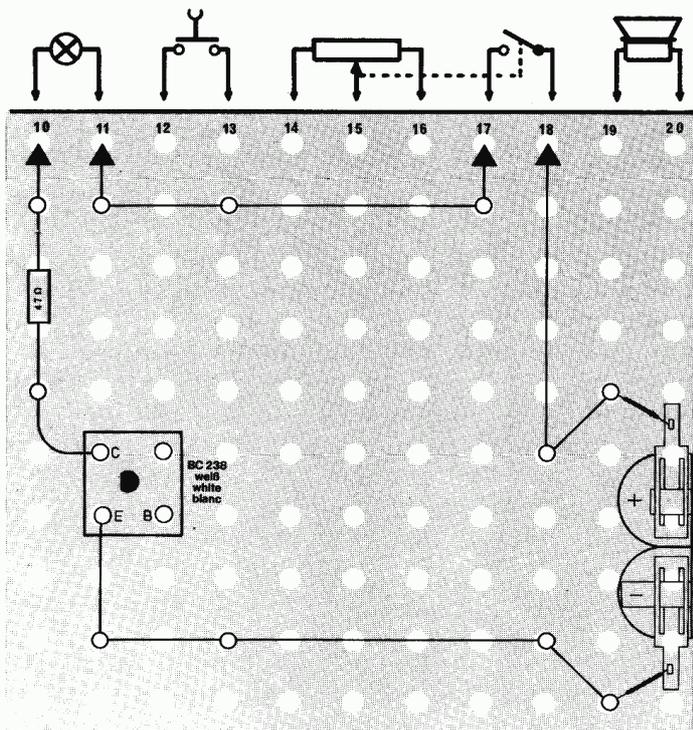


Abb. 83

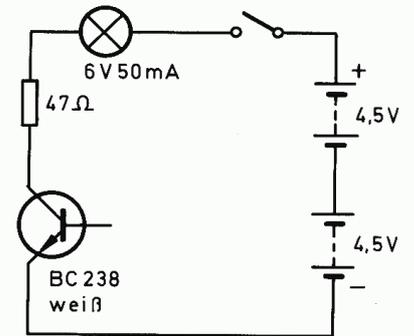


Abb. 84

Vertausche dann wieder die Anschlüsse und betätige den Schalter (Abb. 83, 84).

Die Lampe leuchtet bei beiden Schaltungen nicht. Es fließt also kein Strom durch den Transistor, wenn nur die beiden Kontakte Emitter und Kollektor belegt sind.

Vor der ausführlichen Erklärung der Vorgänge im Transistor soll dir ein Vergleich das Verständnis erleichtern:

Stelle dir vor, zwischen B und E bzw. B und C seien Tore vorhanden, die sich nur in einer Richtung öffnen lassen. Das entspricht dem Ergebnis deiner Versuche. Ebenso kannst du dir vielleicht vorstellen, daß sich zwischen den Anschlüssen E und C eine „Schranke“ wie an Bahnübergängen befindet, die sich nicht zur Seite drücken läßt. Diese „Schranke“ im Transistor kann nur über einen Schaltungs-„Trick“ angehoben werden, so daß ein Strom fließt.

Schaltung 19

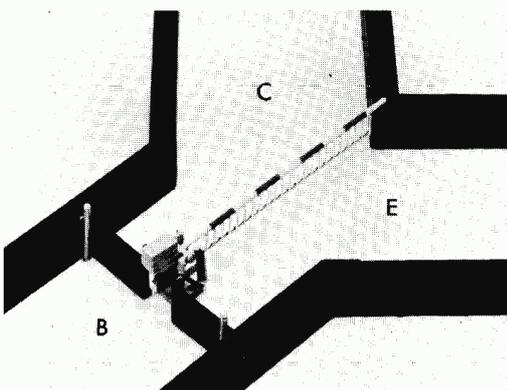


Abb. 85

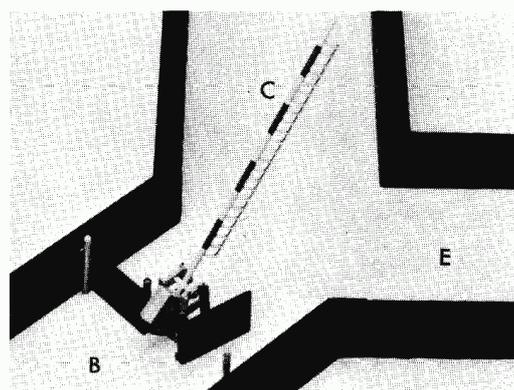


Abb. 86

Die Schaltung kannst du nach Abb. 87, 88 aufbauen. Dir fällt sicher auf, daß alle drei Kontakte des Transistors belegt sind. Der Aufbau entspricht demnach Abb. 83, bei dem die Lampe nicht leuchtet, nur daß zusätzlich die Basis über einen Widerstand von 10 kΩ mit dem Pluspol der Batterie verbunden ist. Schalte wieder ein und achte auf die Lampe. Ändere danach die Schaltung so ab, daß jetzt die Basis über den 10-kΩ-Widerstand am Minuspol der Batterie liegt. Betätige wieder den Schalter.

Schaltung 20

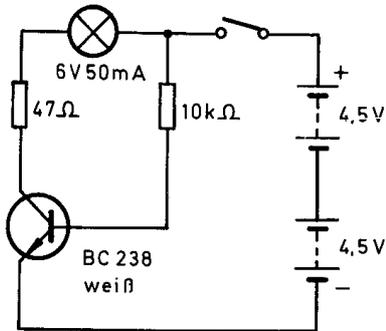


Abb. 87

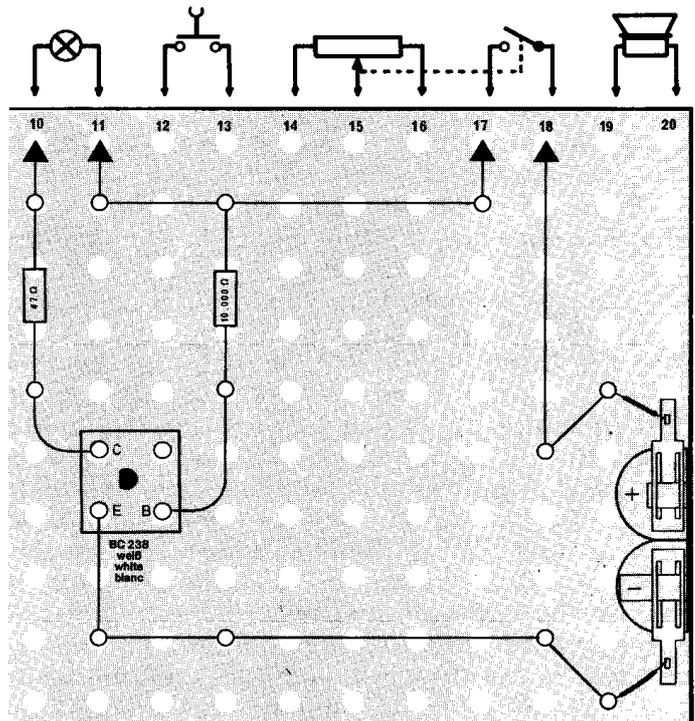


Abb. 88

Beim ersten Aufbau leuchtet die Lampe. Über den Widerstand von $10\text{ k}\Omega$ fließt ein relativ kleiner Strom durch den Emitter und die Basis zum Pluspol. Dieser Strom reicht aber aus, um die „Schranke“ zu heben, so daß nun ein großer Strom zwischen E und C fließt und die Lampe leuchtet. Liegt die Basis dagegen am Minuspol, leuchtet die Lampe nicht.

Du kannst schnell nachweisen, daß tatsächlich nur ein sehr geringer Strom im **Basisstromkreis** – das ist der Stromkreis vom Emitter zur Basis – fließt, indem du die Lampe in den Basisstromkreis schaltest (Abb. 89, 90). Jetzt leuchtet die Lampe nicht, obwohl der Versuchsaufbau nahezu unverändert geblieben ist, also weiter ein Strom vom Emitter zum Kollektor im **Kollektorstromkreis** – fließt. Der Strom durch die Basis ist zu gering um die Lampe zum Leuchten zu bringen.

Schaltung 21

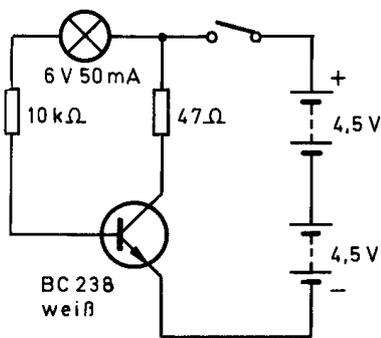


Abb. 89

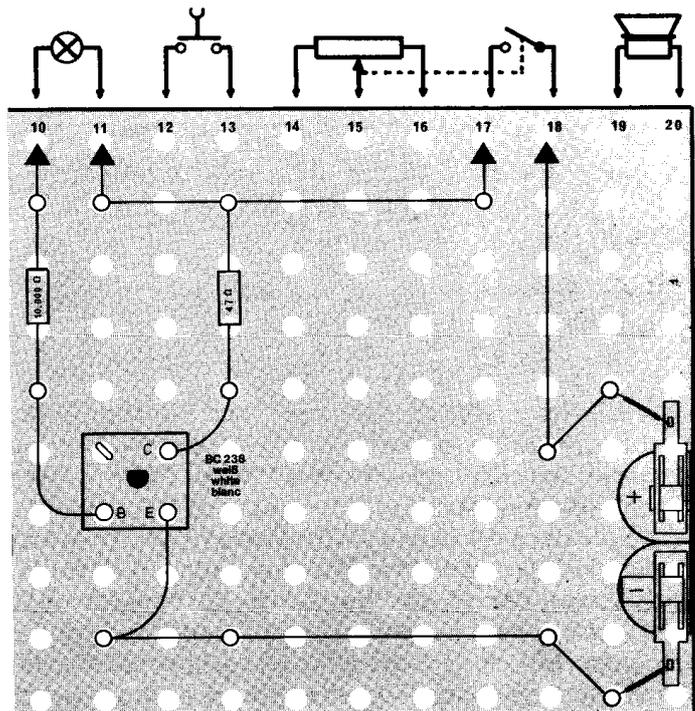


Abb. 90

Der Vergleich, mit dem die Vorgänge im Transistor erklärt werden, muß noch erweitert werden. Dabei hilft dir bestimmt, wenn du dir merkst, daß ein kleiner Strom vom Minuspol der Batterie über den Emitter und die Basis zum Pluspol die „Schranke“ für einen großen Strom vom Minuspol über den Emitter und Kollektor zum Pluspol anhebt.

Bei Schaltungen zum Transistor hast du bereits erfahren, daß sich je zwei Anschlüsse wie eine Diode verhalten können, und zwar Basis und Emitter bzw. Basis und Kollektor (Abb. 91). Die beiden Abbildungen der „Transistor-Dioden“ können nun, da die Basis doppelt vorhanden ist, zusammengefaßt werden zu einer Darstellung, bei der die Basis die Mitte bildet (Abb. 92). Damit besteht der Transistor BC 238 (weiß) aus 3 Halbleiterschichten mit der Folge N–P–N, und man spricht deshalb von einem **NPN-Transistor**. Die beiden äußeren Schichten sind N-leitend, die mittlere ist P-leitend. Zwischen der Basis und dem Kollektor bzw. zwischen der Basis und dem Emitter befinden sich zwei **PN-Übergänge**. So bezeichnet man die Grenzschichten zwischen P-leitenden und N-leitenden Schichten. Wird an den Emitter und Kollektor eine Spannungsquelle angelegt (Abb. 93), fließt kein Strom, wie du es bereits durch die Schaltungen 18,19 bewiesen hast. Nun die erweiterte Erklärung dazu: Die negativen Ladungsträger an der oberen N-Schicht werden von dem Pluspol der Batterie angezogen, so daß sich die Grenzschicht zwischen B und C verbreitert. Deshalb kann kein Strom fließen, weil diese Grenzschicht sperrt (Abb. 94). Nach den Schaltungen muß die Basis über einen Vorwiderstand ebenfalls mit dem Pluspol der Batterie verbunden werden, damit ein Strom vom Emitter zum Kollektor fließen kann. Die schematische Darstellung dazu findest du in Abb. 95. Durch den Anschluß der P-leitenden Basis an den Pluspol der Spannungsquelle wird verhindert, daß sich die obere Grenzschicht verbreitert. Dazu fließt ein sehr geringer Strom vom Emitter zur Basis, gleichzeitig aber wird der Weg frei für den sehr großen Strom vom Emitter zum Kollektor. Schematisch ist das dargestellt in Abb. 96.

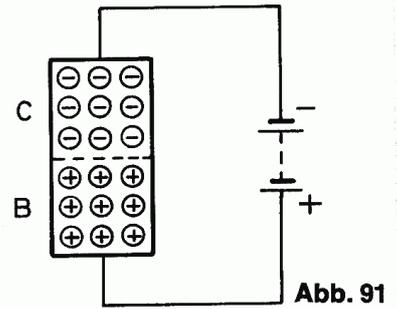


Abb. 91

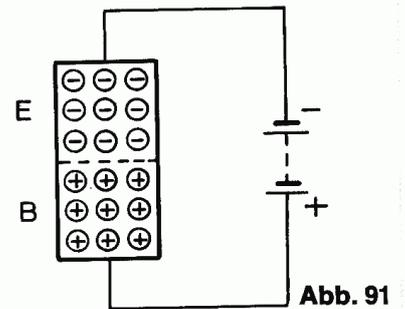


Abb. 91

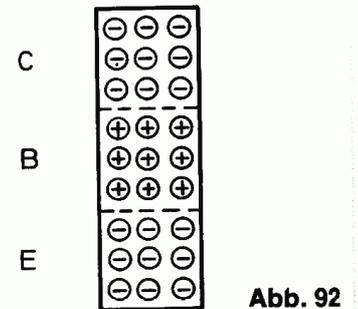


Abb. 92

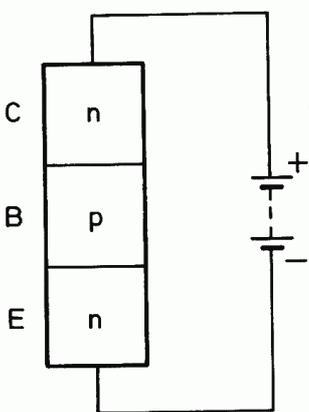


Abb. 93

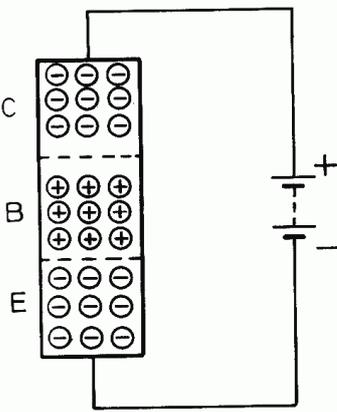


Abb. 94

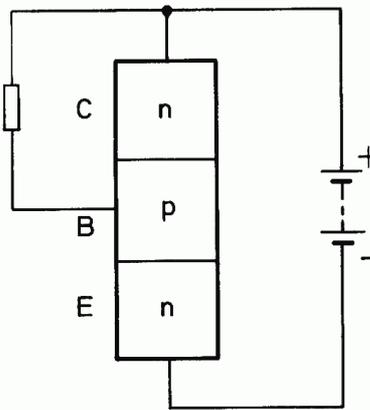


Abb. 95

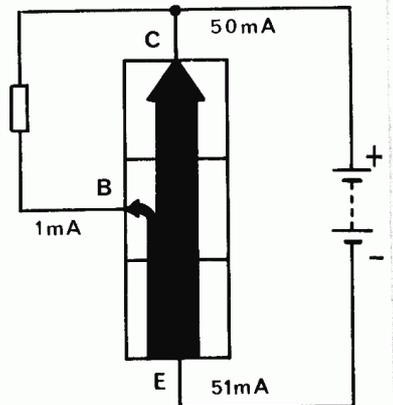
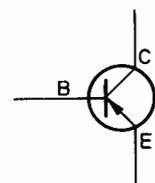


Abb. 96

Nach diesen ersten Schaltungen zur Funktion des Transistors BC 238 (weiß) kannst du einen anderen Transistor-Typ untersuchen, der den Philips Elektronik-Experimentierkästen beiliegt. Es sind der Transistor BC 158 (blau) – ab EE 2007 – und BC 328 (grün) – ab EE 2004 –. Zwischen diesen und dem BC 238 (weiß) besteht ein entscheidender Unterschied, der durch die folgenden Schaltungen deutlich wird. Am einfachsten wird es sein, wenn du die Versuchsreihe hintereinander durchführst und dir immer neben dem Schaltbild im Anleitungsbuch notierst, ob die Lampe bei den entsprechenden Schaltungen leuchtet oder nicht. Die Erklärungen für alle Schaltungen findest du im Anschluß an die folgenden Baupläne.

Schaltymbol Transistor PNP



Schaltung 22

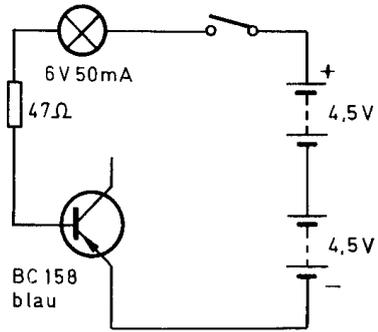


Abb. 97

Schaltung 23

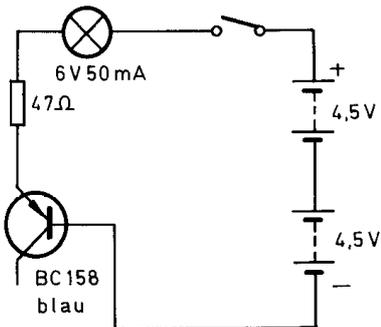


Abb. 99

Schaltung 24

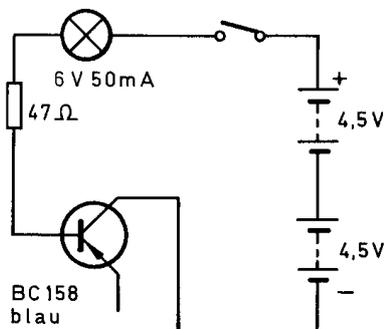


Abb. 101

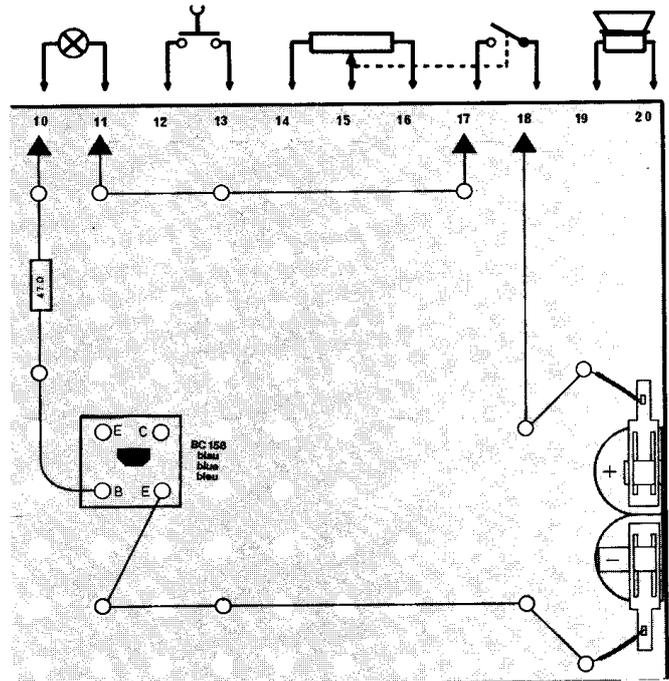


Abb. 98

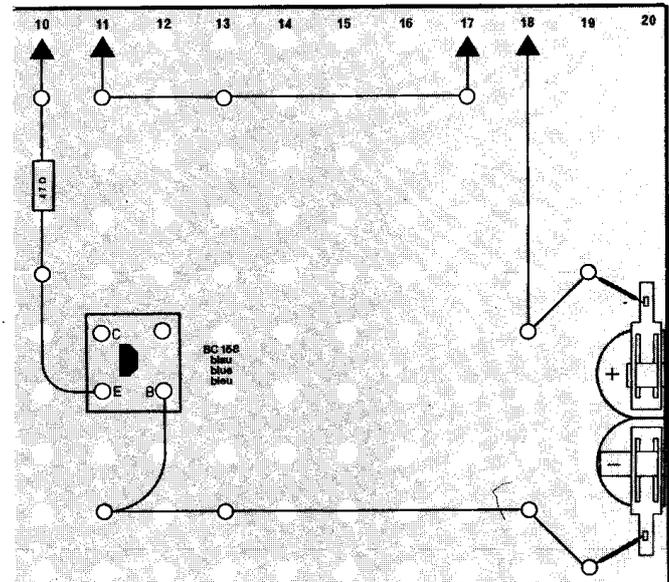


Abb. 100

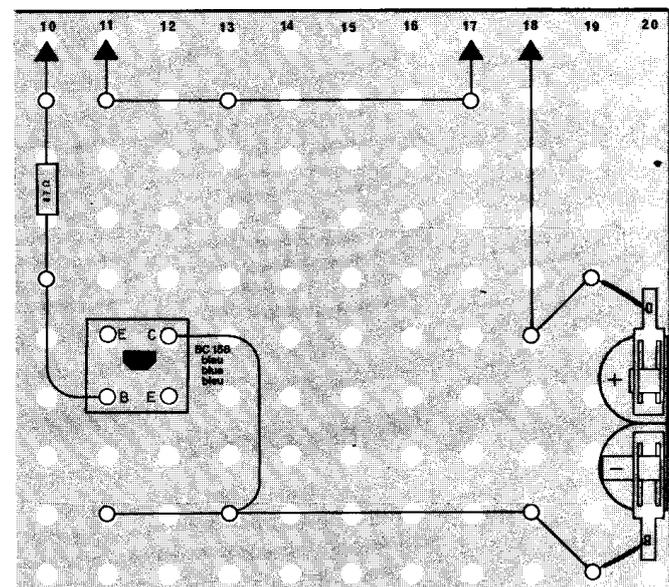


Abb. 102

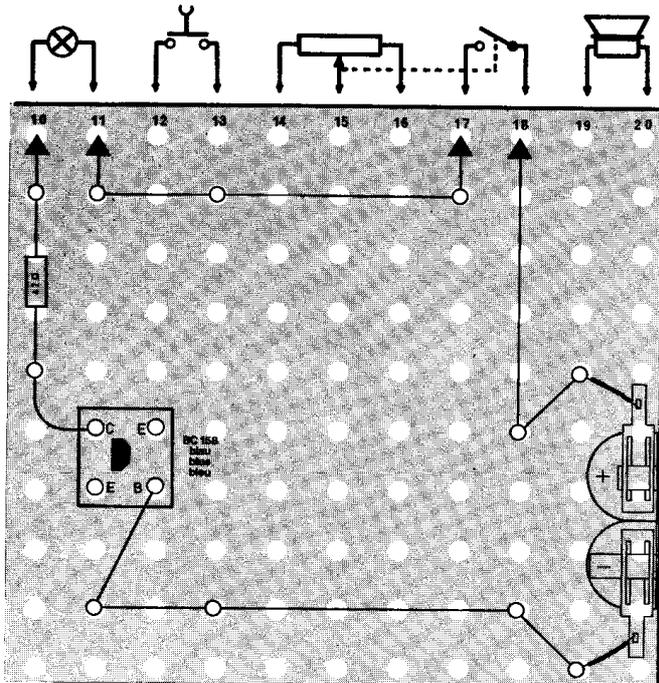


Abb. 103

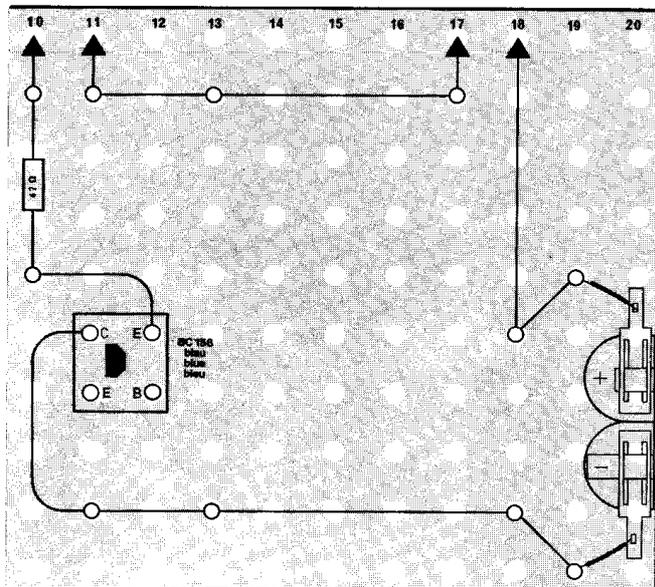


Abb. 105

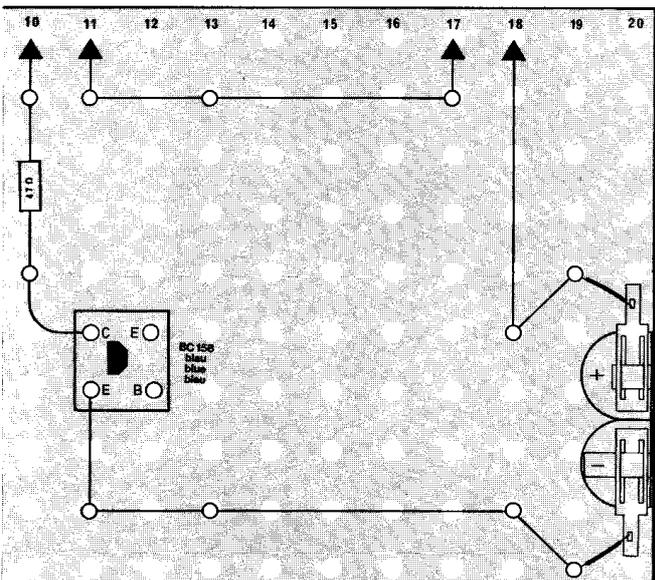


Abb. 107

Schaltung 25

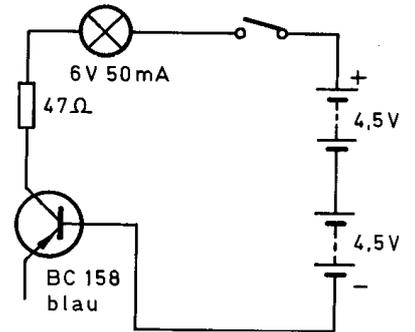


Abb. 104

Schaltung 26

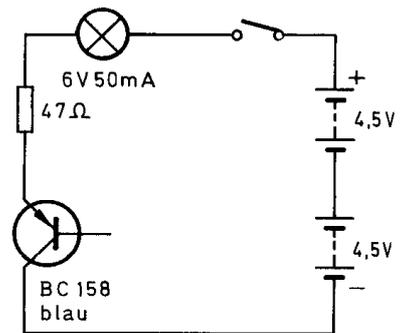


Abb. 106

Schaltung 27

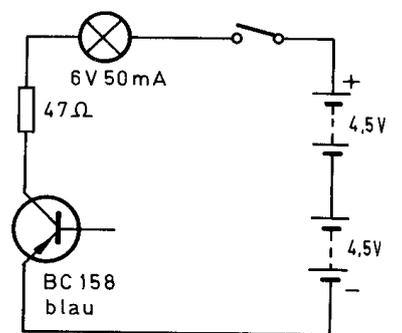


Abb. 108

Schaltung 28

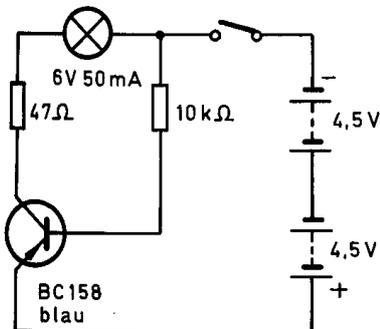


Abb. 109

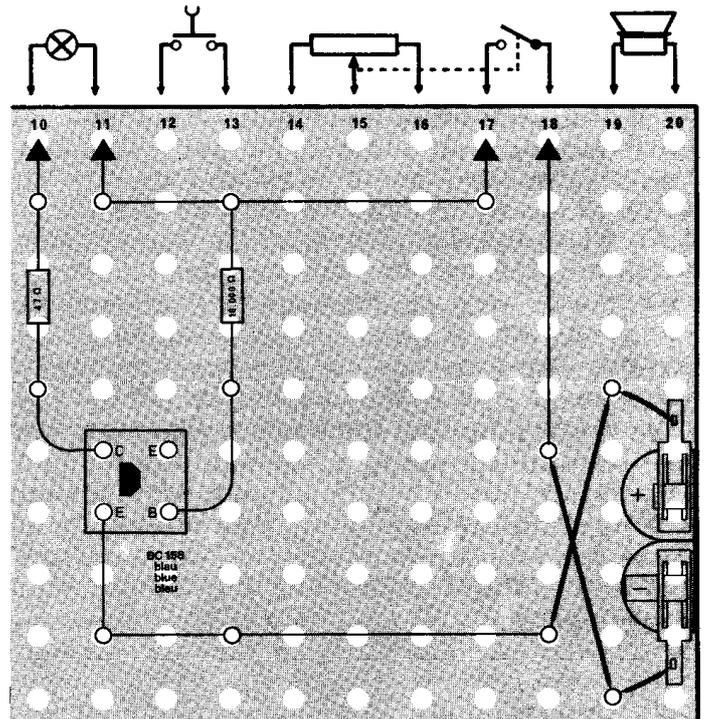


Abb. 110

Wenn du die Schaltungen richtig aufgebaut hast, leuchtet die Lampe bei den Schaltungen nach den Abb. 99, 104 und 109. Vielleicht ist dir bereits aufgefallen, daß beim Leuchten der Lampe die Basis des Transistors BC 158 (blau) bzw. BC 328 (grün) immer mit dem Minuspol der Batterie verbunden war. Die „Schranke“ für den Strom durch C und E wurde dann stets gehoben.

Der entscheidende Unterschied zum BC 238 (weiß) besteht darin, daß bei dem BC 158 die 3 Schichten in der Folge P–N–P vorliegen. Er wird deshalb auch **PNP-Transistor** genannt. Es kann nur ein Strom durch die beiden Grenzschichten vom Emitter zum Kollektor fließen, wenn die Basis – sie enthält negative Ladungsträger – mit dem negativen Pol der Spannungsquelle verbunden ist. NPN- und PNP-Transistoren können grundsätzlich dieselben Aufgaben erfüllen. Es muß aber auf die entsprechende Polung der Transistor-Anschlüsse geachtet werden.

Wenn du dich näher mit Transistoren befassen willst, interessiert dich, welche Schlüsse aus den Typenbezeichnungen gezogen werden können. Der erste Buchstabe läßt erkennen, aus welchem Halbleitermaterial die Transistoren hergestellt wurden.

- A = Halbleitermaterial Germanium
- B = Halbleitermaterial Silicium

Aus dem zweiten Buchstaben läßt sich die Verwendung ersehen. Das „C“ beim BC 158, BC 238 und BC 328 deutet immer auf Transistoren, die im **NF** (Niederfrequenz)-Bereich eingesetzt, also z. B. beim Bau von Verstärkern benötigt werden. Ein „F“ als zweiten Buchstaben (BF 194) führen **HF** (Hochfrequenz)-Transistoren, die z. B. in Eingangsstufen von Rundfunkempfängern eingesetzt werden. Soll ein Verstärker mit großer Ausgangsleistung gebaut werden (10 Watt oder mehr), benötigt man dafür **Leistungs-Transistoren**, deren Typenbezeichnung ein „D“ als zweiten Buchstaben führt (z. B. AD 161).

Die Ziffern, die den beiden Buchstaben nachstehen (158, 238 usw.), dienen nur der Unterscheidung der einzelnen Transistoren des gleichen Typs. Soweit dieser kleine Ausflug in die Typenbezeichnungen der Transistoren. Doch nun sollst du weitere Schaltungen zum Transistor durchführen, damit dir dessen Funktion in den Geräten klar wird. Für die nächsten Schaltungen sollst du stets den Transistor BC 238 (weiß) verwenden.

2.8. Transistor als Schalter

Baue die Schaltung nach Abb. 111, 112 auf. Beim Betrachten des Schaltbildes fällt dir sicher auf, daß jetzt der Tastschalter nur den Basisstrom schaltet.

Erst beim Niederdrücken des Tastschalters leuchtet die Lampe auf, denn jetzt wird der Weg freigegeben für den schwachen Basisstrom. Wenn er fließt, öffnet sich die „Schranke“ für den größeren Strom über Emitter, Widerstand $47\ \Omega$ und die Glühlampe. Man sagt dann auch, der Transistor wird leitend, wenn die Kollektor-Emitter-Strecke freigegeben wird. Der Transistor wirkt bei dieser Schaltung wie ein Schalter: Durch einen sehr geringen Basisstrom wird ein Stromkreis mit einer größeren Stromstärke geschlossen. Damit hast du schon eine wichtige Funktion des Transistors kennengelernt. Er kann Stromkreise öffnen und schließen wie ein Schalter.

Schaltung 29

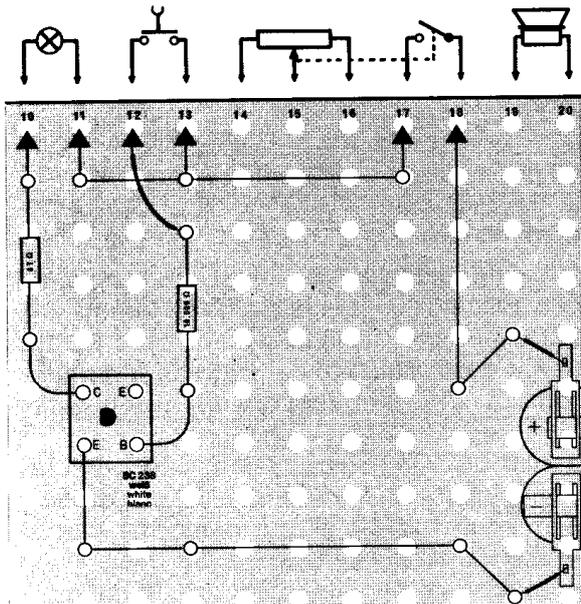


Abb. 111

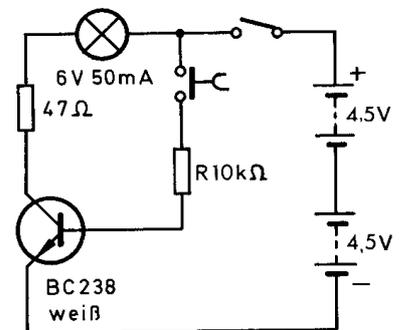


Abb. 112

2.9. Transistor als Verstärker

Eine weitere sehr wichtige Aufgabe des Transistors sollst du in der folgenden Schaltung kennenlernen. Baue sie nach Abb. 113, 114 auf. Drehe zunächst den Knopf des Potentiometers bis zum linken Anschlag und dann langsam nach rechts. Achte dabei auf die Lampe.

Schaltung 30

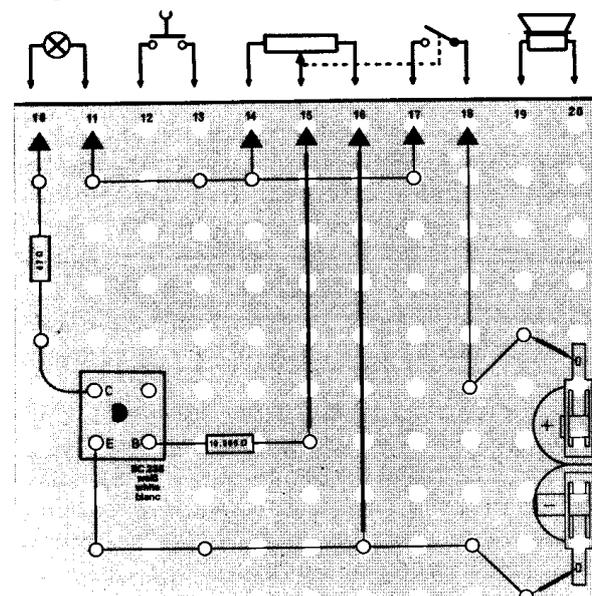


Abb. 113

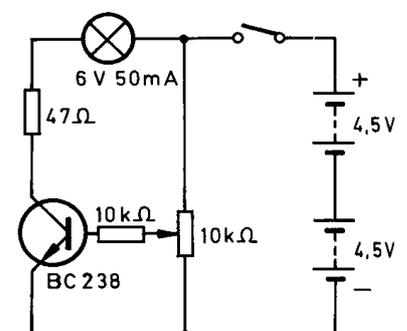


Abb. 114

Wenn der Knopf etwa bis zur Mitte gedreht ist, glimmt die Lampe schwach, beim Weiterdrehen bis zum rechten Anschlag wird sie immer heller.

Solange die Lampe nicht leuchtet, liegt an der Basis des Transistors eine negative Spannung. Erst wenn der Schleifer des Potentiometers die Mittelstellung überschritten hat, erhält die Basis eine sehr geringe positive Spannung. Dann glimmt die Lampe. Je größer diese Spannung wird – sie steigt durch die Verringerung des Widerstandes am Potentiometer –, desto heller leuchtet die Lampe. Trotzdem ist der Basisstrom noch sehr gering, denn in Reihe mit dem Mittelanschluß des Potis liegt ja noch der 10-k Ω -Widerstand. Wenn du dich an die Versuche mit den Widerständen erinnerst, so weißt du, daß durch den mit 10 k Ω ein so geringer Strom fließt, daß die Lampe nicht leuchtet. Dieser sehr geringe Basisstrom reicht aber aus, den Transistor so zu **steuern**, daß ein so großer Emitter-Kollektor-Strom fließt, der die Lampe leuchten läßt.

Mit einem Transistor lassen sich also sehr geringe Ströme verstärken, wie du es bei dieser Schaltung erlebt hast. Je größer der Basisstrom ist, desto größer wird auch der Strom durch den Emitter und Kollektor.

Ein Transistor kann Ströme verstärken.

Vielleicht hast du dich schon gefragt, warum vor die Basis immer ein **Vorwiderstand** geschaltet wird. Ohne diesen würde doch ein größerer Basisstrom fließen und damit eine bessere Verstärkung erzielt werden. Auch der Widerstand zwischen dem Pluspol der Batterie und dem Kollektoranschluß verringert nur den Strom, der durch den Transistor fließt. Trotzdem sind beide Widerstände notwendig, um den Transistor nicht zu zerstören und die beste Nutzung zu gewährleisten. Mit diesen beiden Widerständen wird der **Arbeitspunkt** des Transistors eingestellt, d. h. die Bedingungen, bei denen der Transistor am günstigsten arbeitet.

Zur Einstellung des Arbeitspunktes kannst du folgenden Versuch durchführen: Baue die Schaltung nach Abb. 115, 116 auf. Achte auf die Helligkeit der Lampe. Ersetze dann den Vorwiderstand von 10 k Ω kurzfristig durch einen von 2,2 k Ω . Ändert sich die Helligkeit der Lampe?

Schaltung 31

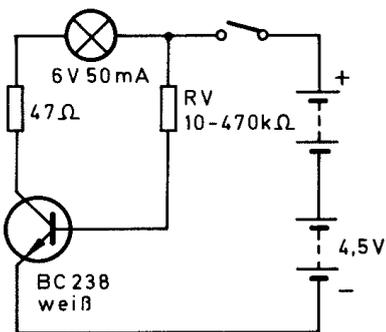


Abb. 115

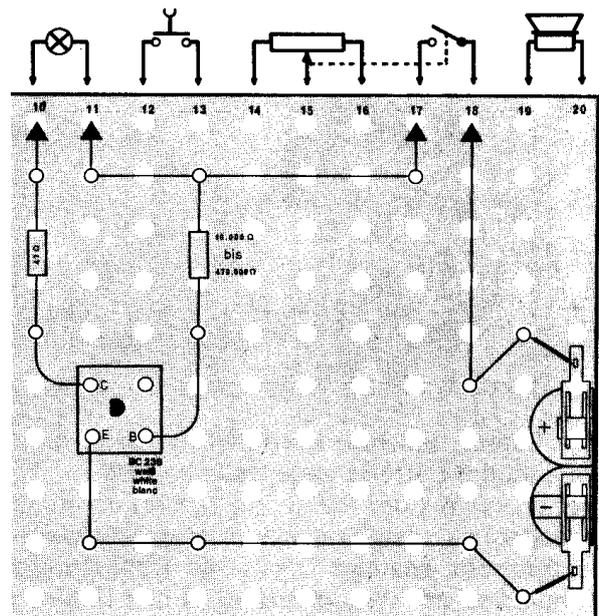


Abb. 116

Obwohl durch den 2,2-k Ω -Widerstand ein viel größerer Strom fließt, ändert sich die Helligkeit nicht. Dieser größere Strom erzielt also keine bessere Verstärkung, belastet dagegen den Transistor sehr. Der Stromfluß durch

den Kollektor und Emmitter wird nämlich durch den 47- Ω -Widerstand, **den Arbeitswiderstand**, begrenzt. Der Strom kann nur so groß werden, bis am Arbeitswiderstand und an der Glühlampe die volle Batteriespannung abfällt. Am Transistor – zwischen Kollektor und Emmitter – kann dann keine Spannung mehr abfallen.

Ersetze den Vorwiderstand anschließend durch solche mit den Werten 47 k Ω , 100 k Ω , 220 k Ω und 470 k Ω . Achte jeweils auf die Helligkeit der Lampe.

Bei 47 k Ω leuchtet die Lampe noch schwach, und bei 100 k Ω glimmt sie kaum noch. Bei 220 k Ω und bei 470 k Ω leuchtet sie nicht mehr.

Durch den Vorwiderstand wird die Batteriespannung von 9 V herabgesetzt. Für den Transistor BC 238 muß die Spannung so weit reduziert werden, daß sie nur noch etwa 620 mV beträgt. Das bewirkt der 10-k Ω -Widerstand. Durch ihn fließt in diesem Beispiel gerade der richtige Basisstrom.

Anstelle des Vorwiderstandes kann zur Einstellung des Arbeitspunktes auch ein Spannungsteiler verwendet werden. Das hast du bereits in der Schaltung zur Verstärkungswirkung des Transistors durchgeführt.

Ein richtig gewählter Vorwiderstand eines Transistors ist in den meisten Schaltungen noch nicht ausreichend. Bei längerem Betrieb erwärmt sich häufig der Transistor, und dann fließt ein größerer Strom hindurch, der eine Verschiebung des Arbeitspunktes bewirkt. Er muß deshalb durch geeignete Maßnahmen **stabilisiert** werden.

Eine Schaltung zur Stabilisierung wird in Abb. 117, 118 dargestellt.

Schaltung 32

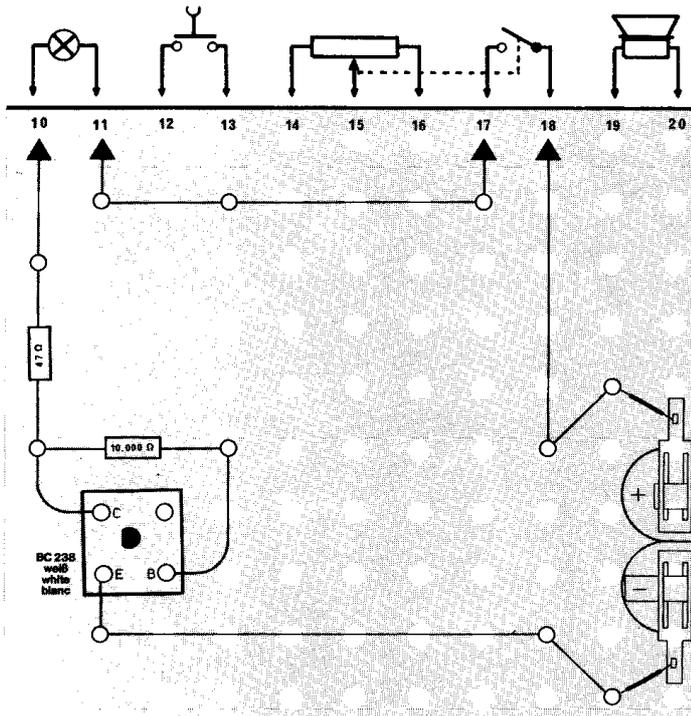


Abb. 117

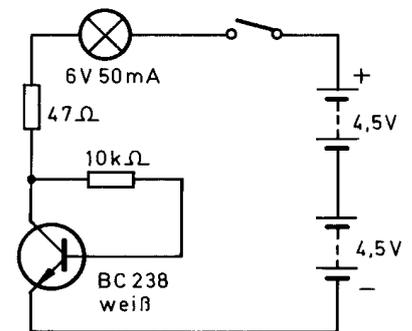


Abb. 118

Die Lampe leuchtet dunkler, als wenn die Basisvorspannung direkt am Pluspol der Batterie abgenommen wird.

Bei dieser Art der Schaltung – man nennt sie **Gegenkopplung** – wird der Arbeitspunkt des Transistors folgendermaßen stabilisiert: Wenn der Kollektorstrom ansteigt, sinkt die Kollektorspannung. Denn an der Glühlampe und am Widerstand 47 Ω fällt dadurch eine größere Spannung ab. Dieser Spannungsabfall verringert auch die Basisspannung, so daß der Transistor weniger angesteuert wird. Das wiederum hat zur Folge, daß der Kollektorstrom absinkt und sich anschließend wieder die Verhältnisse am Transistor normalisieren.

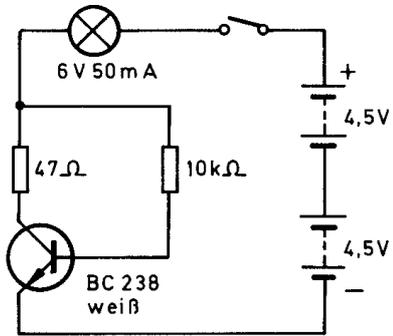


Abb. 119

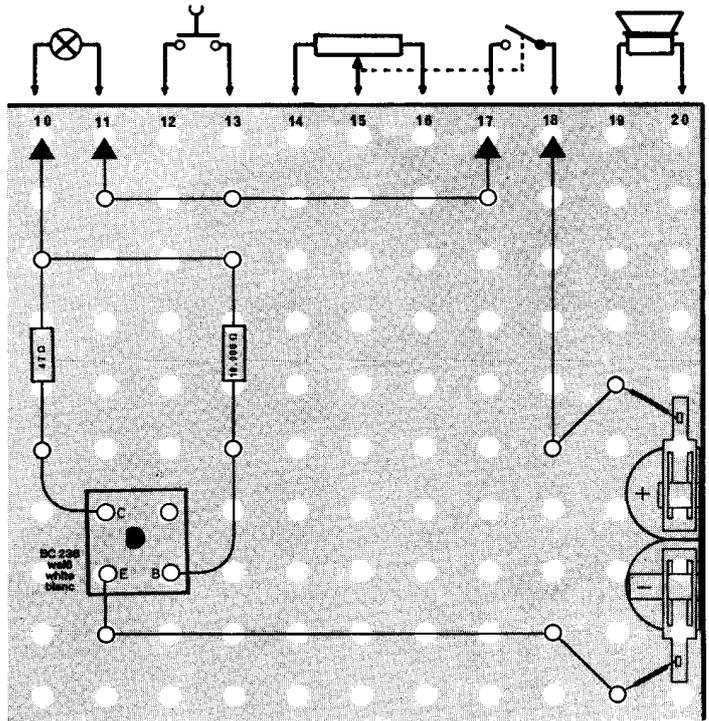


Abb. 120

Schaltung 33

Wird dagegen der Basiswiderstand zwischen der Lampe und dem 47-Ω-Widerstand angeschlossen, leuchtet die Lampe heller (Abb. 119, 120). Die Gegenkopplung ist in diesem Fall geringer geworden.

Durch Verwendung von NTC-Widerständen kann ebenfalls der Arbeitspunkt stabilisiert werden. Sie werden in der Nähe des Transistors untergebracht. Steigt nun die Temperatur am Transistor an, verringert sich der Widerstand des NTC. Dadurch wird der Spannungsabfall an ihm kleiner, und es sinkt auch die positive Basisspannung (Abb. 121, 122). Der Basisstrom wird kleiner und zieht eine Verringerung des Kollektorstromes nach sich. Nun kühlt der Transistor wieder ab.

Schaltung 34

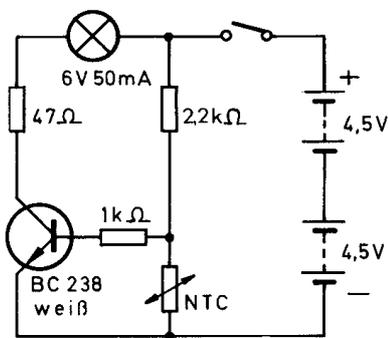


Abb. 121

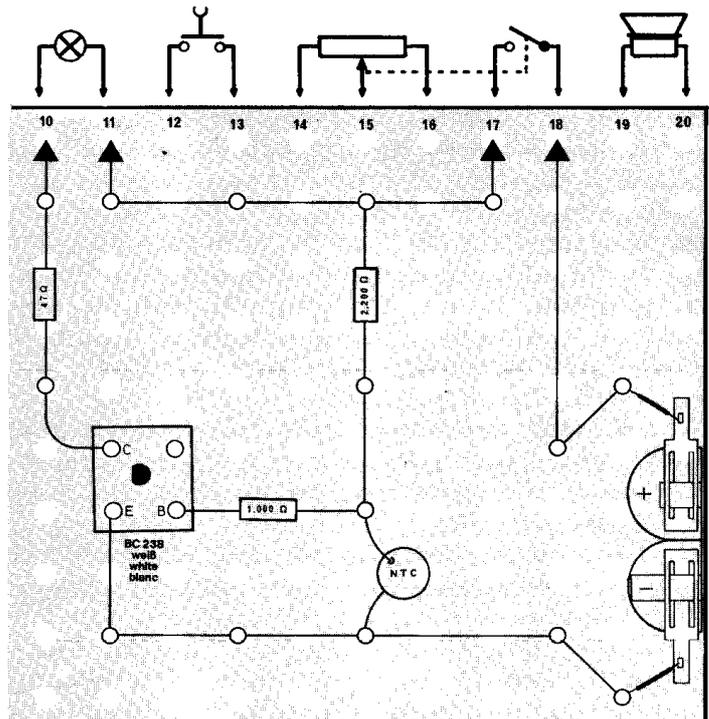


Abb. 122

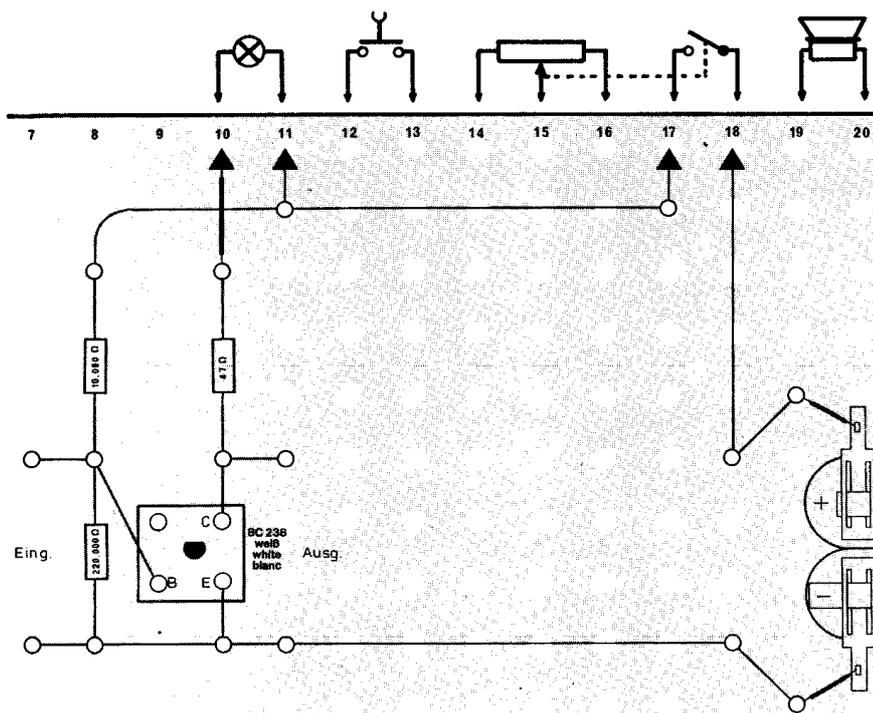


Abb. 123

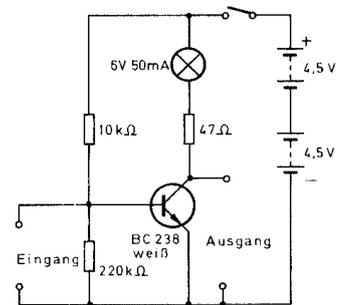


Abb. 124

Transistoren können auf verschiedene Weise innerhalb einer Geräteschaltung arbeiten. Man unterscheidet dabei (neben dem Verwendungszweck, z. B. als Schalter oder Verstärker) drei Grundschaltungen: Sie heißen **Basisschaltung**, **Emitterschaltung** und **Kollektorschaltung** – manchmal **Emitterfolger** genannt –. Die Namen sind daraus abgeleitet, daß an den betreffenden Transistoranschluß sowohl der **Eingangs-** als auch der **Ausgangskreis** angeschlossen sind. Im folgenden sollst du diese Grundschaltungen und ihre Vor- und Nachteile für die Schaltungstechnik kennenlernen.

Die erste Grundschaltung, die du nach Abb. 123, 124 aufbauen kannst, ist die **Emitterschaltung**. Bei dieser Schaltung ist an die Basis und den Emitter – über einen Vorwiderstand natürlich – eine Spannungsquelle angeschlossen, deren Strom verstärkt werden soll. Dieser Stromkreis ist der Eingangskreis (Abb. 125). Durch diesen geringen Strom wird der Transistor gesteuert, und im Ausgangskreis (Abb. 126) kann ein Strom vom Minuspol über Emitter, Kollektor und Glühlampe fließen.

Ähnlich wie in diesem Versuch eine Batterie im Eingangskreis liegt, kann z. B. auch ein Mikrofon angeschlossen werden. Das verstärkte Signal wird dann zwischen dem Kollektor und Emitter abgenommen und einem Lautsprecher zugeführt, der in der Praxis in der Kollektorleitung liegt.

Die Emitterschaltung ist die wichtigste der drei Grundschaltungen und wird am häufigsten angewendet. Damit läßt sich nämlich eine hohe **Stromverstärkung** erzielen, d. h., eine geringe Änderung des Basisstroms zieht eine große Änderung des Kollektorstroms nach sich.

Der größte Kollektorstrom kann natürlich fließen, wenn im Kollektorkreis kein Widerstand mehr liegt. Doch dann besteht die Gefahr, daß der Transistor zerstört wird. Deshalb muß der Widerstand so gewählt werden, daß ein möglichst großer Strom fließen kann, der Transistor aber trotzdem nicht beschädigt wird.

Die Zerstörung eines Transistors wird allerdings nicht direkt durch einen zu großen Strom bewirkt, sondern durch den Strom entsteht im Transistor Wärme, und diese führt zur Zerstörung.

Für jeden Transistor ist als Kennwert die maximale Verlustleistung angegeben. Für den BC 238 beträgt sie 200 mW. Nach der Formel $P = U \cdot I$ bedeutet das, es darf bei einer bestimmten Spannung nur ein höchstzuläs-

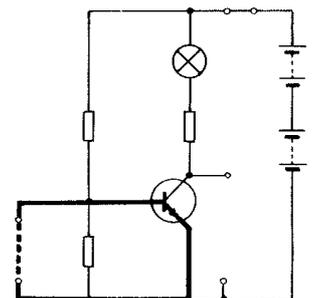


Abb. 125

Schaltung 35

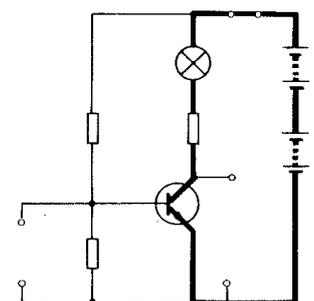


Abb. 126

siger Strom fließen. Ein Beispiel: Zwischen dem Kollektor und Emitter liegt eine Betriebsspannung von 3 V. Der höchste Strom errechnet sich aus

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

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

$$I = 0,066 \text{ A} = 66 \text{ mA}$$

Stelle dir vor, daß durch einen Kurzschluß in der Schaltung plötzlich die volle Betriebsspannung von 9 V am Transistor liegt. Bei einem durch den Basisvorwiderstand eingestellten Strom von 66 mA beträgt dann die Leistung

$$9 \text{ V} \cdot 0,066 \text{ A} = 0,594 \text{ W}$$

$$= 594 \text{ mW}$$

Eine so hohe **Verlustleistung** führt zur Zerstörung des Transistors.

Auch für den Strom gibt es eine Begrenzung; er darf höchstens 100 mA betragen.

Bei einer Emitterschaltung kann die Stromverstärkung – abgekürzt V_I – je nach Transistortyp zwischen 20 und 1000 liegen. Ein Beispiel dazu: Ein Basisstrom von 0,02 mA zieht einen Kollektorstrom von 8 mA nach sich. Da der Kollektorstrom 400mal größer ist als der Basisstrom, beträgt die Stromverstärkung 400.

Mit einer Emitterschaltung läßt sich ebenfalls eine hohe **Spannungsverstärkung** V_U erzielen. Dazu muß in den Kollektorkreis ein Widerstand geschaltet werden, an dem eine Spannung abfallen kann. In dem Kapitel über die Widerstände hast du erfahren, daß ein hoher Spannungsabfall an einem großen Widerstand auftritt. Wählt man ihn aber zu groß, dann verringert sich die Stromverstärkung. Denn dazu soll der Widerstand ja möglichst klein sein. Man muß also einen Widerstand errechnen, der eine optimale Wirkung erzielt. Dann kann die Spannungsverstärkung V_U zwischen 100 und 1000 betragen. Das bedeutet, eine Änderung der Basisspannung um 0,01 V kann die Kollektorspannung um 1–10 V verändern. Wird die Emitterschaltung so ausgelegt, daß gleichzeitig eine Strom- und Spannungsverstärkung erreicht wird, dann spricht man von einer **Leistungsverstärkung**. Die Leistungsverstärkung V_P kann errechnet werden nach der Gleichung

$$V_P = V_U \cdot V_I$$

Eine Besonderheit kennzeichnet außerdem die Emitterschaltung: Beim Ansteuern der Basis mit einem Wechselstrom erfolgt am Kollektor eine **Phasendrehung**.

Zur Erläuterung dieser Phasendrehung baue die Schaltung nach Abb. 123 auf. Tausche folgenden Widerstand aus: 10 000 Ω gegen 47 000 Ω .

Das Schaltbild zeigt die Abb. 127.

Mit dem Spannungsteiler R_1 , R_2 wird die Glühlampe auf eine mittlere Helligkeit eingestellt. Durch Parallelschaltung des 10-k Ω -Widerstandes zu R_1 fließt ein größerer Strom durch die Basis; die Lampe leuchtet heller. Dadurch fällt an R_2 eine größere positive Spannung ab. Gleichzeitig verringert sich die Spannung zwischen Emitter und Kollektor. Wird nun der 10-k Ω -Widerstand parallel zu R_2 geschaltet, verringert sich die positive Basisspannung – sie wird negativer. Der Strom durch den Transistor wird kleiner, die Spannung zwischen Emitter und Kollektor vergrößert sich. Dadurch leuchtet die Lampe dunkler.

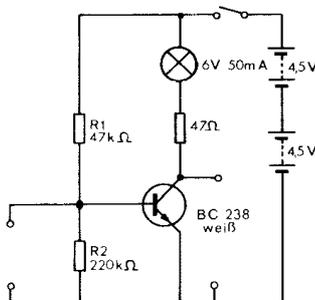


Abb. 127

	Basis	Lampe	Kollektor-Emitter
1.	620 mV	4,5 V	4,5 V
2.	640 mV	8 V	1 V
3.	600 mV	1 V	8 V

Aus dieser Tabelle kannst du entnehmen:

Wird die Basisspannung positiver (von 620 mV auf 640 mV), wird die Spannung zwischen Kollektor und Emitter negativer (von 4,5 V auf 1 V). Umgekehrt gilt das gleiche.

Für Wechselfspannung bedeutet das:

Der Basis wird eine positive Halbwelle zugeführt. Dann steigt bei einem NPN-Transistor der Kollektorstrom. Das zieht eine Verringerung der Spannung am Kollektor nach sich, und dort entsteht eine negative Halbwelle. Wird die Basis anschließend mit der negativen Halbwelle der Wechselfspannung angesteuert, dann sinkt mit dem Basisstrom auch der Kollektorstrom, und die Spannung am Kollektor steigt an. Folglich entsteht im Ausgangskreis eine positiv verlaufende Halbwelle.

Diese Phasendrehung tritt nur an der Emitterschaltung auf, nicht an der Kollektor- und Basisschaltung.

Bei der Kollektorschaltung, die du nach Abb. 128, 129 aufbauen kannst, wird der Kollektoranschluß des Transistors als gemeinsamer Anschluß für den Eingang und Ausgang verwendet. Die Lampe liegt bei dieser Schaltung im Emittterkreis.

Schaltung 36

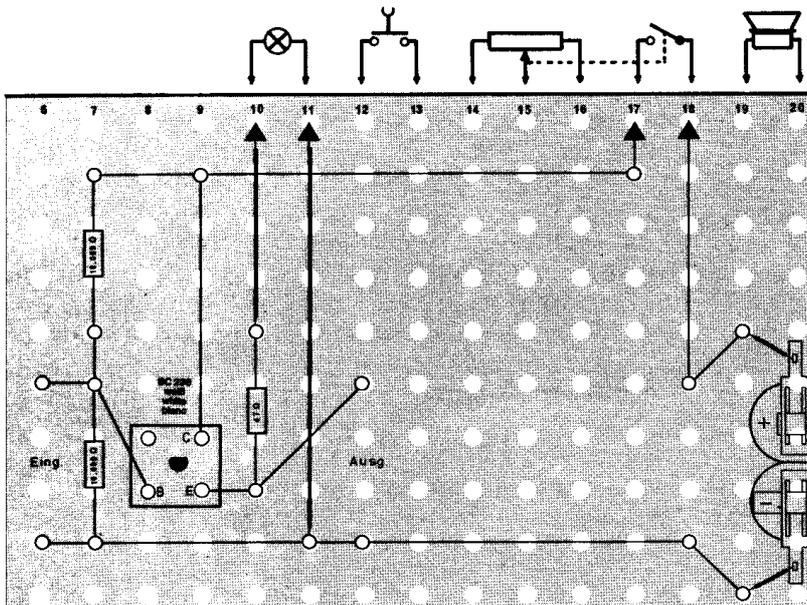


Abb. 128

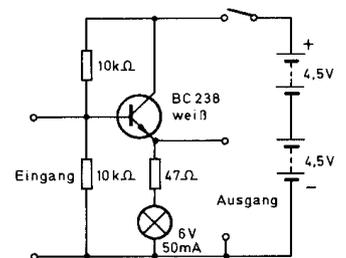


Abb. 129

Mit der Kollektorschaltung läßt sich nur eine Spannungsverstärkung erzielen, die kleiner als 1 ist. Diese Schaltung wird deshalb niemals zur Spannungsverstärkung verwendet. Dagegen kann eine Stromverstärkung zwischen 10 und 100 erzielt werden. Aus der Gleichung $V_P = V_U \cdot V_I$ kannst du errechnen, daß die Leistungsverstärkung einer Kollektorschaltung ebenfalls nur 10 bis 100 betragen kann. Trotzdem findet die Kollektorschaltung Verwendung, und zwar u. a. als **Impedanzwandler**. (Impedanz bedeutet **Scheinwiderstand**.) Die Kollektorschaltung besitzt nämlich einen relativ hohen **Eingangswiderstand** (ca. 200–500 kΩ) und einen geringen **Ausgangswiderstand** (100–500 Ω). Deshalb können mit Kollektorschaltungen Verstärkerstufen mit einem hohen Ausgangswiderstand an solche mit niedrigem Eingangswiderstand „angepaßt“ werden. Früher wurden dazu Transformatoren verwendet.

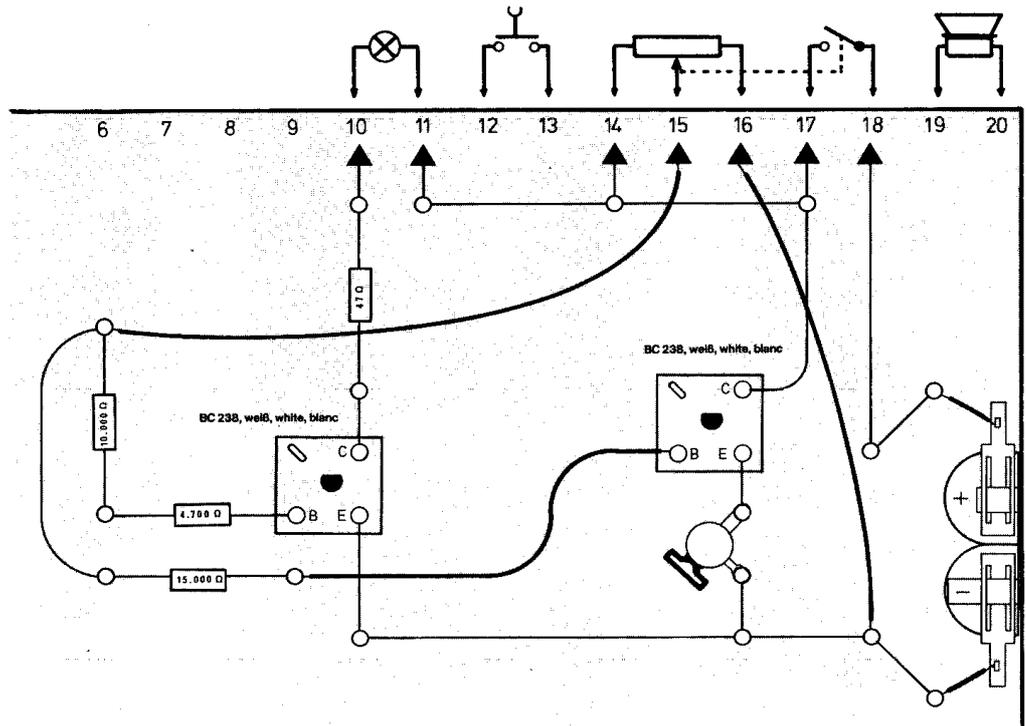


Abb. 130

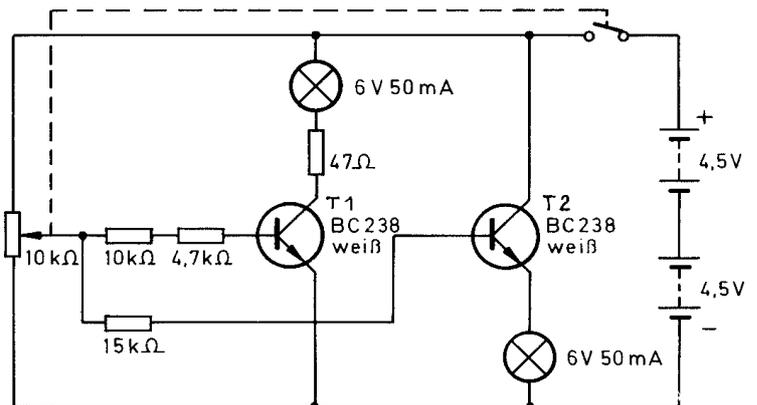


Abb. 131

Schaltung 37

Die unterschiedliche Spannungsverstärkung der Emitterschaltung (Transistor T_1) der Kollektorschaltung (Transistor T_2) kannst du in der Schaltung nach Abb. 130, 131 erkennen. Schalte die Lampe zunächst in den Kollektorschaltkreis des Transistors T_1 .

Betätige das Potentiometer und achte dabei auf die Glühlampe.

Schon bei einer sehr geringen positiven Basisspannung – etwa bei Mittelstellung des Knopfes – beginnt die Lampe zu leuchten, und beim Anschlag des Knopfes hat sie die volle Helligkeit erreicht. Geringe Veränderungen am Potentiometer – sie ziehen geringe Basisspannungsänderungen nach sich – erzielen bedeutende Unterschiede der Helligkeit an der Glühlampe, also hohe Kollektorspannungen.

Schalte nun die Lampe in den Emitterkreis des Transistors T_2 und drehe wieder am Potentiometer.

Erst kurz vor dem Anschlag des Knopfes leuchtet die Lampe auf, und in Endstellung erreicht sie nur geringe Helligkeit. Damit hast du den Beweis, daß die Spannungsverstärkung der Kollektorschaltung sehr gering ist. Denn Spannungsänderungen an der Basis erzielen nur kleine Spannungen im Emitterkreis.

Die Basisschaltung (Abb. 132, 133) wird überwiegend in HF-(Hochfrequenz-) Verstärkerstufen eingesetzt. Gemeinsamer Anschluß für das Eingangs- und Ausgangssignal ist die Basis.

Bei der Basisschaltung ist die Stromverstärkung kleiner als 1, und die Spannungsverstärkung liegt zwischen 100 und 1000. Damit kann die Leistungsverstärkung auch zwischen 100 und 1000 betragen.

Schaltung 38

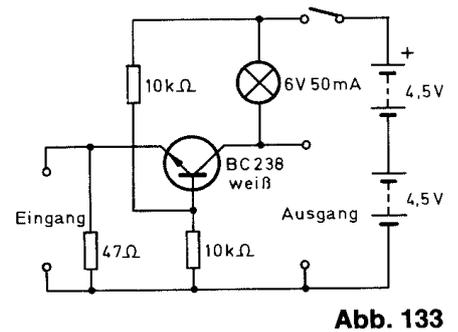
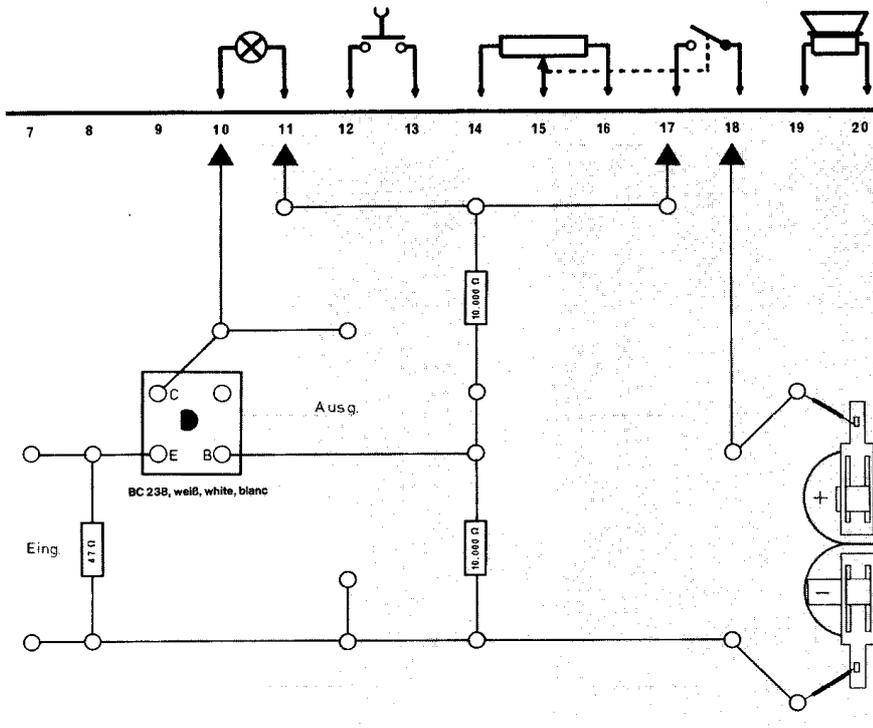


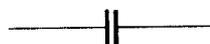
Abb. 132

Abb. 133

2.10. Kondensatoren

Als letztes Bauelement in dieser „Einführung in die Elektronik“ sollst du den Kondensator kennenlernen. Nach dem verwendeten Material gibt es verschiedene Kondensatortypen, die jeweils für ein bestimmtes Anwendungsgebiet benötigt werden. Es sind: Keramische Kondensatoren, Polyester-Kondensatoren, **Elektrolyt-Kondensatoren** (Elko) und Drehkondensatoren (Drehko). Sie haben folgende Schaltsymbole:

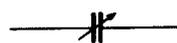
Keramischer und Polyester-Kondensator:



Elektrolyt-Kondensator:



Drehkondensator:



Was alle diese Typen gemeinsam haben, sollst du in diesem Abschnitt erfahren.

Baue dir noch einmal einen einfachen Stromkreis mit einer Glühlampe und einem Schalter auf (Abb. 134, 135). Zwischen die Klemmen A und B sollst du nacheinander die Polyester-Kondensatoren mit den Aufschriften 0,047 μF und 0,1 μF einbauen. Betätige jedesmal den Schalter und achte auf die Lampe. Pole die Kondensatoren auch um.

Bei keinem der Kondensatoren leuchtet die Lampe. Der Kondensator muß also eine Sperre für den Gleichstrom darstellen.

Schaltung 39

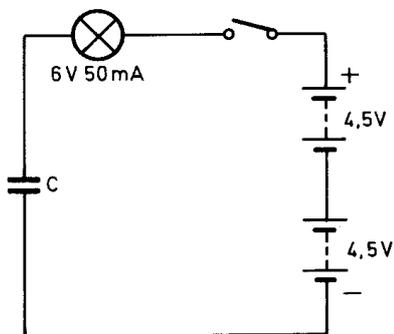


Abb. 134

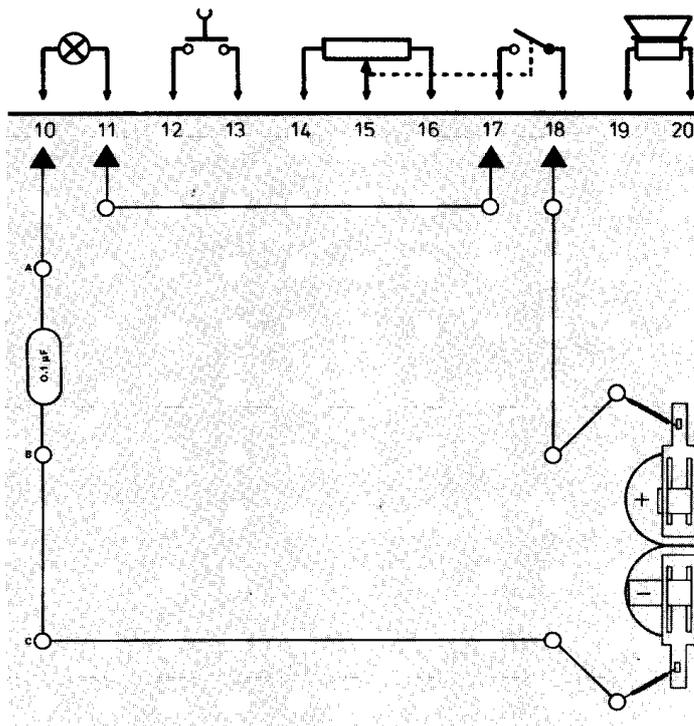


Abb. 135

Im Prinzip bestehen alle diese Kondensatoren aus zwei gegenüberliegenden Platten, die einander nicht berühren, ja, die sogar durch einen Isolator voneinander getrennt werden. Es kann deshalb gar kein Strom hindurchfließen. Trotzdem spielt sich, für dich unsichtbar, ein wichtiger Vorgang ab: Beim Betätigen des Schalters wird der eine Anschluß des Kondensators mit dem Minuspol verbunden, der andere mit dem Pluspol der Batterie. Aus dem Minuspol fließen Elektronen auf die eine „Platte“, so daß dort ein Elektronenüberschuß herrscht, sie also negativ geladen ist. Von der anderen Platte fließen die vorhandenen Elektronen ab zum Pluspol. Dort herrscht Elektronenmangel. Sie ist also positiv geladen.

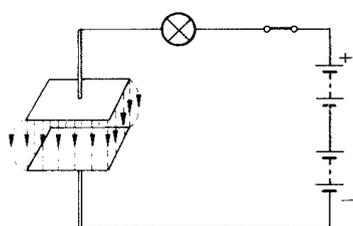


Abb. 136

Zwischen den beiden unterschiedlich geladenen Platten bildet sich ein **elektrisches Feld aus**, das in Abb. 136 schematisch dargestellt ist. Genau wie das magnetische Feld ist auch das elektrische Feld nicht sichtbar. Nur an bestimmten Auswirkungen kann es erkannt werden: Ein starkes elektrisches Feld – hervorgerufen durch hohe Spannungen – zieht Staubteilchen an. An der Bildröhre eines Fernsehempfängers sammelt sich z. B. immer Staub an, weil die hohe Spannung von ca. 15 000 V ein sehr starkes Feld ausbildet.

Wenn bei der letzten Schaltung wieder ausgeschaltet wird, bleibt der Elektronenunterschied zwischen den beiden Platten bestehen und damit auch das elektrische Feld. Ein Kondensator kann also **aufgeladen** werden. Man kann auch sagen, er kann Elektronen und damit Spannungen speichern.

Bei den keramischen Kondensatoren wird das **Dielektrikum** (Isolierstoff) durch eine keramische Masse gebildet. Auf diese wird durch das Aufbrennen zweier dünner Metallbelege der Kondensator hergestellt. Die im Baukasten benutzten keramischen Kondensatoren wurden gegen Feuchtigkeitseinflüsse und mechanische Beschädigungen durch einen Speziallack geschützt.

Polyester ist ein Kunststoff, der sich für den Kondensatorenbau sehr gut eignet. Er wird dabei als Isolator verwendet. Eine Metallschicht (Silber) wird auf eine Seite dieses Kunststoffes aufgetragen. Wenn man zwei solcher Folien aufeinanderlegt und sie fest zusammenrollt, erhält man einen Kondensator. Eine gelbe Schicht schützt ihn und verhindert, daß Feuchtigkeit eindringt.

Elektrolyt-Kondensatoren werden überall dort eingesetzt, wo hohe Kapazitätswerte bei verhältnismäßig kleinen Abmessungen erforderlich sind. Das erreicht man, indem ein Pol – eine Metallfolie – mit einer äußerst dünnen Oxidschicht als Isolation versehen wird. Eine leitende Flüssigkeit – das Elektrolyt– bildet den zweiten Pol.

Beim Drehkondensator kann die Kapazität verändert werden, wenn die beiden Pole (Gruppen von Metallplatten) gegeneinander bewegt werden. Die Kapazität wird größer, je mehr sich die Platten überdecken. Der Isolator des Drehkondensators besteht aus dünnen Schichten von plastischem Material.

Das Fassungsvermögen für die Elektronen wird als **Kapazität** bezeichnet und hängt von der Größe der Platten ab.

Als Maßeinheit für die Kapazität (Abkürzung **C**) verwendet man das **Farad** (benannt nach dem englischen Physiker Michael Faraday), das mit F abgekürzt wird. Da diese Einheit aber sehr groß ist, benötigt man kleinere, ähnlich wie bei der Stromstärke. Der millionste Teil eines Farad ist ein Mikrofarad (μF), der milliardste Teil ein **Nanofarad (nF)** und der billionste Teil ein **Pikofarad (pF)**.

$1 \text{ F} = 1\,000\,000 \mu\text{F}$ $1 \mu\text{F} = 1\,000 \text{ nF}$ $1 \text{ nF} = 1\,000 \text{ pF}$
--

Kondensatoren können, ebenso wie Widerstände, in Reihen- oder Parallelschaltungen verwendet werden.

Bei einer Reihenschaltung ergibt sich eine Kapazität, die kleiner ist als die Kapazität des kleinsten Kondensators. Die Berechnung erfolgt nach folgender Formel:

$$\frac{1}{C_{\text{ges}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Bei einer Parallelschaltung vergrößert sich die Kapazität, und sie läßt sich nach folgender Formel berechnen:

$$C_{\text{ges}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

Für die Bestimmung der Werte keramischer Kondensatoren gilt die gleiche Tabelle wie für die Widerstände. Nur haben sie nicht gold oder silber als vierte (für uns unbedeutende) Farbe. Die Grundfarbe hat übrigens auch keine Bedeutung. Dafür können sie je nach Temperatur- und Spannungsbelastbarkeit einen vierten und fünften Farbring tragen.

Der keramische Kondensator hat zwei Drahtanschlüsse. Wenn du genau hinsiehst, kannst du feststellen, daß diese Anschlüsse nicht den gleichen Abstand vom jeweiligen Ende des Kondensators haben. Der eine Zwischenraum zwischen Kondensator-Ende und Draht ist kürzer. Den legst du immer nach links. Dann kannst du die Werte der drei Farbringe genauso ablesen wie bei den Widerständen (Abb. 137a–d):

a) Drei Farbringe

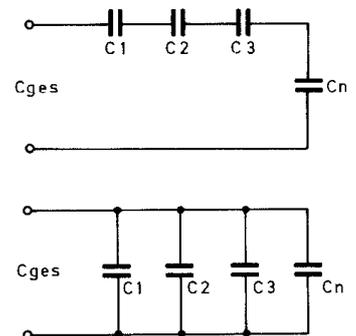
Sie geben die Kapazität in pF an laut Tabelle.

b) Vier Farbringe

Die ersten drei Ringe geben die Kapazität in pF laut Tabelle an, der letzte vierte Farbring bleibt unbeachtet.

c) Fünf Farbringe

Die beiden äußeren Farbringe läßt du unberücksichtigt, die drei mittleren geben dann die Kapazität in pF laut Tabelle an.



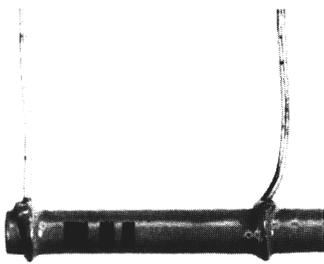
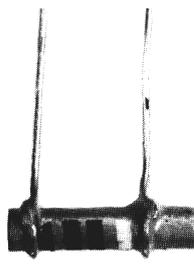
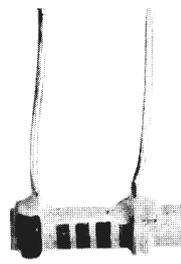


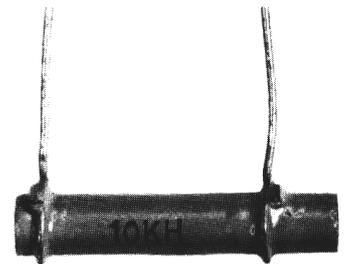
Abb. 137.a



b



c



d

d) Aufgedruckte Zahlen

Nicht alle keramischen Kondensatoren haben Farbringe, sondern auf einige ist der Wert als Zahl gedruckt. Steht die Zahl allein, drückt der Wert die Kapazität in pF aus. Folgt ein **kleiner** Buchstabe, gilt die Maßeinheit:

p =	pF
n =	nF = 1 000 pF
k (kilo pF) =	nF = 1 000 pF

Große Buchstaben haben für die Bestimmung des Wertes **keine** Bedeutung.

Wert	Farbcode	oder Aufschrift			
10	pF braun schwarz schwarz	10	10 p		
22	pF rot rot schwarz	22	22 p		
47	pF gelb lila schwarz	47	47 p		
68	pF blau grau schwarz	68	68 p		
100	pF braun schwarz braun	100	100 p		
180	pF braun grau braun	180	180 p		
220	pF rot rot braun	220	220 p		
330	pF orange orange braun	330	330 p		
470	pF gelb lila braun	470	470 p		
1 000	pF braun schwarz rot	1 000	1 000 p	1 k	1 n
2 700	pF rot lila rot	2 700	2 700 p	2,7 k	2,7 n
4 700	pF gelb lila rot	4 700	4 700 p	4,7 k	4,7 n
10 000	pF braun schwarz orange	10 000	10 000 p	10 k	10 n

Auf die Polyester-Kondensatoren sind die Werte aufgedruckt, die in pF, nF oder μ F angegeben sind. Die Umrechnung kannst du folgender Aufstellung entnehmen:

22 000 pF =	22 nF =	0,022 μ F
47 000 pF =	47 nF =	0,047 μ F
100 000 pF =	100 nF =	0,1 μ F
220 000 pF =	220 nF =	0,22 μ F

Auf den Elektrolyt-Kondensatoren sind die Werte aufgedruckt:

4,7 μ F
10 μ F
100 μ F
680 μ F

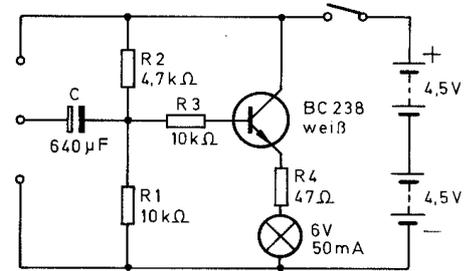
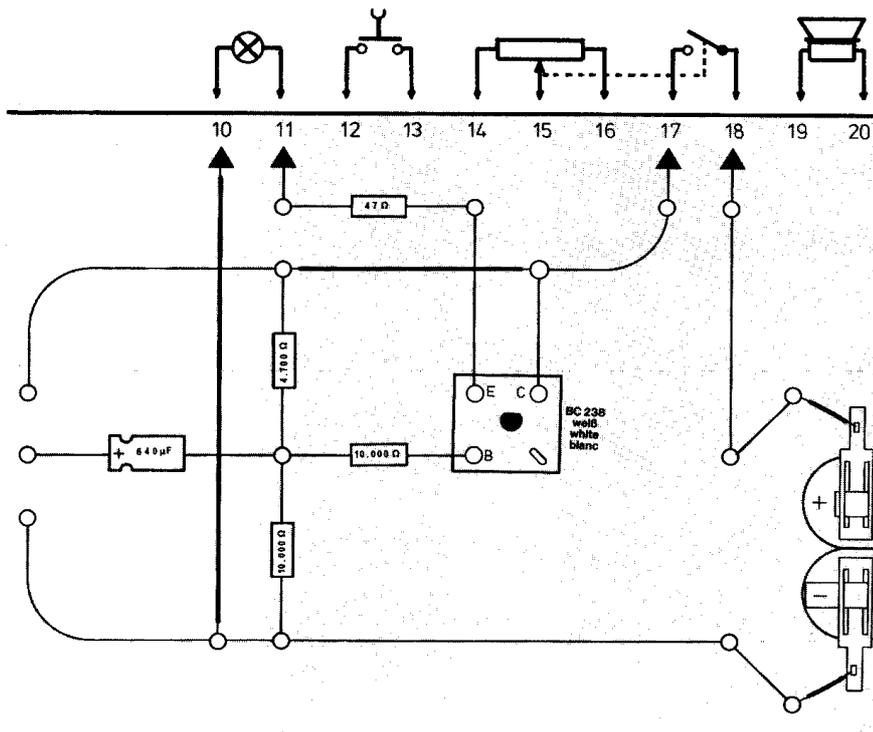


Abb. 139

Abb. 138

Mit Hilfe einer Transistor-Verstärker-Schaltung kann das **Aufladen** bzw. **Entladen** eines Kondensators dargestellt werden. Baue dazu die Schaltung nach Abb. 138, 139 auf. Der Arbeitspunkt des Transistors ist über den Spannungsleiter R_1/R_2 so festgelegt, daß nur ein mittlerer Strom durch den Transistor fließt und die Lampe nur mit mittlerer Helligkeit leuchtet. Wird jetzt der freie Anschluß des Elkos mit dem Pluspol der Batterie verbunden, leuchtet die Lampe hell auf und wird allmählich wieder dunkler. Durch das **Aufladen** des Kondensators fließt kurzfristig ein viel größerer Basisstrom, und damit vergrößert sich auch der Kollektorstrom; die Lampe wird heller.

Wenn danach der freie Anschluß des Elkos mit dem Minuspol der Spannungsquelle verbunden wird, erlischt die Lampe vorübergehend, beginnt aber bald wieder zu leuchten. Beim **Entladen** des Kondensators findet über R_1 ein Elektronenaustausch zwischen den Platten statt. Solange, bis der Kondensator endgültig entladen ist, wird der Basisstrom unterbrochen – dadurch sperrt der Transistor. Die Lampe leuchtet nicht. Der Kondensator wird jetzt entgegengesetzt geladen, und je stärker der Kondensator aufgeladen ist, desto geringer fließt der Ladestrom und desto größer wird wieder der Basisstrom. Dann leuchtet die Lampe wieder heller.

Noch ein wichtiger Hinweis: Nur bei diesem Versuch darfst du den einen Anschluß des Elkos abwechselnd an den Minus- und an den Pluspol schließen. Bei allen Schaltungen, in denen der Elko verwendet wird, mußt du ganz genau darauf achten, wie er eingebaut werden soll. Andernfalls funktioniert die Schaltung nicht, u. U. wird sogar der Elko zerstört. Achte immer auf die Einkerbung, die sich am positiven Anschluß befindet!

Die bisherigen Schaltungen zu den Kondensatoren wurden alle mit Gleichspannung durchgeführt. Das Ergebnis war, daß ein Kondensator eine **Sperre für Gleichspannung** bedeutet.

Wie verhält er sich nun in einem Wechselspannungskreis, d. h., wenn sich die Stromrichtung dauernd ändert? Das kannst du untersuchen, wenn du die Schaltung nach Abb. 140, 141 aufbaust. Betätige dann den Umschalter (ab EE 2004).

Schaltung 40

Schaltung 41

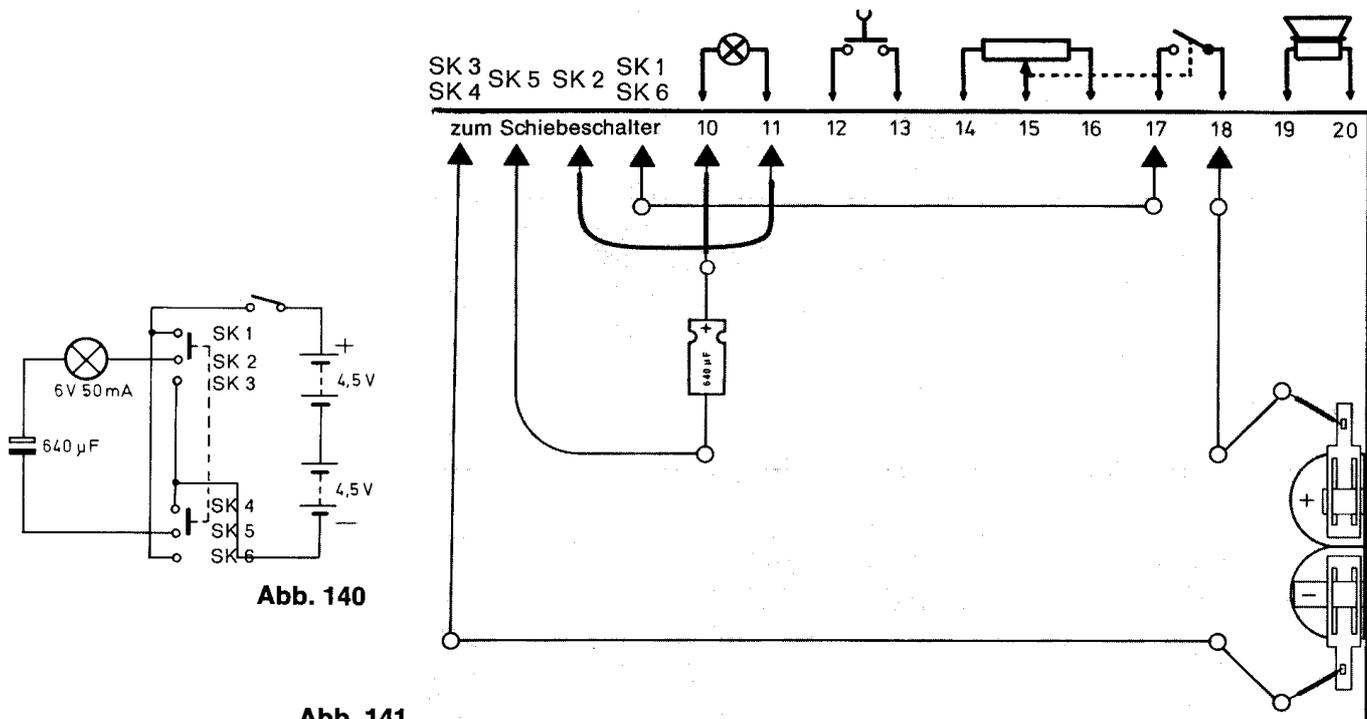


Abb. 140

Abb. 141

Bei langsamem Umschalten leuchtet die Lampe stets kurzfristig auf, je schneller du jedoch schaltest, desto gleichmäßiger leuchtet sie.

Bei Wechselfspannungen – du erzeugst sie durch das ständige Umschalten – scheint ein Strom durch den Kondensator zu fließen.

Er fließt aber nicht hindurch, sondern die Platten werden ständig aufgeladen bzw. entladen. Es fließen also nur der Lade- und Entladestrom. Dadurch wird allerdings die Lampe schon zum Leuchten gebracht. Ein Kondensator ist für Wechselfspannung keine Sperre, sondern nur ein Widerstand, den man als **kapazitiven Widerstand** (X_c) bezeichnet. Der Widerstand wird kleiner mit zunehmender Frequenz des Wechselstroms und größerer Kapazität des Kondensators.

Hohe Frequenz und große Kapazität = geringer kapazitiver Widerstand.
Niedrige Frequenz und geringe Kapazität = hoher kapazitiver Widerstand.

2.11. Der Schwingkreis

Die Parallelschaltung eines Kondensators mit einer Spule bildet eine Baugruppe, die in der Elektronik von großer Bedeutung ist. Eine solche Baugruppe wird **Schwingkreis** genannt.

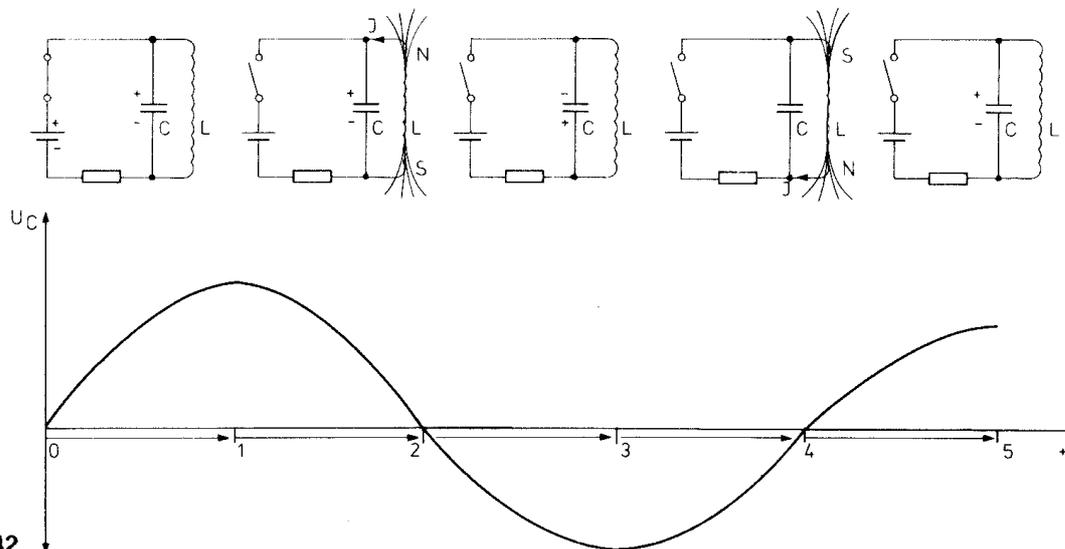


Abb. 142

Was dieser Begriff bedeutet und welche Vorgänge sich in einem solchen Schwingkreis abspielen, soll in diesem Abschnitt anhand der Abb. 142 erläutert werden.

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 solange 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 gleicher Amplitude, sondern sie wird nach einigen Perioden ständig kleiner, bis sie schließlich 0 wird. Man spricht deshalb von einer gedämpften Schwingung (Abb. 143). Aus diesem Grund genügt es also nicht, den Schwingkreis nur einmal anzustoßen, sondern er muß im richtigen Augenblick (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.

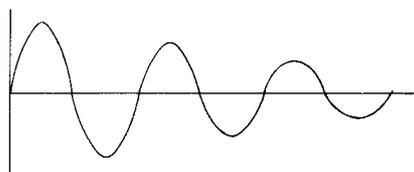


Abb. 143

3. Teilgebiete der Elektronik

Nachdem du die wesentlichen elektronischen Bauelemente und ihre Wirkung kennengelernt hast, sollen in dem folgenden Abschnitt dieses Anleitungsbuches einige Teilgebiete der Elektronik dargestellt werden, denen die Geräte in den Philips Elektronik-Experimentierkästen zugeordnet werden können. Zu diesen Gebieten wirst du einige grundsätzliche Informationen erhalten und diese, wenn möglich, anhand einiger einfacher Schaltungen überprüfen. Die technischen Besonderheiten der einzelnen Geräte findest du im Anschluß an die jeweilige Bauanleitung.

3.1. Elektroakustik

Die Geräte, die zur Elektroakustik gebaut werden können, dienen der Verstärkung von Sprache und Musik, so daß z. B. mit einem Lautsprecher große Räume usw. bis hin zu Fußballstadien beschallt werden können. Wie können denn nun Sprache oder Musik so „aufbereitet“ werden, daß eine Verstärkung möglich ist?

Wenn du etwa 5 cm vor den Lautsprecher eines mit großer Lautstärke spielenden Radios einen Bogen Papier hältst – an einer Ecke mit zwei Fingern gehalten –, stellst du fest, daß das Papier im Rhythmus der Töne vibriert. Da es nicht das Radio berührt, können nur die Luftteilchen zwischen dem Lautsprecher und dem Papier diese Vibration erzeugen. Dieselbe, wenn auch nicht so starke Vibration, tritt auf, wenn gegen das Papier gesprochen wird. Beim Sprechen werden nämlich die Luftteilchen unserer Umgebung so angestoßen, daß **Schallwellen** entstehen, die sich im Raum ausbreiten. Die Frequenz dieser Schallwellen ändert sich mit der Höhe des Tones – hoher Ton = hohe Frequenz, tiefer Ton = tiefe Frequenz –, und die Amplitude dieser Schwingungen wird durch die Lautstärke beeinflusst. Da beim Sprechen z. B. ständig Töne verschiedener Frequenz und Lautstärke erzeugt werden, ändern sich im selben Rhythmus auch die Schallwellen.

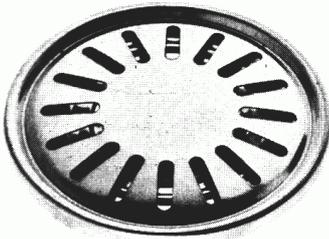


Abb. 144

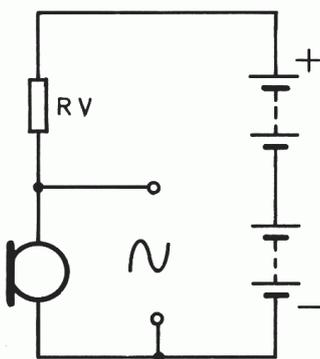


Abb. 145

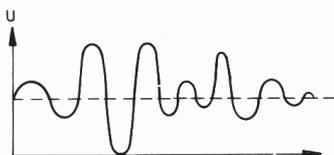


Abb. 146

Diese Wellen müssen so umgewandelt werden, daß sie verstärkt werden können. Dazu benutzt man ein **Mikrofon**. Am **Kohlemikrofon** (Abb. 144) soll diese Umwandlung erläutert werden. In der Mikrofonkapsel befindet sich Kohlegrieß (kleine Kohlekörnchen) unter einer sehr dünnen **Membran**. Durch zwei gegenüberliegende Anschlüsse kann durch den Kohlegrieß ein Strom fließen. Da die Körnchen sehr locker liegen, ist der Widerstand so groß, daß nur ein geringer Strom fließt. Trifft nun eine Schallwelle auf die Membran, biegt sie sich durch und preßt die Körnchen fester zusammen. Dadurch wird der **Übergangswiderstand** zwischen den Teilchen geringer, und es fließt größerer Strom. Federt anschließend die Membran zurück, läßt der Druck auf den Grieß nach, und es fließt kein Strom mehr. Im selben Rhythmus, in dem die Schallwellen die Membran zum Schwingen anregen, ändert sich ständig der Übergangswiderstand. Dadurch entsteht ein sich ständig ändernder Stromfluß im Mikrofon. Man kann auch sagen, daß am Mikrofon eine wechselnde Spannung abfällt, die **Sprechwechselspannung** (Abb. 145, 146). Denn ein Strom kann ja nur fließen, wenn eine Spannung vorhanden ist.

Die Sprechwechselspannung wird über einen Kondensator der Basis des ersten Transistors im Verstärker zugeführt, indem z. B. das Mikrofon zwischen der Basis und dem Emitter angeschlossen wird. Der Kondensator ist unbedingt notwendig, um das Abfließen des Basisstroms über das Mikrofon zu verhindern.

Nachdem du bei den Schaltungen zum Transistor erfahren hast, daß die Basis stets eine Vorspannung erhält, wundest es dich vielleicht, wenn du jetzt weißt, daß zusätzlich die Sprechwechselspannung zugeführt wird. Könnte sie allein nicht ausreichen, den Transistor anzusteuern? Das ist theoretisch denkbar, jedoch würde die Qualität der verstärkten Töne nicht deinen Ansprüchen genügen. Der Grund ist leicht zu verstehen: Der NPN-Transistor z. B. muß immer mit dem positiven Pol der Spannungsquelle verbunden sein, andernfalls sperrt der Transistor. Mit der Sprechwechselspannung werden der Basis jedoch positive und negative Halbwellen zugeführt. Der Transistor verstärkt also nur die positiven (beim NPN), sperrt aber bei negativen Halbwellen (Abb. 147). Diese Erscheinung hast du bereits als Gleichrichtereffekt bei der Diode kennengelernt. Bei einer solchen Verstärkung werden die Töne verzerrt wiedergegeben.

Durch die positive Gleichspannung (Abb. 148) an der Basis wird diese Verzerrung verhindert. Die Sprechwechselspannung (Abb. 147) wird der Gleichspannung überlagert (Abb. 149), und damit wird die Basis stets mit einem positiven Signal angesteuert, das sich aber trotzdem im Rhythmus der Sprache ändert.

Eine Bedingung ist noch an die Gleichspannung geknüpft: Sie muß größer sein als die größte Amplitude der Wechselspannung, damit nicht doch die Spitzen in den negativen Bereich fallen.

Elektronische Verstärker sind nicht in der Lage, eine Sprechwechselspannung in einer Stufe (mit einem Transistor) so weit zu verstärken, daß aus dem Lautsprecher Töne dringen. Das im ersten Transistor verstärkte Signal wird deshalb der Basis des zweiten zugeführt und dort noch einmal verstärkt. Das kann z. B. dreimal geschehen, und man spricht dann von einem **dreistufigen Verstärker**.

Die einzelnen Stufen des Transistors werden mit einem Kondensator **gekoppelt**, um zu verhindern, daß z. B. die Kollektorspannung von 7 V – sie liegt am Ausgang der ersten Stufe – direkt auf die Basis der zweiten gelangt. Der Kondensator trennt die Gleichspannungen der einzelnen Stufen voneinander.

Bei den Überlegungen zur Verstärkung war stets vom Verstärken eines Mikrofonsignals die Rede. Dasselbe trifft jedoch auch für Plattenspieler und Tonbandgeräte zu.

Wie aus der Wechselspannung wieder ein Ton erzeugt werden kann, läßt sich leicht mit einem Versuch darstellen (Abb. 150, 151). Verbinde den Laut-

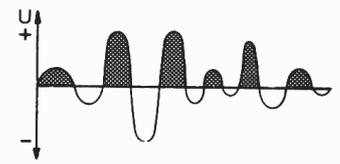


Abb. 147



Abb. 148

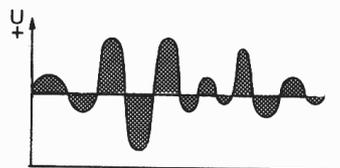


Abb. 149

Schaltung 42

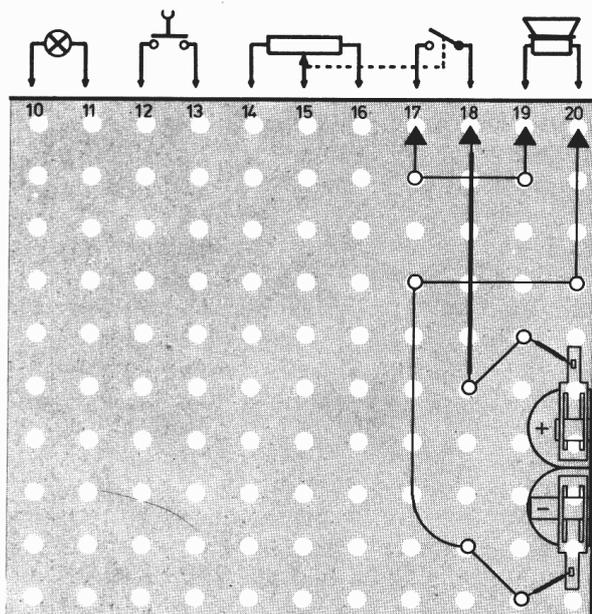


Abb. 150

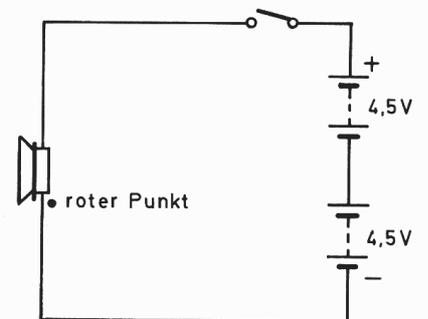


Abb. 151

sprecher (ab EE 2051) so direkt mit der Batterie, daß der Anschluß, der mit einem roten Punkt gekennzeichnet ist, am Minuspol liegt. Achte auf die Membran. Pole dann um. Wenn der mit dem Punkt markierte Anschluß am Minuspol der Batterie liegt, wird die Membran nach außen gedrückt, umgekehrt wird sie nach innen gezogen.

Im Innern des Lautsprechers befindet sich eine Spule. Wird die verstärkte Sprechwechselspannung an diese Spule gelegt, entsteht ein magnetisches Feld, dessen Stärke und Richtung sich dauernd ändern. Im selben Rhythmus wird auch die Membran in Schwingungen versetzt, die sich auf die Luftteilchen der Umgebung übertragen.

Diese Schwingungen der Luftteilchen nehmen unsere Ohren als Töne wahr.

3.2. Fernmeldetechnik

In diesem Kapitel lernst du Geräte kennen, die für die Übermittlung von Nachrichten von Bedeutung sind.

Einige dieser Geräte enthalten Schaltungsteile, mit denen Töne erzeugt werden können. Diese Bauglieder werden **Oszillatoren** oder Generatoren genannt. Die Grundsaltungen dieser Oszillatoren (Schwingungserzeuger) kannst du im folgenden aufbauen und deren Funktion erkennen.

Abb. 152, 153 stellt einen **R-C-Oszillator** dar. Der Name entstand, weil dieser Schwingungserzeuger u. a. aus **R** (Widerständen) und **C** (Kondensatoren) gebildet wird.

Schaltung 43

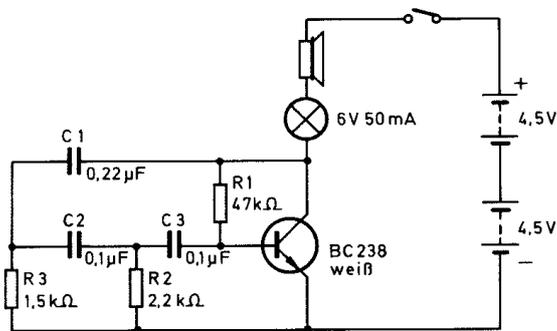


Abb. 152

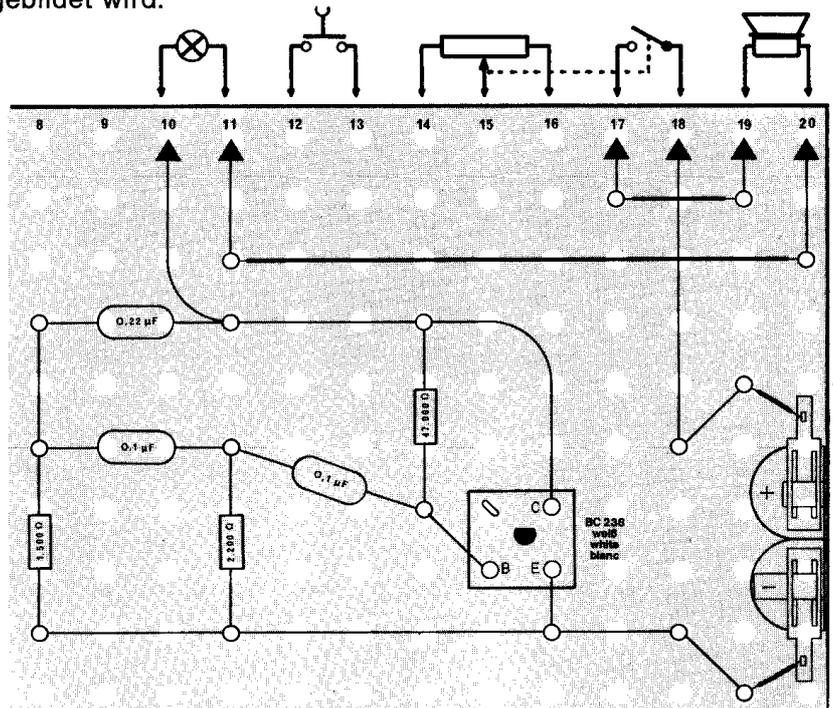


Abb. 153

Beim Betätigen des Schalters hörst du einen tiefen Ton, die Lampe glimmt kaum sichtbar auf. Nach dem Einschalten steigt der Kollektorstrom langsam an, weil nur ein geringer Basisstrom über den ziemlich großen Widerstand $R_1 = 47 \text{ k}\Omega$ fließen kann. In dem Maße, in dem der Kollektorstrom ansteigt, sinkt die Kollektorspannung. Sie wird über die Kondensatoren C_1 , C_2 , C_3 und die Widerstände R_3 und R_2 auf die Basis zurückgeführt. Diese Bauelemente bewirken bei einer bestimmten Frequenz eine Phasendrehung. Das bedeutet: Das Absinken der Kollektorspannung zieht ein Ansteigen der positiven Basisvorspannung nach sich. Dadurch wird der Kollektorstrom so weit verstärkt, bis er sich – bedingt durch die Widerstände der Lampe und des Lautsprechers – nicht mehr vergrößern kann.

Jetzt tritt am Kollektor keine Spannungsänderung mehr auf. Das bewirkt ein Absinken der Basisspannung, und der Basistrom wird geringer. Wenn als Folge davon der Kollektorstrom niedriger wird, steigt wieder die Kollektorspannung an. Durch die Phasendrehung verringert die zurückgekoppelte Spannung den Basistrom so weit, bis der Kollektorstrom fast 0 wird. Nun tritt keine Spannungsänderung mehr auf. Der Basistrom steigt wieder an, und der Vorgang beginnt von neuem.

Da sich dieser Ablauf in einem ständigen Wechsel wiederholt, tritt auch am Lautsprecher eine Wechselfspannung auf, die den Ton erzeugt.

Die Frequenz dieses Tones wird, wie du bereits erfahren hast, durch die Kondensatoren C_1 , C_2 , C_3 und die Widerstände R_3 und R_2 bestimmt. Je kleiner die Werte dieser Bauelemente sind, um so höher wird die Frequenz. Allerdings müssen die Widerstände möglichst gleich groß sein, ebenso die Kondensatoren.

Ein **L-C-Oszillator** wird in Abb. 155 dargestellt (ab EE 2052). Die Frequenz dieser Schaltung wird durch die **L** (Spule) und **C** (Kondensatoren) C_1 und C_2 bestimmt. Daher stammt auch der Name.

Den Bauplan für einen L-C-Oszillator findest du in Abb. 154. Nach dem Betätigen des Schalters ertönt aus dem Lautsprecher ein Ton sehr hoher Frequenz (> 10 kHz).

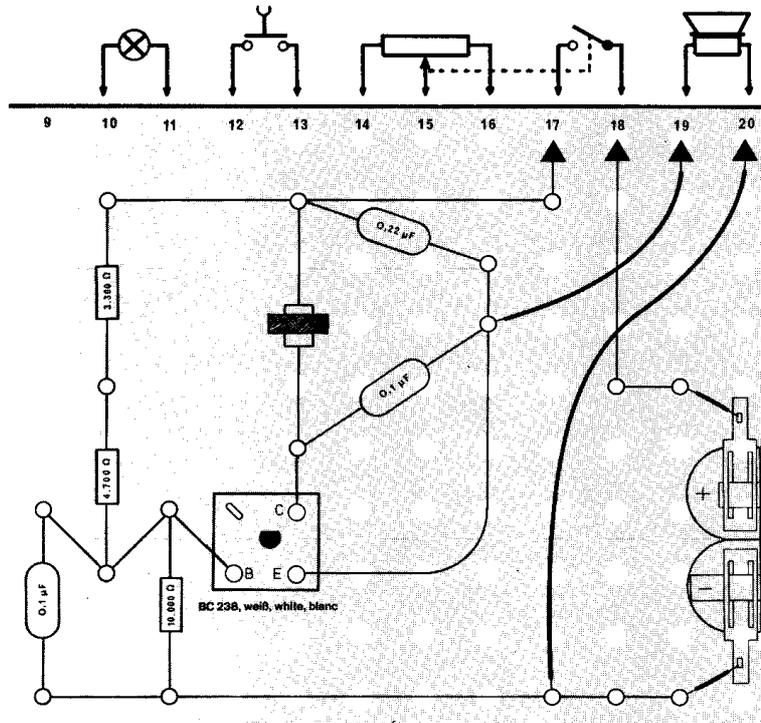


Abb. 154

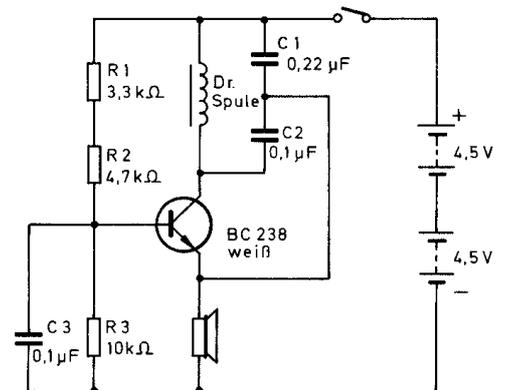


Abb. 155

Beim Einschalten werden durch den Kollektorstrom die beiden Kondensatoren C_1 und C_2 aufgeladen, die einen **kapazitiven Spannungsteiler** darstellen. Der Schwingkreis wird dabei angestoßen und beginnt zu schwingen. Um Spulenverluste auszugleichen und ein Abschwächen der Schwingung zu verhindern, wird ein Teil der Spulenspannung auf den Emitter zurückgeführt. Deshalb werden ungedämpfte Schwingungen erzeugt, die als Ton vom Lautsprecher abgestrahlt werden.

3.3. Elektronische Signalanlagen

Neben der Verstärkerfunktion des Transistors, von der bisher überwiegend die Rede war, soll nun einiges zur Schalterfunktion gesagt werden. Beim Verstärken entsprechen die Änderungen des Basisstroms auch den Änderungen des Kollektorstroms. Man spricht deshalb auch von linearen Verstärkern. In den Schaltungen dieses Kapitels arbeiten die Transistoren jedoch nach einem anderen Prinzip. Sie wirken hier als Schalter mit den Funktionen Ein–Aus. Dabei sind die Transistoren entweder leitend oder gesperrt, d. h., es fließt Strom, oder es fließt kein Strom. Wenn Strom fließt, liegt praktisch keine Spannung über dem Transistor. Ist der Transistor gesperrt (kein Stromfluß), dann kann eine Spannung über ihm gemessen werden.

Aus dieser Beschreibung ergibt sich, daß der Transistor wie ein ganz gewöhnlicher Schalter arbeitet. Schaltet man eine Batterie, eine Glühlampe und einen normalen Schalter in Reihe, passiert dasselbe. Sobald der Schalter eingeschaltet ist, fließt durch ihn ein Strom, dessen Größe von der Glühlampe und der Batteriespannung bestimmt wird. Ist der Schalter ausgeschaltet, entspricht die Spannung über ihm genau der Batteriespannung. Schaltkreise – wie sie hier beschrieben sind – werden in der Praxis in elektronischen Rechenmaschinen und Computern benutzt. Die Schaltkreise haben normalerweise zwei Transistoren, von denen einer in der „Ein“-Position und der andere in der „Aus“-Position steht. Der Transistor in der Stellung „Ein“ hält den anderen in der Stellung „Aus“ und umgekehrt.

Es gibt zahlreiche Varianten dieser sogenannten **Kippschaltungen**.

In Abb. 156 findest du den Bauplan für einen **Schmitt-Trigger** (Schwellwertschalter), das dazugehörige Schaltbild in Abb. 157.

Schaltung 45

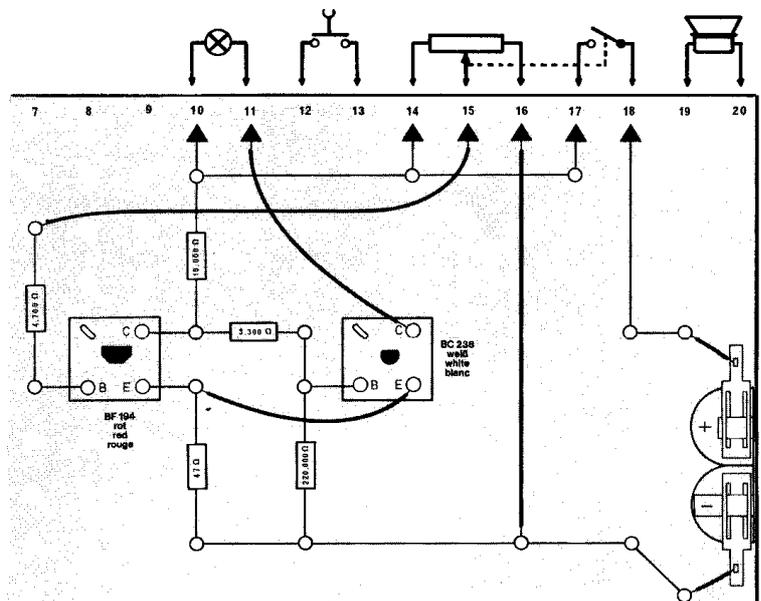


Abb. 156

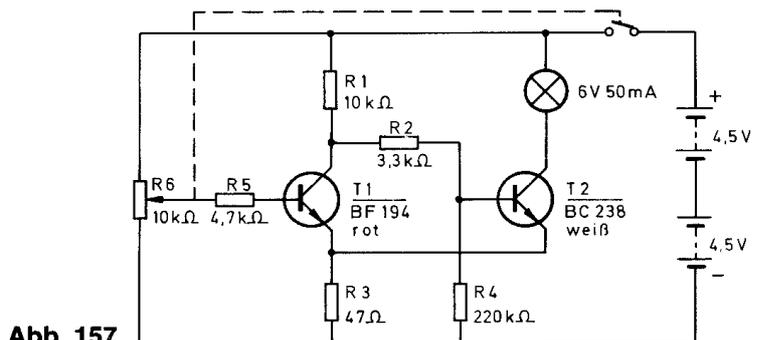


Abb. 157

Beim Drehen am Potentiometerknopf ändert sich die Helligkeit der Glühlampe nicht, sondern bei einer bestimmten Stellung – einem **Schwellwert** – wird sie plötzlich aus- bzw. eingeschaltet.

Wenn der Transistor über das Potentiometer eine negative Basisvorspannung erhält, ist die Kollektor-Emitter-Strecke dieses NPN-Transistors gesperrt. Am Kollektorwiderstand fällt eine Spannung ab, die über R_2 der Basis des Transistors T_2 zugeführt wird. Er leitet deshalb, und die Glühlampe leuchtet.

Wird durch Drehen am Potentiometer die Spannungsteilung so verändert, daß plötzlich T_1 eine positive Basisspannung erhält, so wird die Kollektor-Emitter-Strecke durchgeschaltet, und es fließt ein Strom. Dadurch verringert sich aber schlagartig der Spannungsabfall, und die Basis von T_2 erhält über R_3 , Emitter und R_2 eine negative Spannung. Also wird T_2 gesperrt, und die Lampe erlischt.

Änderst du am Potentiometer erneut die Basisspannung von T_1 , leuchtet die Lampe wieder.

Eine weitere Kippschaltung ist das **Flip-Flop**, auch **bistabiler Multivibrator** genannt. Multivibrator kann übersetzt werden mit „Vielfachschwinger“ (bi heißt zwei, stabil bedeutet beständig, fest). Man kann sagen, daß diese Schaltung zwei beständige Zustände besitzt. Was das bedeutet, soll erklärt werden, nachdem du diese Kippschaltung nach Abb. 158 aufgebaut hast.

Beim Anlegen der Betriebsspannung leuchtet die Lampe zunächst nicht. Schließt du mit einer Drahtbrücke den Kontakt K_1 , leuchtet die Lampe auf, und sie brennt weiter, auch wenn an K_1 der Stromkreis wieder unterbrochen ist. Wenn der Kontakt K_2 kurzfristig geschlossen wird, erlischt die Lampe und bleibt dann auch dunkel.

Schaltung 46

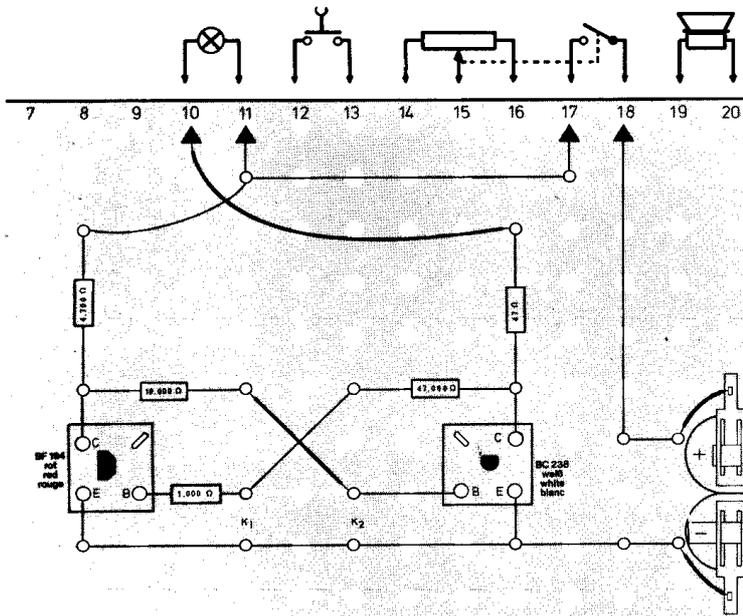


Abb. 158

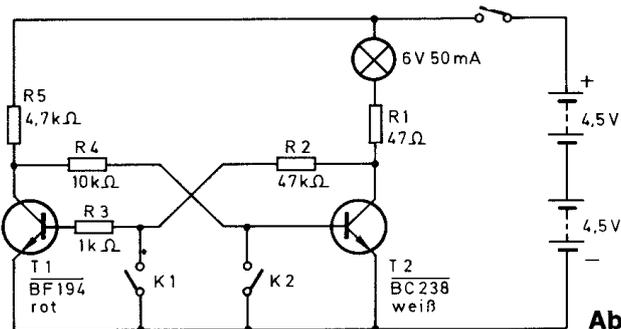


Abb. 159

Schaltung 47

Wenn du das Schaltbild (Abb. 159) betrachtest, erkennst du, daß bei geöffneten Kontakten die Basis von T_1 über R_1 , R_2 und R_3 eine positive Basisspannung erhält. T_1 leitet also, und die Basis von T_2 bekommt deshalb über Emitter-Kollektor T_1 und R_4 eine negative Basisspannung. T_2 ist also gesperrt, und die Lampe leuchtet nicht. Wird nun K_1 geschlossen, ist die Basis T_1 negativ; die Kollektor-Emitter-Strecke wird gesperrt. Durch den Spannungsabfall an R_5 wird der Basis von T_2 nun über R_4 eine positive Vorspannung zugeführt, so daß T_2 leitet: Die Lampe leuchtet. Sie leuchtet weiter, auch wenn K_1 wieder geöffnet ist, da die Vorspannung ständig abfällt. Das ist der eine beständige Zustand, von dem bereits die Rede war.

Wenn nun K_2 geschlossen wird, ist die Basis von T_2 negativ: Er sperrt. Jetzt erhält die Basis von T_1 wieder eine positive Spannung, und T_2 bleibt gesperrt. Die Lampe leuchtet also nicht. Damit ist der zweite beständige Zustand erreicht.

Die nächste Kippschaltung, die du kennenlernen sollst, ist der **astabile Multivibrator** (Abb. 160). Sowie die Betriebsspannung von 9V an den astabilen Multivibrator gelegt wird, ertönt aus dem Lautsprecher ein Ton, und die Lampe leuchtet. Ersetze den Widerstand $R_1 = 47\text{ k}\Omega$ nacheinander durch den 22-k Ω - und den 15-k Ω -Widerstand.

Je kleiner der Widerstand R_1 ist, desto höher wird der Ton.

Tausche dann C_1 oder C_2 aus gegen den Kondensator 10 000 pF. Wieder erhöht sich die Frequenz des Tones. Je kleiner die Kondensatoren werden, desto größer wird die Frequenz.

Ersetzt du aber C_1 durch den Elko 125 μF und C_2 durch den mit 4 μF , blinkt die Lampe mit konstanter Geschwindigkeit, und aus dem Lautsprecher ertönt nur noch ein Knacken. Der Pluspol muß zum Kollektor zeigen.

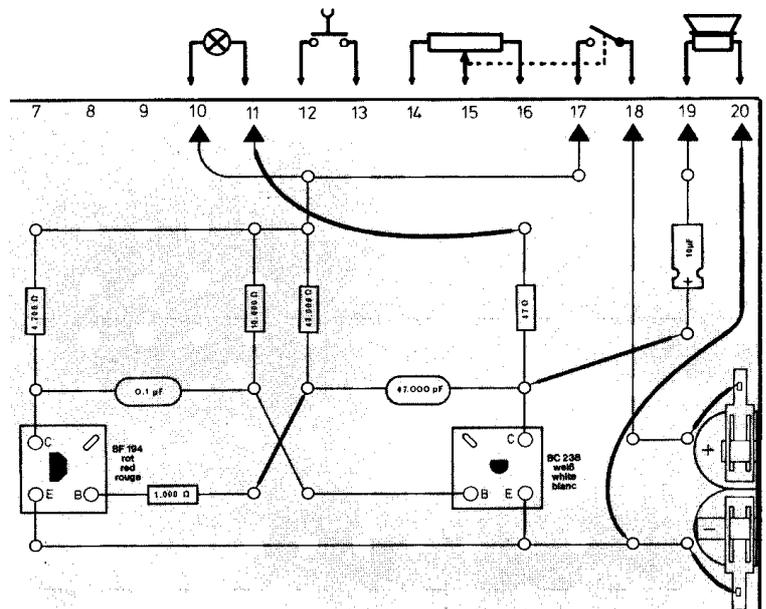


Abb. 160

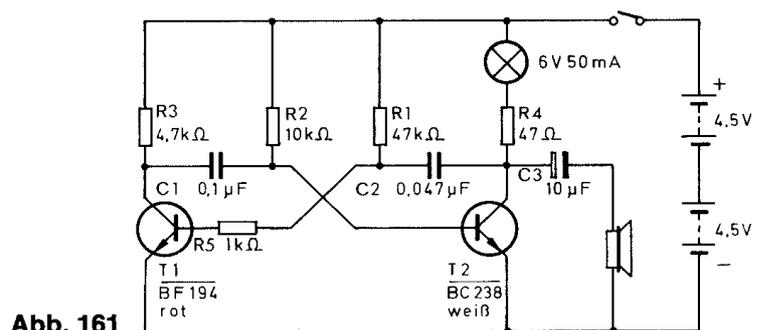


Abb. 161

Der astabile Multivibrator besitzt keine stabilen Zustände mehr, sondern die Positionen „Ein“ bzw. „Aus“ ändern sich in einem steten Wechsel. Wenn T_1 leitet, wird dadurch T_2 gesperrt (Abb. 161). Durch das Zurückkoppln des Ausgangssignals vom Kollektor auf die Basis des anderen Transistors wird nun T_1 gesperrt und damit T_2 leitend. Das geschieht selbsttätig in einem Rhythmus, der durch die Kondensatoren C_1 und C_2 und die Widerstände R_1 und R_2 bestimmt wird.

Die letzte Kippschaltung, die du kennenlernen sollst, ist der **monostabile Multivibrator**. Er besitzt nur einen stabilen Zustand. Den Bauplan findest du in Abb. 162, 163).

Setze zunächst für C_1 den Elko 125 μF ein. Die Lampe leuchtet auf. Beim kurzzeitigen Niederdrücken des Tastschalters erlischt die Lampe, leuchtet danach aber bald wieder.

Beim Anlegen der Betriebsspannung erhält T_2 über R_1 eine positive Basisspannung, und die Kollektor-Emitter-Strecke wird freigegeben. Nun lädt sich C_1 negativ auf, die Basis von T_2 erhält keine positive Vorspannung. Dadurch wird T_2 gesperrt. C_1 wird aber anschließend über R_1 wieder positiv aufgeladen, und die Basis von T_2 wird ebenfalls wieder positiv. Also leuchtet die Lampe erneut.

Je größer C_1 ist, desto länger erlischt die Lampe, weil der Umladevorgang entsprechend länger dauert.

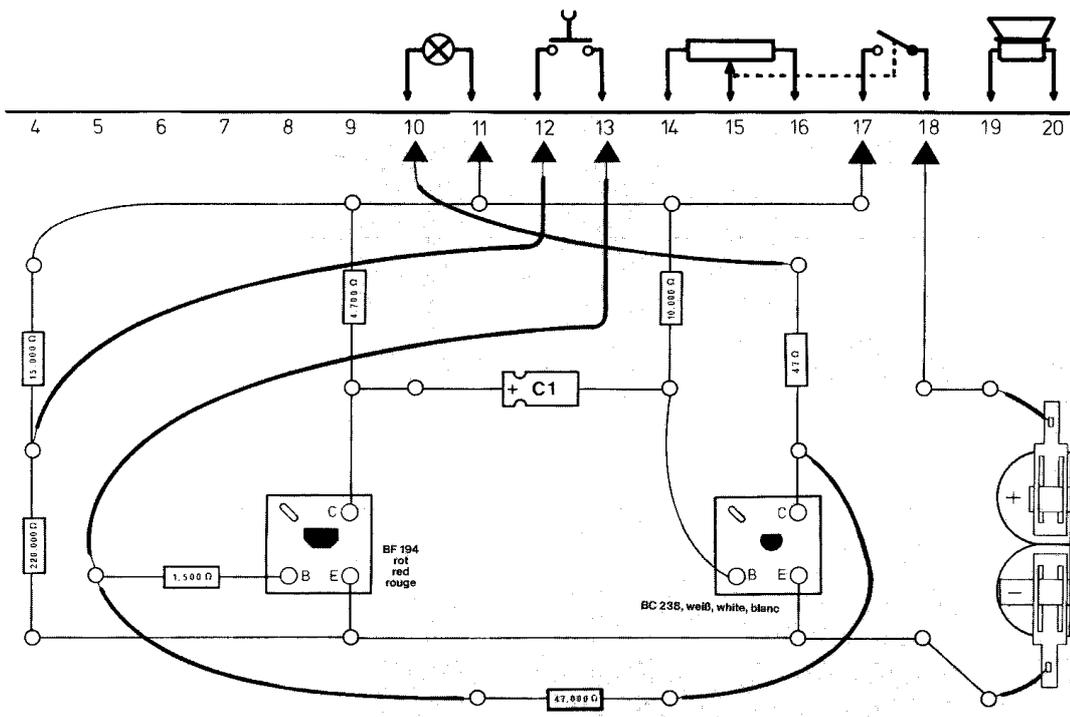


Abb. 162

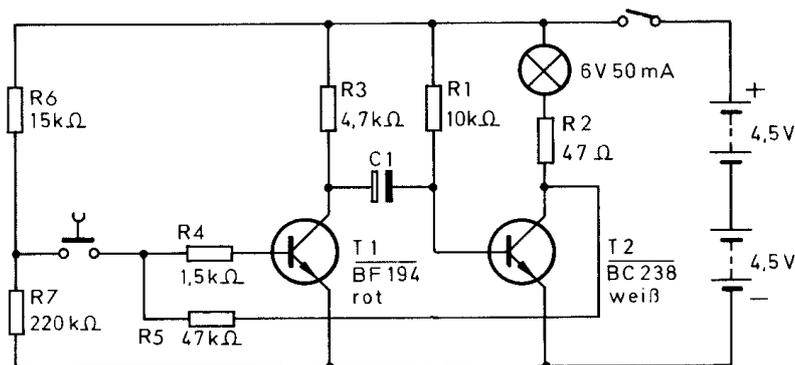


Abb. 163

3.4. Meß- und Regeltechnik

Messen ist das Bestimmen von Mengen, Größen oder anderen Einheiten. So werden Längen mit einem Lineal und Gewichte mit einer Waage gemessen. Diese Messungen sind der Vergleich mit einer bekannten Länge oder einem bekannten Gewicht. Viele Messungen werden aber auch durch das Übertragen von unbekanntem Abmessungen und Mengen in andere Einheiten ausgeführt. Waagen, die mit Federn arbeiten, übertragen das Gewicht z. B. durch die Feder in eine Bewegung des Skalenzeigers. Ein Thermometer überträgt eine Temperatur auf das Volumen einer gewissen Menge Quecksilber. Steigt die Temperatur, vergrößert sich das Volumen. In der elektronischen Meßtechnik werden alle Arten von Mengen, Abmessungen usw. in elektrische Ströme und Spannungen umgesetzt, die dann in elektronischen Schaltkreisen verarbeitet und mit Anzeigeeinheiten sichtbar gemacht werden. In diesen Systemen benutzt man die elektrischen Spannungen und Ströme aber nicht nur, um Meßergebnisse anzuzeigen, sondern sie beeinflussen auch eine Kontrolleinheit, die den gemessenen Wert mit einem gewünschten Sollwert vergleicht.

So hat man beispielsweise eine Maschine konstruiert, die automatisch Kohlewiderstände herstellt. Eine dünne Kohleschicht wird dabei auf ein Röhrchen aus Isoliermaterial aufgetragen, und die Widerstände werden dann automatisch gemessen. Der ermittelte Widerstandswert wird in eine Spannung umgesetzt, die man an eine Kontrolleinheit weiterleitet und sie dort mit einer Standardspannung (Sollspannung) vergleicht. Die Differenz zwischen den beiden Spannungen bestimmt, ob mehr oder weniger Kohle aufgetragen werden muß. Ändert man die Standardspannung, so produziert die Maschine Widerstände mit einem anderen Wert.

In allen Kontrollsystemen oder, wie man auch sagt, „Meß- und Regelkreisen“ wird die Information des Resultates eines Prozesses zu dem Punkt zurückgeführt, an dem das Resultat beeinflußt werden kann. Automatische Kontrollen von Prozessen finden deshalb immer in einem in sich geschlossenen Regelkreis statt, wo ein Strom von Informationen und ein Strom von Ergebnissen so gekoppelt werden, daß das Ende eines Prozesses seinen Anfang durch eine Meßvorrichtung (M), einen Verstärker (A) und eine Kontrolleinheit (C) beeinflussen kann (Abb. 164).

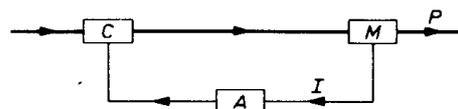


Abb. 164

Schaltung 49

Ein einfaches Beispiel für einen solchen geschlossenen Regelkreis (der auch als kybernetisches System bezeichnet wird) kann mit diesem Experimentierkasten gebaut werden. Die Aufgabe besteht darin, eine Glühlampe mit einer bestimmten Helligkeit leuchten zu lassen, unabhängig von der Batteriespannung oder anderen Umständen. Die Schaltung ist in Abbildung 165, 166 dargestellt. Das Licht der Glühlampe fällt auf den LDR, wobei sichergestellt sein muß, daß ihn kein anderes Licht beeinflussen kann. Darum steckt man den LDR in eine abschirmende schwarze Röhre.

Wenn die Helligkeit der Lampe abnimmt, wird der Widerstand des LDR größer. Daraus ergibt sich, daß die Spannung an der Basis und der Kollektorstrom von T_1 geringer werden. T_3 wird jetzt mehr Basisstrom ziehen, so daß sein Kollektorstrom ansteigt und die Helligkeit der Glühlampe wieder den gewünschten Wert erreicht. Dieser Wert kann durch Drehen des Potentiometers R_3 gewählt werden. Beim Anschluß an +9 V stellt man das Potentiometer so ein, daß die Lampe schwach leuchtet.

Wird nun die Batteriespannung auf 4,5 V verringert oder ein Widerstand von 10 Ω oder 47 Ω vor die Lampe geschaltet, ändert sich die Helligkeit der Lampe nicht, sondern sie bleibt konstant. Das Regelsystem hält die Lichtintensität auf dem vorher eingestellten Wert fest. Um dies zu demonstrieren, kann man den Regelkreis öffnen und Lampe und LDR voneinander entfernen. Wird jetzt mit dem Potentiometer die Lampe erneut so eingestellt, daß sie schwach leuchtet, und benutzt man dann eine geringere Spannung, so ändert sich die Helligkeit.

Dieser Kontrolltest ist nicht ganz einfach durchzuführen, weil es schwierig ist, die Lichtmenge, die auf den LDR fällt, mit dem Potentiometer genau einzustellen. Es ist daher viel praktischer, den LDR einfach durch einen 47-kΩ-Widerstand zu ersetzen. Das ist der Wert, den der LDR hat, wenn er durch die Lampe schwach beleuchtet wird.

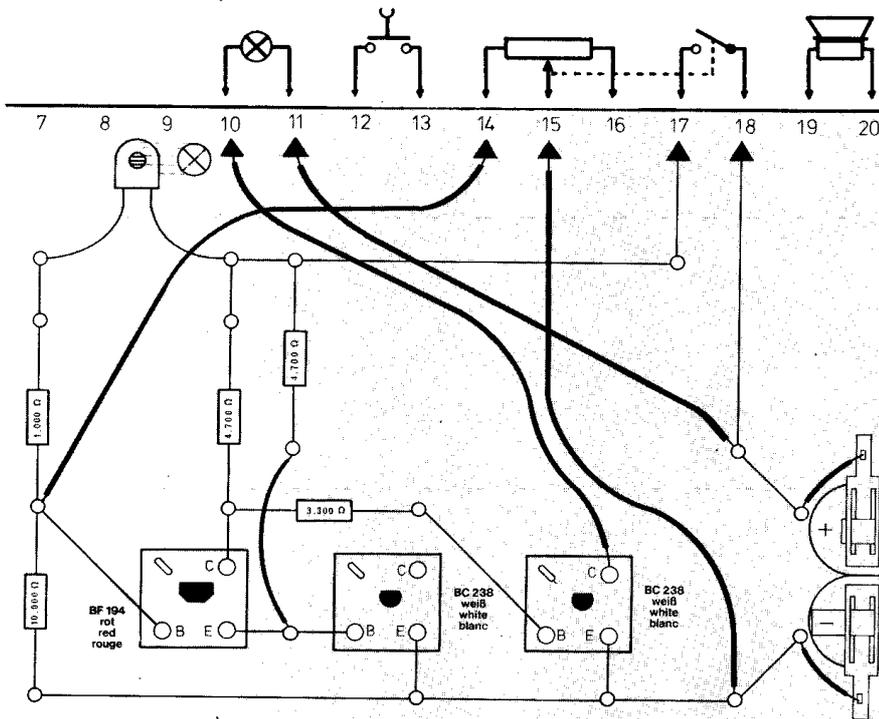


Abb. 165

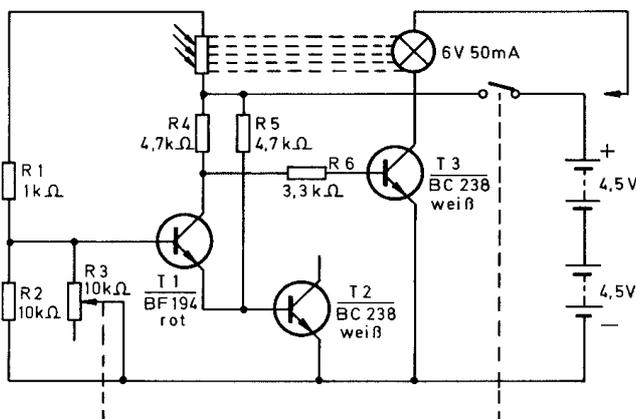


Abb. 166

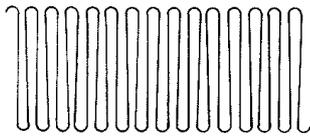


Abb. 167



Abb. 168

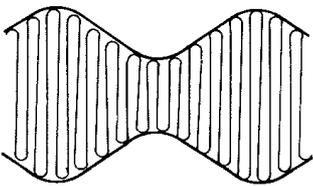


Abb. 169

Schaltung 50

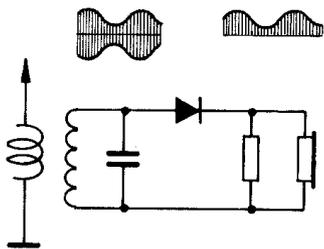


Abb. 170

3.5. Rundfunkempfangstechnik

In der Frühzeit der Rundfunk-Empfangstechnik wurden Geräte verwendet, deren Umfang und Unhandlichkeit heute nur noch Staunen erregen. Wieviel bequemer kann heute mit kleinen Transistorempfängern Rundfunk empfangen werden.

Trotzdem hat sich das Prinzip bis heute nicht geändert, nur die Methoden wurden dem Stand der Technik angepaßt.

In Rundfunksendern muß das NF-Signal (Niederfrequenz = Sprache, Musik) so aufbereitet werden, daß es über große Entfernungen übertragen werden kann. Eine direkte Übertragung ist nicht möglich, sondern es muß ein **Träger** erzeugt werden, mit dem zusammen die Sprache oder Musik an die Empfänger gelangt. Dieser Träger ist ein Hochfrequenz-Signal (HF), das für jeden Rundfunksender in jedem Wellenbereich festliegt.

Langwellen	(LW)	150	–	435	kHz	=	2000	–	690	m
Mittelwellen	(MW)	510	–	1 605	kHz	=	590	–	190	m
Kurzwellen	(KW)	5,95	–	17,9	MHz	=	50	–	17	m
Ultrakurzwellen	(UKW)	87,5	–	100	MHz	=	3,4	–	3,0	m

In den Schwingkreisen eines Mittelwellensenders wird z. B. eine Schwingung mit einer Frequenz von 1 000 kHz erzeugt (Abb. 167). Dieser Trägerwelle wird das NF-Signal (Abb. 168) „aufgeprägt“, so daß sich die Amplitude des Trägers im Rhythmus des NF-Signals verändert (Abb. 169). Man spricht dann von einer **Modulation**, und weil bei dieser Art der Modulation die Amplitude verändert wird, wird dieses Verfahren **Amplituden-Modulation** genannt.

Der einfachste Rundfunkempfänger ist ein **Dioden-Empfänger**, dessen Prinzip-Schaltung in Abb. 170 dargestellt ist. Die Frequenz des Empfänger-Schwingkreises wird auf den des Senders abgestimmt, so daß diese Schwingungen mit derselben Frequenz verlaufen. Führt man dieses Signal einer Diode zu, wird die eine Halbwelle durch die Gleichrichterwirkung unterdrückt. Das bezeichnet man als **Demodulation**. Dieses demodulierte Signal kann dann evtl. direkt einem Kopfhörer zugeleitet werden, der die Sprache oder Musik abstrahlt.

Dieses Demodulieren ist notwendig, weil positiv und negativ modulierte Halbwellen sich gegenseitig aufheben.

Der einfache Diodengleichrichter hat aber auch einige Nachteile, zu denen beispielsweise gehört, daß man nicht unmittelbar einen Lautsprecher anschließen kann. Die schwachen Wechselspannungen müssen noch verstärkt werden. Derartige Verstärkerschaltungen hast du im Kapitel 3.1. bereits kennengelernt. Anstelle der dort erwähnten Tonabnehmersysteme brauchst du nur den Diodengleichrichter als Spannungsquelle an den Eingang zu schalten.

Als einen weiteren Nachteil könnte man es betrachten, daß der Diodengleichrichter nur in einem Bereich von ca. 0,1–10 V ordnungsgemäß arbeitet. Wenn die Trägerspannung der zugeführten Hochfrequenz (HF) zu gering ist, läßt der Wirkungsgrad des Gleichrichters nach, d. h. die Empfindlichkeit wird geringer, und die Verzerrungen steigen an. Letzteres trifft auch für zu große Eingangsspannungen zu. Durch Hochfrequenz-Verstärkerstufen vor dem Gleichrichter kann man aber die Empfindlichkeit eines Gerätes erhöhen. Nach diesem Prinzip arbeitet z. B. auch der Empfänger 5.02. Wenn das empfangene Signal über mehrere HF-Verstärkerstufen direkt zum Gleichrichter geführt wird, so spricht man von einem **Geradeausempfänger**. Dieses Verfahren ergibt aber bei mehr als zwei hintereinandergeschalteten Stufen sehr große elektrische und konstruktive Schwierigkeiten. Daher werden Geradeausempfänger nur als **Ein- oder Zweikreiser** gebaut.

Sollen Rundfunkgeräte eine bessere Empfindlichkeit und eine größere Leistung haben, so macht man vom **Überlagerungsprinzip** Gebrauch. Hierbei wird das von der Antenne empfangene Sendesignal mit einem im Empfänger erzeugten zweiten Signal so gemischt, daß unabhängig von der Abstimmung und dem Wellenbereich immer eine feste, sich nicht mehr verändernde Frequenz entsteht. Diese sogenannte Zwischenfrequenz (**ZF**) kann nun leicht in mehreren Stufen verstärkt und anschließend vom Diodengleichrichter demoduliert werden (Abb. 171). Nach diesem Verfahren hat der Rundfunksuper übrigens seinen Namen bekommen (Superheterodynempfänger = Überlagerungsempfänger, von super = über + heteros = verschieden + dynamis = Kraft). Abgekürzt sagt man einfach **Superhet**.

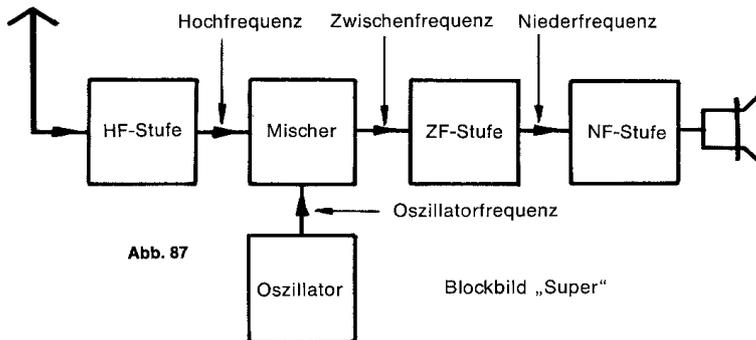


Abb. 171

Sender im UKW-Bereich wenden allerdings nicht die Amplituden-Modulation an, sondern die **Frequenz-Modulation (FM)**. Bei diesem Verfahren wird durch das NF-Signal nicht die Amplitude verändert, sondern im Rhythmus der Sprache oder Musik ändert sich die Frequenz des Trägersignals (Abb. 172). Die Demodulation dieses HF-Signals muß mit speziellen Gleichrichterschaltungen erfolgen, bei denen es darauf ankommt, Bauglieder mit frequenzabhängigen Widerständen zu verwenden. Das könnte im einfachsten Fall eine Spule sein, deren Widerstand sich mit der Frequenz ändert. Durch die Widerstandsänderung würde sich auch der Spannungsabfall an der Spule vergrößern oder verkleinern. Diese Spannungsänderungen könnten dann verstärkt werden. Allerdings ist bei diesem Verfahren die Qualität des empfangenen und verstärkten Signals nicht besonders gut.

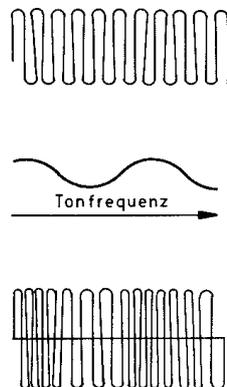


Abb. 172

4. Elektronische Geräte

Bevor du mit dem Bau dieser elektronischen Geräte beginnst, ist es unbedingt notwendig, die Allgemeine Bauanleitung sehr aufmerksam zu lesen.

Für das Verständnis der Schaltungsbeschreibungen sind gewisse Kenntnisse der Elektronik Voraussetzung. Wenn du dich schon mit der Elektronik näher beschäftigt hast, werden dir die Beschreibungen der einzelnen Geräte ebenso verständlich sein, als wenn du vorher eingehend das Kapitel Einführung in die Elektronik durchgearbeitet hast.

Wie in der Industrie üblich, sind die elektronischen Geräte nach Teilgebieten geordnet:

1. Elektroakustik
2. Fernmeldetechnik
3. Elektronische Signalanlagen
4. Meß- und Regeltechnik
5. Rundfunk-Empfangstechnik
6. Digitaltechnik
7. Drahtlose Signalübertragung

An der ersten Ziffer der folgenden Geräte-Nummern erkennst du, zu welchem Teilgebiet das Gerät gehört.

Grundsätzliche Informationen zu den Teilgebieten findest du im Kapitel 3.

1.01. Verstärker für Plattenspieler und Tonbandgerät

Die ersten Plattenspieler gaben die Musik nur rein mechanisch wieder. Dazu waren schwere Tonarme und große Schalltrichter erforderlich, die die Apparate unhandlich machten. Außerdem war die Wiedergabequalität sehr schlecht. Erst seitdem man es versteht, die Töne elektronisch zu verstärken und von einem Lautsprecher abstrahlen zu lassen, konnte die Qualität wesentlich gesteigert werden. Einen solchen Verstärker kannst du aufbauen.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.

Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: Beim EE 2050 wird der Ohrhörer direkt an den Anschlüssen 19 und 20 befestigt. An den Außenanschlüssen befestigst du den Plattenspieler oder das Tonbandgerät. Beachte dabei folgendes: Sie haben abgeschirmte Kabel (Abb. 174). Verbinde die Abschirmung (a) mit der Klemme V und die eine oder evtl. zwei Litzen (b) mit U.

Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes. Potentiometerknopf nach rechts drehen und Plattenspieler oder Tonbandgerät einschalten. Im Ohrhörer erklingt dein Programm. Mit dem Potentiometerknopf regelst du die Lautstärke. Ganz nach rechts gedreht, erreichst du die größte Lautstärke. Hast du den Plattenspieler oder das Tonbandgerät richtig angeschlossen und hörst nichts, schalte sofort aus und suche den Fehler.

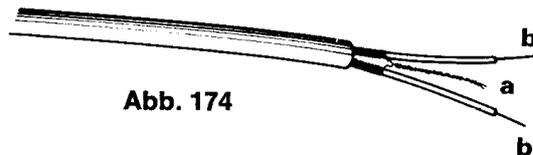
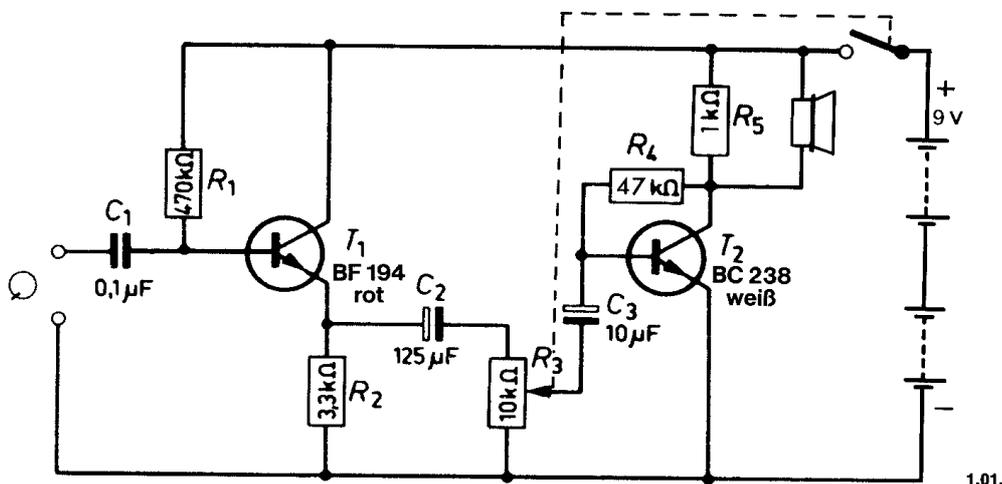


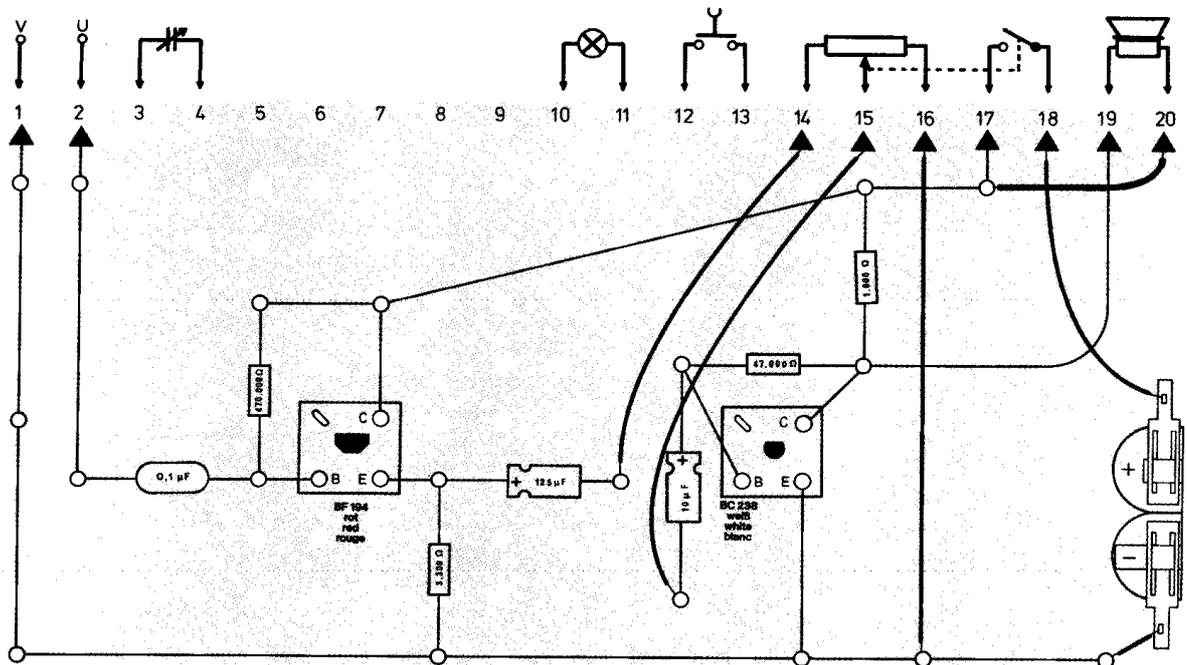
Abb. 174



1.01.

Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Die dargestellte Schaltung wird zum Verstärken der Wechselspannungen benutzt, die vom Tonkopf eines Plattenspielers stammen. Das Plattenspielerkabel wird deshalb mit der inneren Leitung an den Kondensator C 1 angeschlossen und die Abschirmung mit dem Minuspol verbunden. Der Transistor T 1 arbeitet als Emitterfolger. Die Schaltung hat den Vorteil, daß ihr hoher Eingangswiderstand die angeschaltete Wechselspannungsquelle (Tonkopf) nicht belastet. Gleichzeitig wandelt sie den hohen Eingangswiderstand in einen niedrigen Ausgangswiderstand um. Die dem Transistor T 1 zugeführte Wechselspannung wird über den Lautstärkereger R 3 und den Koppelkondensator C 2 auf die Endstufe T 2 gegeben. Die verstärkte Spannung ist im Ohrhörer bzw. Lautsprecher wahrnehmbar, die parallel zum Widerstand R 5 angeschlossen werden.



1.02. Zweistufiger Plattenspieler-Verstärker

Redner müssen selbst in der letzten Reihe eines großen Saales gut zu verstehen sein. Zur Unterstützung der Stimme benutzt man Lautsprecheranlagen. Der Redner spricht in ein Mikrofon; es setzt die Sprache in elektronische Schwingungen um. Diese sehr schwachen Schwingungen müssen so weit verstärkt werden, daß sie in einem Lautsprecher gut zu hören sind. Dazu dient ein Verstärker, wie du ihn hier bauen kannst. Als Mikrofon benutzt du einen Ohrhörer. Du kannst auch einen Plattenspieler oder ein Tonbandgerät anschließen.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.

Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: An die Außenanschlüsse klemmst du einen Ohrhörer. Er arbeitet als Mikrofon. Sprichst du hinein, hörst du deine eigene Stimme aus dem Lautsprecher (nicht im EE 2003). Willst du einen Plattenspieler oder ein Tonband anschließen, beachte folgendes: Sie haben abgeschirmte Kabel (siehe Abb. 175). Verbinde die Abschirmung (a) mit der Klemme V und die eine oder zwei Litzen (b) mit U.

Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes. Potentiometer nach rechts drehen. Mit ihm regelst du auch die Lautstärke. Ganz nach rechts gedreht erreichst du die größte Lautstärke. Hast du einen Ohrhörer, Plattenspieler oder ein Tonbandgerät richtig angeschlossen und hörst nichts, schalte sofort aus und suche den Fehler. Du kannst jeden Kristallohrhörer verwenden, z. B. den Ohrhörer Best.-Nr. 1041.

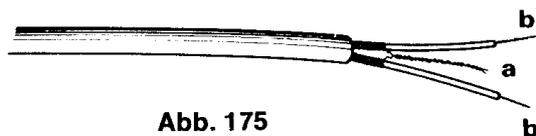
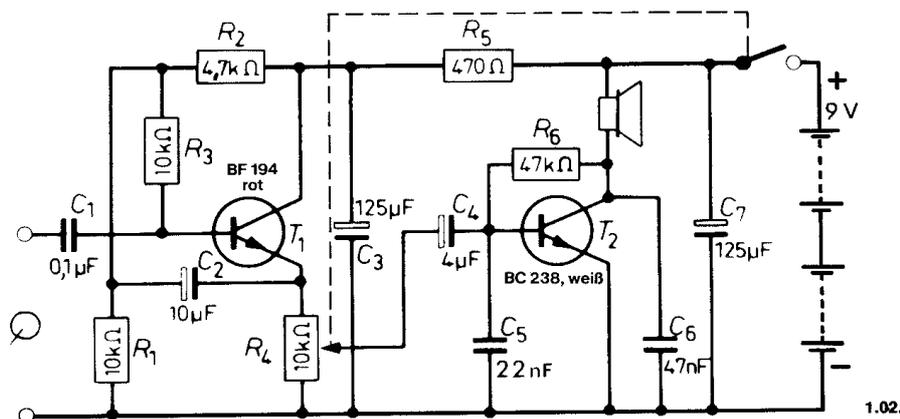


Abb. 175

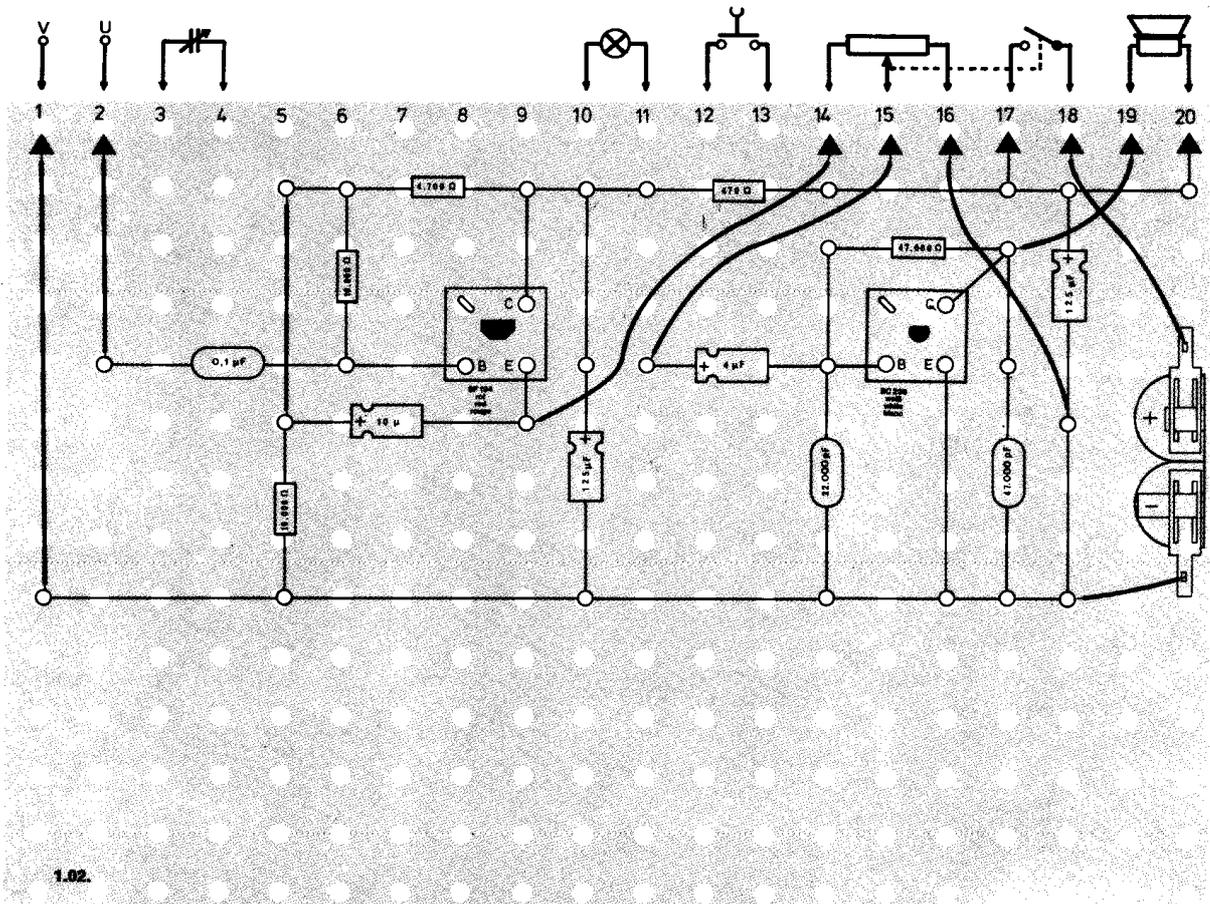


1.02.

Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Bei diesem Verstärker arbeitet der erste Transistor als sogenannter Emitterfolger in Kollektorschaltung. Das über den Kondensator C 1 zugeführte Signal wird am Emitter über den Widerstand R 4 ausgekoppelt und dem zweiten Transistor, dem Endverstärker, zugeleitet. Der Emitterfolger T 1 hat einen hohen Eingangswiderstand und belastet deshalb eine angeschaltete Spannungsquelle nur sehr wenig. Somit werden die vom Kristalltonabnehmer gelieferten Frequenzen ungeschwächt und unverzerrt dem Transistor T1 zugeführt. Eine weitere Eigenschaft des Emitterfolgers besteht darin, als Impedanzwandler den hohen Eingangswiderstand in einen niedrigen Ausgangswiderstand umzuwandeln. Er wird deshalb in der Transistortechnik vorwiegend für Anpassungszwecke wie in der hier vorliegenden Art verwendet.

Das Potentiometer R 4 hat einen Wert von $10\text{ k}\Omega$ und dient zum Einstellen der Lautstärke. Die Endstufe arbeitet in Emitterschaltung, wobei der Emitter am Minuspol und der Arbeitswiderstand (Lautsprecher) im Kollektorkreis des Transistors liegt. Die Elektrolyt-Kondensatoren C 7 und C 3 dienen zur Siebung und Glättung der Betriebsspannung aus der Batterie.



1.03. Gegentakt-Verstärker

Mit diesem Gerät erreichst du bei der Wiedergabe eine größere Lautstärke und Klangfülle. An seinen Eingang kannst du einen Ohrhörer als Mikrofon anschließen und dann deine eigene Stimme verstärken. Du kannst ihn aber auch als Plattenspieler- oder Tonband-Verstärker benutzen.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.

Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

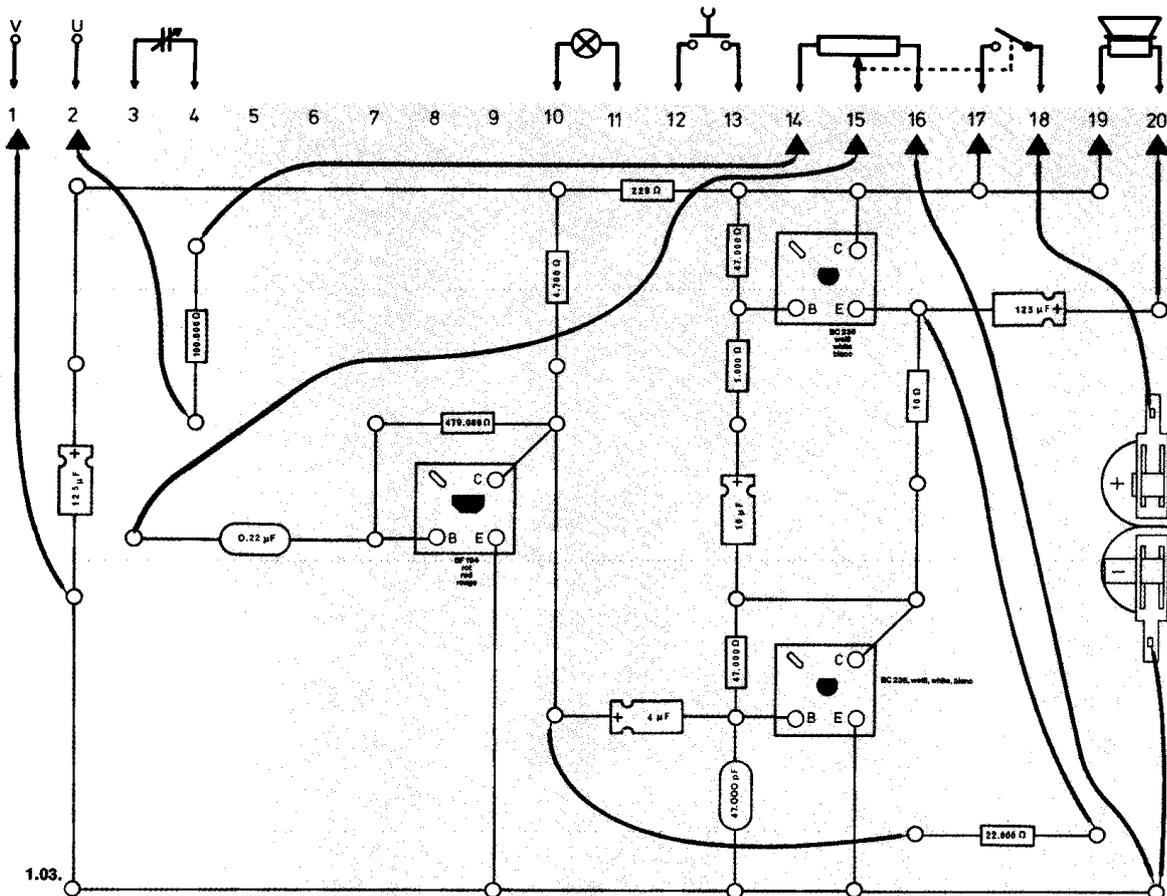
Spezielle Arbeiten: An die Außenanschlüsse klemmst du einen Ohrhörer (nicht im EE 2003). Er arbeitet als Mikrofon. Sprichst du hinein, hörst du deine eigene Stimme aus dem Lautsprecher. Willst du einen Plattenspieler oder ein Tonbandgerät anschließen, beachte folgendes: Sie haben abgeschirmte Kabel (siehe Abb 175). Verbinde die Abschirmung (a) mit der Klemme V und die eine oder zwei Litzen (b) mit U.

Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes.

Potentiometerknopf nach rechts drehen. Mit ihm regelst du auch die Lautstärke. Ganz nach rechts gedreht, erreichst du die größte Lautstärke. Hast du einen Ohrhörer, Plattenspieler oder ein Tonbandgerät richtig angeschlossen und hörst nichts, schalte sofort aus und suche den Fehler.

Du kannst jeden Kristallohrhörer verwenden, z. B. den Ohrhörer Best.-Nr. 349.1041.



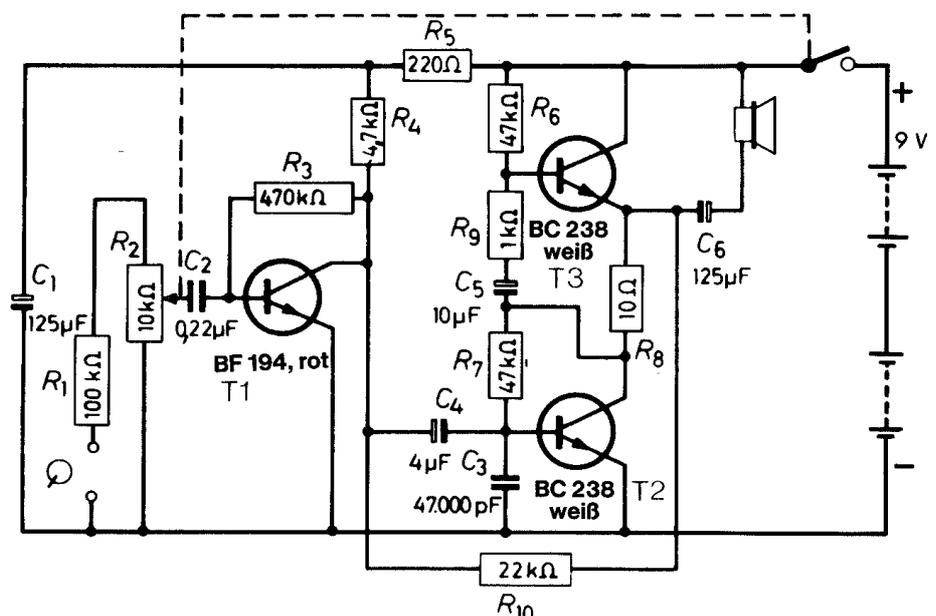
Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Der Lautstärkereger liegt vor dem Transistor. Zur besseren Anpassung hochohmiger Spannungsquellen an den niederohmigen Eingang des Transistors ist ein Widerstand ($R_1 = 100 \text{ k}\Omega$) vor dem Lautstärkereger angeordnet. Die Gegenkopplung vom Lautsprecher über R_{10} zum Kollektor von T_1 stabilisiert die Schaltung.

Wie aus dem Schaltbild zu ersehen ist, unterscheidet sich die Ausgangsstufe dieses Verstärkers von der des Verstärkers 1.02. Hier handelt es sich um eine einfache **Gegentakt-Endstufe**, die aus zwei Transistoren T_2 , T_3 besteht. Sie sind in Reihe geschaltet, d. h. jeder Transistor arbeitet mit der halben Betriebsspannung. Während der untere Transistor T_2 in Emitter-schaltung betrieben wird, arbeitet der obere Transistor T_3 in Kollektor-schaltung. Der Gleichstrom fließt also durch T_2 , über den Widerstand R_8 und durch T_3 zum Pluspol der Schaltung. Die Basisspannung wird jeweils über die Widerstände R_6 bzw. R_7 zugeführt.

Die Wechselfspannung wird der Basis von T_2 über den Elektrolyt-Kondensator C_4 vom Vorverstärker T_1 zugeleitet. Das verstärkte Signal verursacht im Kollektorkreis von T_2 an R_8 einen mehr oder weniger großen Spannungsabfall, und zwar abhängig von der Ansteuerung des Transistors mit positiven oder negativen Signalanteilen. Die Wechselfspannung an R_8 steuert über den Elektrolyt-Kondensator C_5 und den Widerstand R_9 die Basis des Emitterfolgers T_3 , der zusammen mit T_2 das Signal an den Lautsprecher abgibt, welcher über C_6 gleichstromfrei an die Endstufe angekoppelt ist.

Die an dieser Gegentaktschaltung auftretende Spannung ist also abhängig von der Polarität der zugeführten Wechselfspannung. Wenn beispielsweise die Spannung am Transistor T_2 (Kollektor-Emitter) ansteigt, wird sie sich am Transistor T_3 vermindern.



1.04. Verstärker mit Entzerrer

Ein Tonabnehmer gibt nicht alle Töne gleichmäßig laut wieder. Die elektrischen Schwingungen, die er bei hohen und tiefen Tönen erzeugt, sind viel schwächer als die Signale bei mittleren Frequenzen. Du kannst dir vorstellen, daß das Klangbild unnatürlich wird, wenn die Höhen und Bässe bei der Wiedergabe fehlen. Der Klang ist verzerrt. Hier kann man aber elektronisch Abhilfe schaffen. Man braucht dazu einen Verstärker, der die hohen und tiefen Töne mehr verstärkt als die mittleren.

Die Entzerrung wird dadurch erreicht, daß durch die Gegenkopplung die mittleren Töne geringer verstärkt werden als die hohen und tiefen. Das Klangbild ist wieder natürlich und entzerrt.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten.

Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.

Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

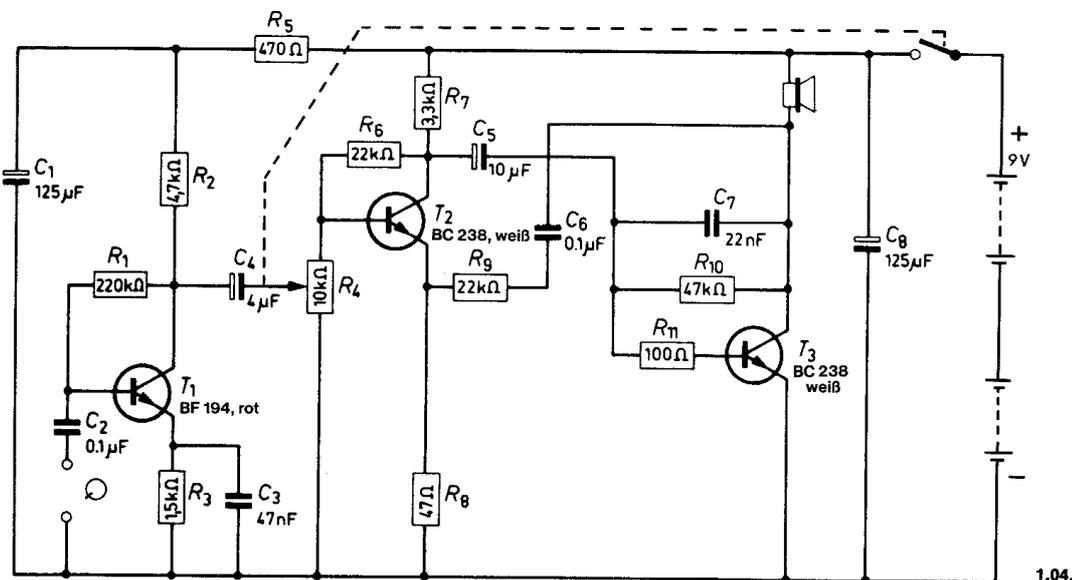
Spezielle Arbeiten: An die beiden Außenanschlüsse klemmst du einen Ohrhörer als Mikrofon. Sprichst du hinein, hörst du deine eigene Stimme aus dem Lautsprecher.

Willst du einen Plattenspieler oder ein Tonbandgerät anschließen, beachte folgendes: Sie haben abgeschirmte Kabel (Abb. 175). Verbinde die Abschirmung (a) mit der Klemme V und die eine oder zwei Litzen (b) mit U. Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes.

Potentiometerknopf nach rechts drehen und die gewünschte Lautstärke einstellen. Am rechten Anschlag ist die Lautstärke am größten. Hast du einen Ohrhörer, Plattenspieler oder ein Tonbandgerät richtig angeschlossen und hörst nichts, schalte sofort aus und suche den Fehler.

Du kannst jeden Kristallohrhörer verwenden, z. B. den Ohrhörer Best.-Nr. 349.1041.



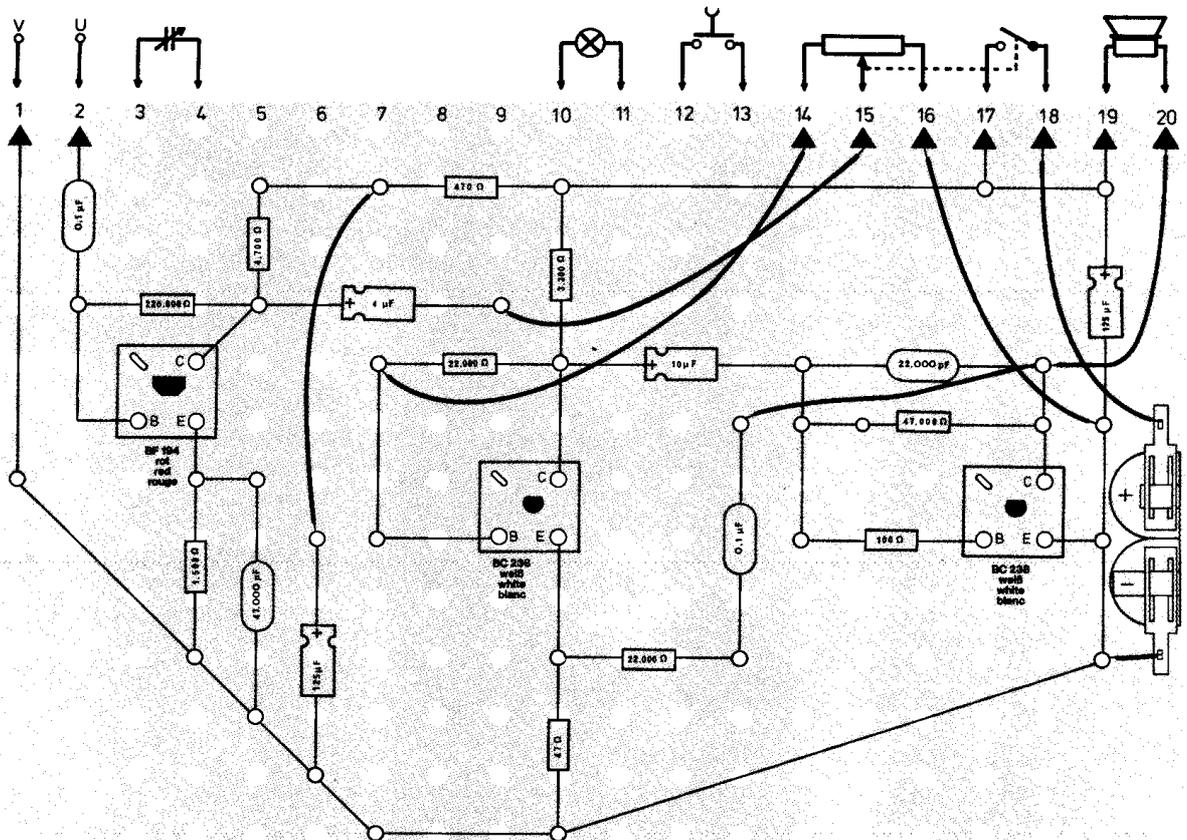
1.04.

Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Alle drei Transistoren arbeiten in Emitterschaltung, ihre Arbeitswiderstände R 2, R 7 und der Lautsprecher liegen daher im Kollektorkreis. Die zu verstärkende Wechselspannung wird über den Kondensator C 2 an die Basis von T 1 geführt und erreicht anschließend über C 4 den Lautstärkereger, der hier hinter der ersten Stufe angeordnet wurde. Die zweite und dritte Stufe sind über C 5 miteinander gekoppelt. R 3 und R 8 dienen zur Stabilisierung der beiden ersten Transistorstufen.

Beim Gegenkoppeln wird ein Teil der Ausgangsspannung auf den Eingang zurückgeleitet, wobei die zurückgeführte Spannung gegenphasig zur Eingangsspannung ist. Dadurch wird die Verstärkung herabgesetzt. Derartige Gegenkopplungen kann man auf eine oder auch auf mehrere Verstärkerstufen wirken lassen. Sie verbessern die Eigenschaften des Verstärkers, weil sie die auftretenden Verzerrungen entscheidend verringern. Nachteilig erscheint zunächst der auftretende Verstärkungsverlust. Man kann ihn durch eine entsprechende Schaltungsauslegung des Verstärkers leicht wieder ausgleichen.

Im Schaltbild gibt es zwei Gegenkopplungswege. Sie führen vom Lautsprecher über C 6 und R 9 zum Emitter des Transistors T 2 sowie vom Kollektor des Transistors T 3 über C 7 zum Basiskreis. Im ersten Fall ist es eine zweistufige Gegenkopplung, weil die zurückgeführte Spannung die Transistoren T 2 und T 3 beeinflusst, während der Kondensator C 7 nur einstufig gegengekoppelt, nämlich zwischen Kollektor und Basis von T 3.



1.04.

2.01. Morseübungsgerät

Um Schiffen und Flugzeugen Nachrichten zu übermitteln, benutzt man vielfach Morsezeichen. Mit diesem Gerät kannst du selbst morsen. Wenn du die Taste kurz drückst, hörst du einen Ton, den man „Punkt“ nennt. Wenn du länger auf die Taste drückst, bezeichnet man diesen Ton als „Strich“. Vor langer Zeit wurden Vereinbarungen getroffen, in denen für jeden Buchstaben des Alphabets und für jede Zahl ein Schlüssel festgelegt wurde, der sich aus Punkten und Strichen zusammensetzt. Dieser Morseschlüssel wird in der ganzen Welt benutzt. Sicherlich hast du im Radio schon Funker gehört, die auf Kurzwelle senden. Wenn du das Morsealphabet auswendig lernst und es tüchtig übst, bist du in der Lage, solche Funksprüche zu verstehen. Dabei wirst du allerdings feststellen, daß manche Funksprüche für dich viel zu schnell und auch nicht alle auf deutsch gesendet werden. Dagegen läßt sich natürlich nichts machen; aber wenn du mit einem Freund zusammenarbeitest, kannst du nach Herzenslust üben und Nachrichten übermitteln.

Das Morsealphabet findest du auf Seite 139.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes. Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

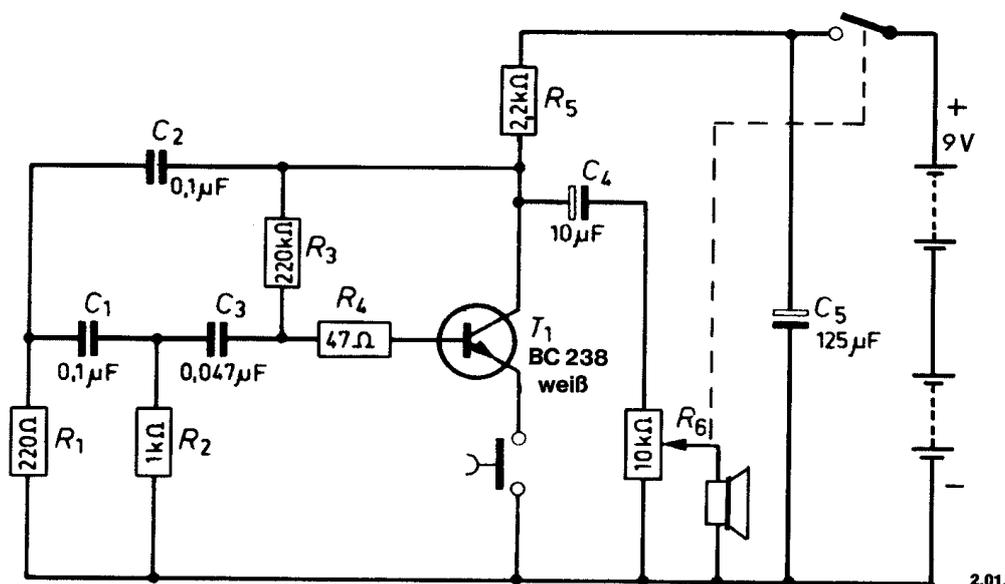
Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: Beim EE 2050 wird der Ohrhörer an den Anschlüssen 19 und 20 befestigt.

Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes. Potentiometerknopf nach rechts drehen. Beim Hinunterdrücken des Tastenschalters hörst du im Ohrhörer bzw. Lautsprecher einen Ton, dessen Lautstärke du mit dem Potentiometer regeln kannst. Am rechten Anschlag wird der Ton am lautesten wiedergegeben. Hörst du nichts, schalte sofort aus und suche den Fehler.



2.01.

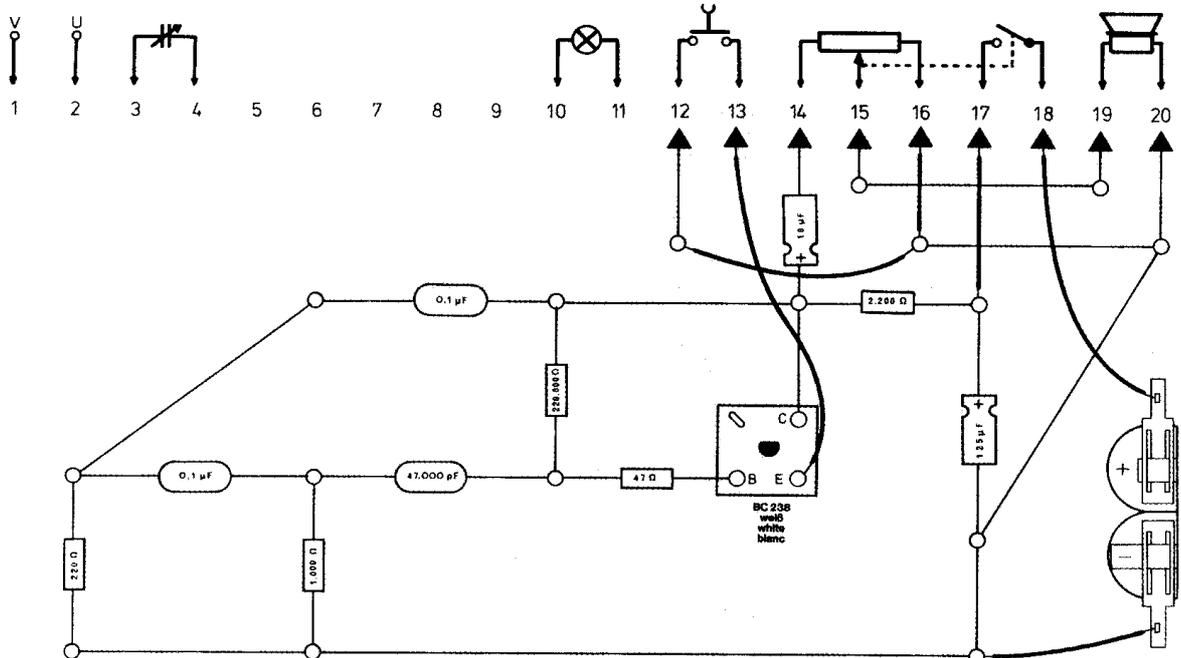
Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

In dieser Transistorschaltung wird ein Ton erzeugt, den ein Lautsprecher abstrahlt, wenn man die Taste drückt. Diese Schaltung heißt RC-Oszillator. Wie bei jedem Oszillator muß auch in dieser Schaltung die Rückkopplungsbedingung erfüllt sein. Das geschieht hier folgendermaßen: Wenn an der Basis von T 1 eine positive Halbwelle steht, so erscheint sie am Kollektor als verstärktes, aber negativ gerichtetes Signal. Würde man dieses über C 2 direkt auf die Basis des Transistors zurückführen, so ergäbe sich eine Gegenkopplung. Es muß deshalb aus der Gegenphase eine Gleichphase gemacht werden. Hierfür nutzt man die Tatsache aus, daß in einem Kondensator der Strom der angelegten Spannung vorausseilt. Stelle dir vor, ein Kondensator wird an einer Spannungsquelle aufgeladen. Beim Betätigen des Schalters fließt erst ein Ladestrom in den Kondensator, es herrscht aber noch kein Spannungsunterschied zwischen den Platten. In dem Maße, in dem der Ladestrom abnimmt, steigt die Spannung an, da nun die Platten unterschiedlich geladen sind. An einem nachgeschalteten Widerstand kann jetzt eine Spannung abfallen.

Damit kann ein Signal verzögert werden. Man bezeichnet das als Phasenschiebung. In dieser Schaltung werden mehrere RC-Glieder (C 2 / R 1 und C 1 / R 2) verwendet, um eine größere Phasenschiebung zu erreichen und damit bei einer bestimmten Frequenz aus der Gegenphasigkeit eine Gleichphasigkeit zu machen.

Durch den **Phasenschieber** wird also das negative Kollektorsignal zurückgekoppelt und so weit gedreht, daß es das positive Basissignal am Transistor unterstützt. Der Oszillator schwingt.

Bei dem Morseübungsgerät arbeitet der Oszillator nur dann, wenn die Taste gedrückt wird; und das ist der Fall, wenn ein Morsezeichen erzeugt werden soll. Mit dem Potentiometer R 6 läßt sich die Lautstärke einstellen.



2.02. Morseübungsgerät mit Lautsprecher

Drückst du die Sendetaste dieses Gerätes, hörst du einen lauten Pfeifton in deinem Lautsprecher.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplans.

Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

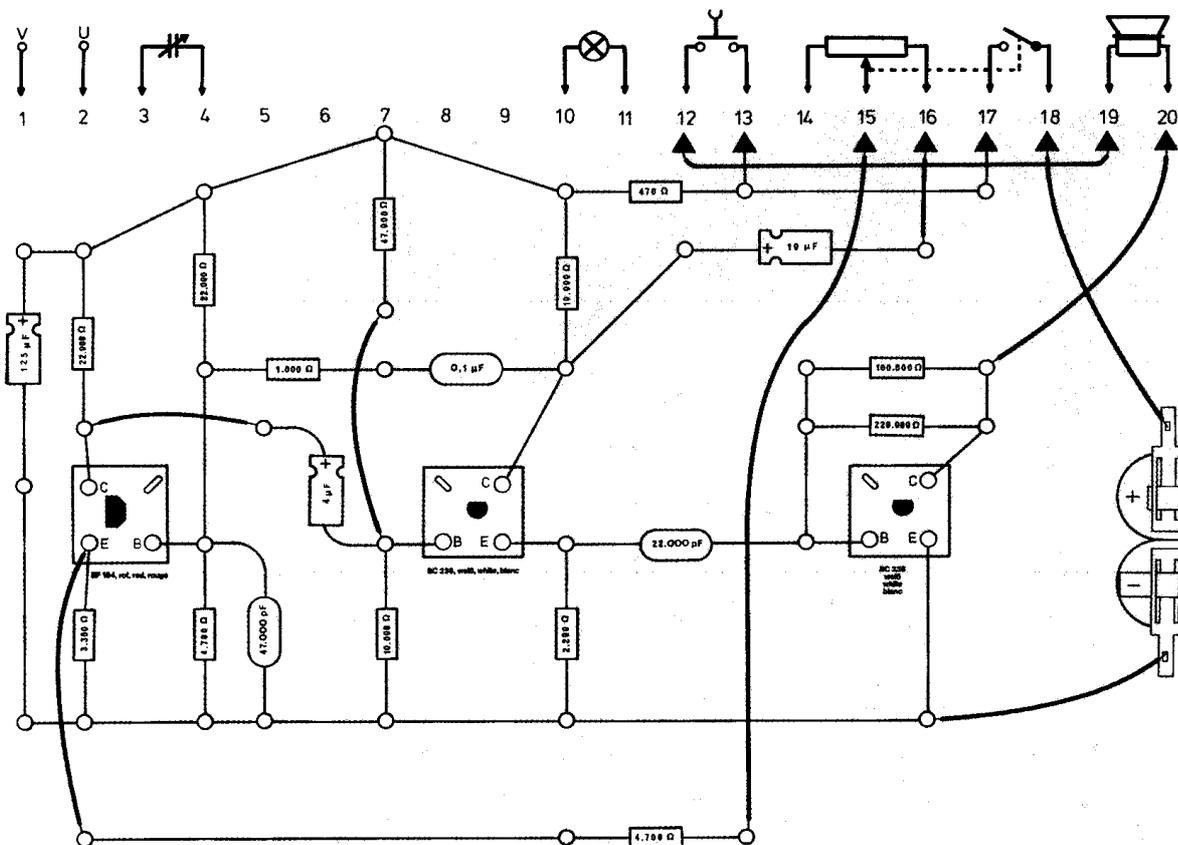
Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: Du kannst auch den Lautsprecher aus dem Gerät ausbauen und in einem anderen Raum unterbringen. Dort kann dann dein Freund deinen Morsespruch abhören.

Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes. Potentiometerknopf ganz nach rechts drehen. Mit dem Potentiometer kannst du dir einen angenehm klingenden Ton einstellen, wenn du mit dem Tastschalter die ersten Morsezeichen gibst. Hörst du nichts, schalte sofort aus und suche den Fehler.

Das Morsealphabet findest du auf Seite 139.



2.02.

Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

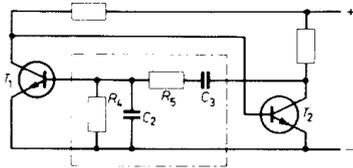
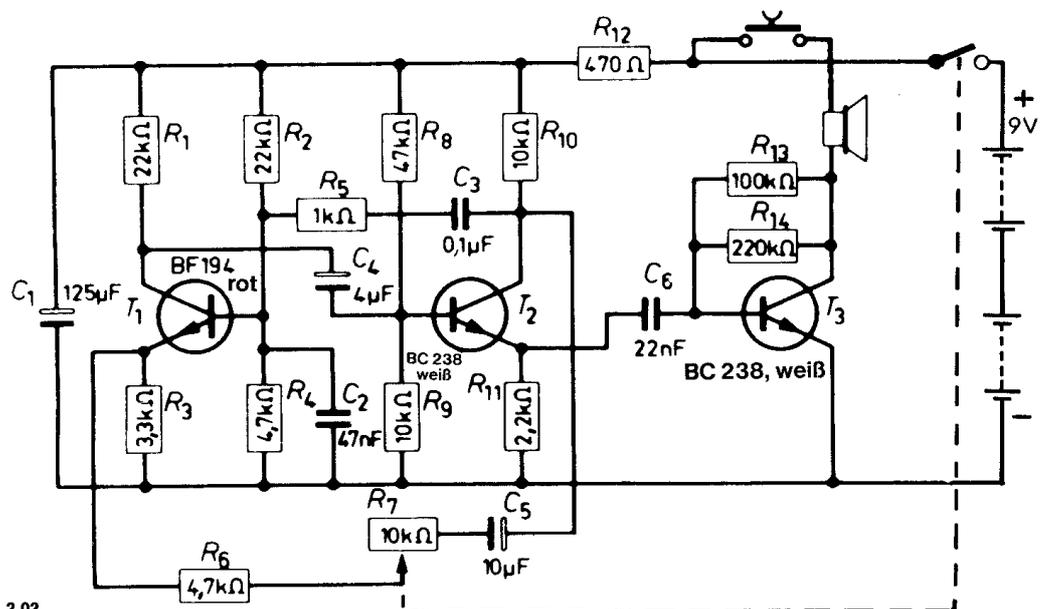


Abb. 176

Diese Schaltung besteht aus zwei Teilen, und zwar dem Oszillator mit den Transistoren T 1 und T 2 sowie einer nachgeschalteten Verstärkerstufe mit dem Transistor T 3. Diese Stufe hat die Aufgabe, das erzeugte Signal so weit zu verstärken, daß es von einem Lautsprecher wiedergegeben werden kann. Sie wird über den Kondensator C 6 an den Oszillator angekoppelt. Zum besseren Verständnis der Wirkungsweise eines RC-Oszillators wurde die Grundschaltung in Abbildung 176 noch einmal getrennt herausgezeichnet. Es handelt sich hier um eine sogenannte **Wien-Brücke**, die eine sehr konstante Wechselspannung erzeugt, deren Frequenz von den RC-Gliedern R 4/C 2 und R 5/C 3 abhängt. Die Rückkopplung erfolgt durch eine Phasendrehung in den beiden Transistoren. Nimmt man beispielsweise an der Basis von T 1 eine positive Halbwelle an, so erscheint am Widerstand im Kollektorkreis eine negative Halbwelle, die auch an der Basis von T 2 vorhanden ist. In dessen Kollektorkreis erscheint dann wieder die verstärkte positive Halbwelle, die über die eingezeichneten RC-Glieder auch an der Basis von T 1 auftritt, so daß damit die Rückkopplungsbedingung der Gleichphasigkeit erfüllt ist.

Die Verstärkung des RC-Oszillators ist aber höher als für die eigentliche Schwingungserzeugung erforderlich ist, so daß infolge einer Überrückkopplung eine völlig verzerrte Kurvenform des Signals entstehen würde. Deshalb wurde eine zusätzliche Gegenkopplung eingeführt, um eine möglichst gute Sinusform der erzeugten Schwingungen zu erreichen. Der Gegenkopplungsweg führt vom Kollektorkreis des Transistors T 2 über C 5, R 7 und R 6 zum Emitter des Transistors T 1. Mit dem Potentiometer R 7 kann der Gegenkopplungsgrad eingestellt werden. Dabei muß der Lautsprecher eingeschaltet sein, weil die beim Vermindern der Gegenkopplung einsetzenden Verzerrungen dann sehr deutlich gehört werden können. Die für das Morse notwendige Taste liegt in der Leitung vom Lautsprecher zur Batterie. Der Lautsprecher wird also nur dann den im RC-Oszillator erzeugten Ton abstrahlen, wenn der Tastkontakt geschlossen ist.



2.02.

2.03. Telefonverstärker

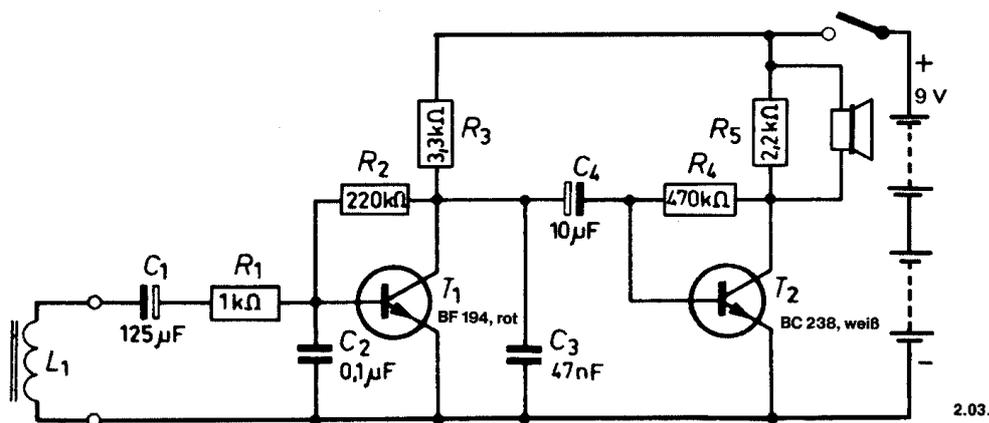
Das Telefon ist ein elektrisches Gerät. Alles, was gesprochen wird, verursacht Wechselstrom, der durch die Spulen des Telefonapparates geht. Dieser Strom erzeugt um die Spulen herum ein Magnetfeld, das durch eine Aufnahmespule (Drosselspule) hindurchgeht. Diese Magnetfelder erzeugen ihrerseits kleine Spannungen in der Aufnahmespule, die durch eine Anlage weiter verstärkt werden.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes. Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten. Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

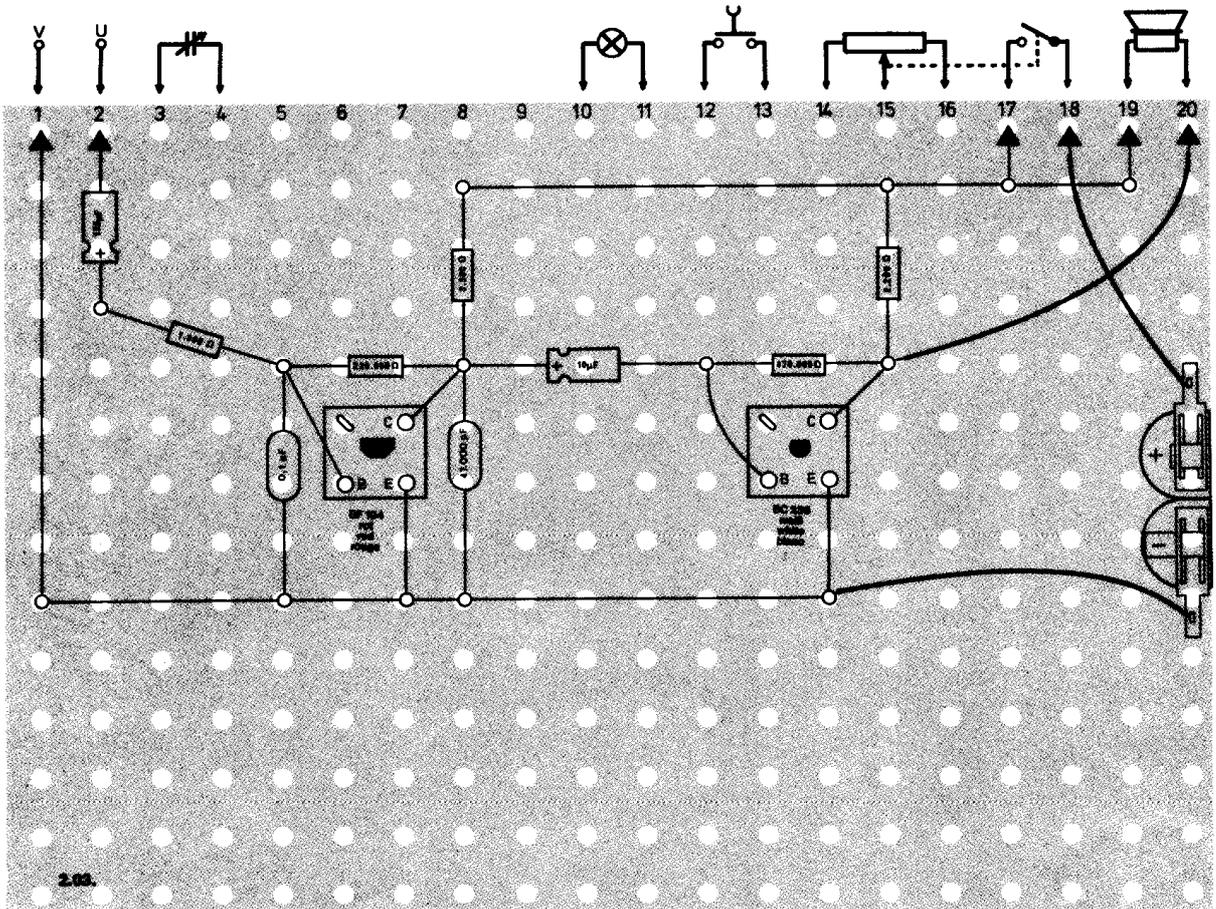
Spezielle Arbeiten: An die Außenanschlüsse U und V schließt du 2 Drähte (höchstens 1 m) an. Verbinde sie mit der Drosselspule. Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes. Potentiometerknopf nach rechts drehen. Lege die Drosselspule direkt neben das Telefon und nimm den Hörer ab. Finde durch Versuche heraus, wo am Telefon der beste Platz für die Drosselspule ist. Jetzt kannst du jedes Gespräch mithören. Hörst du nichts, schalte sofort aus und suche den Fehler.



Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Der in dieser Schaltung dargestellte zweistufige Verstärker T 1, T 2 arbeitet in Emitterschaltung. Er soll das von einer Drosselspule L 1 aus einem niederfrequenten Magnetfeld aufgenommene Signal verstärken, damit es im Lautsprecher wahrgenommen werden kann. Wegen des fehlenden Lautstärkereglers muß durch Nähern und Entfernen der Drosselspule die richtige Einstellung gefunden werden.



2.04. Dreistufiger Telefonverstärker

Dieses Gerät ist wirklich eine ganz erstaunliche Sache. Wenn du mit deinem Freund ein Telefongespräch führst, kannst du aus dem Lautsprecher hören, was du sagst und was dein Freund antwortet. Dazu legst du die Spule deines Gerätes neben das Telefon.

Du mußt durch Versuche herausfinden, welches der beste Platz für deine Aufnahmespule ist.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach Angaben des Verdrahtungsplanes.

Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

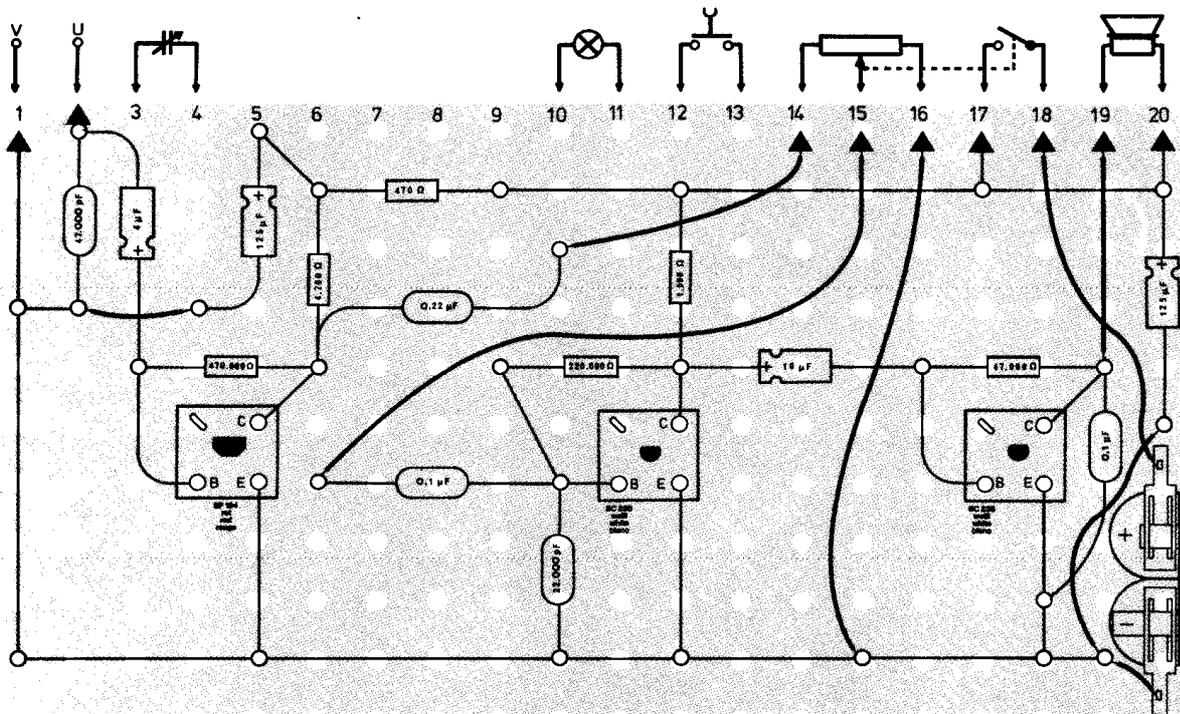
Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: An die Außenanschlüsse U und V schließt du 2 Drähte (höchstens 1 m) an. Verbinde sie mit der Drosselspule.

Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes.

Potentiometerknopf nach rechts drehen. Am rechten Anschlag des Potentiometers ist die Lautstärke am größten. Lege die Drosselspule direkt neben das Telefon und nimm den Telefonhörer ab. Das Telefonzeichen muß jetzt laut in deinem Lautsprecher zu hören sein. Hörst du nichts, schalte sofort aus und suche den Fehler.



2.04.

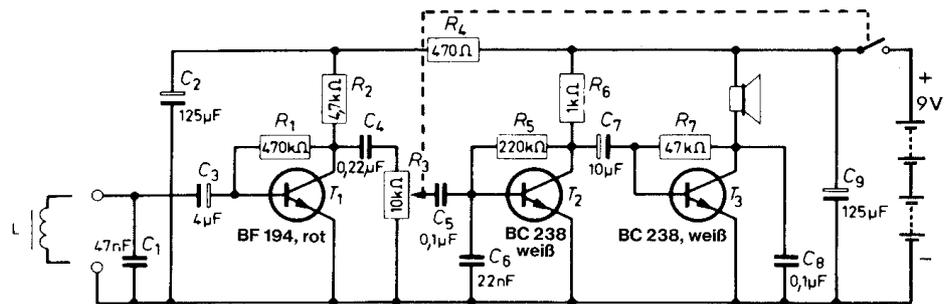
Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Dieser dreistufige Verstärker arbeitet in Emitterschaltung und soll das von einer Drosselspule aus einem niederfrequenten Magnetfeld aufgenommene Signal verstärken. Die Schaltung hat einen hohen Verstärkungsfaktor, so daß auch sehr kleine Eingangsspannungen noch gut wiedergegeben werden.

Ein Magnetfeld baut sich um Telefonapparate herum auf. Wenn man die Drosselspule in dieses Magnetfeld hineinbringt, so nimmt sie ein Signal auf, das alle Informationen aus diesem Magnetfeld enthält. Da dieses Signal aber sehr klein ist, kann man es der ersten Transistorstufe zuleiten, ohne befürchten zu müssen, daß sie übersteuert wird. Die Einstellung der Lautstärke erfolgt erst zwischen der ersten und zweiten Stufe.

Um wegen des großen Verstärkungsfaktors Brummstörungen zu vermeiden, wurde die Schaltung so entwickelt, daß nur die Sprechfrequenzen durchgelassen werden. Dies geschieht mit dem Kondensator C 1 (parallel zum Eingang), der einen Kurzschluß für hohe Frequenzen darstellt, sowie mit C 4 und C 5, die auf Grund ihrer Werte die tiefen Frequenzen sperren, und C 6, der wiederum die hohen Frequenzen unterdrückt.

Man kann – probierhalber – aus diesem dreistufigen Verstärker auch ohne Schwierigkeit einen Oszillator machen, wenn man die Drosselspule in die Nähe des Lautsprechers bringt und den Lautstärkereglern aufdreht. Es tritt dann eine Rückkopplung auf, die im Verstärker Schwingungen hervorruft. Das macht sich akustisch durch einen unangenehmen Pfeifton bemerkbar. Man muß also Eingang und Ausgang eines Verstärkers immer gut voneinander trennen oder „entkoppeln“, wie der Fachausdruck lautet.

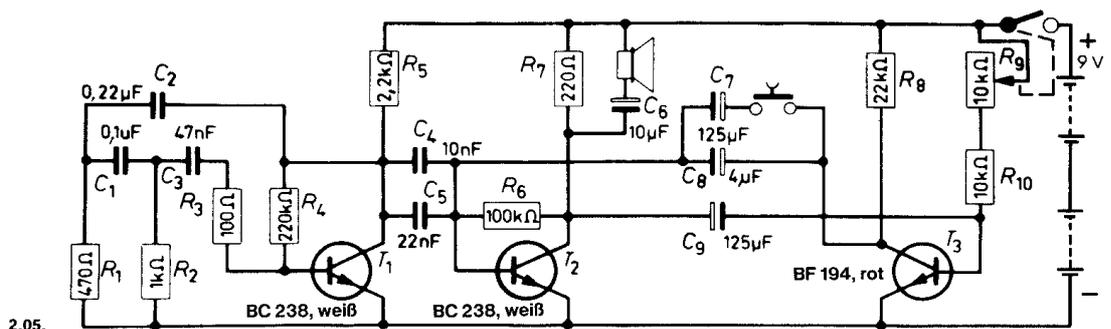


2.04.

Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

In dieser Schaltung wird wiederum ein RC-Oszillator verwendet. Er besteht jetzt aber nur aus einem Transistor T 1. Die Rückkopplungsbedingung wird wie folgt erfüllt: Wenn an der Basis von T 1 eine positive Halbwelle steht, so erscheint im Kollektorkreis ein negatives Signal. Würde man dieses der Basis des Transistors zuführen, so ergäbe sich eine Gegenkopplung. Es muß also versucht werden, aus der Gegenphase eine Gleichphase zu machen. Da die Phasenumkehrung hier nicht mit einem zweiten Transistor erfolgen kann, verwendet man einen sogenannten Phasenschieber, der aus C 1/C 2/C 3 und R 1/R 2 besteht. In dieser Kettenschaltung wird die Phase des Signals für eine bestimmte Frequenz so weit gedreht, daß jetzt an der Basis von T 1 eine gleichphasige und damit rückkoppelnde Spannung auftritt, so daß die Stufe schwingen kann.

Der erzeugte, wie ein Telefonzeichen klingende Ton wird nun über C 4 und C 5 einer zweiten Stufe zugeleitet, die aus einem Multivibrator mit den Transistoren T 2 und T 3 besteht. Der in T 1 erzeugte Ton wird nicht kontinuierlich, sondern nur bei geöffnetem Schalter (Transistor T 2) an den Lautsprecher weitergegeben. Man kann die Schaltgeschwindigkeit des Multivibrators durch Schließen des Kontaktes, der in Reihe mit C 7 liegt, verlangsamen. Ein weiteres Beeinflussen der Impulsdauer ist durch das Potentiometer R 9 möglich.



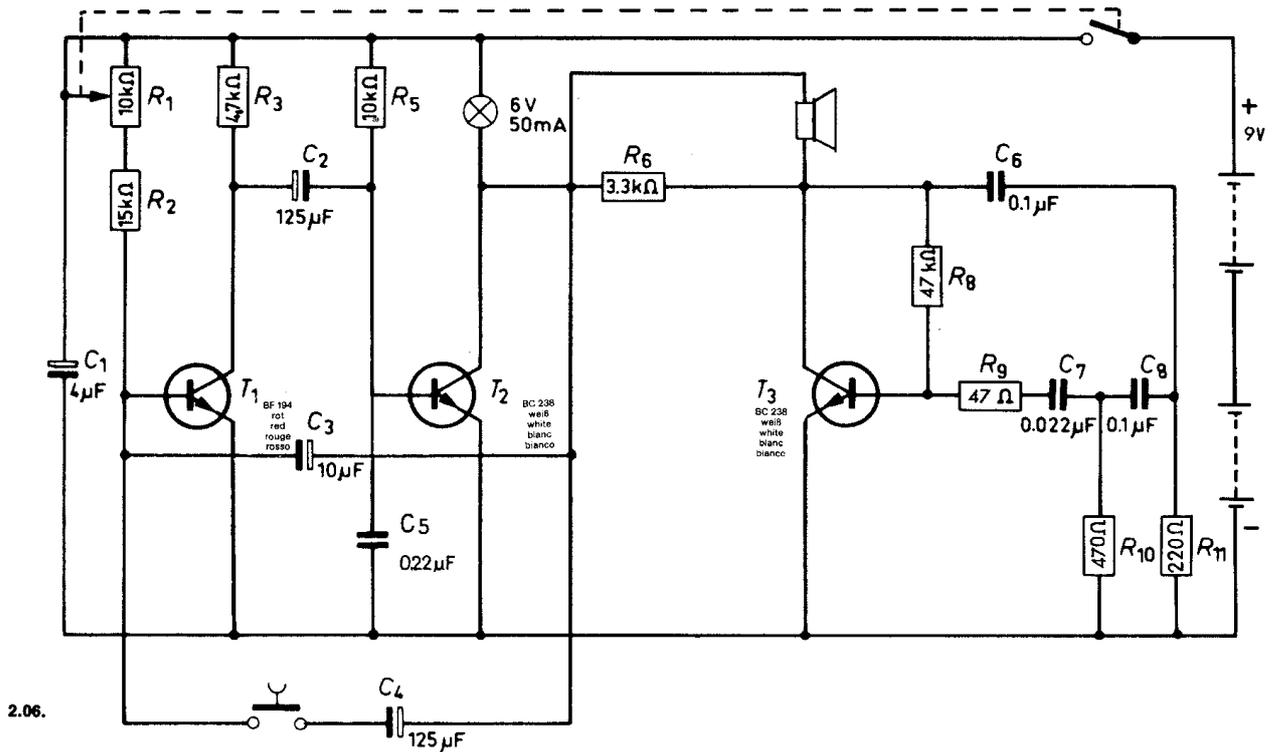
2.05.

Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Die Schaltung besteht aus zwei Teilen: dem RC-Generator T 3 und dem Multivibrator T 1/T 2.

Der Multivibrator schwingt zunächst mit einer Frequenz, die dem Besetzzeichen entspricht. Drückst du die Taste, werden die Kondensatoren C 3 und C 4 parallelgeschaltet. Dadurch erhöht sich die Kapazität, und der Multivibrator schwingt langsamer (Freizeichen). Das zeigt die Lampe an. Solange die Lampe leuchtet, ist der RC-Generator mit dem Minuspol der Batterie verbunden. Er erzeugt keinen Ton. Sperrt dagegen T 2, ist der RC-Generator mit dem positiven Batterie-Pol verbunden. Jetzt wird der Ton erzeugt und vom Lautsprecher abgestrahlt.

In dieser Schaltung arbeitet der Multivibrator also nur als Ein-/Ausrichter für den RC-Generator.



3.01. Lichtkontrollanlage

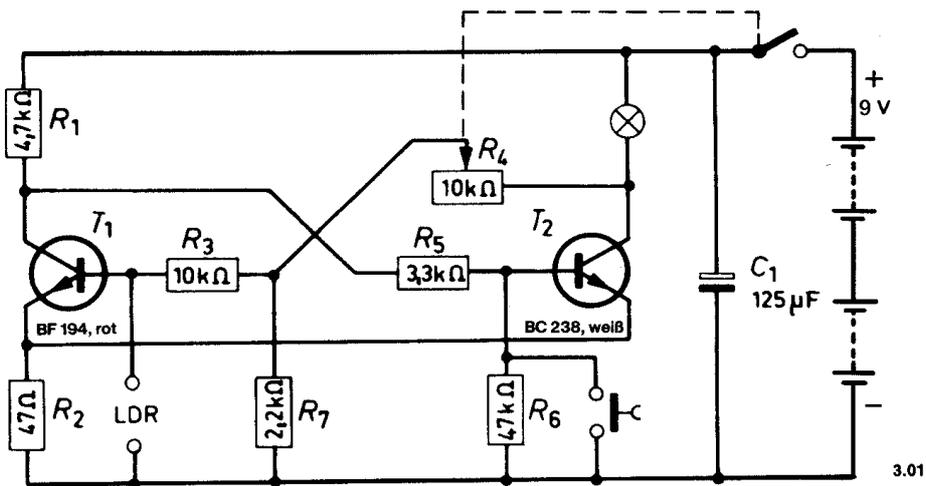
Dieser Apparat signalisiert, ob in einem Raum die Beleuchtung eingeschaltet wurde, obwohl er eigentlich dunkel gehalten werden soll. Das kann z. B. für Fotolabore wichtig sein. Sobald Licht in dem Raum angeht, in dem du dieses Gerät aufgestellt hast, leuchtet die Signallampe in deiner Lichtkontrollanlage auf. Selbst wenn die Lampe im Raum sofort wieder ausgeschaltet wird, zeigt deine Signallampe das so lange an, bis du die Auslösetaste am Gerät hinuntergedrückt hast. Auf diese Weise siehst du, ob jemand im Raum das Licht eingeschaltet hatte.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes. Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten. Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: An die Außenanschlüsse U und V klemmst du den lichtempfindlichen Widerstand (LDR). Du kannst den LDR auch an zwei lange Drähte anschließen und ihn im Nebenzimmer unauffällig anbringen. Batterien anschließen; **Polung beachten.**

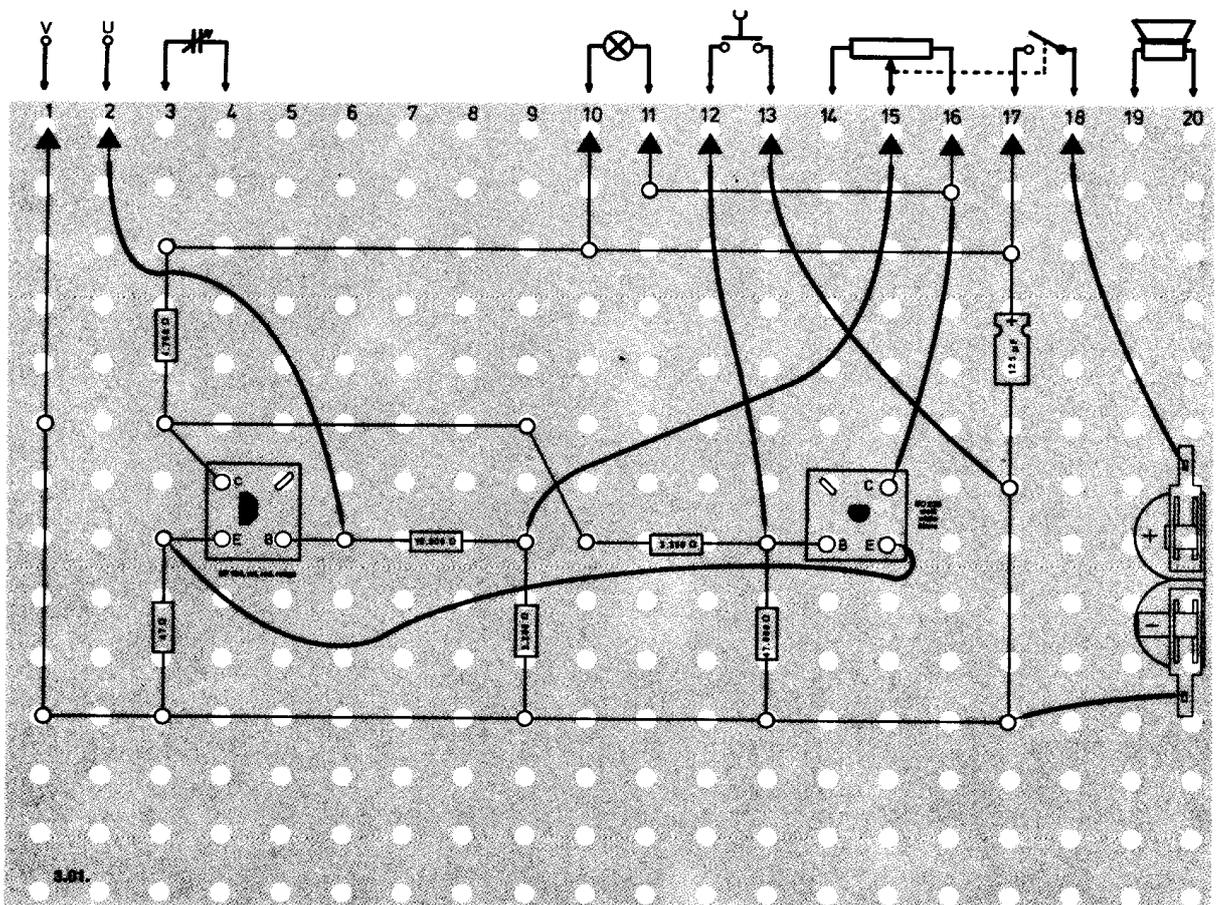
Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes. Potentiometerknopf nach rechts drehen. Durch Drehen des Potentiometers kannst du bestimmen, bei welcher Lichtstärke die Lampe aufleuchten soll. Ganz nach rechts gedreht, ist das Gerät am empfindlichsten. Leuchtet die Signallampe nicht auf, schalte sofort aus und suche den Fehler.



Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Dieser Flip-Flop wird umgeschaltet durch die Widerstandsänderung des LDR. Wenn Licht auf den LDR fällt, ist die Basisspannung des Transistors T 1 negativ, weil der LDR dann einen sehr geringen Widerstand hat. Durch T 1 fließt kein Strom mehr. Die hohe Kollektorspannung an R 1 wird über R 5 auf die Basis von T 2 geleitet und schaltet diesen Transistor ein: Die Glühlampe leuchtet.

Fällt kein Licht mehr auf den LDR, schaltet der Flip-Flop nicht zurück, sondern die Glühlampe leuchtet weiter. Das bewirkt die niedrige Kollektorspannung von T 2. Erst durch Drücken der Taste wird die Basis von T 2 negativ und T 2 gesperrt. Die Glühlampe erlischt. Die Basisspannung von T 1 steigt wieder an, was ein Einschalten dieses Transistors zur Folge hat. Mit dem Potentiometer R 4 wird festgelegt, bei welcher Lichtstärke das Umschalten erfolgen soll.



3.02. Blinklicht und Einbrecher-Alarmanlage

Blinklichter werden in allen Bereichen der Technik benutzt. Denke nur an Verkehrsampeln, Fahrtrichtungsanzeiger an Autos, Leuchtfeuer für Flugzeuge, Hinweis- und Achtungsschilder oder Warnlampen. Bisher benutzte man meistens ein Relais, um eine Lampe ein- oder auszuschalten. Heute werden Blinklichter meist durch Transistoren gesteuert, weil diese keine beweglichen Teile haben, die gewartet werden müssen, und keine Kontakte, die verschmoren können. Die Blinklichtanlage hat dadurch eine höhere Lebensdauer und ist praktisch wartungsfrei. Dieses Gerät ist ein elektronisches Blinklicht.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes. Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

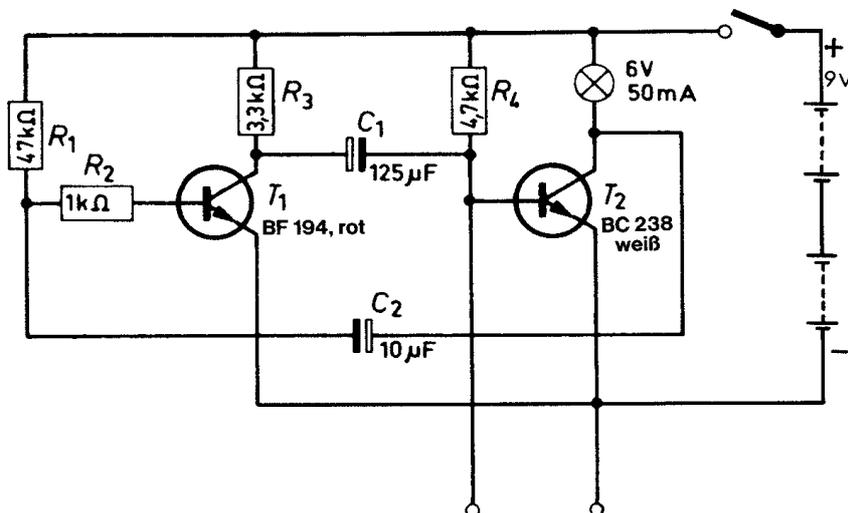
Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten. Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: Keine Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes. Potentiometerknopf nach rechts drehen. Das Gerät blinkt. Leuchtet die Lampe nicht auf, schalte sofort aus und suche den Fehler.

Die Blinkgeschwindigkeit ist nicht sehr groß. Du kannst sie erhöhen, indem du den 47 000-Ohm-Widerstand R 1 gegen einen von 10 000 Ohm austauschst.

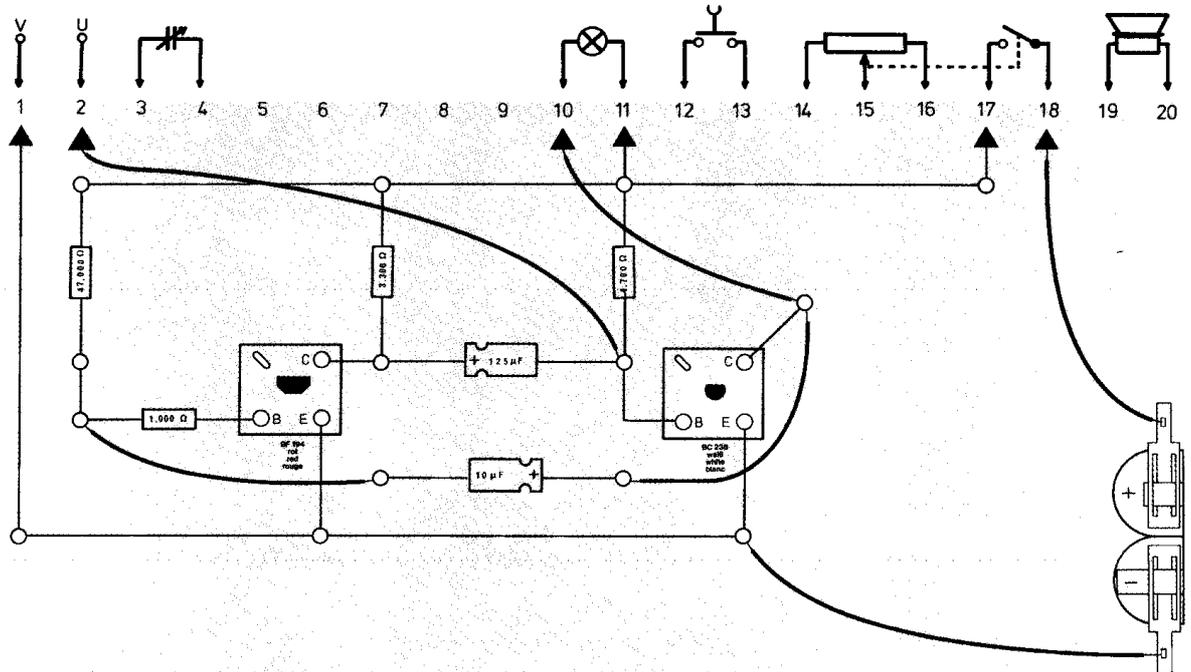
Noch eine Erweiterung steckt in diesem Gerät. Du kannst es zur Einbrecher-Alarmanlage ausbauen. Bitte deine Eltern für die folgenden Arbeiten um Erlaubnis. Klemme an die beiden Außenanschlüsse U und V zwei isolierte Drähte. Drücke nebeneinander in den Rahmen eines Fensters (oder einer Tür) zwei blanke Heftzwecken. An diesen befestigst du je einen der Drähte. Klebe danach an das Fenster (oder die Tür) in gleicher Höhe eine Metallfolie, z. B. aus einer Zigaretenschachtel. Bei geschlossenem Fenster (Tür) muß die Folie beide Heftzwecken berühren. Öffnet nachts ein Dieb das Fenster oder die Tür, ist die Verbindung zwischen den Heftzwecken unterbrochen, und das Gerät zeigt dies durch Alarm an. Dies geschieht auch, wenn der Dieb ganz schlau sein will und vorher die Drähte durchschneidet, denn die Verbindung ist dann ebenfalls unterbrochen.



3.02.

Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Die Schaltung stellt einen Multivibrator mit sehr niedriger Frequenz dar. Man erkennt dies an den beiden Koppelkondensatoren C 1 und C 2, die mit 125 bzw. 10 μF sehr große Kapazitäten besitzen. Dadurch ergeben sich verhältnismäßig lang andauernde Änderungen der Basisspannung, so daß nur langsam umgeschaltet wird. Die Glühlampe in der Kollektorleitung von T 2 leuchtet auf, wenn der Transistor leitet. Wenn man den Widerstand R 1 (47 K Ω) durch einen von 10 K Ω ersetzt, wird die Blinkfrequenz größer. Daß diese Schaltung auch noch als Einbrecher-Alarmanlage benutzt werden kann, wurde bereits in der Bauanleitung erwähnt. Die Anschlüsse für die äußeren Drähte liegen in der Schaltung an der Basis des Transistors T2 und am Minuspol der Batterie. Sie sind im Schaltbild nach unten herausgeführt.



3.03. Blinklicht mit regelbarer Blinkgeschwindigkeit

Dieses Gerät ist ein Beispiel für Blinklichter, wie sie an gefährlichen Kreuzungen und Bahnübergängen Verwendung finden. Es handelt sich um eine moderne elektronische Signalsteuerung.

Dieses Blinklicht weist gegenüber dem Gerät 3.02. eine weitere Bedienungsmöglichkeit auf: Die Blinklichtgeschwindigkeit kann stufenlos geregelt werden.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.

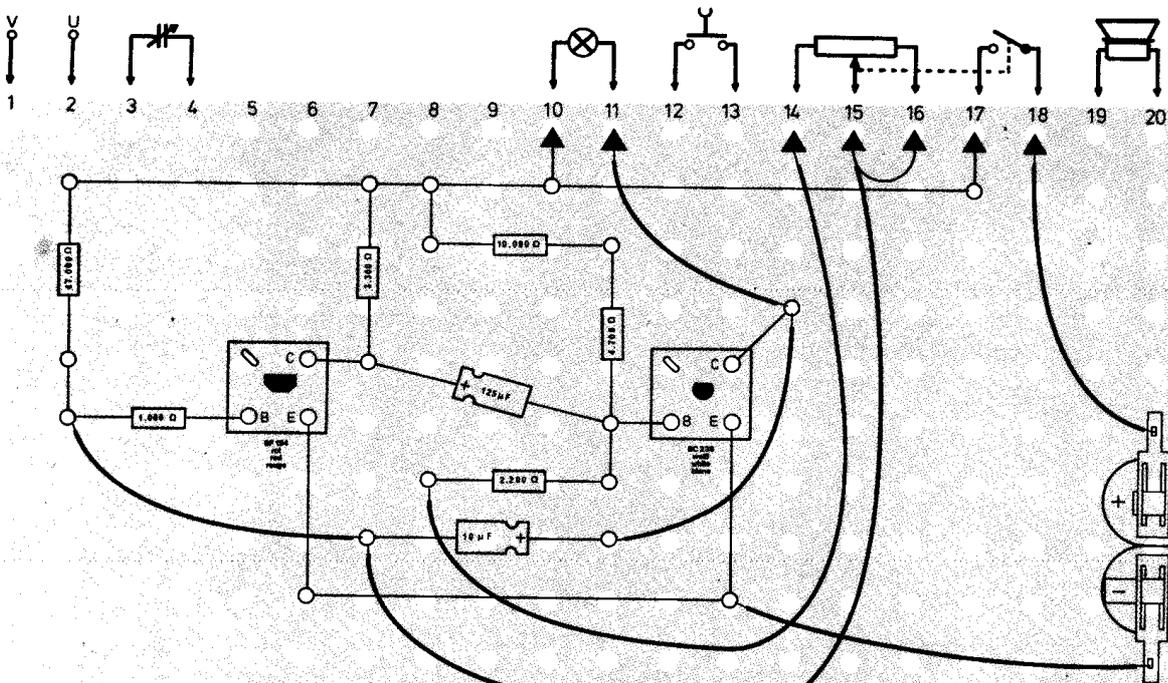
Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: Keine Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes. Potentiometerknopf nach rechts drehen. Die Lampe beginnt zu blinken. Mit dem Potentiometer regelst du die Geschwindigkeit der Blinkphasen in einem weiten Bereich. Am linken Anschlag ist die Blinkgeschwindigkeit langsam, drehst du den Potentiometerknopf nach rechts, erhöht sie sich. Leuchtet die Lampe nicht auf, schalte sofort aus und suche den Fehler.

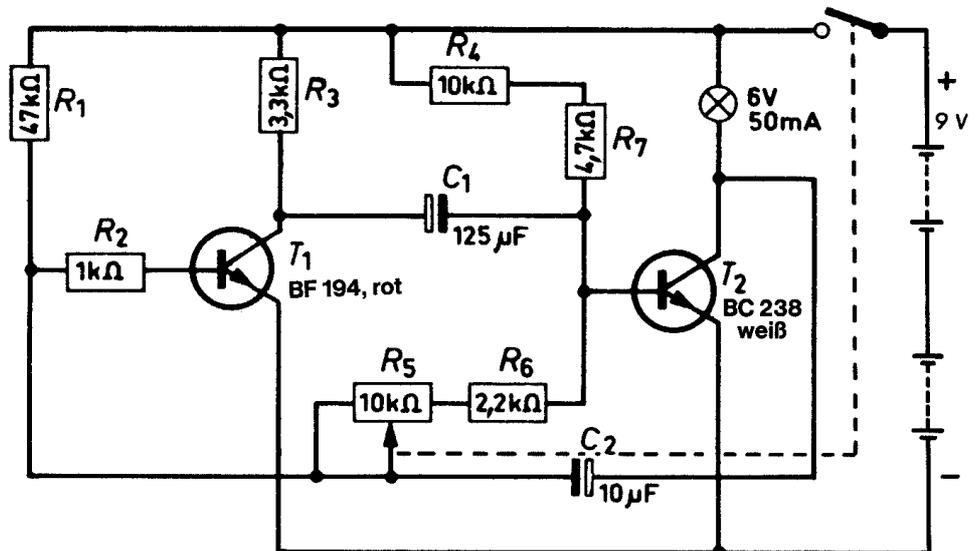


3.03.

Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Dieses Schaltbild stellt einen Multivibrator dar. Seine Transistoren T 1 und T 2 bilden elektronische Schalter, die abwechselnd ein- und ausgeschaltet werden. Die Schaltgeschwindigkeit wird durch Widerstände und Kondensatoren bestimmt, von denen C 1 und C 2 sowie R 1 und R 4 bis R 7 die wichtigsten sind. Mit dem Potentiometer R 5 kann man auch die Schaltgeschwindigkeit des Multivibrators ändern.

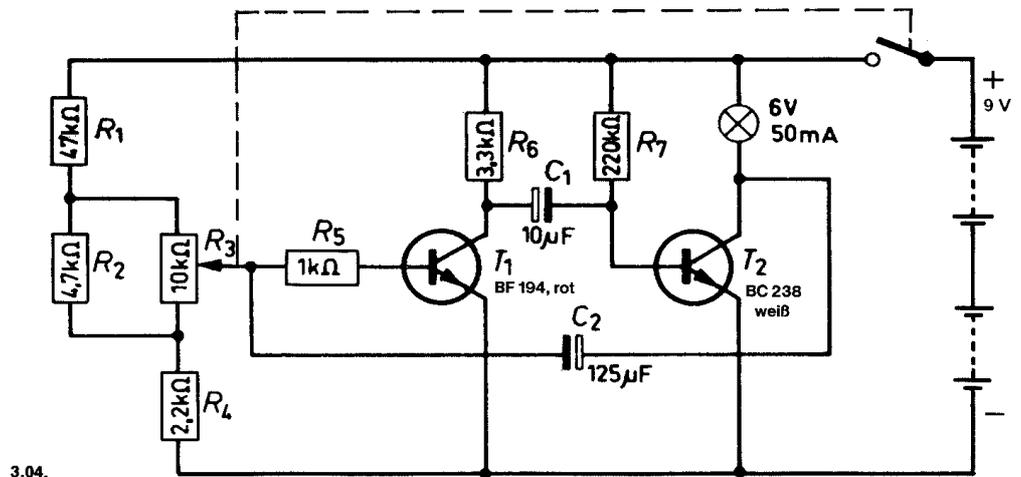
Da die Kondensatoren C 1 und C 2 große Kapazitäten haben, ist die erzeugte Blinkfrequenz relativ niedrig. In der Kollektorleitung des Transistors T 2 liegt eine Glühlampe, die vom Multivibrator ein- und ausgeschaltet wird. Sie leuchtet, wenn der Transistor T 2 Strom führt, d. h., wenn seine Basis positiv ist, und sie erlischt, wenn T 2 keinen Strom führt, der Transistor also an der Basis gesperrt ist.



3.03.

Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Diese Schaltung ist ebenfalls ein Multivibrator. Die Glühlampe blitzt jedoch im Gegensatz zu den vorhergehenden Schaltungen nur kurz auf, während ihre Dunkelzeit erheblich länger ist. Auch hier spielen wieder die RC-Glieder in den Basiskreisen der Transistoren eine entscheidende Rolle. Da der Transistor T 2 nur kurzzeitig leitet, blitzt auch die Glühlampe nur kurz auf. Die Basisspannung von T 2 wird durch den sehr hohen Widerstand R 7 bestimmt. Anders ist es bei T 1, der nur kurzzeitig gesperrt ist und bei dem kleine Widerstände die Basisspannung bestimmen. Mit dem Potentiometer R 3 läßt sich die Dunkelzeit einstellen, die Blitzdauer kann dadurch aber nicht verändert werden.



3.04.

3.05. Licht- und Lautstärkemesser

Dieses Gerät ist ein elektronischer Schalter, der eine Lampe aufleuchten läßt, sobald er ein Geräusch wahrnimmt. Die Empfindlichkeit ist einstellbar. Sie läßt sich deshalb als Geräuschanzeiger verwenden und schaltet sich schon bei sehr leisen Geräuschen ein.

Der elektronische Schalter kann aber auch als Lautstärkemesser dienen. In diesem Fall leuchtet die Lampe erst auf, wenn das Geräusch über eine bestimmte Stärke hinausgeht. Er kann deshalb als „Babysitter“ eingesetzt werden. Wenn ein Baby nur leise vor sich hinlallt und „singt“, brennt die Lampe nicht. Aber sobald das Baby schreit, schaltet sich die Lampe ein und bleibt eingeschaltet, bis die Auslösetaste hinuntergedrückt wird.

Als Lichtmesser arbeitet das Gerät wie folgt: Ist dein Zimmer genügend hell, leuchtet die Kontrollampe nicht. Verdunkelst du deinen Raum, leuchtet sie auf.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten.

Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.

Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren, der Diode und der Elektrolytkondensatoren achten.

Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

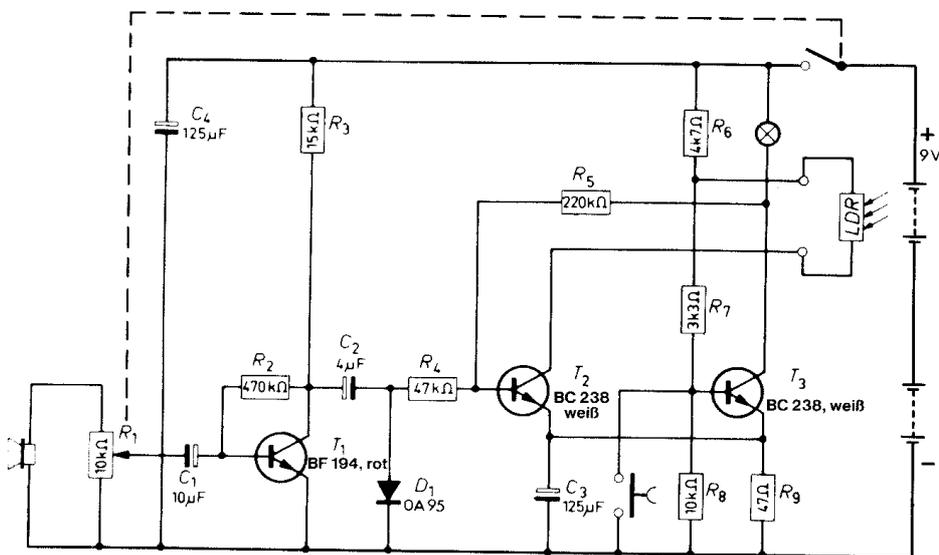
Spezielle Arbeiten: Lichtempfindlichen Widerstand (LDR) an die Außenanschlüsse U und V klemmen.

Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes.

Potentiometerknopf nach rechts drehen (größte Empfindlichkeit). Klatsche nun in die Hände: die rote Lampe muß aufleuchten. Sollte sie nicht brennen, schalte sofort aus und suche den Fehler.

Brennt die Lampe jedoch ständig, kann es in deinem Zimmer zu dunkel sein. Gehe dann näher an das Fenster. Abends kannst du dir helfen, indem du statt des LDR einfach einen blanken Draht zwischen die beiden Außenanschlüsse U und V klemmst. Dann kannst du natürlich keine Lichtmessungen mehr vornehmen, aber dein Lautstärkemesser arbeitet weiterhin einwandfrei.



3.05.

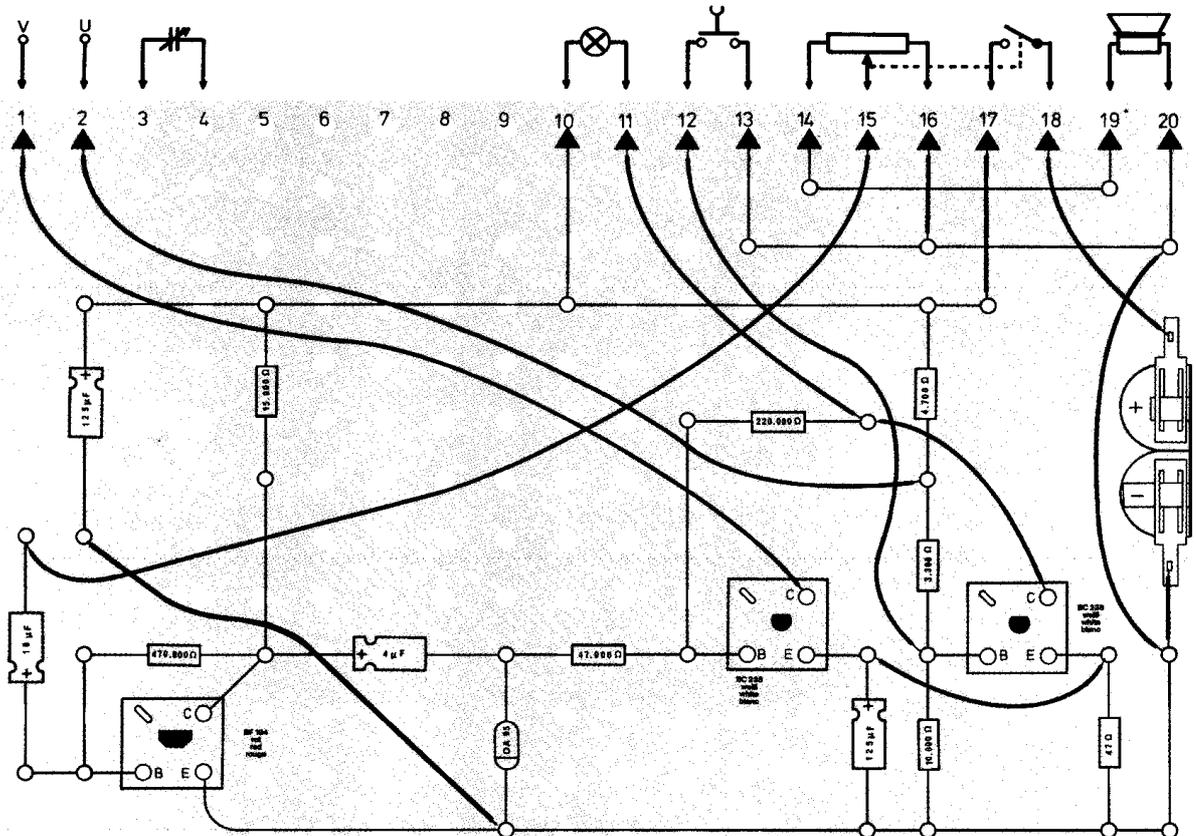
Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Lichtmesser: In der Schaltung des Lichtanzeigers arbeiten die beiden Transistoren T 2 und T 3 als Flip-Flop, dessen Koppelglieder R 5 und der LDR mit R 7 sind. Wird der LDR beleuchtet, ist sein Widerstand niedrig, und durch T 2 fließt ein Strom. Der Transistor T 3 wird durch die dann niedrige Basisspannung gesperrt. Er wird erst leitend, wenn bei Dunkelheit der Widerstand des LDR ansteigt und damit die Basisspannung von T 3 positiver wird. Die Glühlampe leuchtet auf, gleichzeitig unterstützt R 5 das Umschalten durch Zurückführen der negativer werdenden Spannung auf die Basis von T 2.

Lautstärkemesser: Auch wenn eine negative Spannung an der Basis von T 2 wirksam wird, leuchtet die Glühlampe auf. Diese negative Spannung wird durch die Gleichrichterschaltung C 2 und Diode D 1 erzeugt, der man das Ausgangssignal von T 1 zuführt. Die Diode ist so gepolt, daß sie bei positiven Signalanteilen leitet und bei negativen sperrt.

Bei negativen Signalanteilen wird auch T 2 gesperrt. Darum kann ein Ton, der vom Lautsprecher aufgenommen wird, die Glühlampe einschalten. Durch Drücken der Taste wird der Schaltkreis in seine Anfangsposition umgeschaltet.

Bei dieser Schaltung wird der Lautsprecher als Mikrofon eingesetzt. Auf den Lautsprecher treffende Schallwellen versetzen die Membran, die mit einer Spule gekoppelt ist, in Schwingungen. Da sich die Spule dann im Kraftfeld des Magneten im Lautsprecher bewegt, wird eine Wechselspannung induziert, die dem Eingang zugeführt wird.



3.05.

3.06. Akustisches Relais

Übersteigt der Lärm bestimmte Grenzen, ist er gesundheitsschädlich. Deshalb erfolgen in Fabriken, auf der Straße und auf Flugplätzen Lärmkontrollen. Dieses Gerät zeigt an, wann ein bestimmter Grenzwert überschritten wird.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten.

Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.

Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

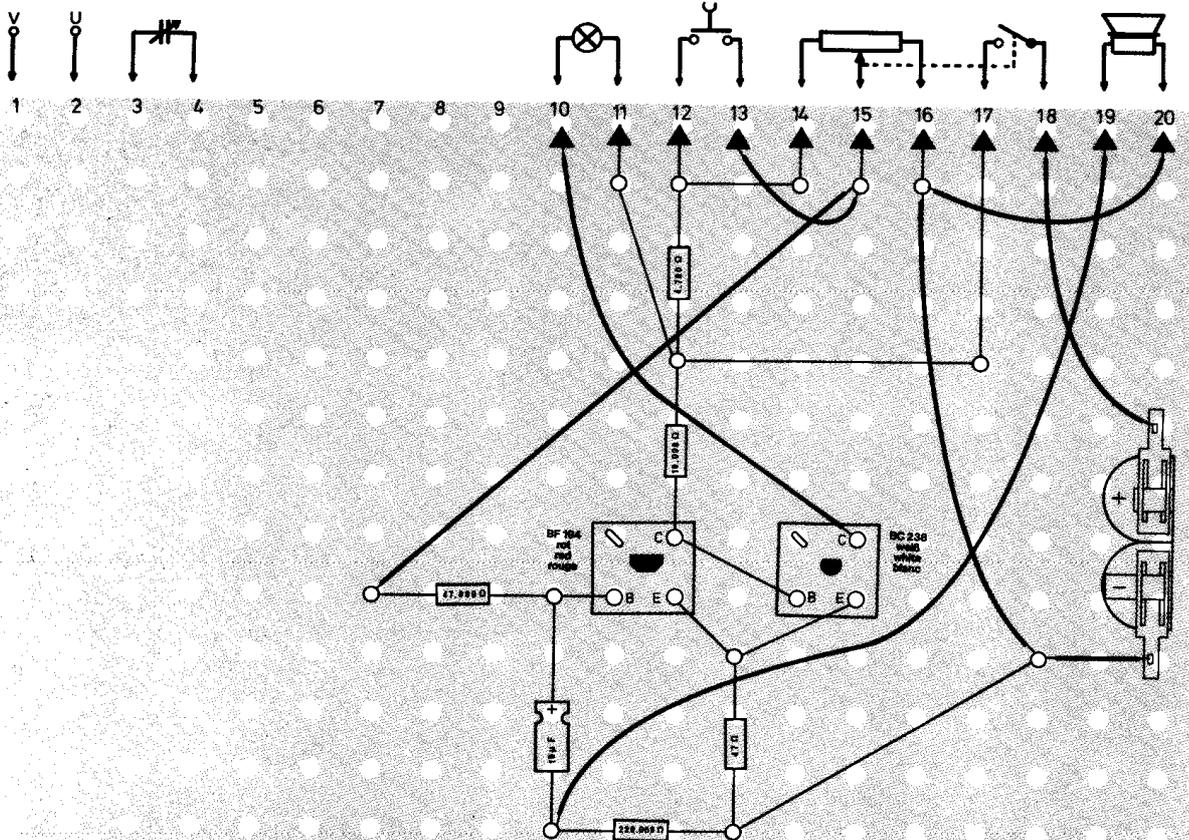
Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: Beim EE 2050 wird der Ohrhörer an den Anschlüssen 19 und 20 befestigt.

Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes.

Potentiometer nach rechts drehen. Nimmt der Ohrhörer bzw. der Lautsprecher, der hier als Mikrofon geschaltet ist, Geräusche wahr, leuchtet die rote Warnlampe auf. Mit dem Potentiometer kannst du die Empfindlichkeit des Gerätes einstellen. Ganz nach rechts gedreht ist die Empfindlichkeit am größten. Die Lampe erlischt erst wieder beim Hinunterdrücken des Tastschalters. Geht die Lampe nicht an, auch wenn du das Potentiometer ganz nach rechts gedreht hast und etwas Lärm machst (z. B. Händeklatschen), schalte sofort aus und suche den Fehler.



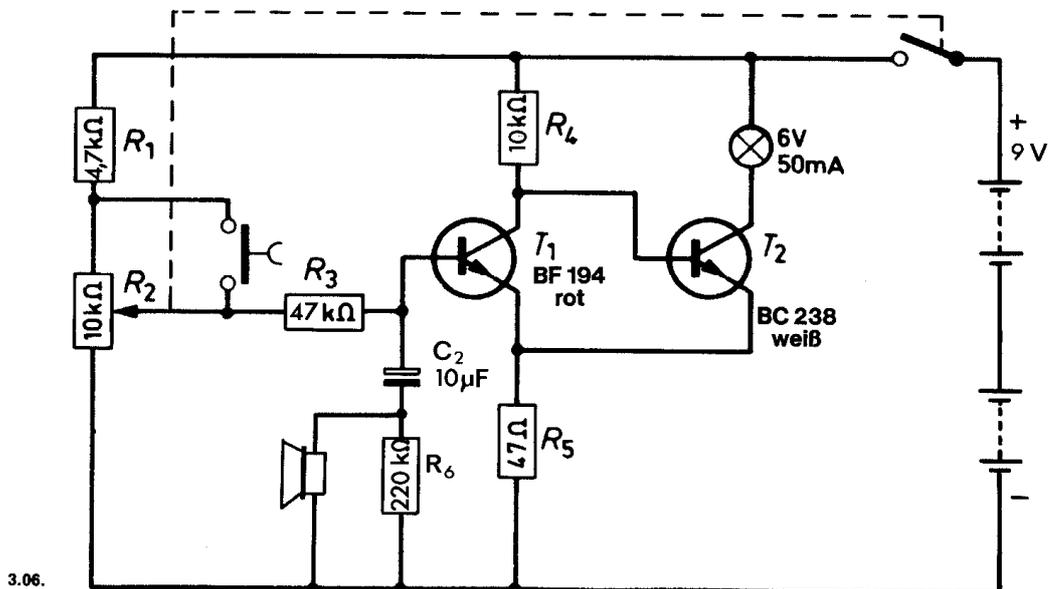
3.06.

Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

In dieser Schaltung muß ein Meßfühler verwendet werden, der Schallwellen in elektrische Impulse umwandeln kann. Das geschieht z. B. durch einen Ohrhörer bzw. Lautsprecher, die als Mikrofon geschaltet sind. Die Glühlampe soll aufleuchten, wenn Schall auf die Membrane trifft und auch dann weiterbrennen, wenn der Schall verklungen ist.

Im Ruhezustand fließt über R_1 , R_2 , R_3 ein positiver Basisstrom, und der Transistor T_1 leitet. Dadurch ist die Basis von T_2 mit dem Minuspol der Batterie verbunden. Der Transistor sperrt, und die Glühlampe leuchtet nicht. Überschreitet der Schall einen bestimmten Wert, wird die Basisvorspannung negativer und T_1 sperrt. Über R_4 fließt jetzt ein positiver Strom zur Basis von T_2 . Der Transistor wird leitend, und die Glühlampe leuchtet auf.

Jetzt hat die Kollektorspannung von T_2 den niedrigsten Wert, und über die positive Spannung von R_5 ist auch der Transistor T_1 voll gesperrt. Dieser stabile Zustand bleibt selbst dann bestehen, wenn keine Schallwellen mehr auf den Meßfühler auftreffen. Er kann nur verändert werden, wenn die Taste gedrückt wird und damit die Basis von T_1 eine Spannungsänderung erfährt. Mit dem Potentiometer R_2 kannst du die Empfindlichkeit des Gerätes einstellen.



3.07. Einbrecher-Alarmanlage mit Warnlampe

Ein Dieb durchsucht im Schein seiner Taschenlampe ein dunkles Lagerhaus. Geschickt hat er bisher alle Sicherungen umgangen. Und doch erscheint plötzlich die Polizei, umstellt das Haus und nimmt ihn fest. Wie ist das möglich? Er übersah, daß man lichtempfindliche Zellen installiert hatte, die sofort in der Polizeizentrale Alarm auslösten, als der Taschenlampenschein auf sie fiel.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten.

Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.

Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

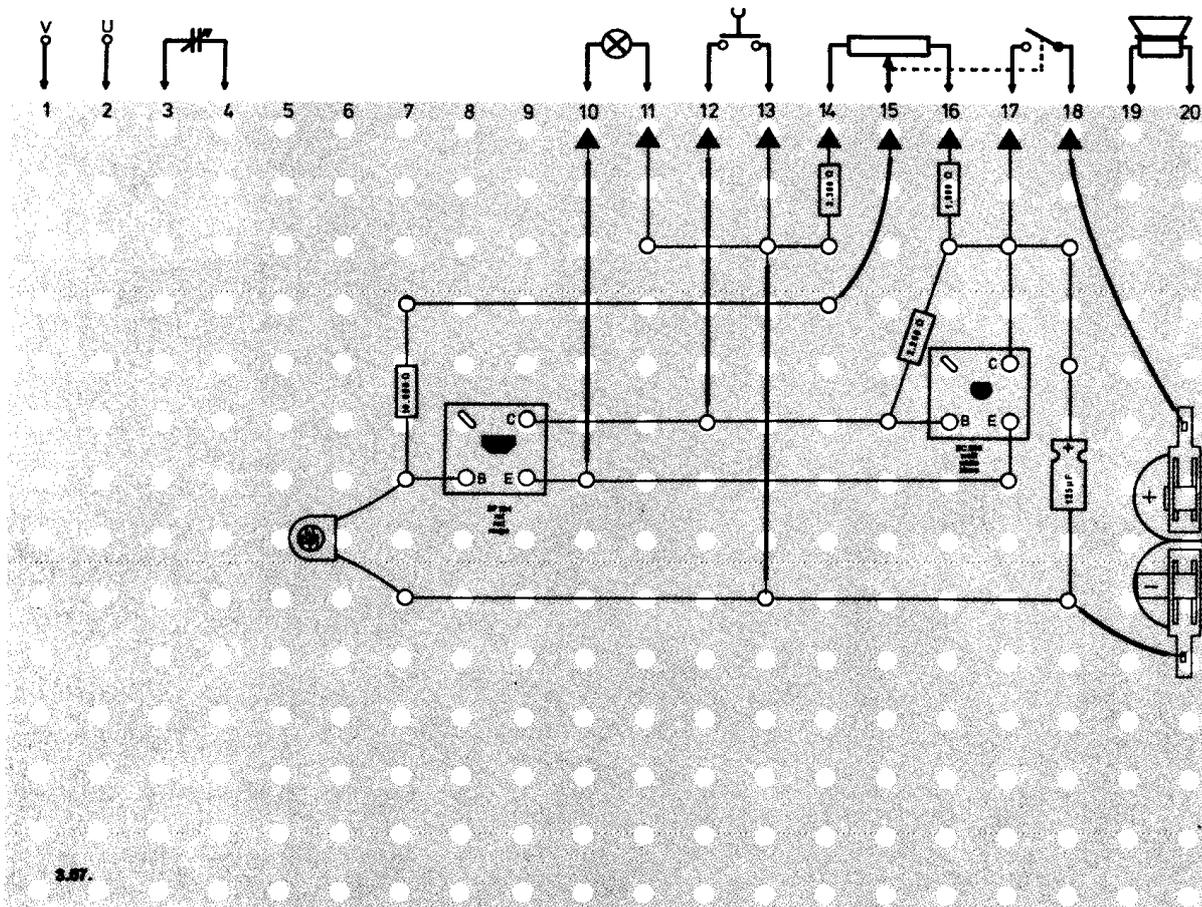
Spezielle Arbeiten: Lichtempfindlichen Widerstand (LDR) einsetzen. Gestreifte Seite nach oben.

Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes.

Potentiometerknopf nach rechts drehen.

Mit dem Potentiometer regelst du, bei welcher Beleuchtungsstärke der Alarm ausgelöst werden soll. Nach rechts gedreht, wird das Gerät empfindlicher. Verdunkle dein Zimmer und regle das Potentiometer so ein, daß die Lampe noch nicht leuchtet. Trifft jetzt ein Lichtstrahl auf den LDR, leuchtet die rote Warnlampe auf. Selbst bei erneuter Dunkelheit wird sie nicht wieder ausgehen. Erst nachdem du den Tastschalter drückst, erlischt sie, und das Gerät ist wieder einsatzbereit. Geht die Lampe nicht an, schalte sofort aus und suche den Fehler.

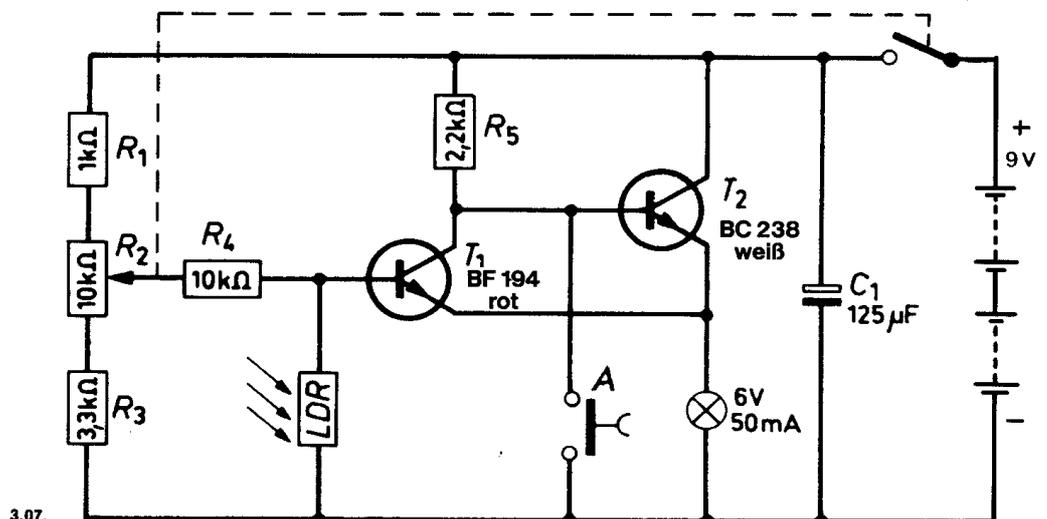


Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Diese Schaltung arbeitet mit einem lichtempfindlichen Widerstand als Meßfühler und einer Glühlampe als Anzeigeelement. Das Besondere der Alarmanlage besteht darin, daß man mit ihr jederzeit nachweisen kann, ob jemand in einem dunklen Raum zu irgendeiner Zeit Licht gemacht hat, auch wenn es nur ganz kurzzeitig war. Die Glühlampe leuchtet also beim erstmaligen Lichtmachen auf und verlischt dann nicht wieder. Sie kann nur durch Drücken der an der Basis von T 2 befindlichen Taste A ausgeschaltet werden.

Der lichtempfindliche Widerstand liegt zwischen der Basis des Transistors T 1 und dem Minuspol. Er bildet zusammen mit den Widerständen R 2 bis R 4 einen Spannungsteiler, von dem die Basisspannung des Transistors T 1 abhängig ist. Ist der LDR nicht beleuchtet, so hat er einen großen Widerstand. In diesem Zustand kann man mit dem Potentiometer R 2 die Schaltung so einstellen, daß die Glühlampe gerade erlischt. Wird danach der Widerstand des LDR durch Lichteinfall kleiner, sinkt die Basisspannung von T 1, und der Transistor wird gesperrt. Dadurch nimmt die Spannung am Kollektor von T 1 und an der Basis von T 2 einen stark positiven Wert an, so daß T 2 leitend wird und die Glühlampe leuchtet.

Die Glühlampe leuchtet weiter, selbst wenn kein Licht mehr auf den LDR im Basiskreis von T 1 fällt. In diesem Fall liegt an der Glühlampe die volle Betriebsspannung. Fällt kein Licht mehr auf den LDR, wird sein Widerstand wieder größer. Nun müßte, durch das Ansteigen der Basisspannung, T 1 wieder öffnen. Da aber dessen Emittor an der positiven Glühlampenspannung liegt, reicht die Basisspannung noch nicht aus, um ihn wieder leiten zu lassen. Erst durch Drücken der Taste wird die Basis von T 2 mit dem Minuspol verbunden. T 2 wird gesperrt, und die Glühlampe erlischt. Nach dem Loslassen der Taste wird auch der Transistor T 1 wieder leiten, weil der Emittor nun mit dem Minuspol verbunden ist. Dadurch wird die Basisspannung von T 1 wieder positiv gegenüber der Emitterspannung, und der Transistor leitet. Jetzt übernimmt die negative Kollektorspannung von T 1 das Sperren des Transistors T 2. Die Glühlampe bleibt also weiter ausgeschaltet. Nur wenn der LDR erneut Licht erhält, beginnt der Vorgang von neuem.



3.08. Optische und akustische Einbrecher-Alarmanlage

Diese Alarmanlage gibt ein Signal, wenn Licht auf den lichtempfindlichen Widerstand (LDR) fällt oder ein Fenster geöffnet wird. Ein Heulton wird vom Lautsprecher abgestrahlt, und eine Kontrolllampe leuchtet, auch wenn das Fenster wieder geschlossen wird oder das Licht ausgeht. Das optische und akustische Signal wird erst durch Hinunterdrücken der Taste wieder ausgeschaltet.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.

Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: Es gibt mehrere Möglichkeiten, diese Alarmanlage einzusetzen.

1. Wenn du die Anschlüsse 8 und 9 mit einem Draht direkt verbindest (kurzschließt), arbeitet nur die Licht-Alarmanlage mit dem LDR, den du in die Außenanschlüsse U und V einsetzt.

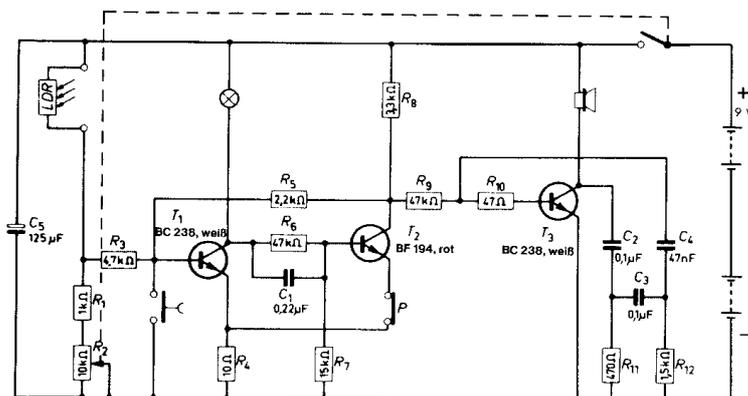
2. Willst du das Gerät als Kontakt-Alarmanlage benutzen, mußt du den LDR ausbauen. Nimm dazu den Draht aus den beiden Anschlüssen 8 und 9 wieder heraus und befestige dafür 2 lange, isolierte Drähte. Die anderen Enden dieser Drähte bringst du an einem zu sichernden Fenster an. Bitte deine Eltern um Erlaubnis. Drücke nebeneinander in den Rahmen eines Fensters (oder einer Tür) zwei blanke Heftzwecken. An diesen befestigst du je einen der Drähte. Klebe danach an das Fenster (oder die Tür) in gleicher Höhe eine Metallfolie, z. B. aus einer Zigarettenschachtel. Bei geschlossenem Fenster (Tür) muß die Folie beide Heftzwecken berühren. Öffnet nachts ein Dieb das Fenster oder die Tür, ist die Verbindung zwischen den Heftzwecken unterbrochen, und das Gerät zeigt dies durch Alarm an. Dies geschieht auch, wenn der Dieb ganz schlau sein will und vorher die Drähte durchschneidet, denn die Verbindung ist dann ebenfalls unterbrochen.

3. Selbstverständlich kannst du auch beide Möglichkeiten kombinieren. Klemme dazu wieder den LDR an die Außenanschlüsse U und V. Das Gerät kann jetzt aber nur in einem dunklen Raum bei geschlossenem Fenster (oder Tür) arbeiten.

Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes.

Potentiometerknopf nach rechts drehen. Am linken Anschlag ist die Lichtempfindlichkeit der Warnanlage am größten. Gibt die Anlage keinen Alarm, schalte sofort aus und suche den Fehler.



3.08.

Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

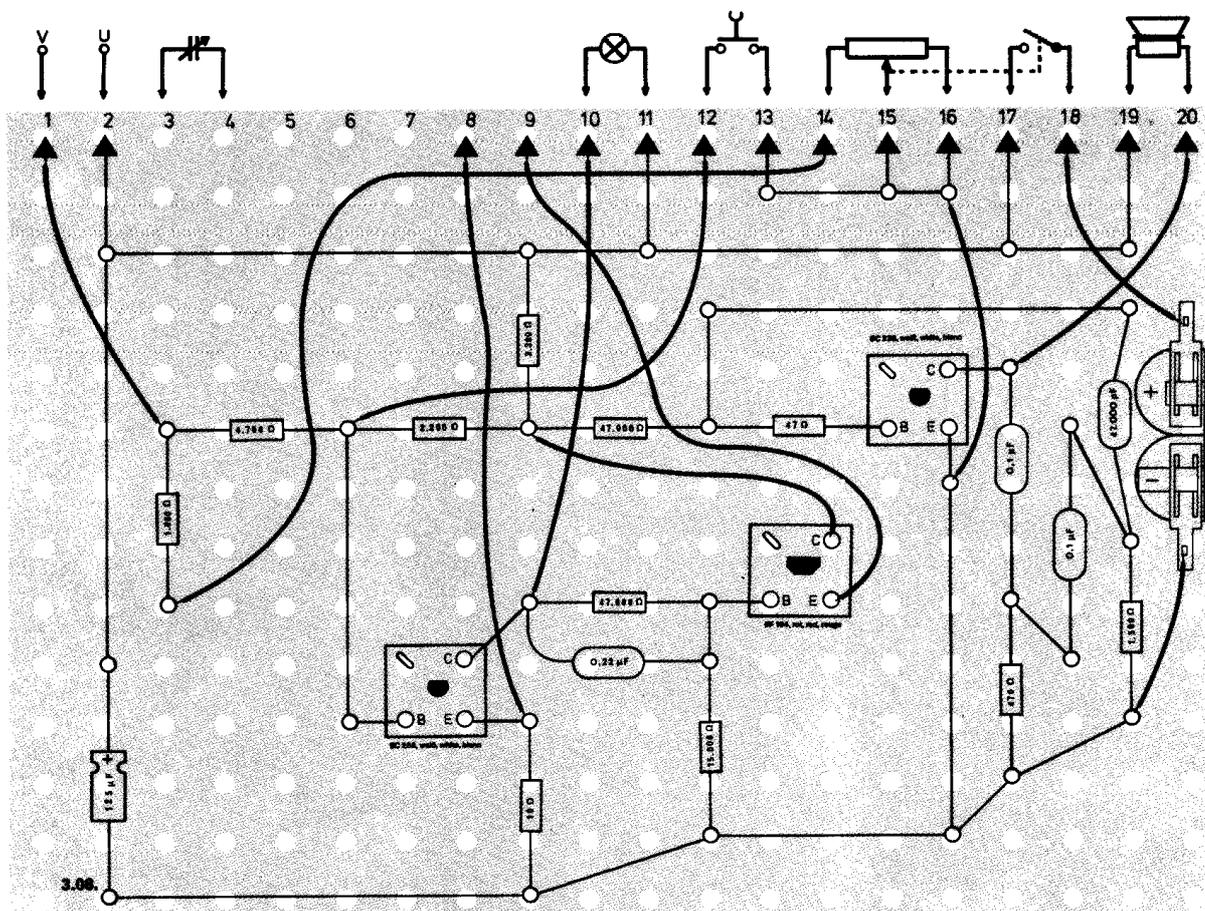
Der bistabile Multivibrator mit den Transistoren T 1 und T 2 schaltet um, wenn sich der Widerstand des LDR bei Lichteinfall verringert. Der LDR bildet mit R 1 und dem Potentiometer R 2 einen Spannungsteiler für die Basis von T 1. Die Beleuchtungsstärke, bei der die Anlage umschaltet, wird mit dem Potentiometer R 2 gewählt.

Im Dunkeln hat der LDR einen großen Widerstand, und T 1 sperrt. Die Glühlampe in der Kollektorleitung leuchtet nicht. Transistor T 2 leitet, weil seine Basis über R 6 an der positiven Kollektorspannung des Transistors T 1 liegt.

Fällt Licht auf den LDR, schaltet der Multivibrator um, T 1 leitet, und die Glühlampe leuchtet. Wird der Fensterkontakt P in der Emitterleitung von T 2 unterbrochen, schaltet die Anlage ebenfalls um, weil jetzt die Basis von T 1 über R 8/R 5 mit dem positiven Pol der Batterie verbunden ist.

Der Transistor T 3 bildet mit seinen Schaltelementen einen RC-Oszillator. Er beginnt zu schwingen, sobald die Kollektorspannung von T 2 positiv genug ist und über R 9 und R 10 ein Basisstrom fließen kann. Das ist der Fall, wenn der Flip-Flop umschaltet und T 2 gesperrt ist. Der erzeugte Ton wird vom Lautsprecher abgestrahlt.

Die Alarmanlage kann durch Drücken der Taste an der Basis von T 1 wieder in den Anfangszustand (kein Licht, kein Ton) zurückgeschaltet werden.



3.09. Signalanlage mit Dämmerungsschalter

In Großstädten wird abends die Straßenbeleuchtung und in vielen Fällen auch die Beleuchtung der Schaufenster- und Ausstellungsvitrinen automatisch ein- und morgens wieder ausgeschaltet. In diesem Gerät wurde der Dämmerungsschalter so gebaut, daß bei Unterschreitung einer gewissen Helligkeit die Kontrolllampe aufleuchtet, der Lautsprecher einen Warn-ton abstrahlt, und zwar so lange, bis du den Tastschalter hinunterdrückst.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten.

Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.

Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren, der Diode und der Elektrolyt-Kondensatoren achten.

Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

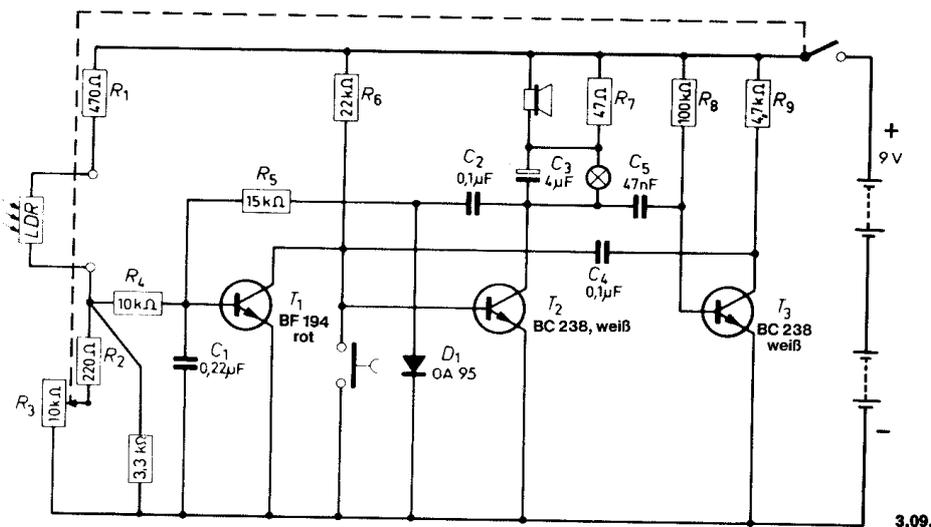
Spezielle Arbeiten: An die Außenanschlüsse U und V klemmst du den lichtempfindlichen Widerstand (LDR).

Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes.

Potentiometerknopf ganz nach rechts drehen. Um dieses Gerät auf die Raumhelligkeit abzustimmen, drehe bei gedrückter Taste das Potentiometer langsam nach links zurück.

Bei der Stellung, bei der die Lampe ausgeht, ist das Gerät richtig eingestellt. Wenn du jetzt im Zimmer das Licht ausschaltest oder den LDR mit der Hand verdunkelst, geht die Lampe an, und im Lautsprecher hörst du einen Heulton. Das Alarmzeichen wird erst unterbrochen, wenn du die Taste hinunterdrückst und es in deinem Zimmer inzwischen wieder hell ist. Leuchtet die Lampe nicht auf, schalte sofort aus und suche den Fehler.

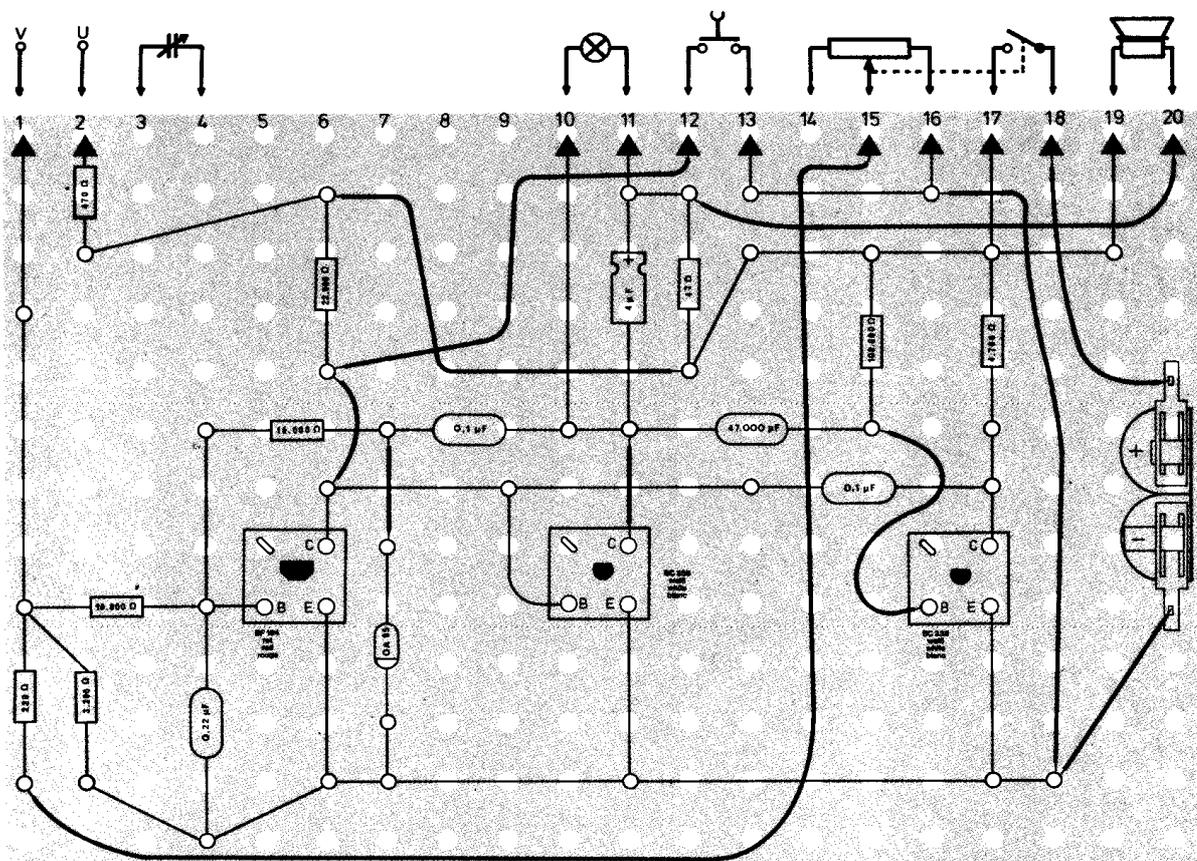


3.09.

Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Im Gegensatz zum Gerät 3.08. beginnt bei diesem Gerät der Alarm, wenn der LDR kein Licht mehr aufnimmt, wenn es also dunkel wird. Die Schaltung enthält einen Multivibrator mit den Transistoren T 2 und T 3, der aber durch den leitenden Transistor T 1 (er bildet einen Kurzschluß von der Basis T 2 gegen den Minuspol) zunächst nicht arbeiten kann. Dieser Zustand bleibt so lange bestehen, wie T 1 infolge der hohen positiven Spannung (geringer Widerstand des LDR) einen ausreichenden Basisstrom erhält.

Geht das Licht aus, steigt der Widerstand des LDR an, und der Basisstrom von T 1 fließt nicht mehr. Dadurch sperrt T 1 die Basis von T 2 nicht mehr, und der Multivibrator beginnt zu schwingen. Die erzeugten Wechselspannungen führt man über C 2 einem Gleichrichter zu, der, wie in der Schaltung 3.05., eine negative Spannung erzeugt, die über R 5 der Basis von T 1 zugeleitet wird. Dadurch bleibt T 1 gesperrt, auch wenn wieder Licht auf den LDR fällt. Der Alarmton kann erst durch Drücken der Taste unterbrochen werden, wobei sich der Anfangszustand wieder einstellt.



3.09.

3.10. Zwei-Transistor-Richtungsanzeiger

Jedes Auto besitzt einen Fahrtrichtungsanzeiger. Wenn er betätigt wird, leuchtet auf dem Armaturenbrett eine Kontrolllampe auf, und es ist ein rhythmisches Knacken zu hören. Es stammt von dem Relais, das mechanisch arbeitet. In diesem Gerät wird das Blinken und Knacken jedoch elektronisch erzeugt.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten.

Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.

Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

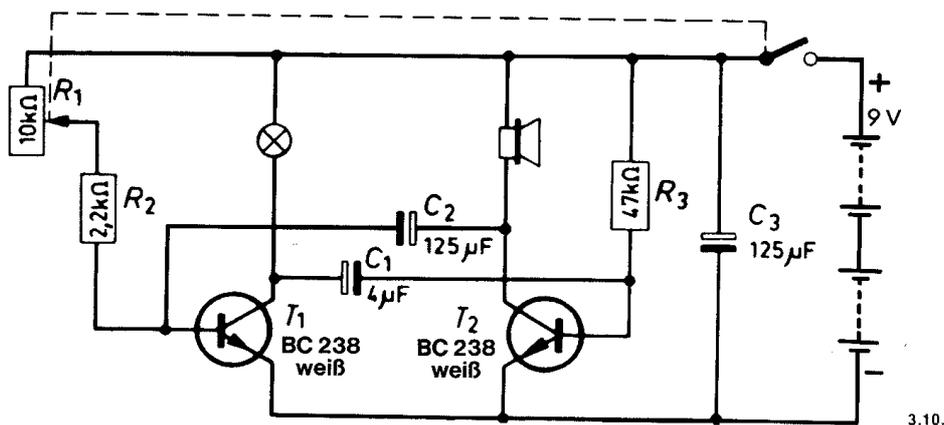
Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: keine.

Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes.

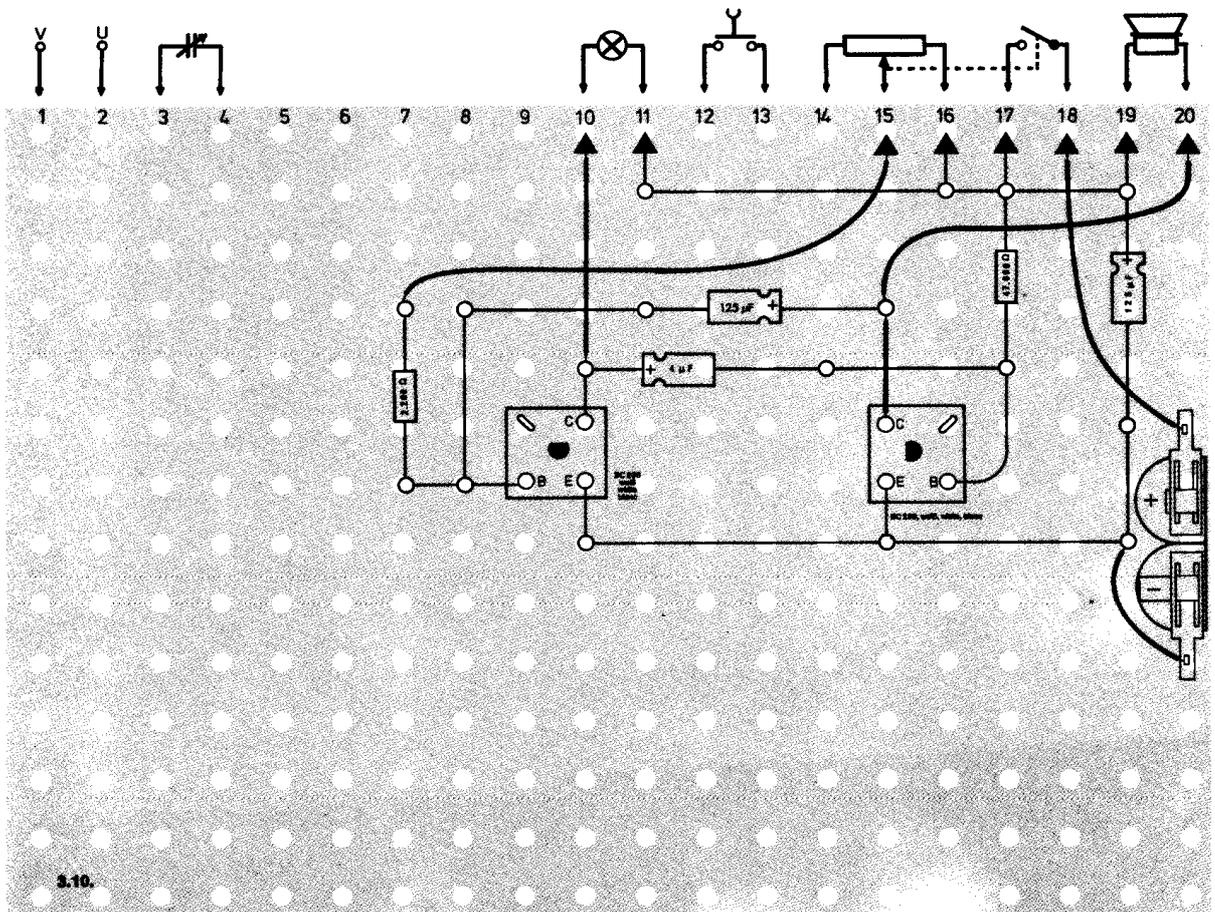
Potentiometerknopf nach rechts drehen. Am rechten Anschlag ist der Blinkrhythmus am langsamsten. Leuchtet die Lampe nicht auf, schalte sofort aus und suche den Fehler.



Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Diese Schaltung arbeitet als Multivibrator.

Die Kollektorwiderstände dieses Multivibrators sind hier durch die Glühlampe und den Lautsprecher ersetzt worden. Der Lautsprecher bildet den Kollektorwiderstand für T 2, so daß das Schalten des Kollektorstromes als Klick hörbar ist. Der Kollektorstrom von T 1 wird durch das Leuchten der Glühlampe sichtbar. Die Schaltgeschwindigkeit kann durch Verändern des Basisstroms von T 1 mit dem Potentiometer R 1 eingestellt werden.



3.11. Warnlampe

Viele Warnlampen werden erst abends eingeschaltet, um auf ein Hindernis aufmerksam zu machen. Dieses Gerät arbeitet sogar vollautomatisch. Wenn es dunkel wird, beginnt es zu blinken.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.

Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

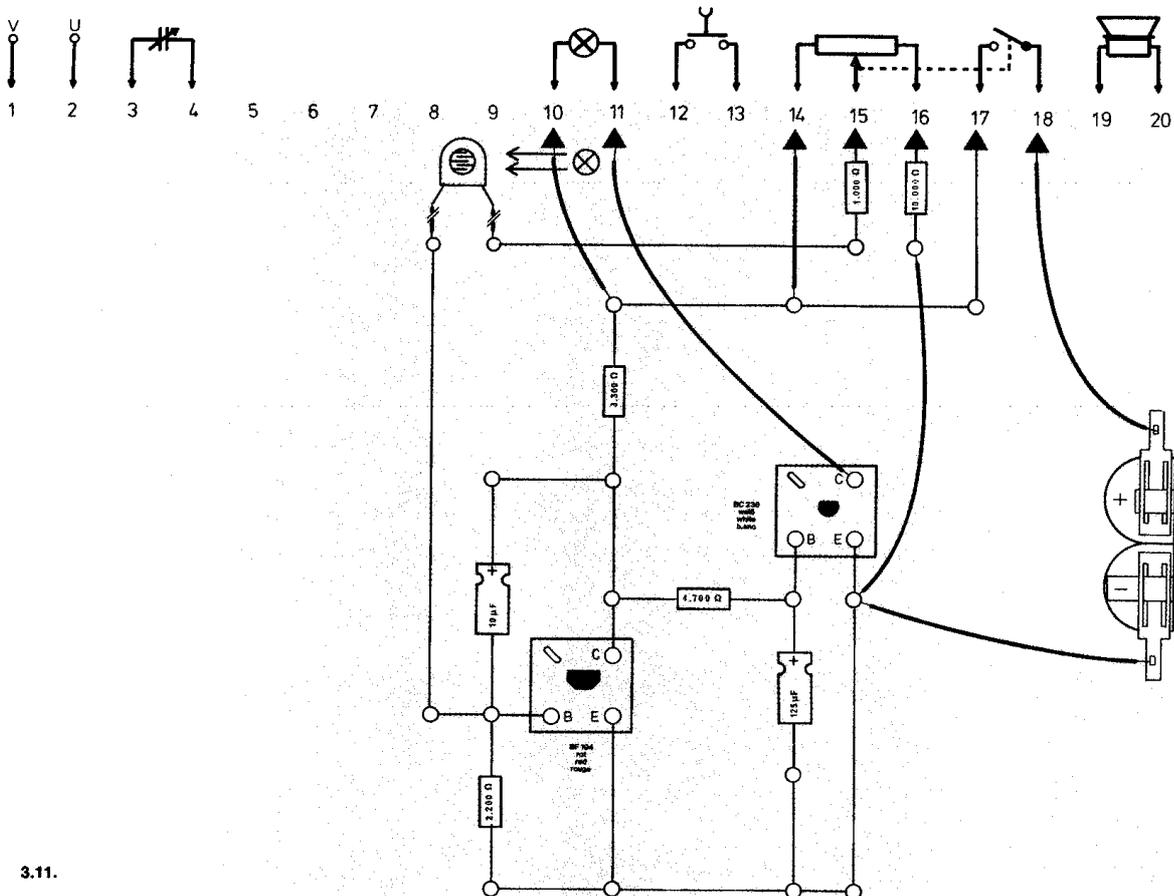
Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: Der LDR wird mit der gestreiften Seite nach unten über die rote Lampe gelegt. Verbinde ihn mit roten, isolierten Drähten mit den bezeichneten Klemmen.

Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes.

Potentiometerknopf nach rechts drehen. Je weiter du nach rechts drehst, desto unempfindlicher wird das Gerät. Wenn es in deinem Zimmer dunkel genug ist, leuchtet die Lampe auf. Jetzt nimmt der LDR von der Lampe wieder so viel Licht auf, daß er die Warnanlage über die elektronische Schaltung ausschaltet. Nun beginnt der Vorgang von neuem. Geht die Lampe nicht wieder aus, liegt der LDR nicht richtig auf der Lampe. Ist es in deinem Zimmer zu hell, leuchtet die Lampe nicht auf. Dann mußt du den LDR mit der Hand oder einem Stück Pappe abdecken. Blinkt deine Warnanlage trotzdem nicht, schalte sofort aus und suche den Fehler.

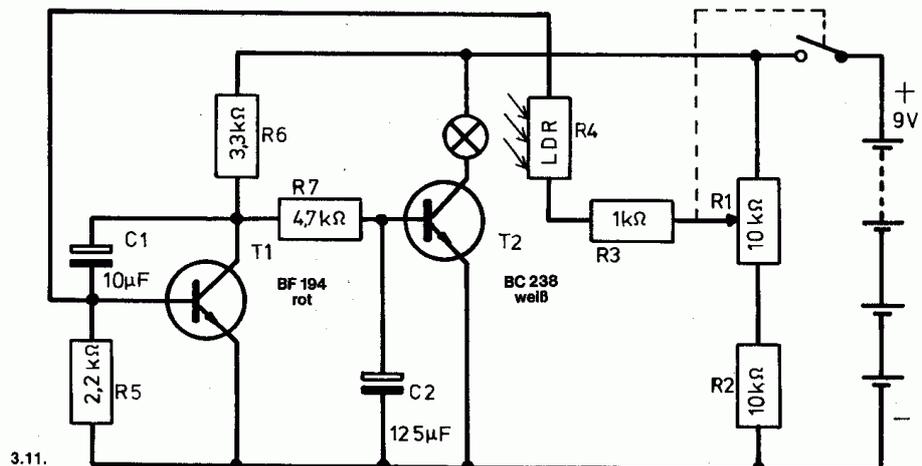


3.11.

Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Dieses Blinklicht beginnt automatisch zu arbeiten, wenn das auf den lichtempfindlichen Widerstand R 4 fallende Tageslicht einen bestimmten Helligkeitswert unterschreitet. Nimmt der LDR bei schwächer werdender Beleuchtung einen höheren Widerstand an, wird die von ihm abhängige Basisspannung von T 1 negativer (R 4 bildet mit R 5 einen Spannungsteiler). Die abnehmende Spannung hat zur Folge, daß der Strom im Transistor T 1 kleiner wird und schließlich ganz aufhört: Dadurch ist der Transistor T 1 gesperrt. Seine Kollektorspannung hat jetzt einen hohen positiven Wert angenommen. Der Widerstand R 7 verbindet den Kollektor von T 1 mit der Basis von T 2, und die positive Spannung öffnet den Transistor T 2, so daß Strom fließt. Die Glühlampe in der Kollektorleitung von T 2 leuchtet auf. Weil aber Glühlampe und LDR übereinander angeordnet sind, hat der LDR durch die starke Beleuchtung jetzt einen kleinen Widerstand. Die Basisspannung von T 1 wird deshalb wieder positiver und der Transistor leitend. Seine dadurch negativer werdende Kollektorspannung sperrt über R 7 den Stromfluß im Transistor T 2. Die Lampe geht aus.

Der Kreislauf beginnt von neuem, wenn der LDR durch die geringe normale Umgebungshelligkeit seinen Widerstand erhöht und die Basisspannung von T 1 absinken läßt. Die große Kapazität des Kondensators C 2 speichert für eine gewisse Zeit die jeweilige Basisspannung von T 2, so daß der Umschaltvorgang verzögert abläuft.



3.12. Licht-Ton-Betriebsanzeige

In wissenschaftlichen Laboratorien gibt es Versuchsanlagen, die mit sehr hohen Spannungen arbeiten. Es ist gefährlich, sich während des Betriebs in ihrer Nähe aufzuhalten, deshalb sind bestimmte Arbeitsräume durch optische und akustische Betriebsanzeigen gesichert. Diesen elektronischen Schalter kann man für eine solche Betriebsanzeige verwenden.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.

Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

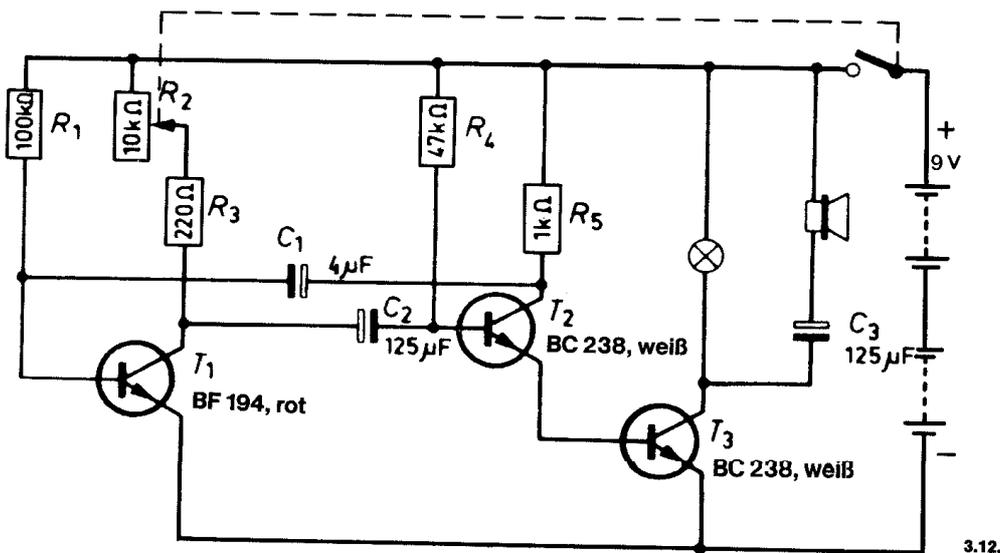
Grundplatte mit dem Schaltplatt verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: keine.

Batterien anschließen; **Polung beachten.**

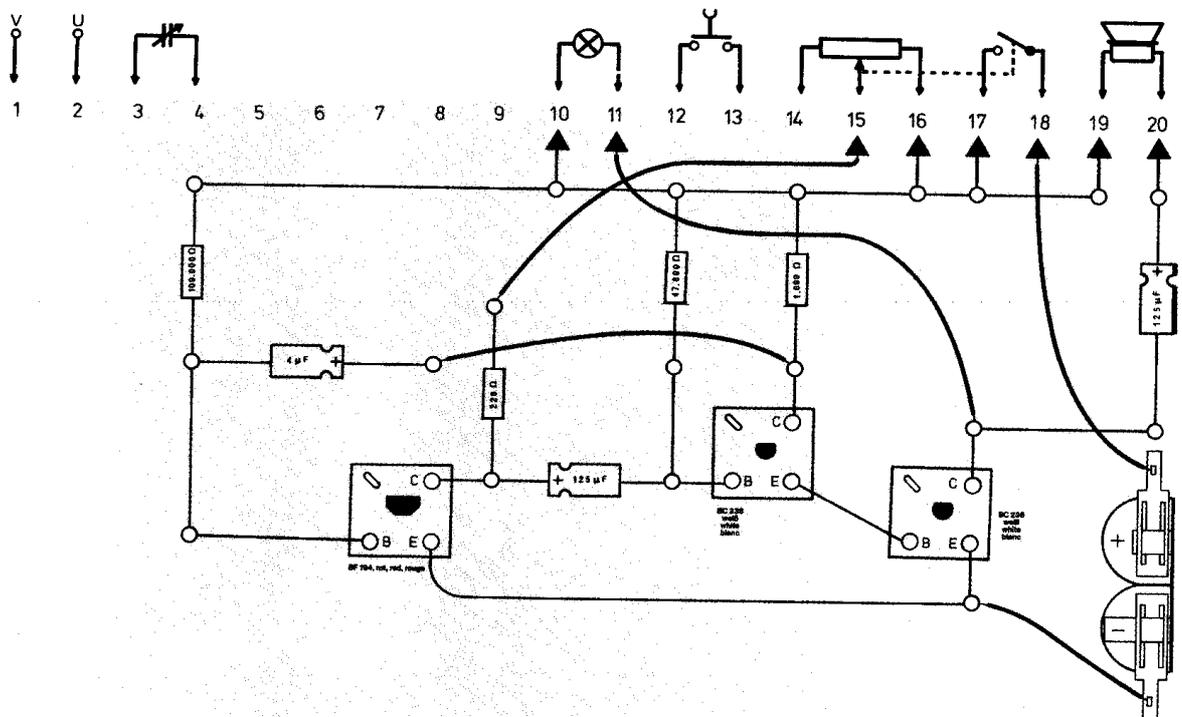
Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes. Potentiometerknopf nach rechts drehen. Am rechten Anschlag ist der Blinkrhythmus am langsamsten. Leuchtet die Lampe nicht auf, schalte sofort aus und suche den Fehler.

Den Schaltrhythmus des Gerätes kannst du nicht nur durch das Potentiometer verändern, sondern auch durch den lichtempfindlichen Widerstand (LDR). Klemme dazu bei dem Widerstand 220 Ohm den isolierten Draht ab, der zum Anschluß 15 führt. Verbinde dafür mit roten isolierten Drähten Anschluß 15 mit Anschluß 2 und Anschluß 1 mit der freien Klemme am Widerstand 220 Ohm. An den Außenanschlüssen U und V kann der LDR befestigt werden.



Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Die Wirkungsweise dieser Schaltung ist ähnlich wie die von 3.10. Der Multivibrator mit den Transistoren T 1 und T 2 ist aber nicht unmittelbar mit dem Lautsprecher und der Glühlampe verbunden, sondern diese sind an den Schalttransistor T 3 angeschlossen. Die Ankopplung erfolgt ohne Kondensator durch eine direkte Verbindung des Emitters T 2 mit der Basis T 3. Daraus ergibt sich eine Reihenschaltung der beiden Transistoren, so daß der Basisstrom den Transistor T 3 im Rhythmus der vom Multivibrator kommenden Wechselspannungen schaltet. Dies wird optisch durch die Glühlampe und akustisch durch den Lautsprecher angezeigt.



3.13. Martinshorn

Für Feuerwehr und Rettungswagen können die normalen Verkehrsgesetze aufgehoben werden, damit sie schnell zu einem Unfallort gelangen. Um während dieser Fahrten andere Verkehrsteilnehmer zu warnen, schalten sie neben dem Blaulicht auch ihre starken Martinshörner ein. Diesen typischen Zweiklang kannst du mit diesem Gerät elektronisch erzeugen.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten.

Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.

Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

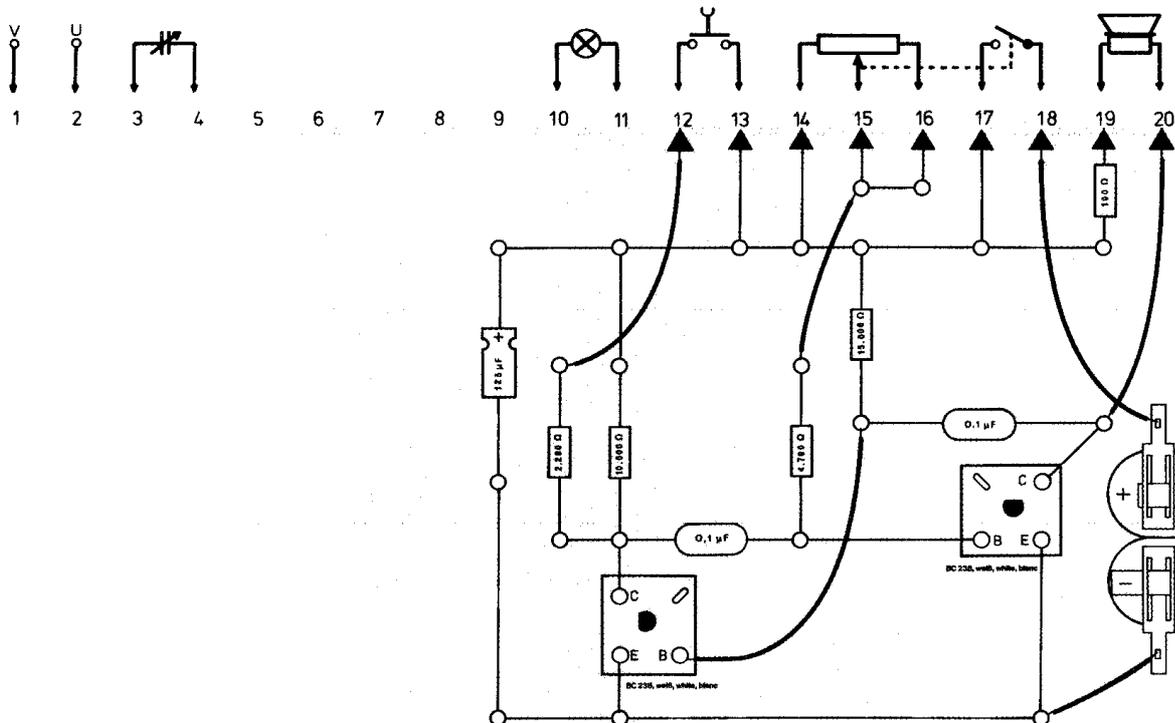
Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: keine.

Batterien anschließen; **Polung beachten.**

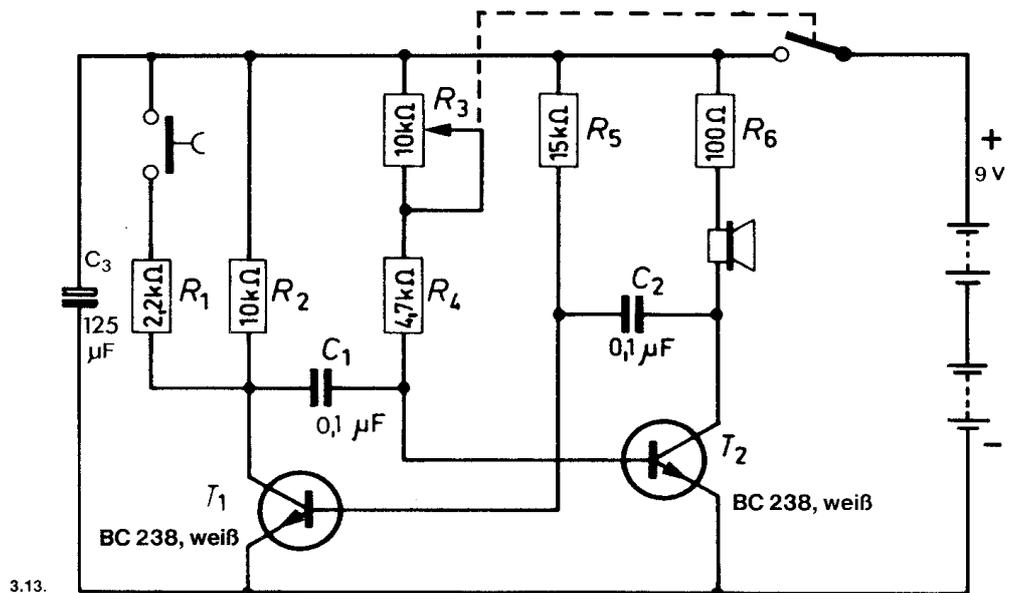
Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes.

Potentiometerknopf nach rechts drehen. Du hörst einen Ton, dessen Höhe du mit dem Potentiometer verändern kannst. Am rechten Anschlag ist er am höchsten. Dies ist der eine Ton. Der andere entsteht, wenn du den Tastschalter hinunterdrückst. Hörst du nichts, schalte sofort aus und suche den Fehler.



Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Die Grundschaltung des Gerätes besteht aus einem Multivibrator. Mit dem Kondensator C 2 erfolgt die Rückkopplung vom Kollektor des Transistors T 2 auf die Basis von T 1. Der Kondensator C 1 verbindet den Kollektor T 1 mit der Basis von T 2. Die Tonhöhe kann mit dem Potentiometer R 3 eingestellt werden, das in Reihe mit dem Widerstand R 4 liegt. Wird die Taste gedrückt, sind die Widerstände R 1 und R 2 parallel geschaltet. Dadurch entsteht eine schlagartige Änderung der erzeugten Frequenz. Durch Drücken und Loslassen der Taste kann man also zwei Töne erzeugen, wie sie bei einem Martinshorn erklingen.



3.14. Zweiklanghorn

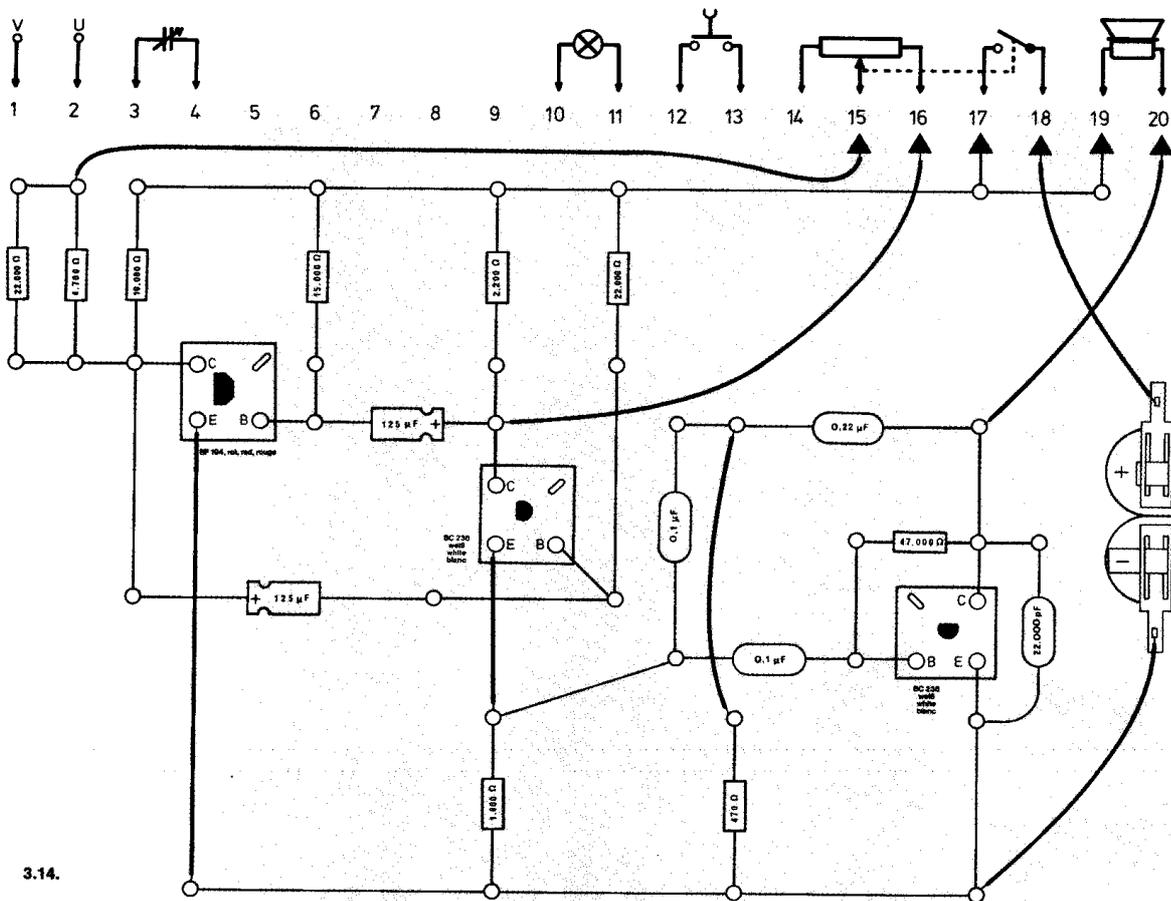
Ein Martinshorn, bei dem das Umschalten der beiden Töne automatisch erfolgt, kann mit diesem Gerät gebaut werden.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten.
 Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.
 Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.
 Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: keine.
 Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes.
 Potentiometerknopf nach rechts drehen. Am rechten Anschlag ist der Rhythmus des Tonwechsels am langsamsten. Hörst du nichts, schalte sofort aus und suche den Fehler.

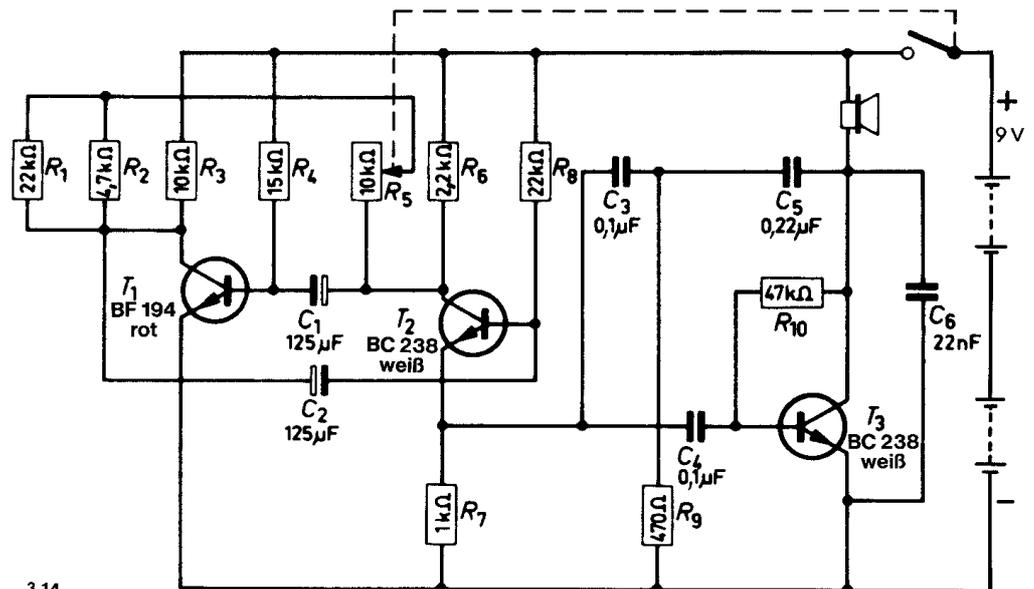


3.14.

Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Diese Schaltung erzeugt abwechselnd einen Ton mit höherer und tieferer Frequenz. Als Tonerzeuger arbeitet der Transistor T 3 in RC-Oszillatorschaltung. Die Transistoren T 1 und T 2 bilden einen Multivibrator, mit dem der RC-Oszillator beeinflusst wird, weil dieser über den Widerstand R 7 mit dem Multivibrator gekoppelt ist.

Wenn T 2 leitet, stellt sich daher eine bestimmte Tonhöhe ein. Schaltet der Multivibrator um, ändert sich die Tonhöhe des RC-Oszillators, da jetzt T 1 leitet und T 2 gesperrt ist. Es tritt jetzt keine Beeinflussung des RC-Oszillators durch den Multivibrator ein. Die Tonhöhe der vom Lautsprecher abgestrahlten Schwingungen wechselt also im Schaltrhythmus des Multivibrators. Er kann mit dem Potentiometer R 5 eingestellt werden.



3.14.

3.15. Treppenhauslicht

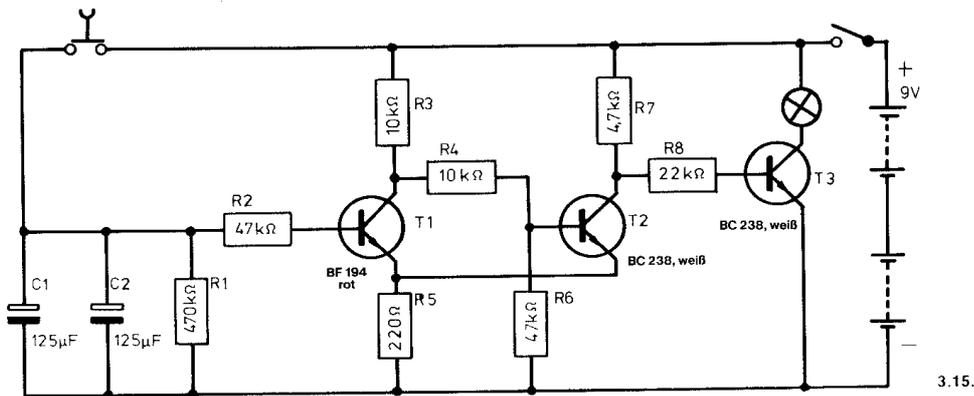
In großen Wohnhäusern schaltet sich die Treppenhausbeleuchtung nach kurzer Zeit wieder aus, weil sie dadurch wirtschaftlicher arbeitet. Beim Drücken des Lichtschalters wird eine Art Uhr betätigt, die das Licht ca. 3 Minuten brennen läßt. Eine elektronische Lösung ist natürlich moderner.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten.
Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.
Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.
Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: keine.
Batterien anschließen; **Polung beachten.**

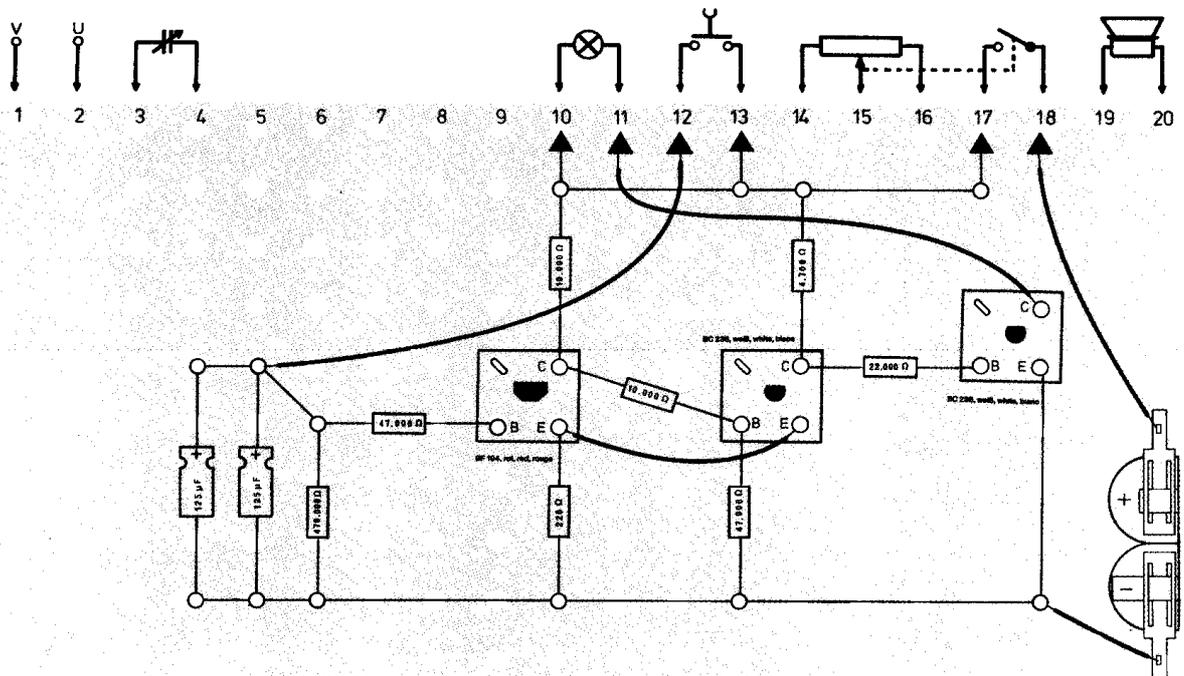
Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes.
Potentiometerknopf nach rechts drehen. Beim Drücken des Tastschalters geht die Lampe an. Nach einer gewissen Zeit erlischt sie. Geht die Lampe nicht an, schalte sofort aus und suche den Fehler.



Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Wird der Tastschalter kurzzeitig betätigt, laden sich die Kondensatoren C 1 und C 2 auf die volle positive Betriebsspannung auf. Der Transistor T 1 des Schmitt-Triggers wird leitend, T 2 wird gesperrt. Jetzt fließt über die Widerstände R 7 und R 8 ein positiver Strom zur Basis von T 3. Er wird leitend, und die Lampe leuchtet auf. Über den Widerstand R 1 entladen sich die Kondensatoren C 1 und C 2 langsam. Wird die Schwellspannung des Schmitt-Triggers unterschritten, sperrt T 1. Sofort fließt über die Widerstände R 3 und R 4 ein positiver Basisstrom, und T 2 leitet. Da nun der Kollektor dieses Transistors negativ geworden ist, kann über den Widerstand R 8 kein Strom mehr zur Basis von T 3 fließen; der Transistor wird also gesperrt.

Die Kondensatoren C 1 und C 2 sowie der Widerstand R 1 bestimmen die Leuchtdauer der Lampe. Je größer die Kapazitäten und der Widerstand sind, um so länger leuchtet die Lampe. Bei dieser Schaltung sind es etwa 30 Sekunden.



3.16. Helligkeitsregler

In Theatern und Kinos geht das Licht im Zuschauerraum vor der Vorstellung nicht schlagartig aus, sondern es wird langsam dunkler. In modernen Anlagen wird die Helligkeitsregelung elektronisch gesteuert, wie bei diesem Gerät.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.

Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

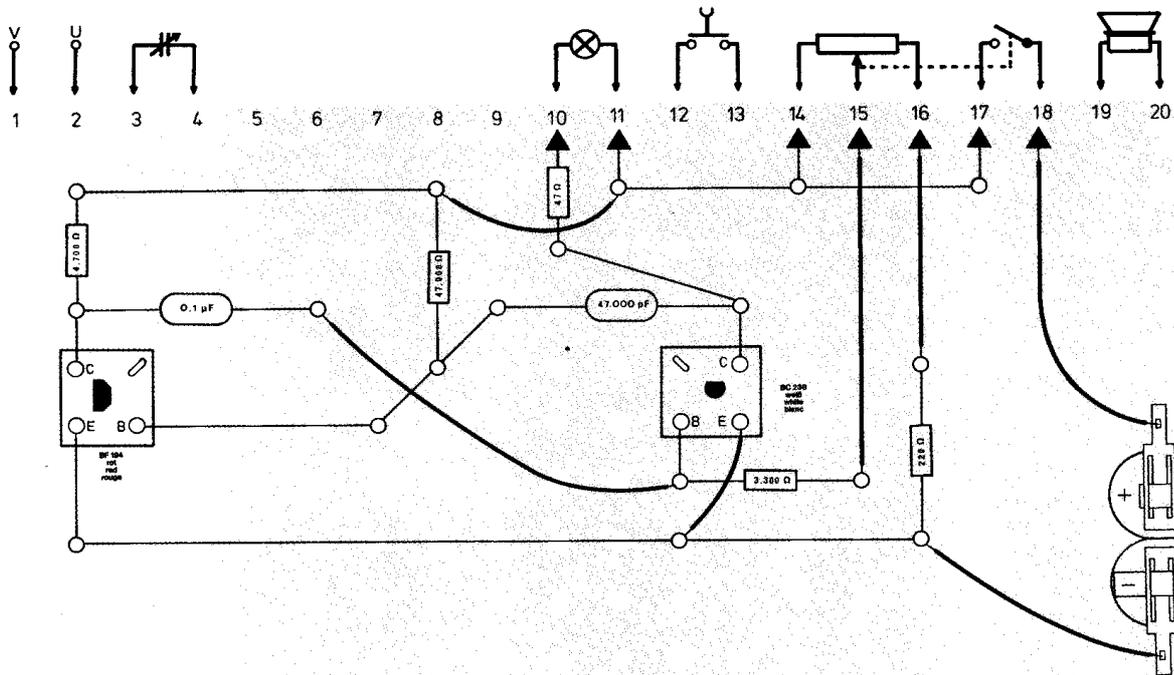
Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: keine.

Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes. Potentiometerknopf nach rechts drehen. Am rechten Anschlag ist die Helligkeit am größten. Leuchtet die Lampe nicht auf, schalte sofort aus und suche den Fehler.



Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Die Helligkeit einer Glühlampe kann einmal durch Verändern der Batteriespannung geregelt werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Spannung konstant zu halten, jedoch den Lampenstrom durch Ein- und Ausschalten ständig zu unterbrechen. Dabei muß die Frequenz so hoch gewählt werden, daß die Lampe nicht flackert.

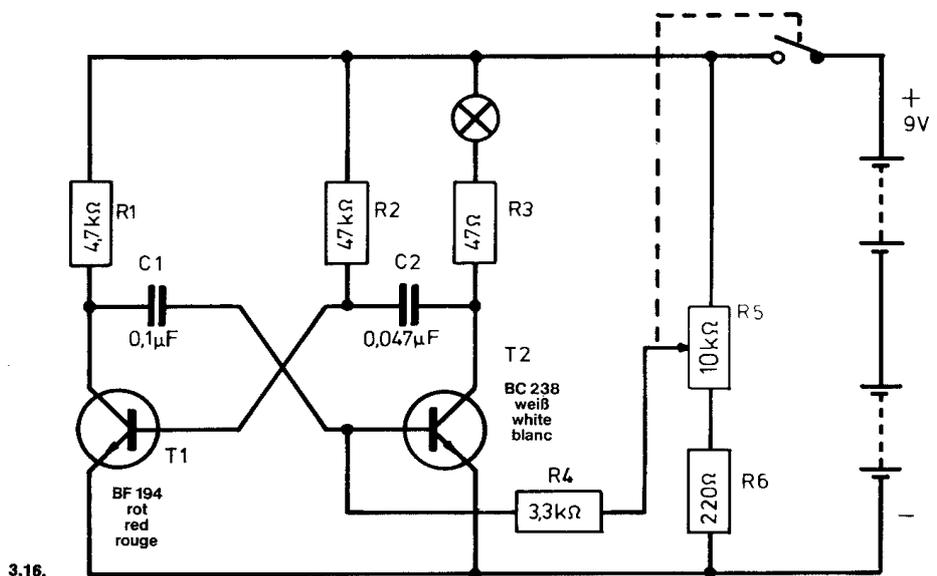
Wie du schon weißt, kann das Schalten ein Transistor übernehmen.

Arbeitet ein Transistor als Schalter, ist die Verlustleistung zwischen Emitter und Kollektor gering, da der Transistor entweder ein- oder ausgeschaltet ist. Im Einschaltzustand fällt am Transistor nur eine geringe Spannung ab, und somit ist die Leistung $P = U \cdot I$ (Spannung am Transistor x Strom, der durch den Transistor fließt), die ihn erwärmen kann, nicht groß. Aus diesem Grund kann man größere Leistungen mit verhältnismäßig kleinen Transistoren steuern, wenn die Impulsbreite (Einschaltdauer) geregelt wird.

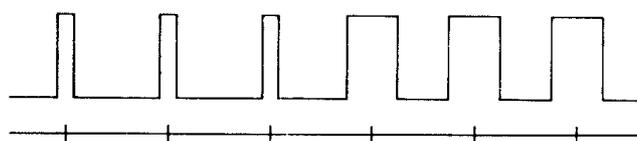
Die Transistoren T 1 und T 2 sind als Multivibrator geschaltet, der selbsttätig anschwingt (astabiler Multivibrator). Die zeitbestimmenden Bauteile für die Impulsfolgefrequenz sind C 1/R 4 und C 2/R 2. Die Impulsbreite kann mit Hilfe des Spannungsteilers R 5/R 6 eingestellt werden.

Ist z. B. der Schleifer des Potentiometers R 5 gegen den Widerstand R 6 hin geregelt, fließt kein Basisstrom in den Transistor T 2, er sperrt also, und der Multivibrator schwingt nicht. In dieser Stellung leuchtet die Lampe nicht. Erst wenn eine größere positive Spannung mit R 5 eingestellt wird, fängt die Lampe schwach an zu leuchten.

Die Einschaltdauer des Transistors T 2 ist jedoch sehr kurz im Verhältnis zu der Ausschaltdauer. Erst wenn das Potentiometer zum Pluspol der Batterie geregelt wird, leuchtet die Lampe hell auf, da nun die Einschaltdauer von T 2 im Verhältnis zur Ausschaltdauer lang ist.



Impulsbreite variabel



Impulsfrequenz konstant

3.17. Einschaltverzögerung

Viele Maschinen sind gegen unbeabsichtigte Inbetriebnahme gesichert. Entweder baut man zwei Einschaltknöpfe ein, die gleichzeitig bedient werden müssen, oder man benutzt eine Einschaltverzögerung. Dann reagiert die Maschine nicht auf ein kurzes Drücken des Einschaltknopfes, das evtl. unbeabsichtigt erfolgen kann, sondern man muß ganz bewußt längere Zeit den Knopf bedienen.

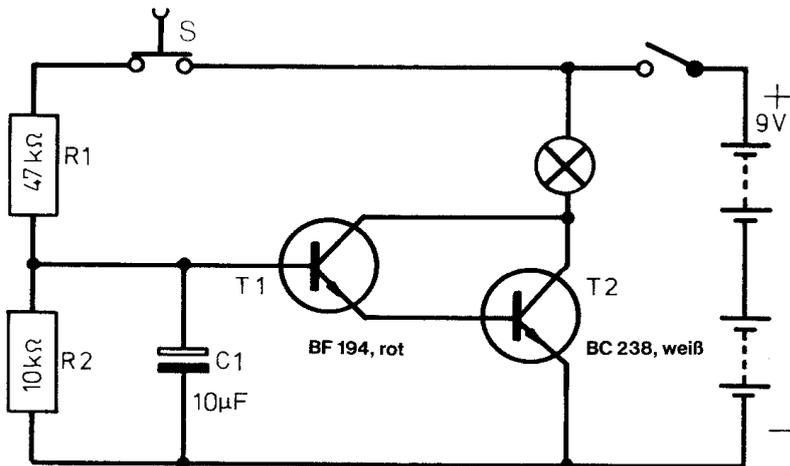
Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes. Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: keine.
Batterien anschließen; **Polung beachten.**

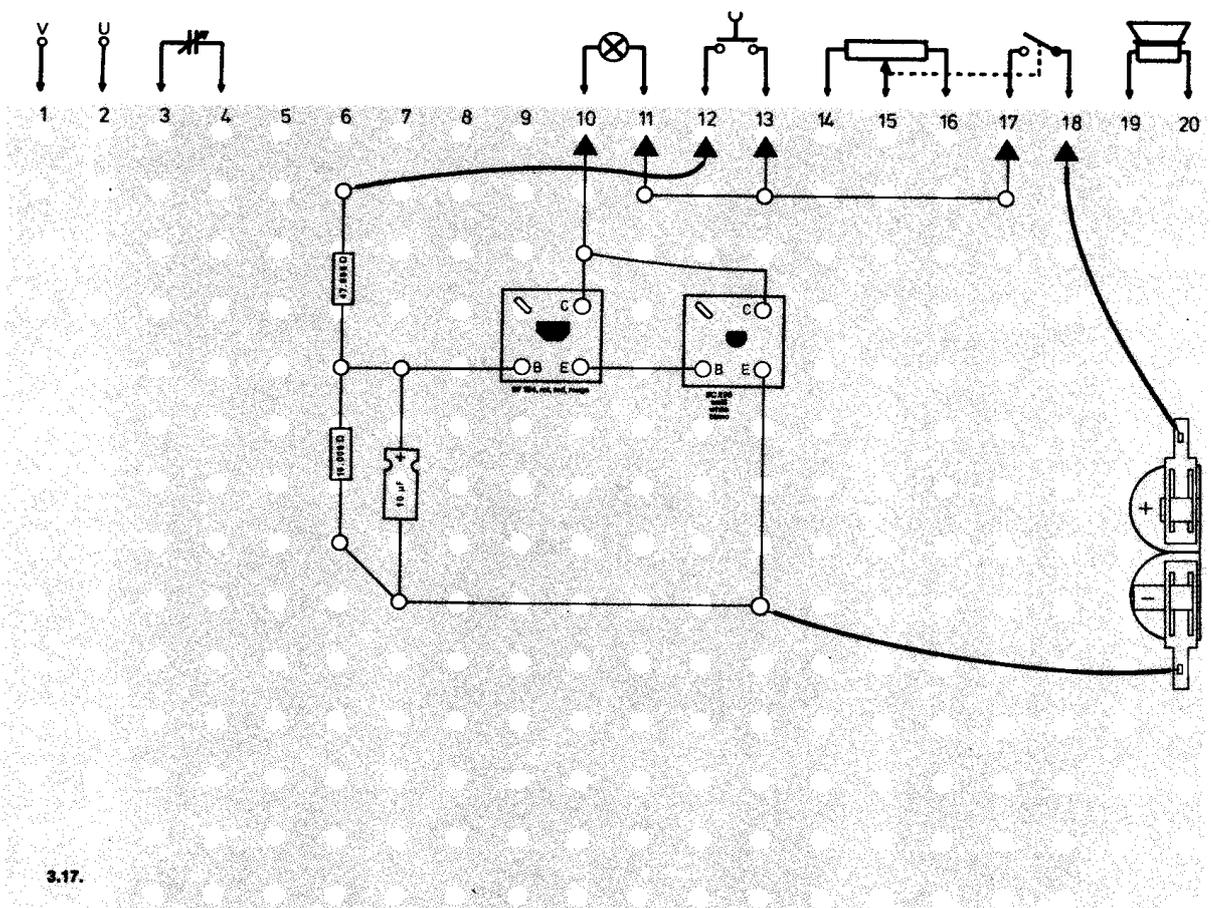
Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes. Potentiometerknopf nach rechts drehen und Tastschalter drücken. Nach einer gewissen Verzögerungszeit muß die Lampe aufleuchten. Leuchtet sie nicht, schalte sofort aus und suche den Fehler.



3.17.

Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Elektronisch läßt sich eine Ein- oder Ausschaltverzögerung durch Kondensatoren und Widerstände aufbauen. Wird der Tastschalter S geschlossen, lädt sich der Kondensator C 1 über den Widerstand R 1 auf. Der Kondensator hat jedoch erst nach einer bestimmten Zeit eine genügend positive Spannung, um einen Basisstrom in T 1 fließen zu lassen. Ist diese Spannung erreicht, werden die Transistoren T 1 und T 2 leitend, und die Lampe leuchtet auf. Zwischen dem Einschalten und dem Aufleuchten der Lampe sind ca. 2 Sekunden vergangen. Wird der Schalter wieder geöffnet, erlischt die Lampe, da der Widerstand R 2 den Kondensator C 1 schnell entlädt. Durch Auswechseln von C 1 gegen andere Kondensatoren kann die Einschaltverzögerung verändert werden.



3.17.

3.18. Ausschaltverzögerung

Große komplizierte Maschinen, z. B. der chemischen Industrie, die mehrere Arbeitsschritte verrichten, können nicht durch einfaches Ausschalten des Motors angehalten werden. Es ist vielmehr, da auch oft mehrere Antriebsaggregate vorhanden sind, eine festgelegte Reihenfolge zu beachten. Um Bedienungsfehler auszuschalten, wird das Anhalten automatisch gesteuert. Dies wird heute immer mehr durch elektronische Schaltungen besorgt, die mit Ausschaltverzögerungen arbeiten.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten.

Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.

Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

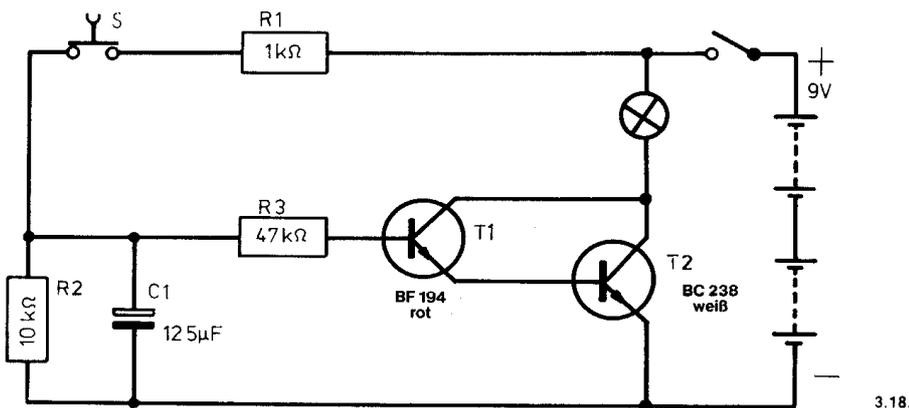
Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: keine.

Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes.

Den Potentiometerknopf nach rechts drehen und die Taste drücken. Die Lampe leuchtet sofort auf. Wenn du die Taste losläßt, muß die Lampe erst nach einer gewissen Verzögerungszeit ausgehen. Leuchtet die Lampe nicht auf, schalte sofort aus und suche den Fehler.

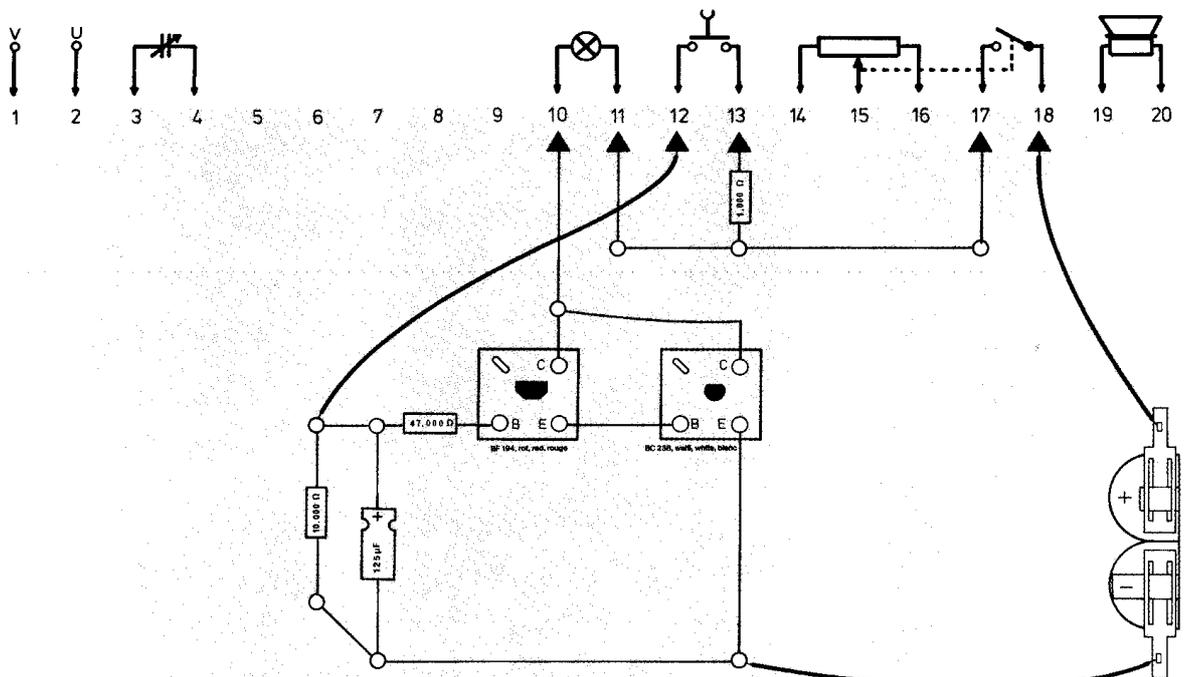


Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Schließt man den Tastschalter S (Maschine ist eingeschaltet), leuchtet die Lampe sofort auf, weil über die Widerstände R 1 und R 3 ein Basisstrom fließt. Die Transistoren T 1 und T 2 sind leitend.

Das Ausschalten wird simuliert, indem du den Schalter wieder öffnest. In diesem Moment hat der Kondensator C 1 eine positive Ladung, die den Stromfluß beider Transistoren aufrecht hält. Über den Widerstand R 2 wird der Kondensator entladen. Wenn die Ladespannung zu niedrig geworden ist, kann kein Basisstrom über den Widerstand R 3 fließen, und die Lampe erlischt.

Durch Auswechseln des Kondensators C 1 gegen andere kann die Ausschaltverzögerung verändert werden.



4.01. Automatisches Nachtlicht oder Parklicht

Du hast sicher schon beobachtet, daß bei einem schweren Gewitter während des Tages die Straßenbeleuchtung angeht. Sie wird nämlich nicht von einem Angestellten im Elektrizitätswerk eingeschaltet, sondern dies geschieht automatisch durch lichtempfindliche Zellen bei einsetzender Dämmerung. Dieses Gerät ist ein solcher Dämmerungsschalter. Die Lampe leuchtet immer auf, wenn die allgemeine Helligkeit unter einen vorher eingestellten Wert sinkt; sie geht wieder aus, wenn die Beleuchtungsstärke über diesen Wert ansteigt.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes. Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

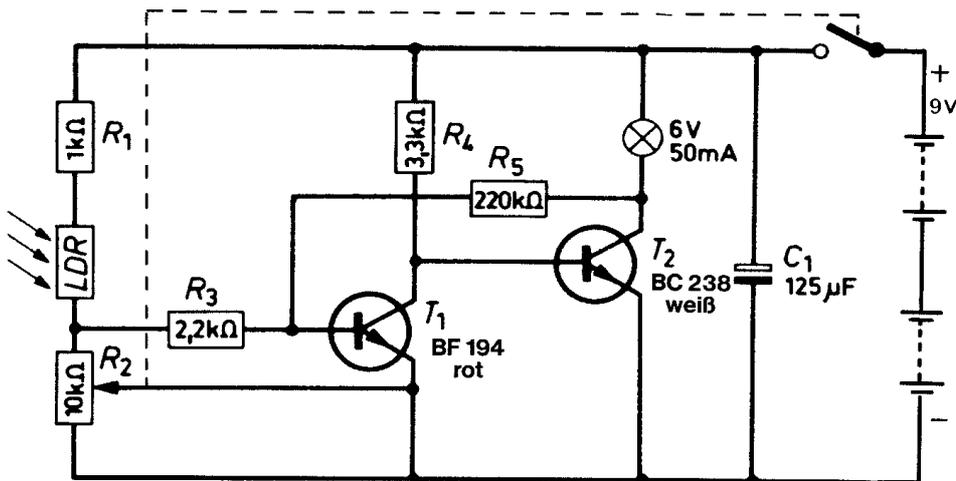
Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten:

Lichtempfindlichen Widerstand (LDR) in die Außenanschlüsse U und V klemmen. Die gestreifte Seite soll nach oben zeigen.

Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes. Potentiometerknopf nach rechts drehen. Verdunkle jetzt dein Zimmer oder decke den LDR mit der Hand ab. Mit dem Potentiometerknopf kannst du die Beleuchtungsstärke einstellen, bei der die Lampe aufleuchtet. Am rechten Anschlag ist das Gerät am empfindlichsten. Brennt die Lampe nicht, schalte sofort aus und suche den Fehler.



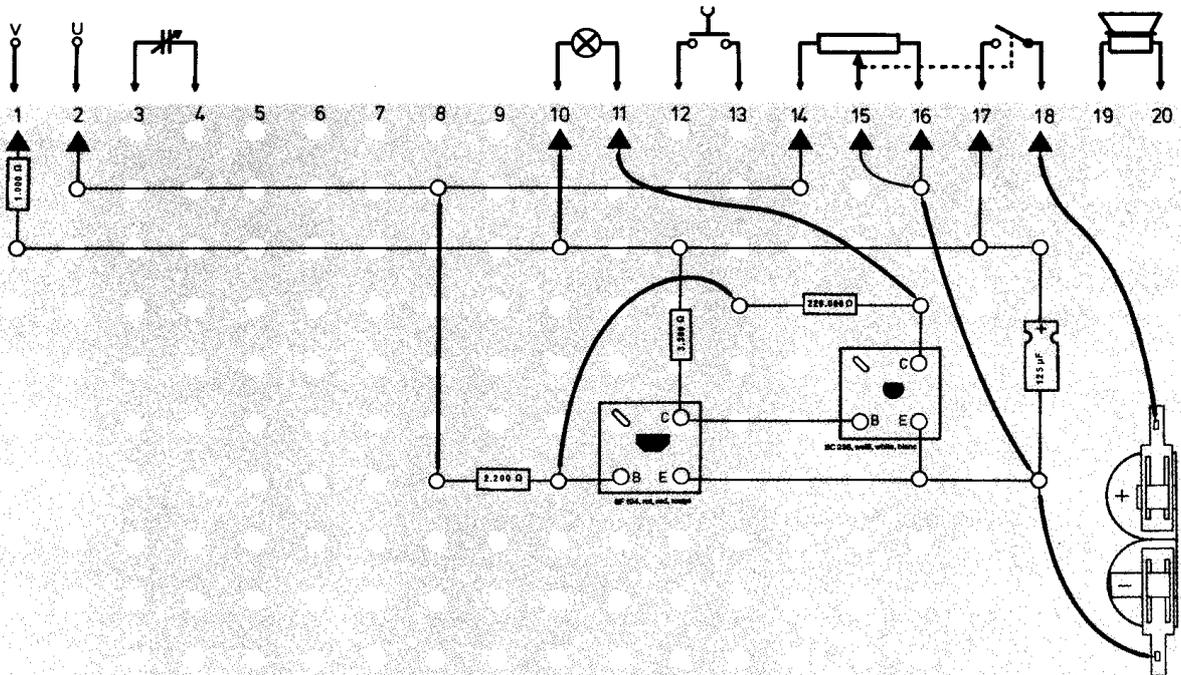
Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Diese Schaltung hat die Aufgabe, eine Glühlampe automatisch einzuschalten, wenn ein bestimmter Helligkeitswert unterschritten wird. Dafür muß die Schaltung einen Meßfühler besitzen, mit dem die Helligkeit registriert werden kann. Hierzu wird der lichtempfindliche Widerstand (LDR) verwendet. Er bildet zusammen mit R 1 und dem Potentiometer R 2 einen Spannungsteiler für die 9-Volt-Betriebsspannung.

Die Basis von dem Transistor T 1 ist über den Widerstand R 3 an den Spannungsteiler angeschlossen. Fällt kein Licht auf den LDR, hat er einen sehr hohen Widerstand. An R 2 ist deshalb nur eine sehr kleine Spannung vorhanden, die nicht ausreicht, um über R 3 einen Basisstrom fließen zu lassen. Transistor T 1 sperrt. Es fließt also über seine Emitter-Kollektorstrecke, und damit auch über den Widerstand R 4, kein Kollektorstrom. Der Kollektor von T 1 und die Basis von T 2 haben deshalb eine hohe positive Spannung.

Dadurch leitet der Transistor T 2, und die Glühlampe leuchtet. Trifft Licht auf den LDR, verringert sich sein Widerstand, so daß an R 2 je nach Schleiferstellung eine hohe positive Spannung abfallen kann. Jetzt kann über R 3 ein Basisstrom fließen, und T 1 leitet. Seine Kollektorspannung, und damit auch die Basisspannung von T 2, ist dann negativ, so daß Transistor T 2 sperrt und die Glühlampe erlischt.

Mit dem Potentiometer R 2 läßt sich der Basisstrom von T 1 verändern und damit die Schaltung auf eine Raumhelligkeit einstellen, bei der die Automatik anspricht.



4.02. Einfacher Feuchtigkeitsanzeiger

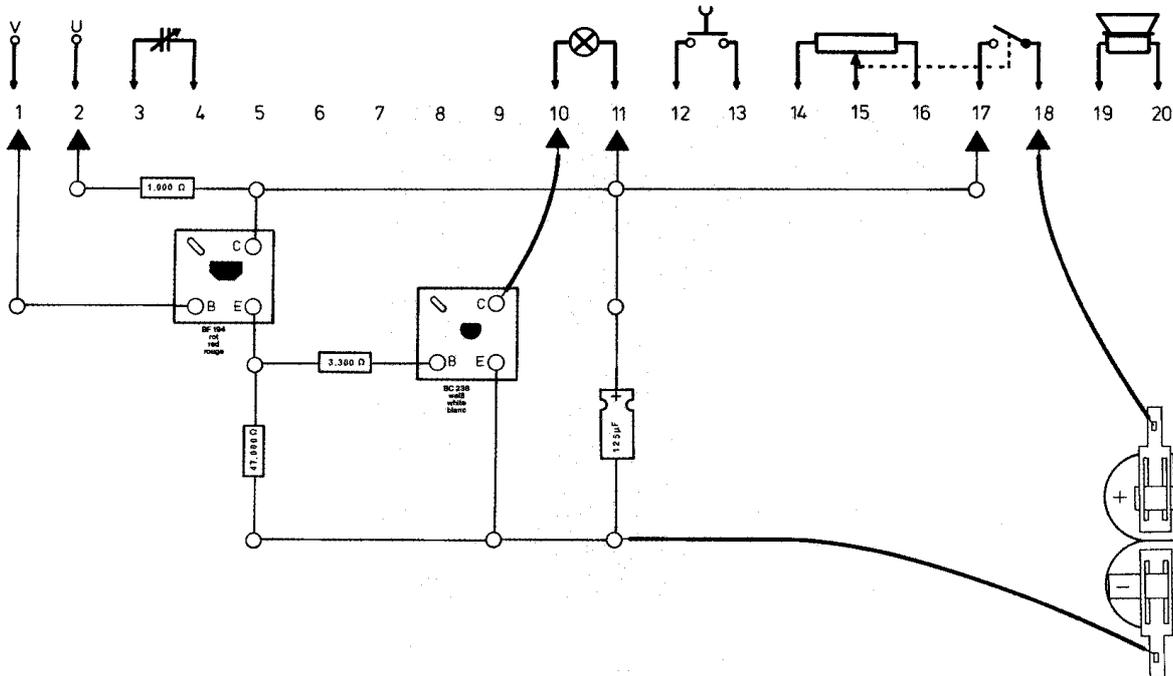
Dieses Gerät warnt durch ein Lichtsignal, wenn irgendwo die Feuchtigkeit zu groß wird. Du kannst hiermit eine Anzahl interessanter Experimente durchführen, die unter „Anwendungsmöglichkeiten“ beschrieben sind. Dann erkennst du, daß der Name „Feuchtigkeitsanzeiger“ viel zu bescheiden ist.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes. Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten. Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: An den Außenanschlüssen U und V befestigst du zwei lange isolierte Drähte, deren Enden du abisolierst. Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes. Potentiometerknopf nach rechts drehen. Prüfe das Gerät, indem du die beiden langen isolierten Drähte an den Enden zusammenhältst. Jetzt muß die Lampe aufleuchten. Tut sie es nicht, schalte sofort aus und suche den Fehler.



Anwendungsmöglichkeiten

- a) Nimm ein Stück Zeitungspapier und halte die beiden Drahtenden daran. Nichts geschieht. Nun läßt du einige Tropfen Wasser auf das Zeitungspapier fallen. Halte beide Drahtenden an die nasse Stelle: Die Lampe leuchtet auf. Also leitet nasses Papier den elektrischen Strom.
- b) Nun nimm ein Stück Löschpapier. Stecke die zwei Drahtenden in einiger Entfernung voneinander durch dieses Papier. Nachdem einige Tropfen Wasser auf das Löschpapier gefallen sind, brennt die Lampe.
- c) Stecke beide Drahtenden in einen Blumentopf. Die beiden Drähte müssen etwas voneinander entfernt sein. Falls die Erde trocken ist, leuchtet die Lampe nicht. Sobald die Erde im Blumentopf ausreichend feucht ist, brennt die Lampe.
- d) Ein Draht wird mit einem Metalltopf verbunden. Das andere Drahtende halte in den Topf, aber es darf den Topf nicht berühren. Gießt du nun Wasser in den Topf, leuchtet die Lampe auf, sobald die Oberfläche des Wasserspiegels den in den Topf ragenden Draht erreicht hat. Das klappt aber nur mit einer leitenden Flüssigkeit wie etwa Leitungswasser – jedoch nicht, wenn du Öl oder destilliertes Wasser benutzt.
- e) Auf ähnliche Weise kannst du erreichen, daß eure Badewanne nicht überläuft.
- f) Du kannst auch ein Stück Löschpapier an einem Wäschestück anbringen, das du zum Trocknen aufhängst. Mach es mit einer Wäscheklammer fest. Die Lampe geht aus, wenn das Wäschestück trocken ist. Statt des Löschpapiers kannst du auch ein Stück Stoff benutzen.
- g) Hast du eine Wasserpistole, so kannst du dir eine automatisch anzeigende Zielscheibe bauen. Nimm eine runde Scheibe und schneide ein Loch mit einem Durchmesser von ungefähr 2,5 cm hinein. Hänge hinter dieses Loch ein feuchtigkeitsempfindliches Element, z. B. ein Stück dünnes Löschpapier. Wenn du einen Volltreffer erzielst, leitet das Papier, und die Lampe leuchtet auf. Danach mußst du das Papier natürlich trocknen oder erneuern.
- h) Stecke die Drahtenden im Abstand von 1 cm in ein Stück Löschpapier. Dieses legst du außen auf die Fensterbank. Das Gerät zeigt dir jetzt an, wenn es draußen regnet.
- i) Nimm in jede Hand ein Drahtende: Die Lampe leuchtet auf! Warum wohl?
- k) Nimm ein Stück Papier und ziehe darauf mit einer weichen Mine einen kräftigen Bleistiftstrich. Halte das Ende des einen Drahtes an das eine Ende des Striches und bewege das Ende des anderen Drahtes auf dem Bleistiftstrich entlang. Die Lampe wird am hellsten brennen, wenn beide Drähte ganz nahe beieinander sind. Graphit leitet den elektrischen Strom.

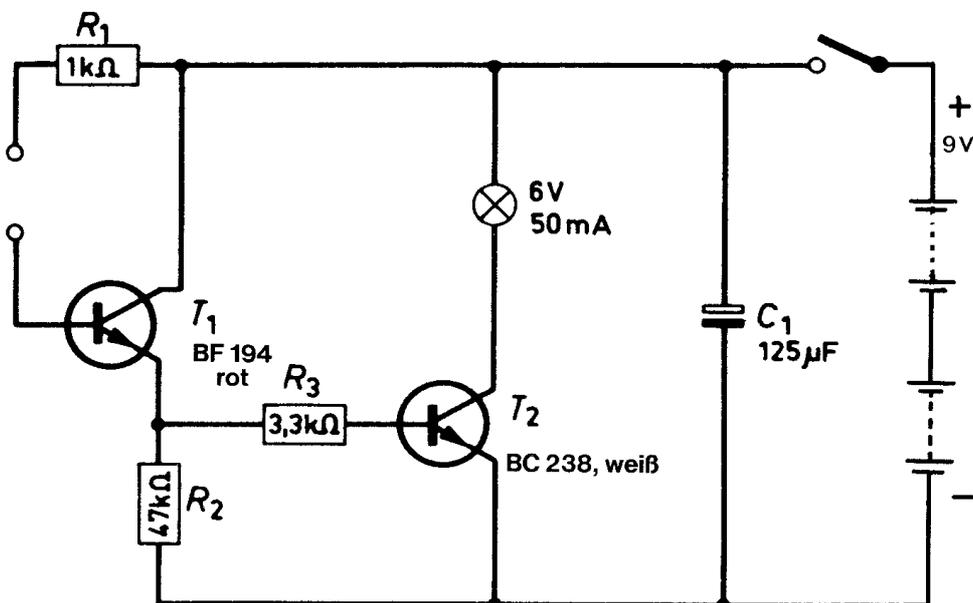
Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Dieser Feuchtigkeitsanzeiger besteht aus einem zweistufigen Verstärker, mit dem die Glühlampe im Kollektorkreis des zweiten Transistors ein- und ausgeschaltet wird.

Die Basis des Transistors T 1 hat keine Verbindung zum Minus- oder Pluspol der Batterie. Deshalb ist der als Emitterfolger geschaltete Transistor T 1 gesperrt. An seinem Arbeitswiderstand R 2 entsteht keine positive Spannung, so daß auch der über R 3 angeschlossene Transistor T 2 gesperrt ist. Die Glühlampe leuchtet nicht.

Verbindet man aber den Widerstand R 1 mit der Basis von T 1 durch einen Draht, so wird Transistor T 1 geöffnet, und am Widerstand R 2 entsteht eine positive Spannung. Diese öffnet den Transistor T 2, und der fließende Strom läßt die Glühlampe in der Kollektorleitung von T 2 aufleuchten.

Um einen Feuchtigkeitsanzeiger zu erhalten, kann man nun zwei blanke Drähte in einem gewissen Abstand voneinander in ein Stück Papier hineinstecken und sie mit den Eingangsklemmen verbinden. Ist das Papier trocken, wird sich nichts ändern: Die Lampe bleibt dunkel, weil kein Strom fließt. Feuchtet man das Papier jedoch mit Wasser an, leitet es den Strom über R 1 zur Basis von T 1. Jetzt werden beide Transistoren leitend, und die Glühlampe leuchtet.



Technische Daten

Transistoren	BF 194 rot	BC 238 weiß
Maximaler Basisstrom	10 mA	100 mA
Maximaler Kollektorstrom	25 mA	100 mA
Maximale Verlustleistung	200 mW	200 mW
Maximale Kollektor-Emitterspannung	15 V	15 V
Stromverstärkungsfaktor	50 – 150	100 – 900
Anwendungsgebiet	HF-NF- und Gleichspannungs-Verstärkung	NF- und Gleichspannungs-Verstärkung

Dioden	OA 95
Sperrspannung	50 V
Durchlaßstrom	50 mA
Durchlaßspannung bei einem Strom von 10 mA	1 V

Spulen	Anschlüsse	Windungen	Induktivität
Drosselspule		740	9,5 mH
MW-Antennenspule auf Ferritstab	1 – 2 3 – 4	70 6	400 µH

Morsealphabet

A	· –	K	– · –	U	· · –
B	– · · ·	L	· – · ·	V	· · · –
C	– · · ·	M	– –	W	· – –
D	– · ·	N	– ·	X	– · · –
E	·	O	– – –	Y	– · – –
F	· · · ·	P	· – · ·	Z	– · · ·
G	– · ·	Q	– · · –	Ä	· · · –
H	· · · ·	R	· · ·	CH	– – – –
I	· ·	S	· · ·	Ö	– · · ·
J	· – – –	T	–	Ü	· · · –
1	· – – – –	6	– · · · ·	Punkt	· – · · · –
2	· · – – –	7	– · · · ·	Irrtum	· · · · · ·
3	· · · – –	8	– · · · ·	SOS	· · · – – · · ·
4	· · · · –	9	– · · · ·	Anfang des Spruchs	– · · · –
5	· · · · ·	0	– · · · ·	Ende des Spruchs	· · · · ·

4.03. Feuchtigkeitsanzeiger mit Lichtsignal

Dieser Feuchtigkeitsanzeiger ist noch empfindlicher als das vorige Gerät. Er ist auch technisch aufwendiger konstruiert.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes. Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

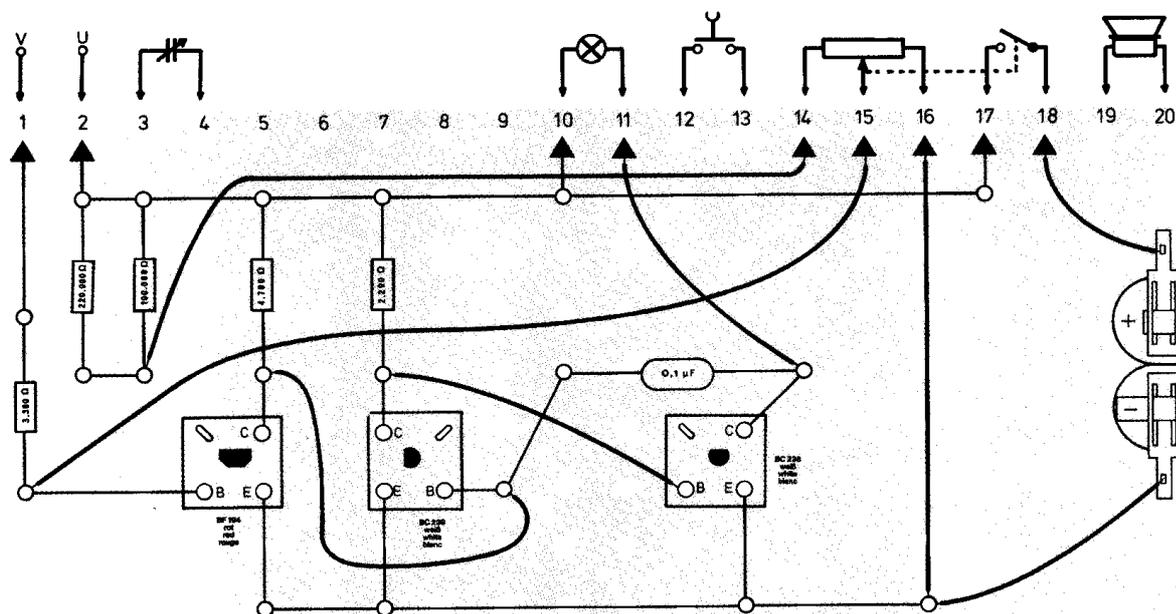
Spezielle Arbeiten: An den Außenanschlüssen U und V befestigst du zwei isolierte lange Drähte. Ihre Enden werden abisoliert, da sie später als Meßfühler dienen sollen.

Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes. Potentiometerknopf ganz nach rechts drehen. Die Lampe leuchtet. Drehe den Knopf so weit zurück, bis die Lampe erlischt.

Prüfe das Gerät, indem du die beiden isolierten Drähte an den Enden zusammenhältst. Jetzt muß die Lampe wieder aufleuchten. Tut sie es nicht, schalte sofort aus und suche den Fehler.

Anwendungsmöglichkeiten findest du bei Gerät 4.02.



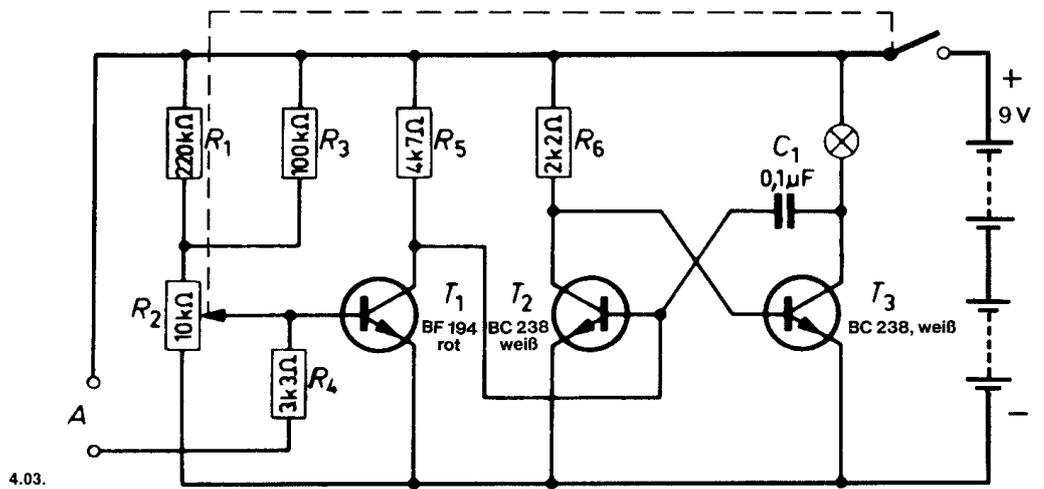
4.03.

Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Diese Schaltung besteht aus einem dreistufigen Gleichstromverstärker. Bereits sehr kleine Ströme ($1 \mu\text{A}$), die die Basis von Transistor T 1 erreichen, rufen im letzten Transistor T 3 einen Strom hervor, der eine Glühlampe zum Leuchten bringt.

Der Spannungsleiter an der Basis von T 1 besteht aus den Widerständen R 1 bis R 4 und einem Widerstand, der außerhalb der Schaltung liegt und mit dem Eingang A verbunden ist. Dieser äußere Widerstand ist das feuchtigkeitsempfindliche Element, dessen Herstellung bei Gerät 4.02. beschrieben ist.

Im trockenen Zustand hat dieses Element einen sehr hohen Widerstandswert, und der Basisstrom wird ausschließlich durch R 1 bis R 3 bestimmt. Er wird mit R 2 so eingestellt, daß die Glühlampe nicht brennt. Bei feuchtem Widerstandselement fließt ein Basisstrom. Dadurch wird T 1 leitend und T 2 gesperrt. Der Endtransistor T 3 wird ebenfalls leitend und schaltet die Glühlampe ein.



4.03.

4.04. Feuchtigkeitsfühler mit Hupe

Dieses Gerät unterscheidet sich von den vorherigen durch Anzeigen der Feuchtigkeit mit einem Hupton.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten.

Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.

Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

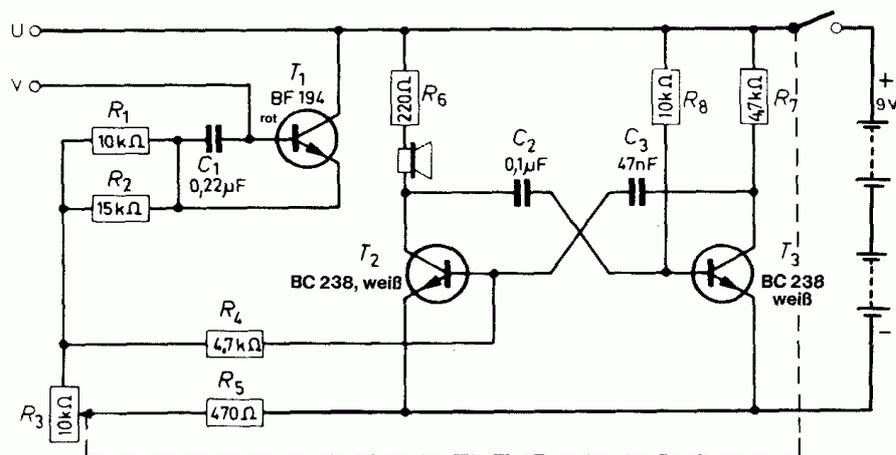
Spezielle Arbeiten: An den Außenanschlüssen U und V befestigst du zwei lange isolierte Drähte, deren Enden du abisolierst.

Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes.

Potentiometerknopf ganz nach rechts drehen. Prüfe das Gerät, indem du die beiden langen isolierten Drähte an den Enden zusammenhältst. Jetzt muß der Warnton einsetzen. Hörst du nichts, schalte sofort aus und suche den Fehler. Am Potentiometer kannst du den Feuchtigkeitsgrad, bei dem der Ton einsetzen soll, regeln. Am rechten Anschlag ist die Empfindlichkeit am größten.

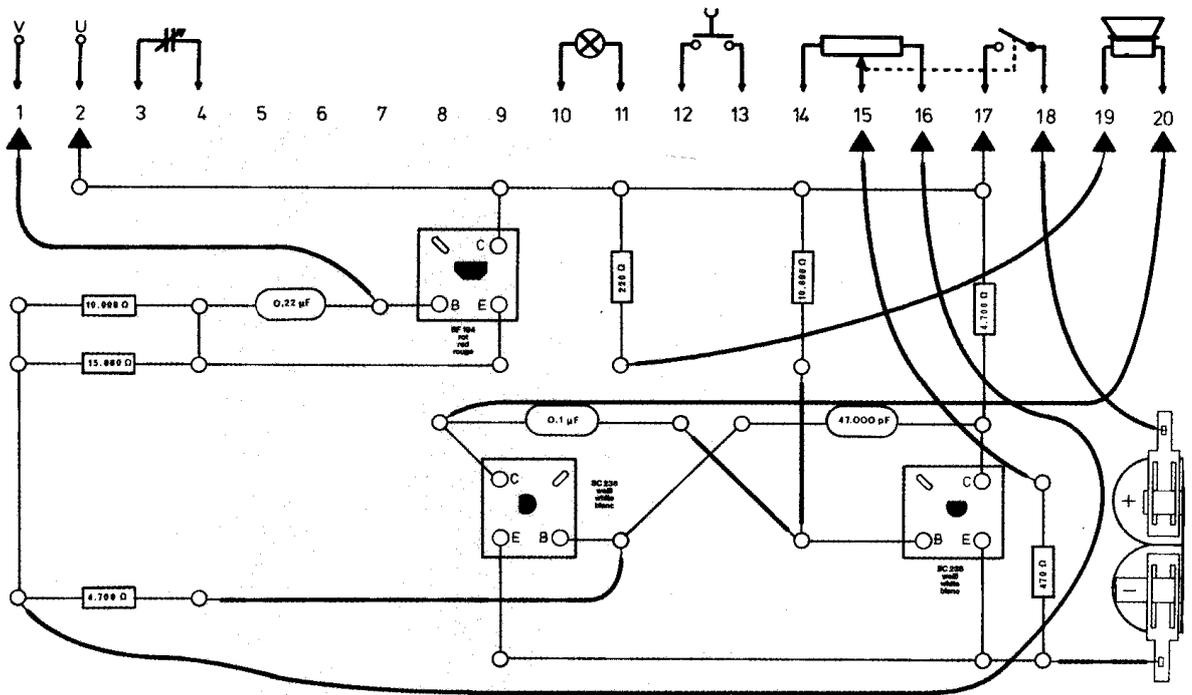
Anwendungsmöglichkeiten findest du bei dem Gerät 4. 02.



4.04.

Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Die Transistoren T 2 und T 3 sind als Multivibrator geschaltet. Der Ton wird von einem Lautsprecher abgestrahlt. Der Multivibrator schwingt nicht, solange die Außenanschlüsse U und V frei sind. Erst wenn die Außenanschlüsse U und V verbunden sind, leitet der Transistor T 1 und über R 4 kann ein Basisstrom zum Transistor T 2 fließen. Die Größe dieses Basisstroms hängt einmal von dem feuchtigkeitsempfindlichen Element am Eingang und zum anderen von der Einstellung des Potentiometers R 3 ab. Ist der Basisstrom von T 2 groß genug, beginnt der Multivibrator zu schwingen. Das wird durch den Ton angezeigt.



4.05. Zeitschalter

In Fabriken werden immer mehr Maschinen aufgestellt, die automatisch arbeiten und deren Arbeitsgang nach einer genau bemessenen Zeit abgeschlossen sein muß. Ein solcher Zeitmesser, der signalisiert, wann eine vorher eingestellte Frist verstrichen ist, kann mit diesem Gerät gebaut werden.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.

Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

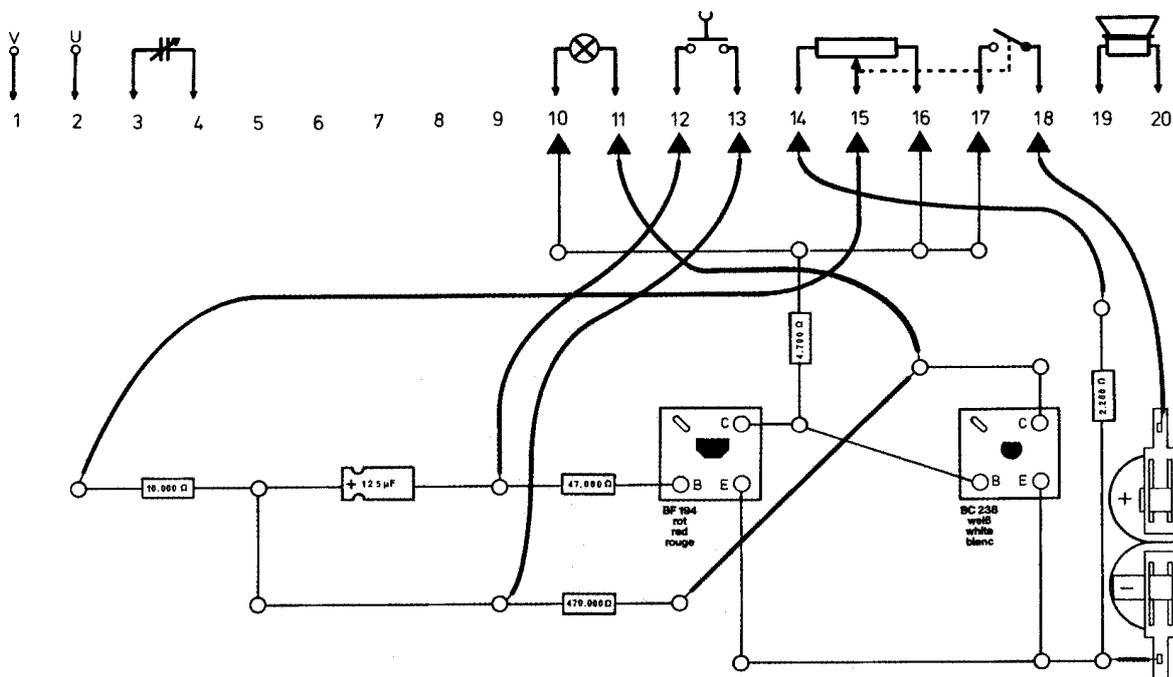
Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: Keine Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes. Potentiometerknopf nach rechts drehen. Mit dem Potentiometer kann die Zeit eingestellt werden, die die Lampe leuchten soll; nach links = langer, nach rechts = kurzer Zeitraum.

Beim kurzzeitigen Niederdrücken des Tastschalters geht die Lampe aus und leuchtet erst nach der von dir eingestellten Zeit wieder auf. Leuchtet sie nicht, schalte sofort aus und suche den Fehler.



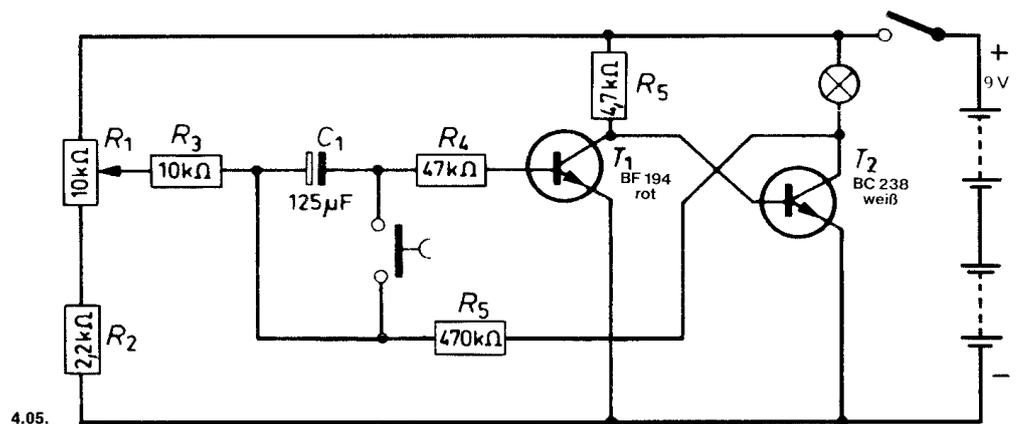
4.05.

Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Dieses Gerät schaltet nach Ablauf einer bestimmten Zeit eine Glühlampe ein. Die Zeit bis zum Einschalten wird durch den Wert des Kondensators C 1 und die durch das Potentiometer R 1 eingestellte Spannung bestimmt. Je höher diese Spannung ist, desto länger wird die Zeit bis zum Aufleuchten der Lampe sein. Der Zeitschalter wird durch das Drücken der Taste gestartet, wobei gleichzeitig die Glühlampe erlischt.

Wenn die Lampe leuchtet, leitet der Transistor T 2, und gleichzeitig ist Transistor T 1 gesperrt. Da sein Basiswiderstand R 4 weder am Plus – noch am Minuspol angeschlossen ist, fließt durch den Transistor T 1 kein Strom. Dieser Zustand ändert sich aber, sobald die Taste gedrückt wird. R 3 ist dann mit R 4 verbunden, die Basis von T 1 erhält eine positive Spannung, und der Transistor T 1 leitet. Weil nun die Kollektorspannung sinkt, verringert sich auch die Basisspannung von T 2. Er sperrt und die Lampe erlischt.

Der Kondensator C 1 ist entladen, weil er durch die Taste kurzgeschlossen wird. Wird die Taste losgelassen, ist die Verbindung der beiden Widerstände R 3 und R 4 unterbrochen. Der Kondensator C 1 beginnt jetzt, sich aufzuladen, und zwar auf die am Potentiometer eingestellte Spannung. Es fließt ein Ladestrom durch R 4 und über die Basis-Emitterstrecke von T 1, so daß der Transistor weiter geöffnet bleibt. Erst wenn der Ladevorgang nahezu abgeschlossen ist, wird T 1 gesperrt, so daß seine Kollektorspannung ansteigt. Diese macht den Transistor T 2 leitend, und die Glühlampe leuchtet auf. Der Widerstand R 6 unterstützt das Einschalten durch eine Rückkopplung der negativer werdenden Kollektorspannung von T 2 über den Kondensator C 1 auf die Basis von T 1.



4.06. Langzeitschalter mit Lichtanzeige

Einen technisch anders konstruierten Zeitschalter als der vorherige stellt dieses Gerät dar.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes. Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten. Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: Keine Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes. Potentiometerknopf nach rechts drehen. Mit ihm stellst du jetzt die gewünschte Zeit ein, nach der die Lampe wieder aufleuchten soll. Abb. 177 zeigt dir, wieviel Zeit bei einer bestimmten Stellung des Knopfes bis zum Aufleuchten der Lampe verstreicht. Mit dem Hinunterdrücken des Tastschalters erlischt die Lampe. Nach der eingestellten Zeit leuchtet sie wieder auf. Leuchtet sie nicht, schalte sofort aus und suche den Fehler.

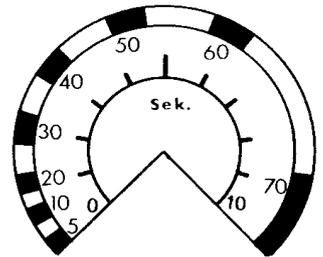
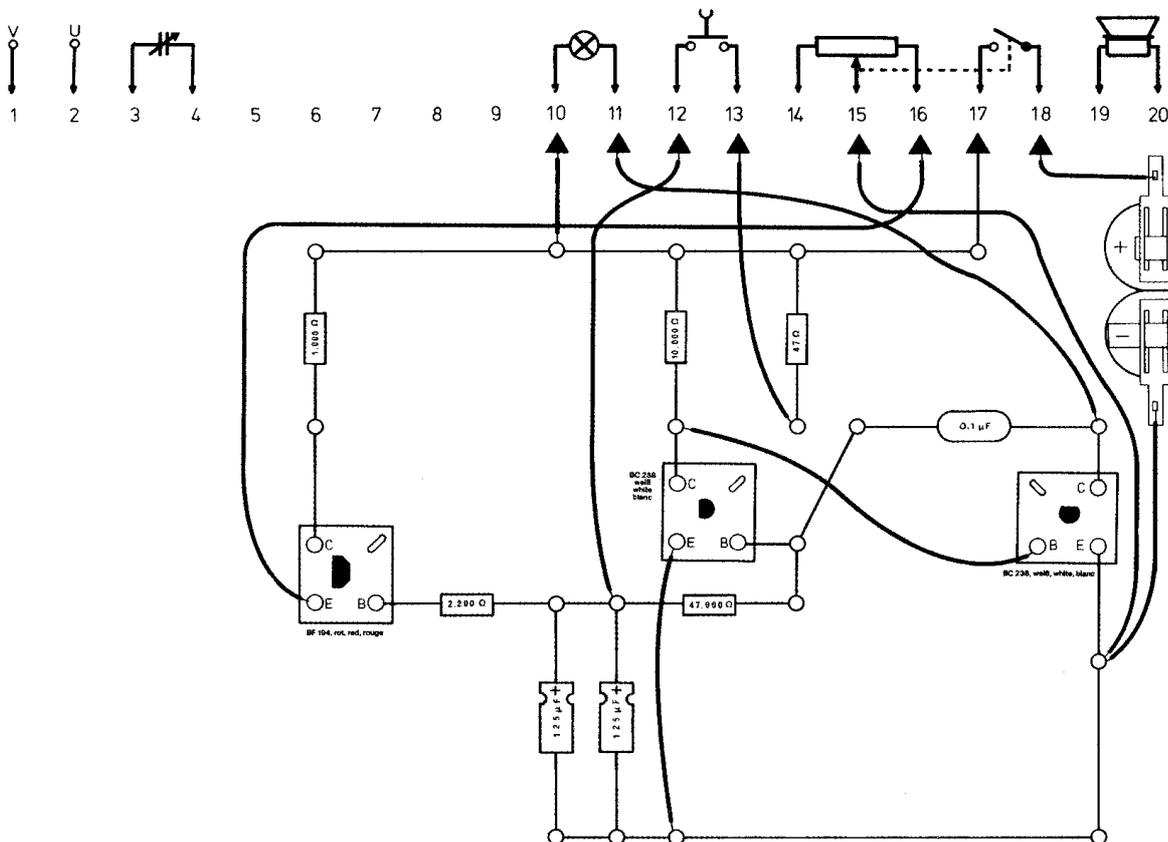


Abb. 177



4.06.

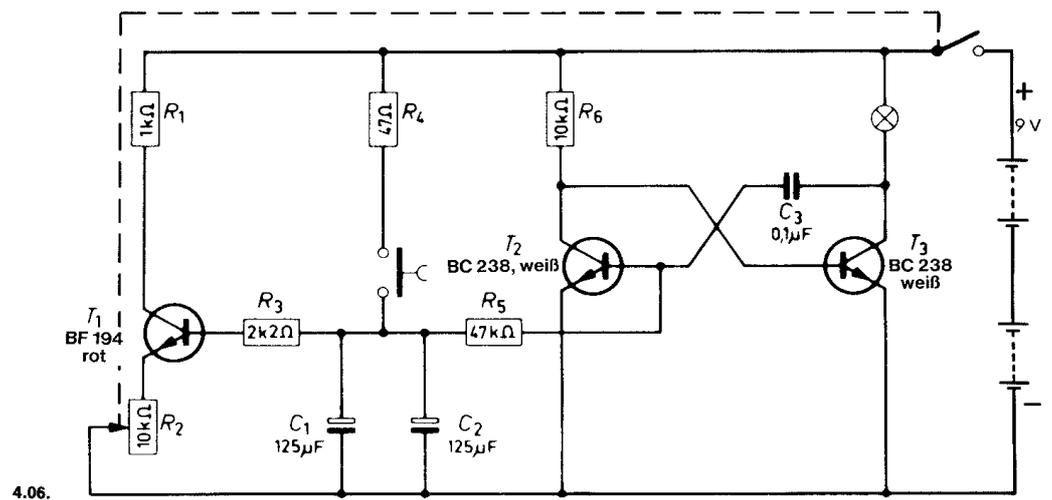
Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Der Eingangsstrom für den Gleichstromverstärker T 2/T 3 wird von den Elektrolytkondensatoren C 1 und C 2 abgegeben. Er fließt über den Widerstand R 5 und die Basis-Emitterstrecke von T 2 zum Minuspol und ist der Entladestrom dieser Kondensatoren. Sie wurden vorher durch Drücken der Taste von der Batteriespannung über R 4 aufgeladen. Solange dieser Entladungsstrom fließt, ist T 2 leitend und T 3 gesperrt, und die Glühlampe leuchtet nicht.

Wenn die Entladung der Kondensatoren fast beendet ist, beginnt T 2 zu sperren und T 3 zu leiten. Der Umschaltvorgang wird durch den Kondensator C 3 unterstützt, so daß er schlagartig abläuft und die Glühlampe sofort hell brennt.

Die Entladezeit der Kondensatoren ist abhängig davon, wie schnell der Strom abfließen kann. Deshalb wurde noch eine zweite, regelbare Entladungsstrecke eingebaut, um die Entladungszeit beeinflussen zu können. Es fließt der Entladungsstrom daher sowohl konstant über die Basis-Emitterstrecke von T 2 als auch regelbar über die Basis-Emitterstrecke von T 1 ab. Die Zeitdauer wird mit dem Potentiometer R 2 gewählt, das als Emitterwiderstand für T 1 geschaltet ist. Die regelbare Entladungsstrecke kann übrigens nicht durch das Potentiometer allein gebildet werden, weil sein Wert von 10 k Ω zu gering ist, um eine verhältnismäßig lange Entladungszeit zu erreichen.

Der Zeitschalter beginnt mit dem kurzzeitigen Drücken der Taste zu arbeiten. Die Elektrolytkondensatoren sind dann voll aufgeladen.



4.07. Zeitschalter mit Hupe

Dieses Gerät gibt nach einer von dir eingestellten Zeit ein akustisches Signal. Mit dem Potentiometer kannst du diese Zeit verlängern oder verkürzen.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes. Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: Keine Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes. Potentiometerknopf nach rechts drehen. Mit ihm stellst du die gewünschte Zeit ein, nach der der Ton abgestrahlt werden soll.

Abb. 178 zeigt dir, wieviel Zeit bei einer bestimmten Stellung des Knopfes vergeht, bis ein Ton zu hören ist.

Mit dem Hinunterdrücken der Taste beginnt der Zeitschalter zu arbeiten. Nach der vorgegebenen Zeit ertönt das Signal. Hörst du nichts, schalte sofort aus und suche den Fehler.

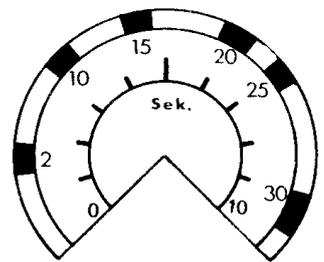
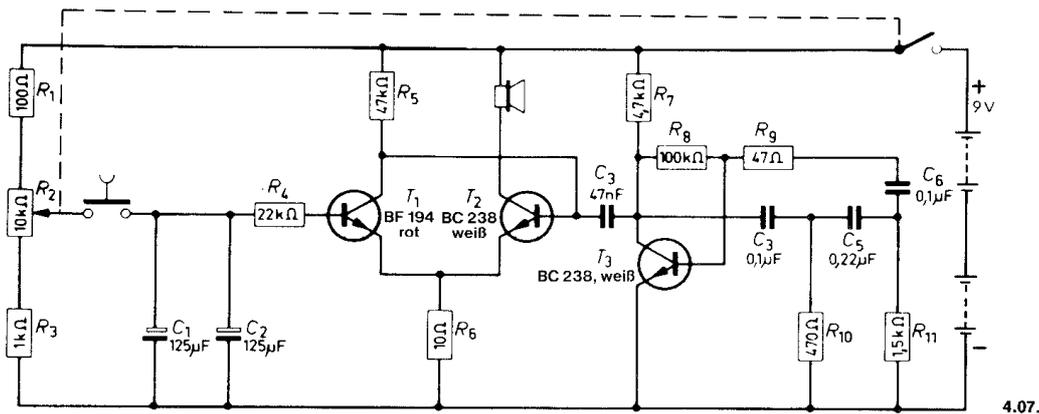


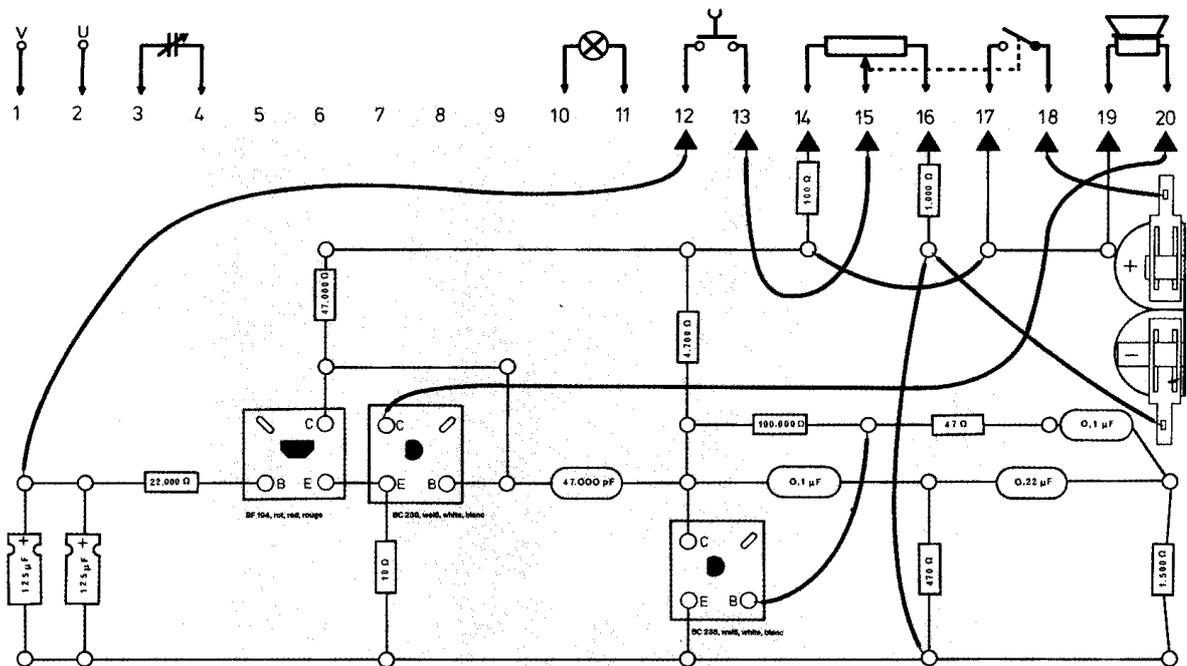
Abb. 178



Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Auch bei dieser Schaltung wird der Entladungsvorgang zweier Elektrolytkondensatoren für das Messen einer Zeitspanne herangezogen. Der Unterschied zu 4.06. besteht jedoch darin, daß die Entladungszeit nicht durch die Erhöhung des Entladungsstromes verkürzt wird, sondern daß man die Elektrolytkondensatoren auf eine durch das Potentiometer R 2 jeweils bestimmte Spannungshöhe auflädt und sie nicht mehr direkt an die volle Batteriespannung legt.

Der Entladestrom der Kondensatoren C 1 und C 2 fließt über R 4 und die Basis/Emitterstrecke von T 1. Solange dieser Transistor leitet, bleibt T 2 gesperrt. Wenn die Kondensatoren nahezu entladen sind, sperrt T 1, und T 2 wird leitend. Der Transistor T 3 bildet einen RC-Generator, dessen Frequenz über C 3 an die Basis von T 2 gelangt. Sobald nun T 2 öffnet, kann man den Ton, der von T 3 erzeugt und von T 2 verstärkt wird, im Lautsprecher hören.



4.08. Lichtstärkemesser

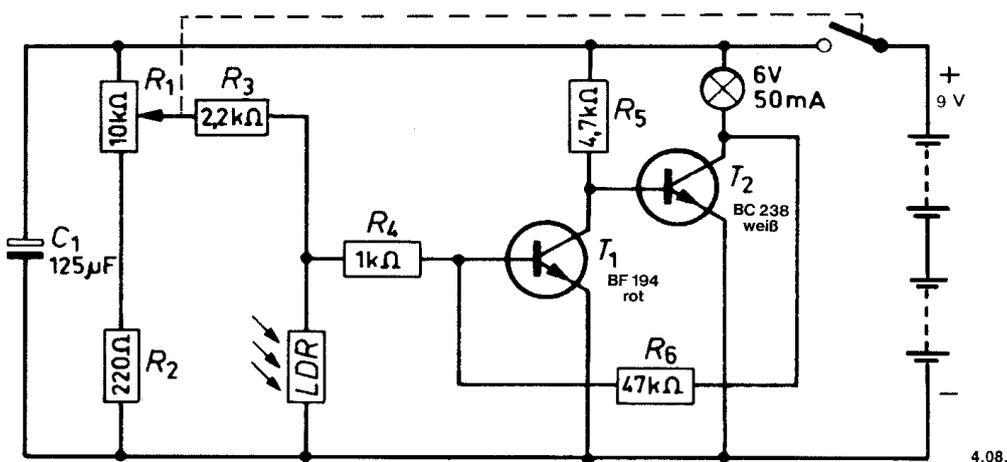
Bei Film- und Fernsehaufnahmen ist die Ausleuchtung des Studios von großer Bedeutung. Ebenso wichtig ist aber die richtige Beleuchtung an einem Arbeitsplatz. Spart man hier nämlich am Licht, sinkt sehr schnell die Arbeitsleistung. Man prüft die Lichtverhältnisse darum mit Beleuchtungs- oder Lux-Metern, um genaue Werte zu erhalten. Lux ist die Maßbezeichnung für Helligkeit oder Lichtstärke. Mit diesem Gerät kannst du Lichtstärken messen.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes. Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten. Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: Lichtempfindlichen Widerstand (LDR) an die Außenanschlüsse U und V klemmen. Gestreifte Seite nach außen. Batterien anschließen; **Polung beachten.**

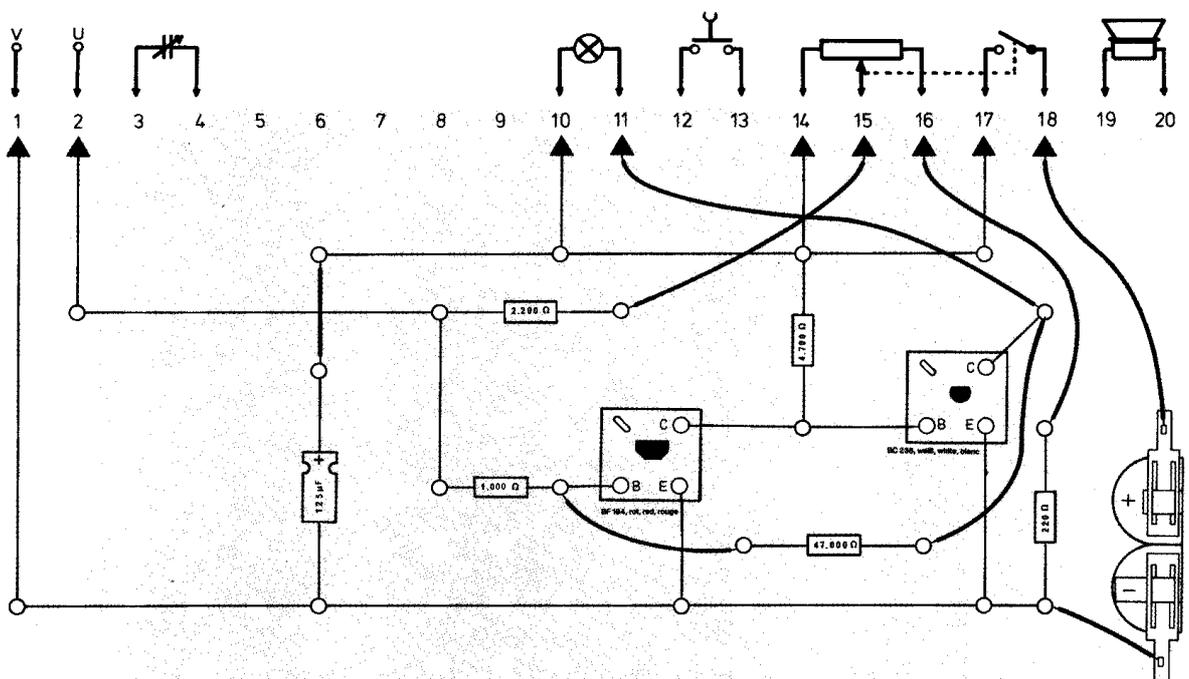
Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes. Potentiometerknopf nach rechts drehen. Den Potentiometerknopf hin- und herdrehen. Bei einer bestimmten Stellung geht die Anzeigelampe an bzw. aus. Je heller es ist, desto weiter rechts liegt dieser Punkt. Achtung: Bei zu großer Helligkeit geht die Lampe nicht aus und bei zu wenig Licht geht sie nicht an. Durch Vergleiche der verschiedenen Stellungen des Potentiometerknopfes kannst du die unterschiedlichen Beleuchtungsstärken erkennen. Arbeitet dein Gerät nicht, schalte sofort aus und suche den Fehler.



Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Diese Schaltung kann zum Bestimmen unterschiedlicher Beleuchtungsstärken verwendet werden. Das Anzeigeelement ist eine Glühlampe, und als Meßfühler dient ein lichtempfindlicher Widerstand (LDR).

Der Basisstrom wird dem Transistor T 1 über ein Widerstandnetzwerk (R 1 bis R 4, LDR) zugeführt. Dies besteht aus einem Spannungsteiler, in dem zwei Elemente veränderlich sind, nämlich R 1 und der LDR. Wird der LDR zunächst nicht beleuchtet, hat er einen hohen Widerstand. Steht der Schleifer des Potentiometers R 1 gleichzeitig so, daß ein hoher positiver Basisstrom fließt, dann leitet T 1. Dadurch ist die Basis von T 2 mit dem Minuspol verbunden, die Lampe leuchtet nicht. Erhält die Basis von T 1 durch Verändern des Potentiometers eine negative Spannung, dann leuchtet die Glühlampe auf, denn der Transistor T 1 sperrt und Transistor T 2 leitet. Wenn jetzt durch Lichteinfall der Widerstand des LDR geringer wird, ändert sich zunächst nichts, und die Lampe leuchtet. Dreht man aber den Schleifer des Potentiometers R 1 wieder zurück, erreicht man eine Stelle, bei der die Glühlampe ausgeht. Dieser Punkt ändert sich mit der Raumhelligkeit und ist damit ein Maßstab für die Beleuchtungsstärke.



4.09. Empfindlicher Lichtstärkemesser

Auch mit diesem Gerät kannst du einen Lichtstärkemesser bauen, der jedoch im Gegensatz zu 4.08. wesentlich empfindlicher ist.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.

Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten:

An die Außenanschlüsse U und V klemme den lichtempfindlichen Widerstand (LDR).

Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes. Drehe den Potentiometerknopf nach rechts. Die Lampe leuchtet sofort auf. Brennt sie nicht, schalte sofort aus und suche den Fehler.

Jetzt drehe den Knopf langsam nach rechts, bis die Lampe ausgeht.

Abb. 179 kannst du entnehmen, welche Lichtstärke der Stellung des Potentiometerknopfes entspricht.

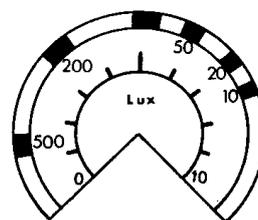
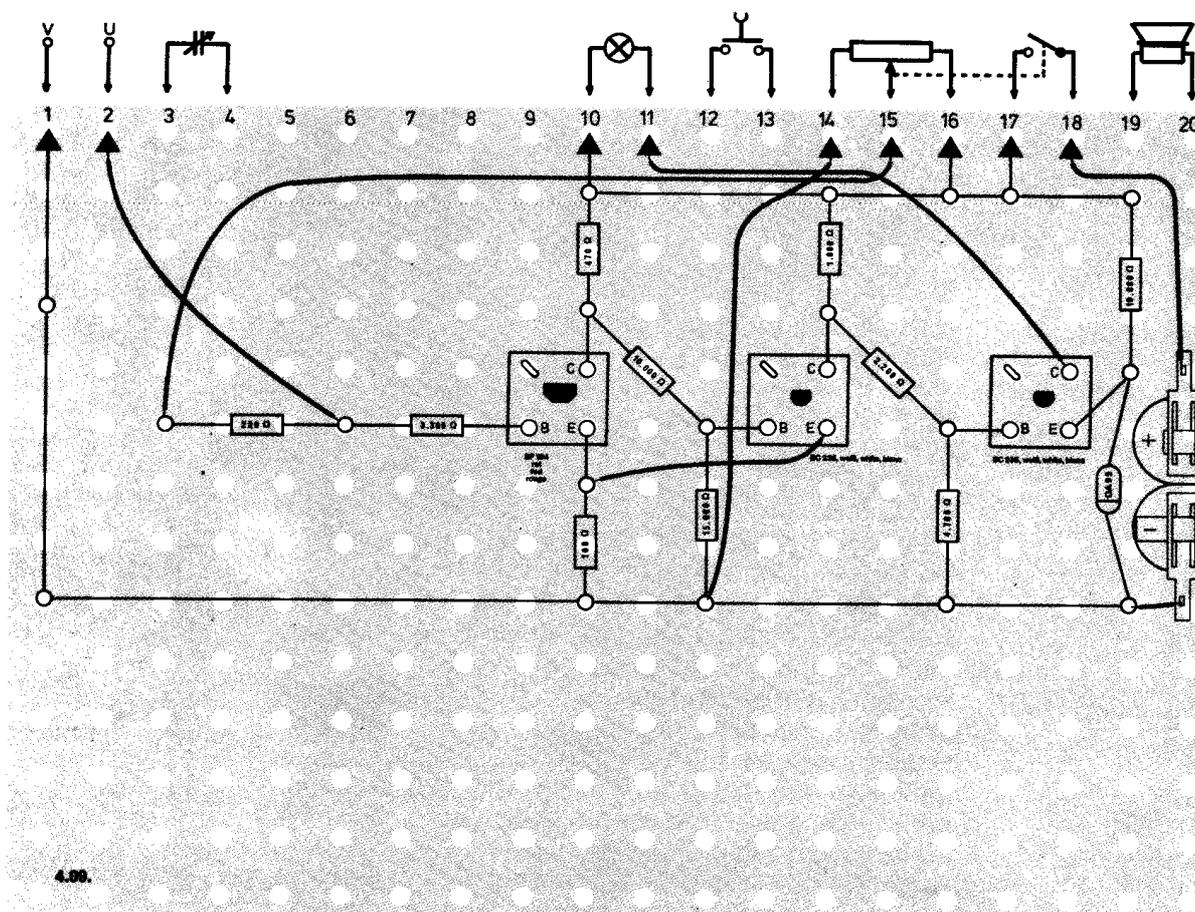


Abb. 179

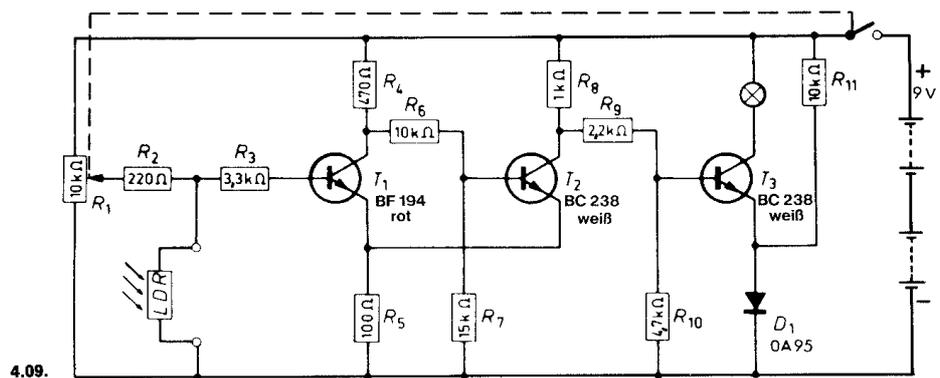


Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Bei diesem Gerät sind die Transistoren T 1 und T 2 als Schmitt-Trigger geschaltet. Die Basisspannung für T 1 wird mit dem Potentiometer R 1 eingestellt, wobei gleichzeitig der Schwellwert für das Umschalten des Schmitt-Triggers bestimmt wird. Bei welcher Stellung des Potentiometers der Schmitt-Trigger umschaltet, ist außerdem davon abhängig, wieviel Licht auf den LDR fällt. Das Umschalten wird von der Glühlampe angezeigt, und zwar erlischt sie, wenn der LDR durch Lichteinfall seinen Widerstand verringert.

Eine Besonderheit findet man in der Transistorstufe T 3. Wenn der Emmitter von T 3 direkt mit dem Minuspol verbunden wäre, würde der Transistor immer leiten. Die Reihenschaltung von Diode D 1 und Widerstand R 11 erzeugt aber eine Spannung an der Diode, die abhängig vom Innenwiderstand der Diode ist und hier etwa 0,5 Volt beträgt. Sie stellt eine Emittersperrspannung dar, so daß der Transistor T 3 gesperrt bleibt und die Glühlampe nicht leuchtet, wenn Transistor T 2 leitet. Schaltet der Schmitt-Trigger um (wenn die Basisspannung von T 1 positiver wird), dann sperrt T 2. Mit der ansteigenden Kollektorspannung erhöht sich über R 9 die Basisspannung von T 3, der dadurch leitet.

Nun ist die Emmitter-Sperrspannung T 3 aufgehoben, die Lampe leuchtet. Fällt Licht auf den LDR, kann man am Potentiometer R 1 drehen, bis die Kontrollampe aufleuchtet. Der Drehwinkel des Potentiometerknopfes zeigt auf der Skala dann die Lichtstärke an.



4.10. Lichtmeßgerät

Dieses Gerät wandelt Beleuchtungsstärken in Töne um. Die Höhe des Tones ändert sich mit dem Lichteinfall. Solche Messungen können Geräte in Radiosonden, Raketen und Satelliten vornehmen und die Ergebnisse zur Erde funken. Diese Art, Messungen über gewisse Entfernungen zu übertragen, nennt man **Telemetrie**.

Sie wird auch angewandt, wenn es für Menschen unmöglich ist, die Messungen direkt am Objekt auszuführen, z. B. bei zu großer Hitze, zu hohem Druck oder gefährlicher, radioaktiver Strahlung.

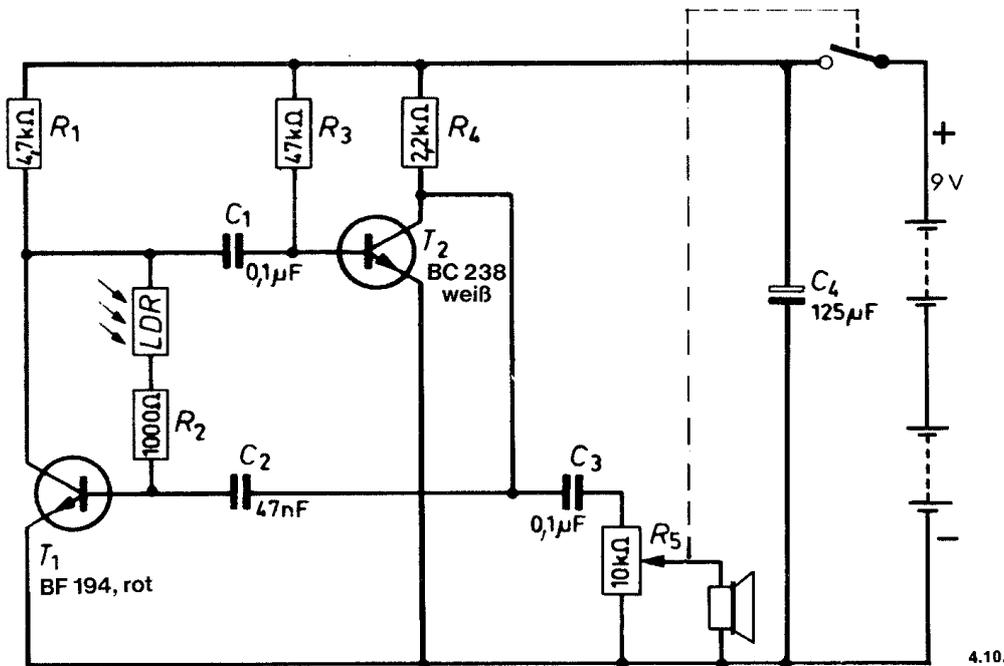
Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes. Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: Keine Batterien anschließen; **Polung beachten.**

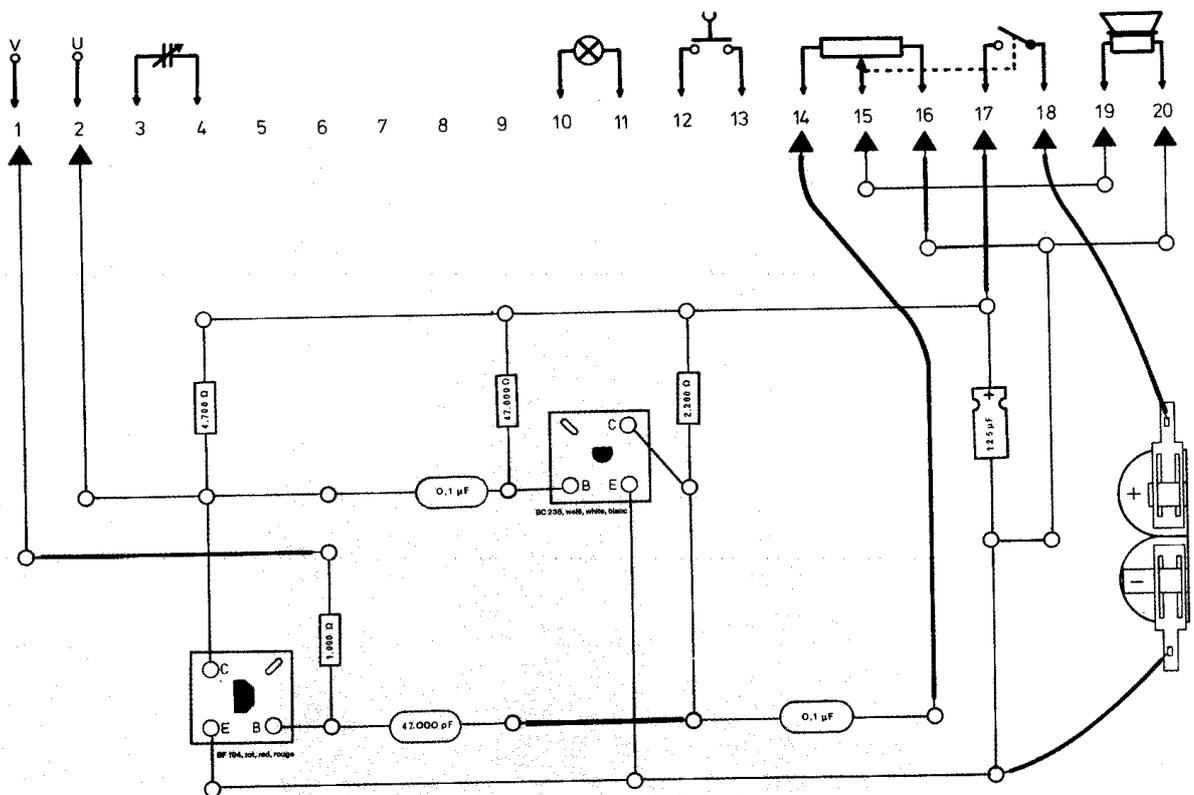
Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes. Potentiometerknopf nach rechts drehen. Mit dem Potentiometer wird die Lautstärke geregelt. Hörst du keinen Ton, schalte sofort aus und suche den Fehler.



Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Auch in dieser Schaltung wird ein Multivibrator als Schwingungserzeuger verwendet. Die erzeugten Schwingungen strahlt ein Ohrhörer bzw. Lautsprecher ab, der an den Kollektor von Transistor T 2 über C 3 und Lautstärkereglern R 5 angeschlossen ist.

Im Basiskreis von T 1 ist ein lichtabhängiger Widerstand angeordnet. Über ihn und den Widerstand R 2 fließt ein Basisstrom. Wenn kein Licht auf den LDR fällt – großer Widerstand – stellt er mit R 2 und dem Kondensator C 2 ein RC-Glied mit einer bestimmten Zeitkonstante dar. Sie gibt an, in welcher Zeit ein Kondensator über einen Widerstand auf eine bestimmte Spannung aufgeladen oder entladen wird. Verringert der LDR durch Lichteinfall seinen Widerstand, ändert sich diese Zeitkonstante (das Produkt aus $R \times C$ wird kleiner), und die Frequenz des Multivibrators wird höher. Die Tonhöhe der Generatorfrequenz läßt sich also in Abhängigkeit vom Lichteinfall steuern.



4.11. Meßbrücke für Widerstand, Induktivität und Kapazität

Die Hersteller von Widerständen, Spulen und Kondensatoren müssen ständig überprüfen, ob die aufgedruckten Werte für den Widerstand, die Induktivität der Spule oder die Kapazität der Kondensatoren stimmen. Dazu werden elektronische Messungen durchgeführt. Das kannst du mit diesem Gerät auch. Solltest du einmal ein Bauteil ohne Angabe der Meßwerte geschenkt bekommen, kannst du die Werte selbst ermitteln.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten.

Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.

Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

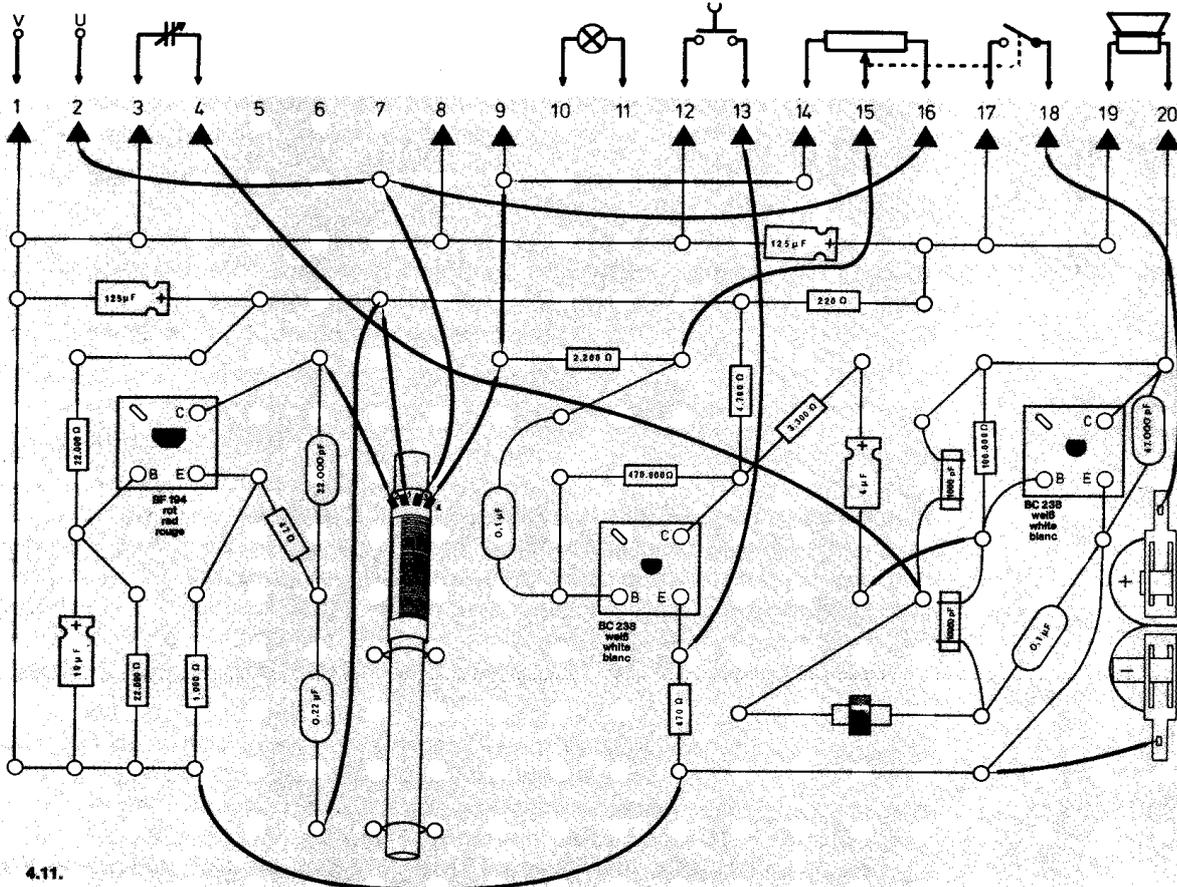
Spezielle Arbeiten: Setze in die Löcher Q und S an der Vorderseite des Schaltbrettes 2 Klemmen. Verbinde Q mit dem Anschluß 8 und S mit dem Anschluß 9. Bei dieser Meßbrücke werden die Außenanschlüsse U/V stets Zx und Q/S stets Zs genannt.

Schließe jetzt je einen Widerstand an die Außenanschlüsse Zs und Zx an. Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes.

Potentiometerknopf nach rechts drehen. Wenn du den großen Skalenknopf drehst, mußt du einen Pfeifton hören. Du kannst die Tonhöhe mit dem Drehkondensator verändern. Hörst du nichts, schalte sofort aus und suche den Fehler.

Achtung! Überprüfe den Verdrahtungsplan: Anschluß 14 nicht mit 12, sondern mit 9 verbinden.



Nur wenn du zwei **gleichartige** Teile mißt (z. B. **Widerstand** in Zs und **Widerstand** in Zx), erhältst du einen richtigen Wert. Bei **ungleichen** Teilen (z. B. **Kondensator** in Zs und **Spule** in Zx) kannst du den Wert nicht bestimmen.

Wie die Messungen vorgenommen werden, erfährst du in den nachfolgenden Kapiteln.

Widerstandsmessung

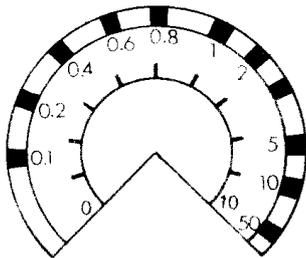


Abb. 180

Die Messung besteht aus dem Vergleich des Wertes eines bekannten Widerstandes mit dem Wert eines unbekannten Widerstandes. Die Skala Abb. 180 zeigt an, um wieviel größer oder kleiner der unbekannte Widerstand ist als der bekannte. Wenn du einen bekannten Widerstand an den Anschlüssen Zs und einen unbekannten Widerstand an den Anschlüssen Zx befestigt hast, drehe den Potentiometerknopf so lange, bis du die Stellung erreicht hast, bei der die Lautstärke des Pfeiftons am geringsten ist. Dann drücke die Taste. Dadurch steigt die Empfindlichkeit, und du kannst die geringste Lautstärke ganz genau einstellen. Lies jetzt das Verhältnis auf der Skala ab.

Ein Beispiel: Du befestigst bei Zs einen Widerstand von 1500 Ohm. Bei Zx hast du einen dir unbekanntes Widerstand eingeklemmt. Du drehst nun an der Skala, drückst die Taste und findest als Punkt auf der Skala die Zahl 10. Der Wert des unbekanntes Widerstandes beträgt in diesem Fall 10 x 1500 Ohm, d. h. er hat 15 000 Ohm.

Bei einem anderen Beispiel bleibt der Skalenzeiger auf 0,1 stehen. Dann beträgt der unbekanntes Widerstand $\frac{1}{10}$ von 1500 Ohm, d. h. 150 Ohm. Ein Widerstand von 1000 Ohm ist als Normwiderstand am besten geeignet.

Spulenmessung

Bei Spulen muß man die Induktivität – gemessen in Henry – kennen. Diese Einheit ist jedoch so groß, daß man meist nur in Teilen davon arbeitet, z. B.

$$\text{mH} = \frac{1}{1\,000} \text{ H} \text{ oder } \mu\text{H} = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ H. Das eigentliche Messen geschieht}$$

wie bei den Widerständen.

Die Spulen mußst du dir selbst herstellen. Schneide vom isolierten Draht zweimal genau 57 cm ab. Wickle zwei Spulen mit je 10 Windungen und 16 mm Durchmesser. Diese Spulen setzt du in die Außenanschlüsse Zs und Zx ein. Die geringste Lautstärke muß erreicht sein, wenn der Potentiometerknopf auf 1 steht.

Der Ton ist verhältnismäßig hoch. Du kannst ihn mit dem Drehkondensator verändern. Er wird bei Spulen, die aus mehr Windungen bestehen, tiefer.

Nun kannst du auf die eben beschriebene Art verschiedene andere Spulen wickeln und sie im Anschlußpaar Zx messen. Verändere dabei wechselnd Drahtlänge, Wicklungszahl, Wicklungsdurchmesser (über einen Bleistift wickeln) und Länge der Spule. Fertige dir eine Tabelle an.

Liest du bei der Messung auf der Skala 2 ab, so ist der Wert der unbekanntes Spule doppelt, bei 0,5 nur halb so groß wie die Normspule in Zs.

Kondensatormessung

Die Kapazität kann nicht direkt in Farad gemessen werden. Es werden dazu die Impedanzen (Z) zweier Einzelteile miteinander verglichen. Diese sind immer kleiner, je größer die Kapazität des unbekanntes Kondensators im Verhältnis zu dem bekannten ist.

Wenn du also einen bekannten Kondensator, z. B. $10 \mu\text{F}$, in die Außenanschlußklemmen Z_s steckst und einen unbekanntes in die mit Z_x markierten, stelle genau wie bei den Widerständen das Lautstärkeminimum ein. Jetzt mußt du aufpassen! Hier muß mit dem umgekehrten Wert gerechnet werden.

Also 2 bedeutet $\frac{1}{2}$ von $10 \mu\text{F} = 5 \mu\text{F}$, oder 5 bedeutet $\frac{1}{5}$ von $10 \mu\text{F} = 2 \mu\text{F}$; entsprechend mußt du rechnen, wenn die Skala 0,5 oder 0,8 zeigt.

0,5 bedeutet $\frac{10}{5} \times 10 \mu\text{F} = 20 \mu\text{F}$, 0,8 bedeutet $\frac{10}{8} \times 10 \mu\text{F} = 12,5 \mu\text{F}$.

Umrechnungstabelle zu Abb. 180 für Kondensatoren:

0,1	=	100
0,2	=	50
0,4	=	25
0,6	=	17
0,8	=	13
1	=	1
2	=	0,5
5	=	0,2
10	=	0,1
50	=	0,02

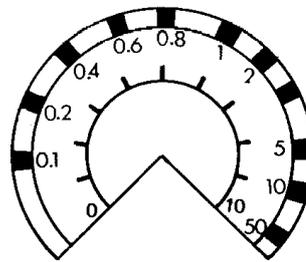
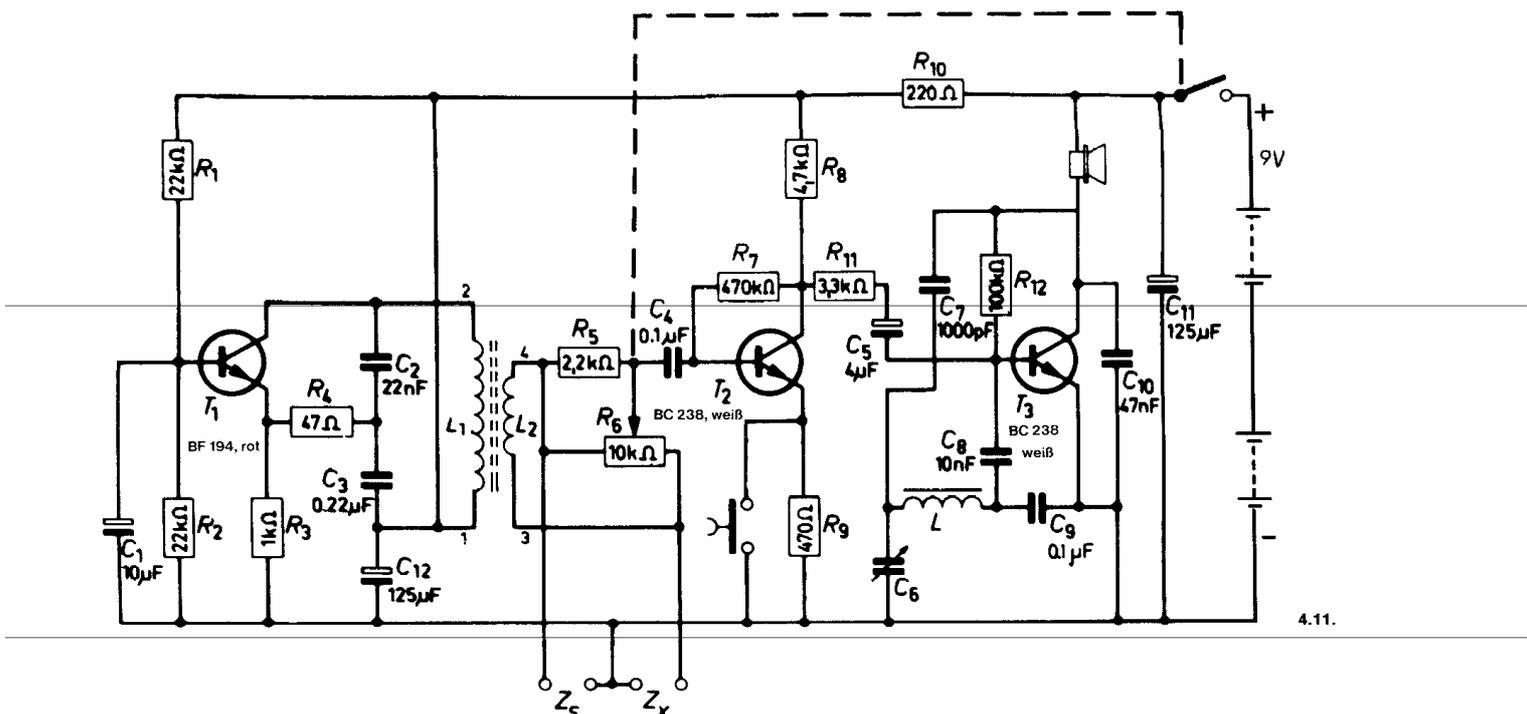


Abb. 180



4.11.

Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

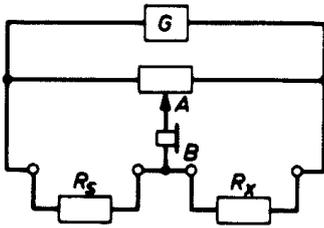


Abb. 181

Mit einer Meßbrücke kann man einen unbekanntem Widerstand, eine Spule oder einen Kondensator mit einem bekannten Teil vergleichen und so seinen Wert ermitteln. Man benutzt hierfür eine Brückenschaltung, die aus zwei parallel geschalteten Spannungsteilern besteht (Abb. 181). Das Potentiometer A ist einer der Spannungsteiler, und der andere besteht z. B. aus zwei Widerständen, von denen der Wert des einen (R_s) bekannt ist und der des anderen (R_x) gemessen werden soll. An dieses Widerstandsnetzwerk ist ein Tongenerator G angeschlossen. Beide Teilungspunkte (Schleifer des Potentiometers und Verbindungspunkt B der Widerstände) sind durch ein Spannungsanzeigegerät – in diesem Fall ein Lautsprecher – miteinander verbunden. Wenn die Spannungen zwischen A und B unterschiedlich sind, zeigt der Lautsprecher dies durch einen Ton an. Dreht man nun den Potentiometerknopf, so läßt sich die Spannung bei A so verändern, daß sie mit B übereinstimmt. Der Ton wird dann verschwinden. In diesem Zustand ist das Widerstandsverhältnis der beiden Spannungsteiler gleich, und du kannst auf der Potentiometerskala das Teilungsverhältnis ablesen. Damit ist das Verhältnis der beiden Widerstände R_s und R_x bekannt. Da aber der Wert von R_s ebenfalls bekannt ist, läßt sich auch der Wert von R_x leicht bestimmen.

Dasselbe gilt für zwei Kondensatoren oder zwei Spulen, jedoch nicht für unterschiedliche Einzelteile.

Die Schaltung enthält einen Oszillator mit dem Transistor T 1, der die Meßfrequenz für die Brückenschaltung liefert. Der LC-Generator arbeitet auf einer Frequenz von ca. 50 kHz. Parallel zur Auskopplung L 2 liegen das Potentiometer R 6 und die Anschlüsse für die zu messenden Impedanzen Z_s und Z_x . Die Spannungsdifferenz der Brückenspannung wird durch den Transistor T 2 verstärkt und zur Endstufe T 3 weitergeleitet.

Das verstärkte Signal kann aber nicht direkt vom Lautsprecher wiedergegeben werden, denn die Frequenz von 50 kHz ist unhörbar. Deshalb arbeitet T 3 außerdem als Oszillator und erzeugt eine Frequenz, die etwas unter der des ersten Oszillators liegt. Die sich durch Mischung in T 3 ergebende Differenzfrequenz kann nun im Lautsprecher gut gehört werden. Die zweite Oszillatorfrequenz ist durch den Drehkondensator C 6 veränderbar, so daß damit gleichzeitig auch die Differenzfrequenz variiert werden kann. Die Verstärkung von T 2 wird größer, wenn man die Taste drückt, weil dadurch der Emitterwiderstand R 9 kurzgeschlossen wird.

4.12. Regelbarer Tonfrequenz-Generator

Gute Verstärker müssen alle Tonfrequenzen, von den Bässen bis zu den Höhen, gleichmäßig gut wiedergeben, damit das Klangspektrum nicht verfälscht wird. Man prüft dies mit „gleitenden Tonfrequenzen“. Vielleicht hast du sie während der Sendepausen im Rundfunk schon einmal gehört. Die Techniker prüfen ihre Stationen nämlich auch regelmäßig, ob sie noch einwandfrei arbeiten.

Diese Geräteart wird von Technikern gern verwendet, weil man mit nur einem Knopf ein breites Band verschiedener Tonfrequenzen erzeugen kann.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes. Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

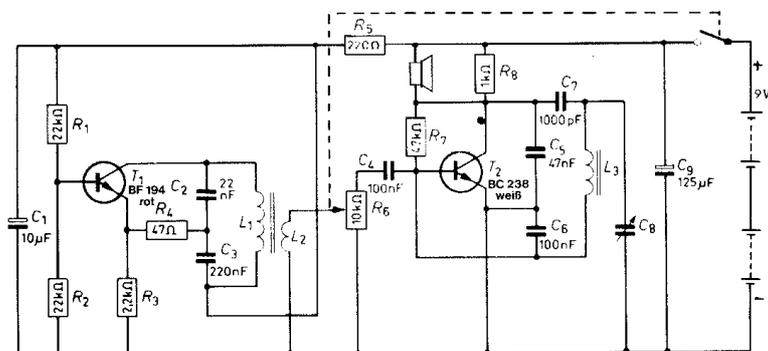
Spezielle Arbeiten: Keine Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes. Potentiometerknopf nach rechts drehen. Mit dem Potentiometer regelst du die Lautstärke. Am rechten Anschlag ist sie am lautesten. Hörst du nichts, schalte sofort aus und suche den Fehler.

Wenn dein Gerät arbeitet, wird der Abgleich vorgenommen. Hierunter versteht man, ein Gerät so einzustellen, daß es die besten Leistungen bringt. Abgleich:

1. Drehe den Drehkondensator ganz nach links.
2. Regle das Potentiometer so weit auf, daß du gerade noch einen Ton hörst. (Eventuell mußst du die Antennenspule etwas verlagern.)
3. Verschiebe die Antennenspule soweit, bis du einen ganz tiefen Ton hörst. Durch Drehen des Drehkondensators nach rechts wird der Ton höher.
4. Achte darauf, daß du das Potentiometer nicht zu weit nach rechts drehst, weil sonst der Ton plötzlich abreißt.

Sorgfältiges Abgleichen und mehrfaches Kontrollieren sind erforderlich, um den Generator richtig einzustellen.



4.12.

4.13. Flüssigkeitsstand-Anzeige

Bei den Schaltungen 4.03. und 4.04. hast du Hinweise für die Anwendungsmöglichkeiten dieses Gerätes bekommen. Hier ist die Schaltung so vereinfacht, daß das Prinzip leichter zu erkennen ist.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten.
Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.
Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

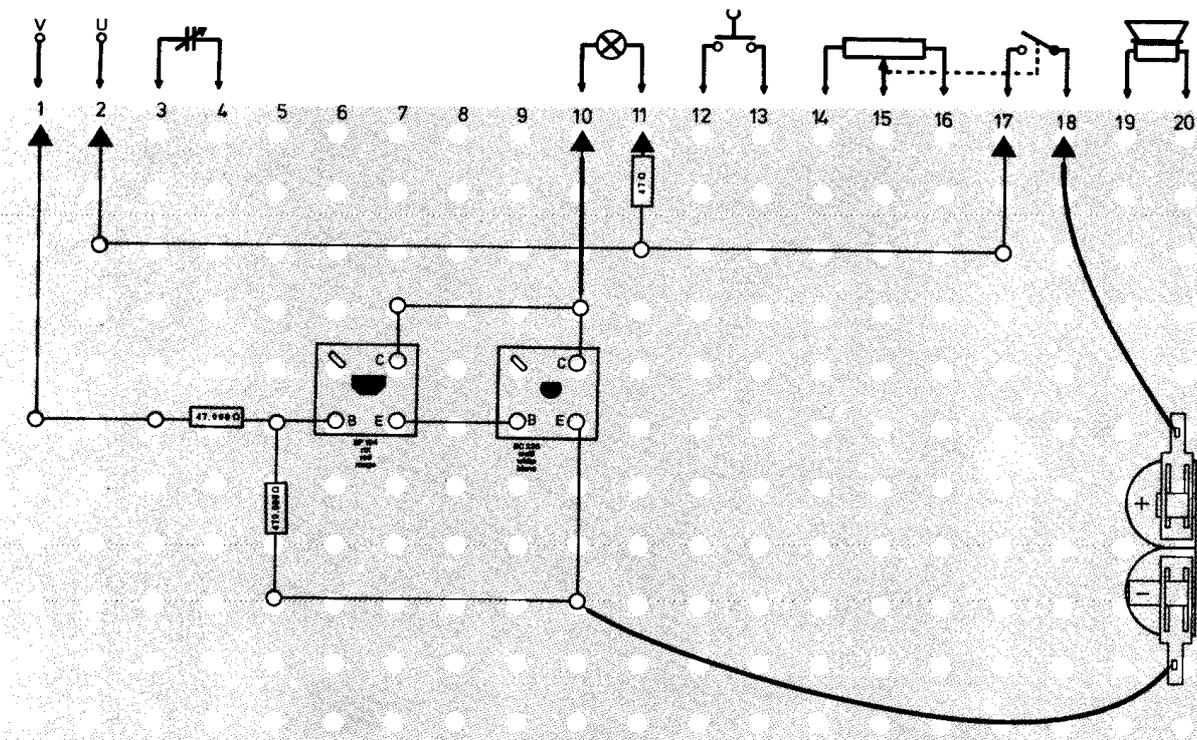
Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: An den Außenanschlüssen U und V befestigst du zwei lange isolierte Drähte. Ihre Enden werden abisoliert, da sie später als Meßfühler dienen sollen.

Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes.
Potentiometerknopf nach rechts drehen. Prüfe das Gerät, indem du die beiden isolierten Drähte an den Enden zusammenhältst. Jetzt muß die Lampe aufleuchten. Tut sie es nicht, schalte sofort aus und suche den Fehler.



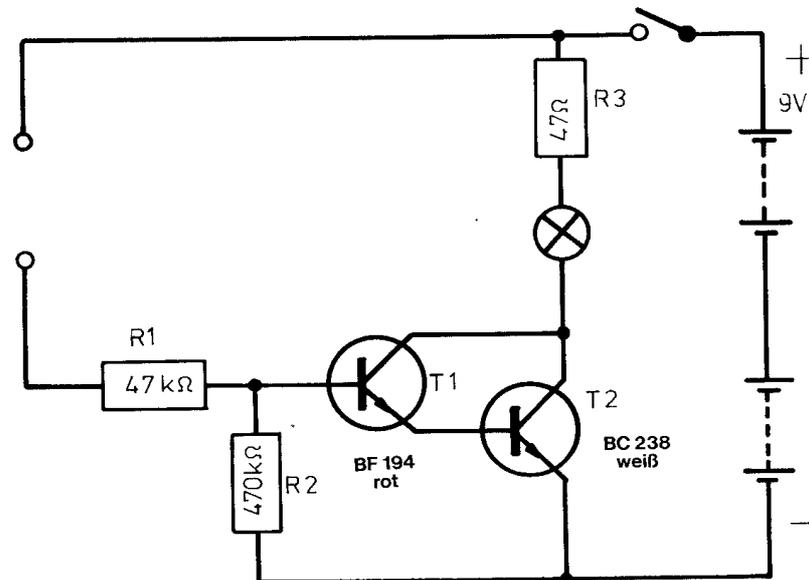
4.13.

Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Das Prinzip dieses Gerätes beruht auf einem gleichspannungsgekoppelten Verstärker, dessen Eingang über die Meßfühler beim Eintauchen in eine leitende Flüssigkeit über R 1 ein positiver Strom zugeführt wird. Der Basisstrom im Transistor T 1 verursacht einen großen Emittterstrom, der gleichzeitig der Basisstrom von T 2 ist.

Da jeder Transistor einen Stromverstärkungsfaktor von ca. 100 besitzt, genügt ein recht kleiner Eingangsstrom, um die Lampe im Ausgangskreis von T 2 aufleuchten zu lassen.

Die Stromverstärkung dieses Verstärkers ist ca. $100 \times 100 = 10\,000$ fach; das bedeutet: Um die Lampe (6 Volt, 50 mA) voll aufleuchten zu lassen, reicht ein Eingangsstrom von $\frac{50}{10\,000} = 0,005 \text{ mA}$, also $5 \mu\text{A}$.



4.13.

4.14. Lichtempfindliche Hellschaltung

Für viele Anwendungsgebiete der Elektronik werden lichtempfindliche Schalter benötigt, die ein Warnsignal erzeugen, wenn in dem zu überwachenden Raum die Beleuchtung angeht bzw. in ein dunkles Zimmer Licht einfällt.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.

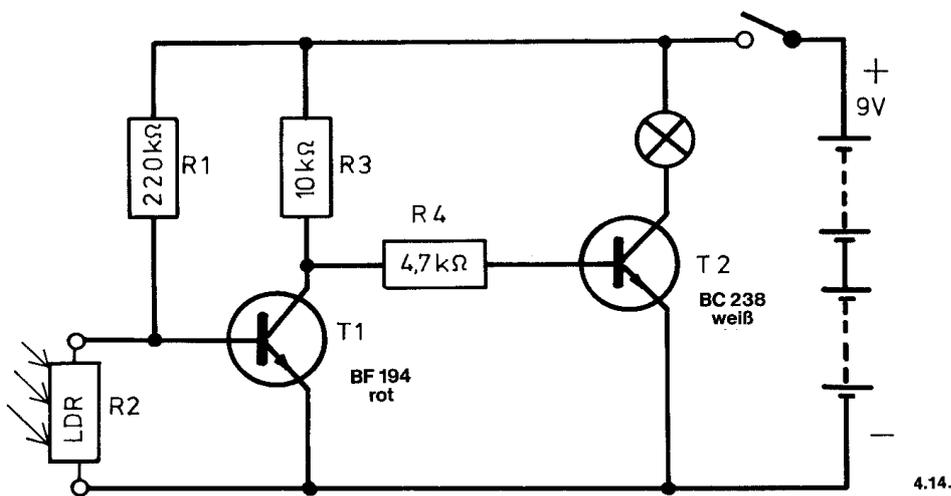
Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.

Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

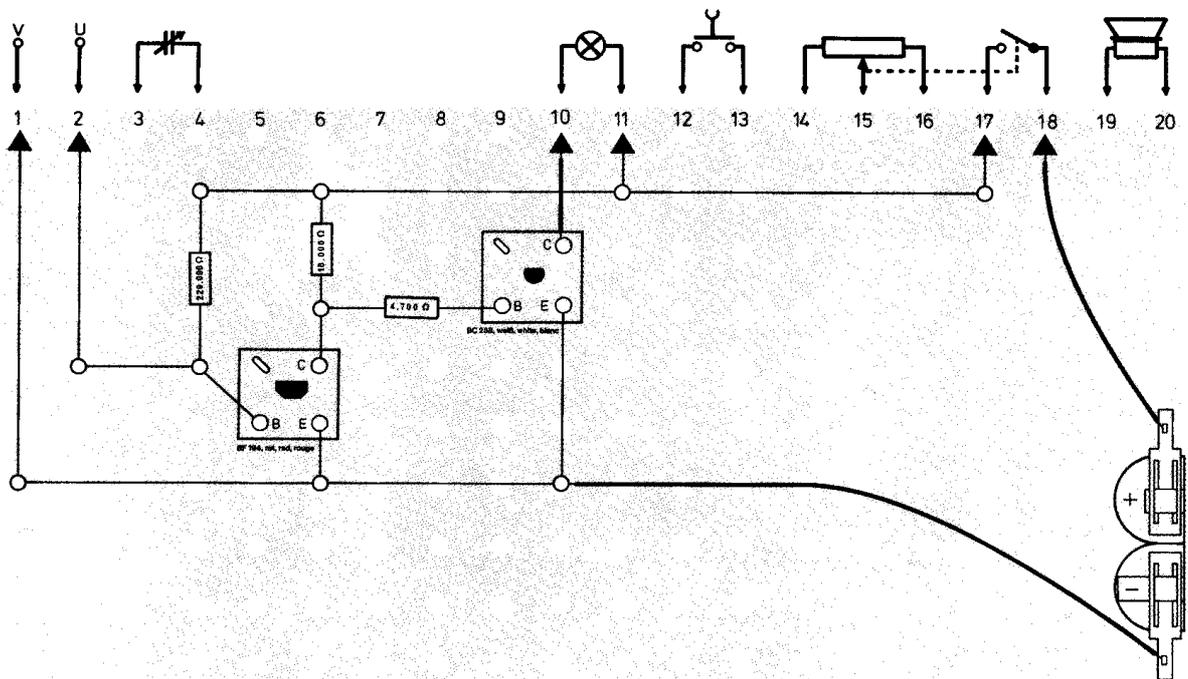
Spezielle Arbeiten: An die Außenanschlüsse U und V klemmst du den LDR. Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes. Potentiometerknopf nach rechts drehen. Fällt Licht auf den LDR, muß die Lampe angehen. Tut sie es nicht, schalte sofort aus und suche den Fehler.



Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

In dieser Schaltung wird ein Warnsignal abgegeben, wenn auf den LDR Lichtstrahlen fallen. Dann verringert sich sein Widerstand, und zum Transistor T 1 kann kein positiver Basisstrom fließen. Er ist also gesperrt. Über die Widerstände R 3 und R 4 fließt aus diesem Grunde ein positiver Basisstrom zum Transistor T 2. Er leitet, und die Warnlampe leuchtet auf. Der Widerstand des unbeleuchteten LDR ist so hoch, daß über R 1 ein Strom zum Transistor T 1 fließt. Er leitet nun. Dadurch kann über den Widerstand R 4 kein Basisstrom zum Transistor T 2 fließen, T 2 ist also gesperrt, und die Lampe erlischt.



4.15 Lichtempfindliche Dunkelschaltung

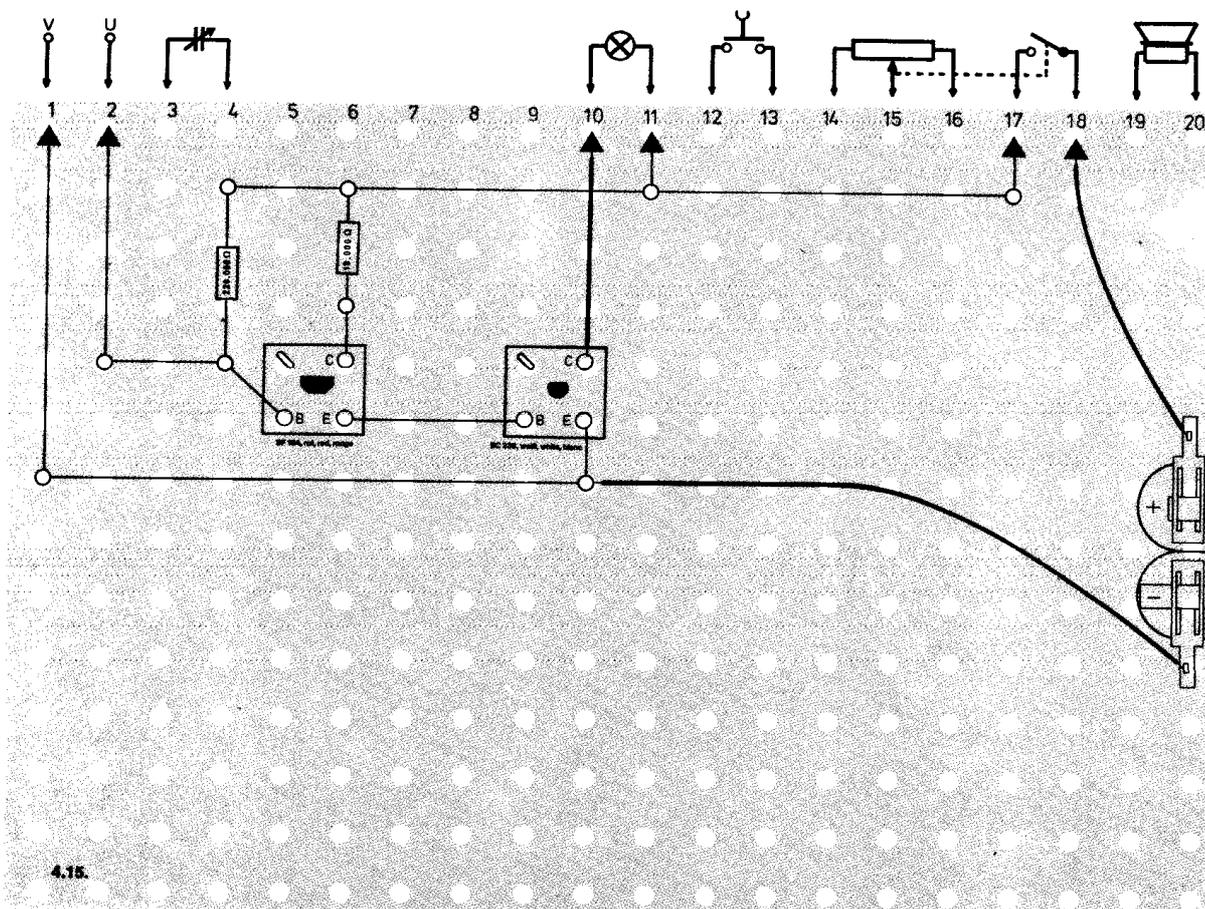
Soll das Licht in einem Raum überwacht werden und ein Warnsignal erscheinen, wenn es ausfällt, wendet man die Dunkelschaltung an.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten.
Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.
Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolyt-Kondensatoren achten.
Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: An die Außenanschlüsse U und V schließe den LDR an.
Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes.
Potentiometerknopf nach rechts drehen. Wenn du den LDR abdunkelst, muß das Licht angehen. Leuchtet die Lampe nicht auf, schalte sofort aus und suche den Fehler.

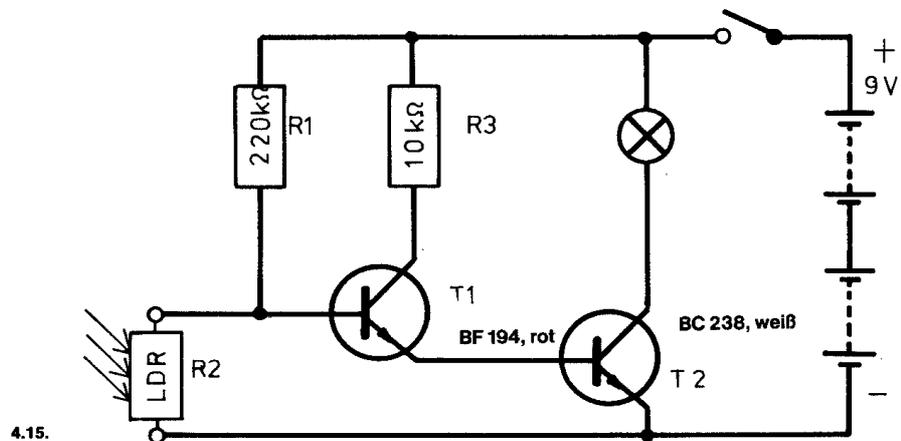


Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Wird der LDR nicht beleuchtet, ist sein Widerstand sehr groß. Über R 1 kann dann ein Basisstrom zum Transistor T 1 fließen; er leitet. Da der Emitter von T 1 mit der Basis des Transistors T 2 verbunden ist, muß der Emitterstrom über die Basis von T 2 fließen. T 2 leitet, und die Lampe leuchtet auf.

Wenn der LDR seinen Widerstand verringert – es fällt Licht darauf –, kann kein Basisstrom durch T 1 fließen, und beide Transistoren sind gesperrt.

In dieser Schaltung wird der Emitterstrom durch den sehr großen Kollektorwiderstand von 10 KOhm begrenzt, damit der Basisstrom für T 2 nicht zu groß wird. Der Transistor T 2 würde sonst zerstört werden.



4.16. Transistoren-Prüfgeräte

Wenn einmal ein Gerät absolut nicht funktioniert, du aber nach dem Überprüfen festgestellt hast, daß es richtig aufgebaut wurde, solltest du mit diesen Geräten die Transistoren prüfen. Für NPN- und PNP-Transistoren sind spezielle Schaltungen notwendig.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten.
Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.
Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

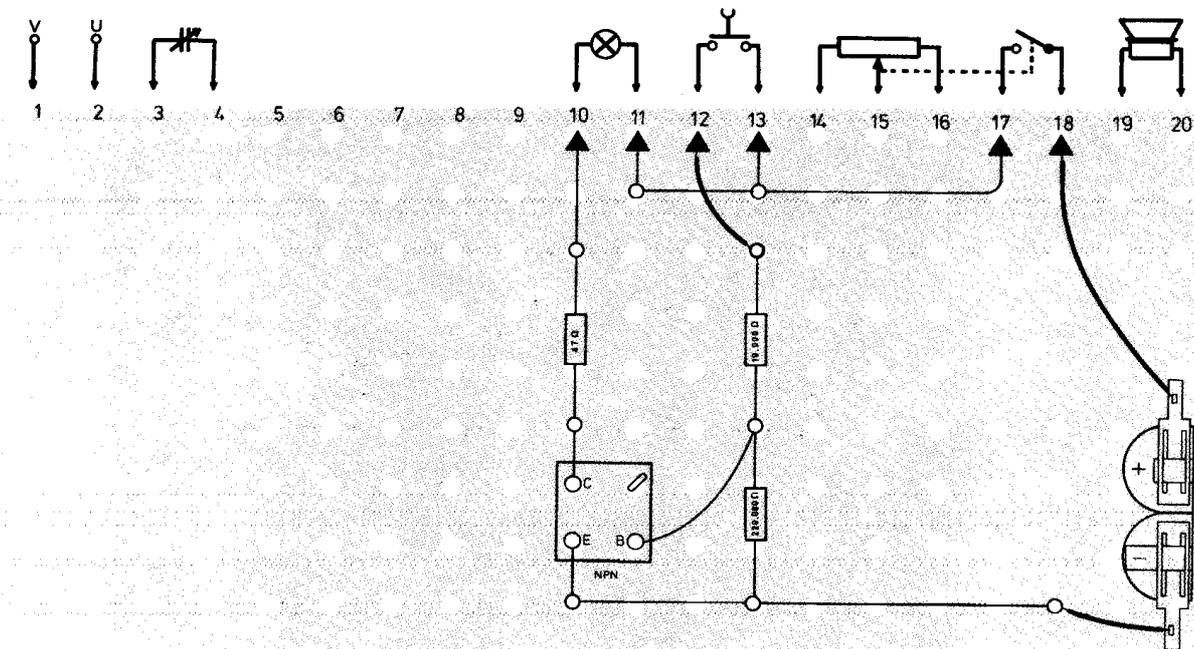
Wichtig: Auf richtige Polung des Transistors achten.
Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: keine.
Batterien anschließen; **Polung beachten.**
Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes.

Prüfgerät für NPN-Transistoren (BC 238/BF 194)

Die Lampe darf nur leuchten, wenn der Tastschalter betätigt wird.
Bei dieser Schaltung erhält der Transistor über den Widerstand $10\text{ k}\Omega$ eine positive Basisvorspannung. Wenn der Basisstrom fließt, wird die Kollektor-Emitter-Strecke freigegeben, und es fließt ein Kollektorstrom; die Lampe leuchtet.

Leuchtet sie bereits, bevor der Tastschalter gedrückt wird, ist der Transistor defekt. Ebenso, wenn sie gar nicht leuchtet.

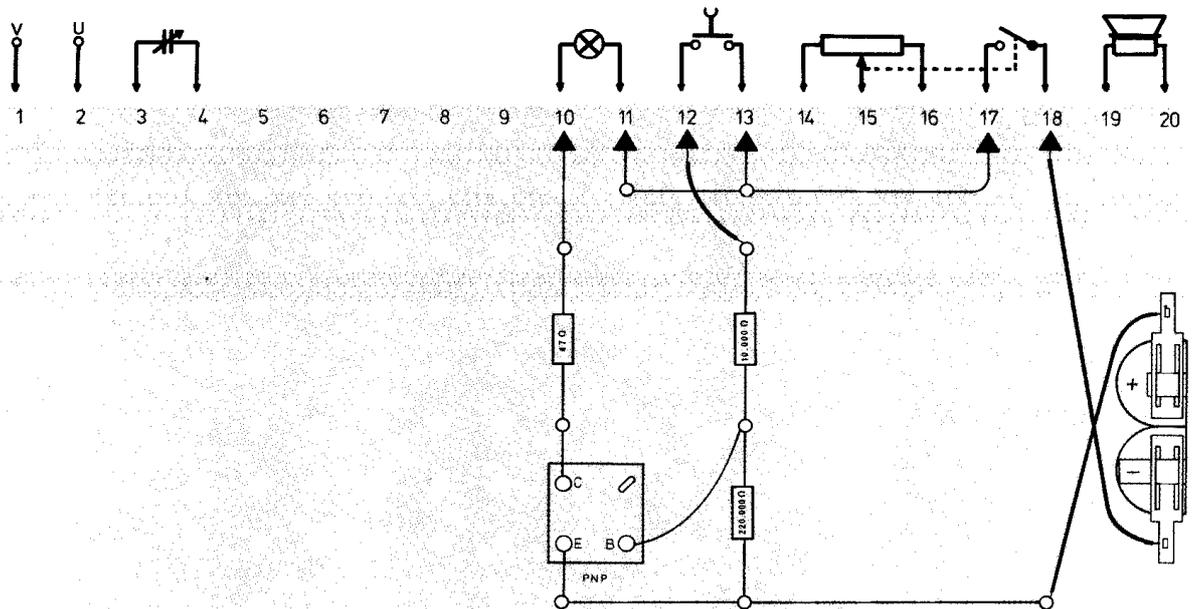
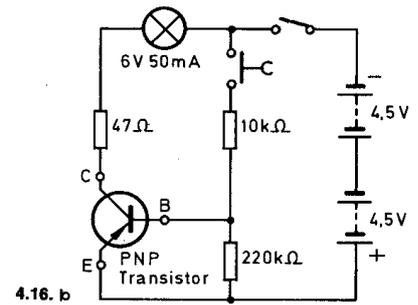
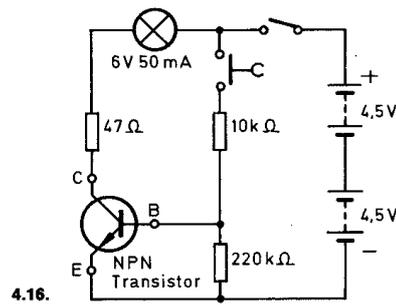


4.16. NPN

Prüfgerät für PNP-Transistoren (BC 158/BC 328)

Für die PNP-Transistorprüfung benutze den Verdrahtungsplan 4.16. Ändere aber die Polung der Batterie, wie in Abb. 4.16 b abgebildet.

Bei dieser Schaltung darf die Lampe nur leuchten, wenn die Basis nach Betätigen des Schalters eine negative Basisvorspannung erhält. Nur dann fließt der Basisstrom, der die Kollektor-Emitter-Strecke freigibt und dort einen Stromfluß ermöglicht. Leuchtet die Lampe in keinem Fall, ist der Transistor defekt. Ebenso, wenn sie immer leuchtet.



4.16. b PNP

5.01. Diodenempfänger mit Lautsprecher

Mit diesem Gerät lernst du die einfachste Rundfunkempfangs-Schaltung kennen. Es ist ein Diodenempfänger.

Weil diese Schaltung so einfach ist, kann damit aber nur in der Nähe eines Mittelwellensenders Rundfunkprogramm empfangen werden.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.

Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren, der Diode und der Elektrolyt-Kondensatoren achten.

Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: Für dieses Gerät mußt du dir selbst eine Antennenspule bauen. Lege neben die MW-Antennenspule (von der du nur die Anschlüsse rot 1 und gelb 2 benötigst) ein Stück Papier um den Ferritstab und wickle mit dem isolierten Draht 5 Windungen darauf.

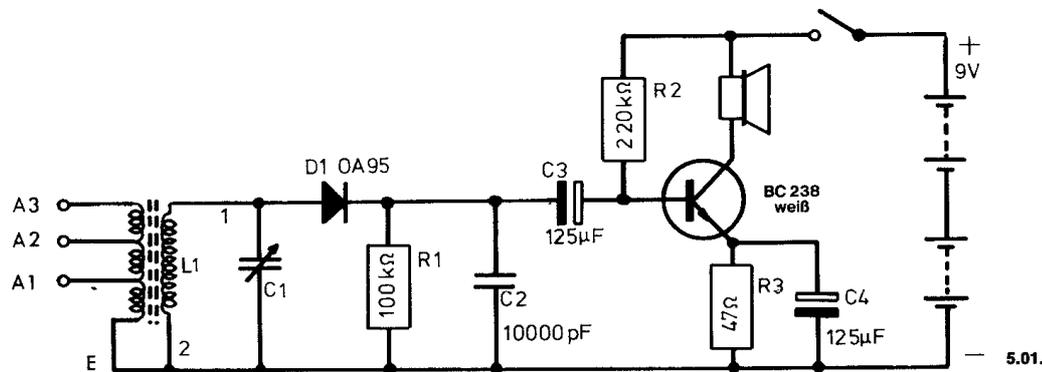
Jetzt mußt du ein kleines Stück der Isolation entfernen, weitere 5 Windungen legen, wieder die Isolation entfernen und noch einmal 5 Windungen legen. Du hast jetzt eine Spule mit 15 Windungen und den Anschlüssen E für die Erde und A 3 (Enden der Spule) und den Anzapfungen A 1 und A 2 (abisierte Stücke). Probiere mit der Antenne, bei welchem Anschluß – A 1, A 2 oder A 3 – du den besten Empfang hast (siehe S. 173).

Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes.

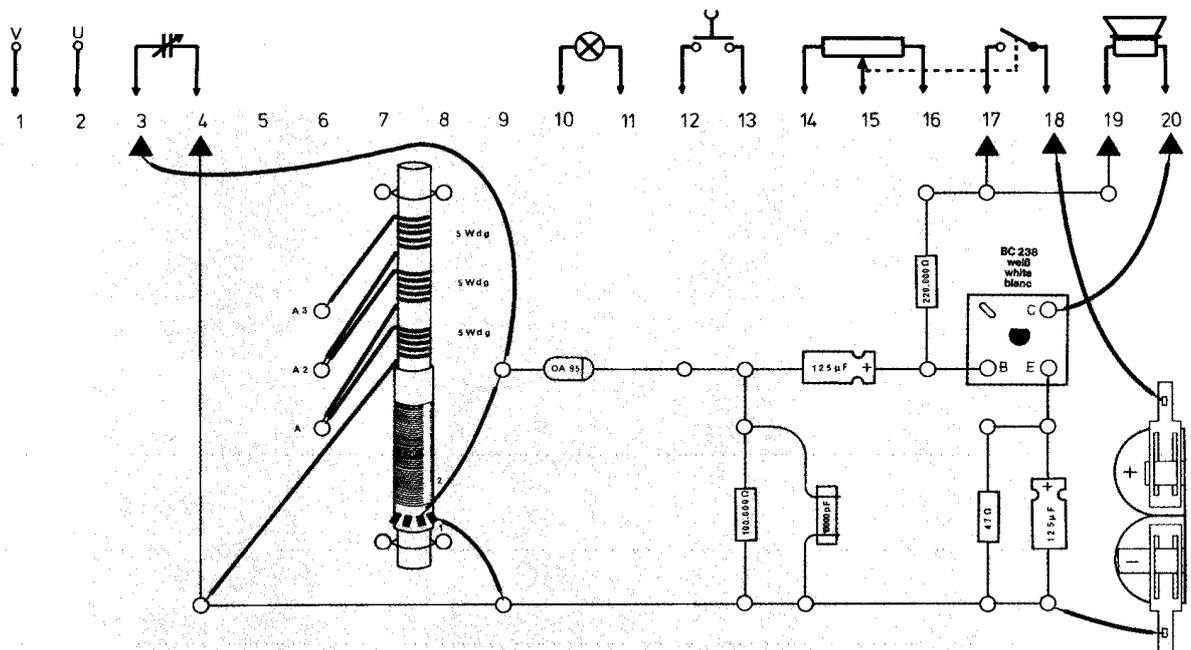
Potentiometerknopf nach rechts drehen. Stelle mit dem Drehkondensator die größte Lautstärke ein. Hörst du nichts, schalte sofort aus und suche den Fehler.

Wenn der Aufbau des Gerätes einwandfrei ist und du trotzdem nichts hörst, kann es auch daran liegen, daß du zu weit von einem Mittelwellensender entfernt wohnst.



Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Die Hochfrequenzenergie, die der Sender abstrahlt, wird über die Antenne aufgenommen und gelangt über die Antennenspule L 3 durch Transformation auf die Spule L 1. Diese bildet mit dem Drehkondensator C 1 einen Schwingkreis, der auf einen genügend starken Sender im Mittelwellenbereich abgestimmt werden kann. Die an dem Schwingkreis stehende modulierte Hochfrequenz wird durch die Diode gleichgerichtet, wobei am Arbeitswiderstand R 1 eine Niederfrequenz entsteht. Der Kondensator C 2 siebt die Reste des Hochfrequenzsignals aus dem Nf-Signal. Um die geringe Niederfrequenzspannung hörbar zu machen, wird diese über den Kondensator C 3 dem Verstärker zugeführt, der aus dem Transistor T 1 besteht. Der Kondensator C 3 hält die positive Richtspannung an R 1 von der Basis des Transistors fern, da sonst der Arbeitspunkt dieser Stufe sich je nach Energie des Senders ändern würde. Der Widerstand R 2 bestimmt den Arbeitspunkt des Transistors, R 3 dient zur Stabilisierung des Arbeitspunktes. An R 3 liegt eine Wechselspannung, die der Steuerspannung entgegenwirkt. Aus diesem Grund muß der Kondensator C 4 vorhanden sein. Er hat die Aufgabe, die Wechselspannung an R 3 kurzzuschließen. Da auch tiefe Frequenzen der Eingangsspannung nicht entgegenwirken dürfen, muß er sehr groß sein. Der Lautsprecher liegt im Kollektorkreis.



5.02. Drei-Transistoren-Mittelwellen-Empfänger

Mit diesem Rundfunkempfänger kannst du Stationen empfangen, die auf der Mittelwelle senden. Du solltest aber dieses Gerät nicht als erstes bauen.

Aufbau des Gerätes nach der Allgemeinen Bauanleitung vorbereiten. Befestigen der Bauelemente und Verbindungsdrähte nach den Angaben des Verdrahtungsplanes.

Für Widerstände und Kondensatoren Codetabelle benutzen.

Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren, der Diode und der Elektrolytkondensatoren achten.

Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten: Um die Ferritantenne mußt du zusätzlich einen isolierten Draht in fünf Windungen wickeln und ihn an die Anschlüsse 1 und 2 klemmen.

An den Außenanschluß V klemmst du die Erdleitung und an U die Antenne. Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes.

Potentiometerknopf nach rechts drehen. Am rechten Anschlag ist die Wiedergabe am lautesten.

Mit dem großen Skalenknopf suchst du dir einen Sender. Die Abb. 182 zeigt, welcher Stellung des Skalenknopfes eine bestimmte Frequenz zugeordnet ist. Hörst du nichts, schalte sofort aus und suche den Fehler. Hinweise für den Empfang des Senders München findest du auf Seite 173.

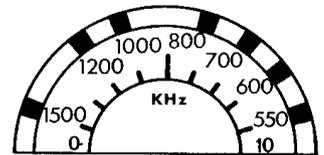
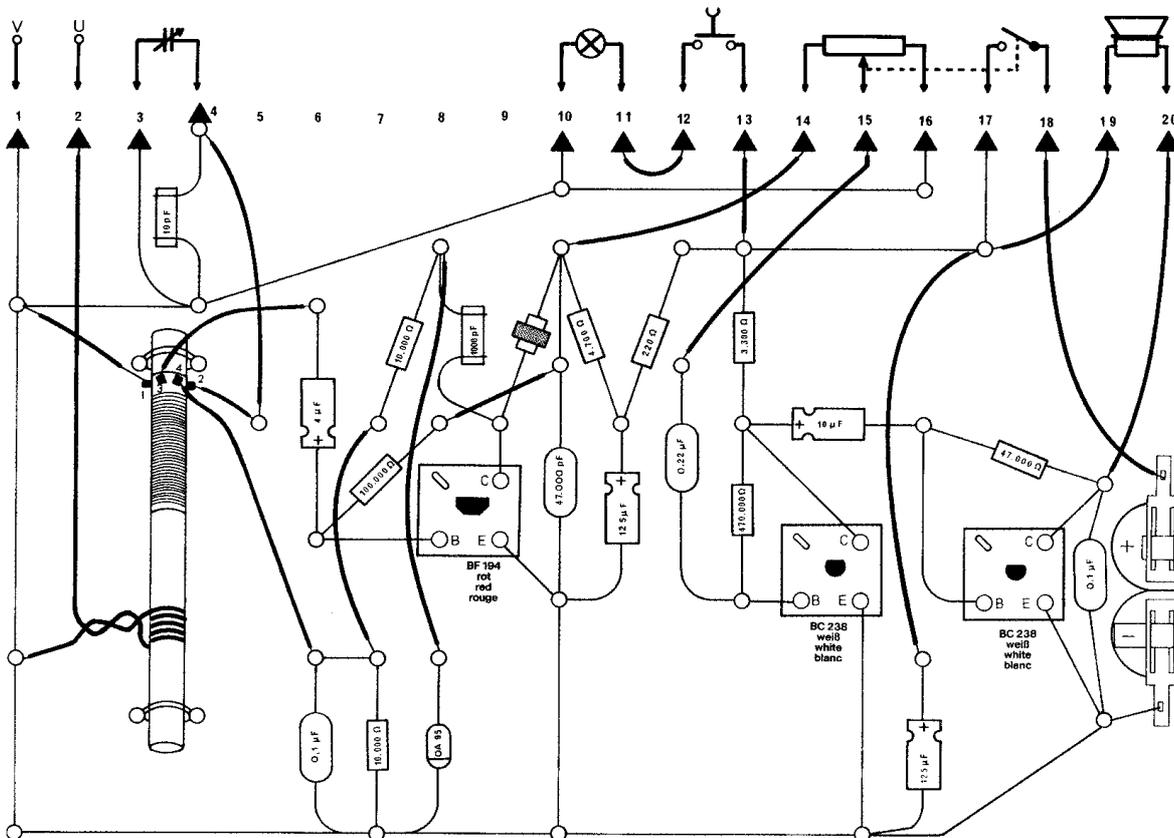


Abb. 182



5.02.

Außenantenne und Erde

Beim Sender strahlt die Antenne Radiowellen aus, in deinem Rundfunkgerät empfängt die Antenne die Radiowellen wieder. Eine Außenantenne besteht aus einem einfachen isolierten oder unisolierten Draht, der zwischen zwei hohen Punkten gespannt ist, und einer Verbindung zum Radio. Eine gute Außenantenne empfängt mehr als eine eingebaute Ferritantenne. Es ist jedoch nicht so einfach, eine Außenantenne anzubringen. Am einfachsten ist es noch, du legst einen Draht von deinem Fenster zu einem nahen Baum. Bohre aber keine Löcher in den Fensterahmen ohne die ausdrückliche Erlaubnis deiner Eltern. Oft genügt es auch, einen langen Draht durch dein Zimmer zu legen.

Beim Bau müssen zwei Dinge beachtet werden: Die Antenne darf nicht direkt mit dem Mauerwerk oder dem Baum verbunden sein, sondern muß von ihm isoliert werden. Für diesen Zweck gibt es spezielle Isolatoren. Auch sollte man jede Verbindung der Antenne verlöten. Noch besser wäre es, man benutzt einen durchgehenden Draht, an dem es gar keine Lötstellen gibt.

Wenn du eine Außenantenne benutzt, solltest du unbedingt auch eine Erdleitung anschließen. Mit Erde ist natürlich nicht die Erde in einem Blumentopf gemeint. Die Wasserleitung ist eine sehr gute Erdleitung. Sie ist über lange Entfernungen in der Erde verlegt und hat daher guten Kontakt mit ihr. Es genügt deshalb, deine Erdleitung an das Wasserrohr anzuschließen. Die Wasserleitung muß aus Metall bestehen, und Rost oder Farbe müssen an der Anschlußstelle abgekratzt werden.

Seid ihr in eurer Wohnung an eine Gemeinschaftsantenne angeschlossen, kannst du sie auch benutzen. Du findest auf dem Verteilerkästchen am Radio bei zwei Anschlüssen die Zeichen für Antenne Υ und Erde \perp .

Falls das Gerät im Bereich 1500 kHz schwingen sollte, kann man parallel zur Drosselspule einen keramischen Kondensator von 47 pF legen.

Skalenbeleuchtung

Wenn du dein Gerät oft abends benutzt, kannst du die Skala beleuchten. Dazu mußst du die Lampe aus dem Loch B ausbauen und in das Loch K einsetzen.

Hinweise für den Empfang des Senders München

Um den Sender München zu empfangen, mußt du den keramischen Kondensator 10 pF (Ferritstab) ersatzlos herausnehmen und die Mittelwellenantennenspule soweit wie möglich an den Rand des Ferritstabes schieben.

Mittelwellen-Antennenspule

1 = rot	2 = gelb
3 = grün	4 = grau

Kurzwellen-Empfänger

Mit dem vorstehenden Gerät empfängst du Rundfunksender, die auf der Mittelwelle (MW) senden, d. h. mit Frequenzen zwischen 510 und 1605 kHz. Es gibt aber eine Reihe interessanter Sender im Bereich zwischen 1700 und 5100 kHz. Um sie empfangen zu können, brauchst du eine weitere Spule. Nimm deshalb die Mittelwellen-Antennenspule vom Ferritstab. Lege dann aus isoliertem Draht 28 Windungen ganz dicht um den Stab. Neben diese KW-Spule legst du eine weitere aus zwei Windungen. Die Zahlen der Anschlüsse in Abb. 183 entsprechen den Zahlen der MW-Spule auf dem Verdrahtungsplan 5.02. Klemme die Drähte der neuen Spule an dieselben Anschlüsse, an die ursprünglich die der MW-Spule angeschlossen waren. Wenn du ein Pfeifen hörst, wechsele die Drähte 3 und 4 aus. Wohnst du nicht direkt an der Küste, ist eine Außenantenne unbedingt erforderlich. Vergiß nicht, die Spule um den Ferritstab zu wickeln. Ist alles fertig, suche mit dem großen Skalenknopf sehr langsam und vorsichtig einen Sender. Mit einer guten Antenne kannst du mehrere Stationen mit diesem Gerät abhören.

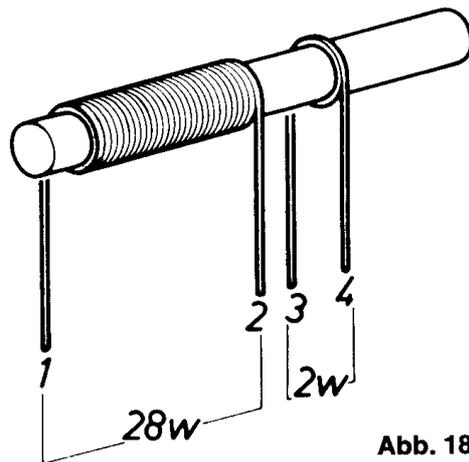


Abb. 183

Dein Radio als Wecker

Was würdest du zu einem Wecker sagen, der nur bei schönem Wetter läutet, aber bei strömendem Regen keinen Ton von sich gibt? So etwas Ähnliches kannst du bauen.

Entferne dazu den Draht, der von der Basis des mittleren Transistors zu der Klemme führt, an die der Polyester-Kondensator $0,22 \mu\text{F}$ und der Widerstand $470\,000 \text{ Ohm}$ angeschlossen sind. An seine Stelle setzt du den lichtempfindlichen Widerstand (LDR) ein. Wenn du es richtig gemacht hast, spielt der Empfänger genau wie vorher. Schalte jetzt das Licht in deinem Zimmer aus. Der Ton wird nur sehr leise oder überhaupt nicht mehr zu hören sein. Das erklärt sich daraus, daß der Widerstand des LDR ohne Licht so groß ist, daß der Strom nicht mehr zur Basis des Transistors fließen kann. Auf diese Weise kannst du dein Rundfunkgerät als Wecker benutzen. Wenn die Sonne morgens aufgeht, fängt dein Radio an zu spielen; wenn der Himmel bedeckt ist und es länger dunkel bleibt, schaltet sich der Apparat nicht ein, und du kannst weiterschlafen.

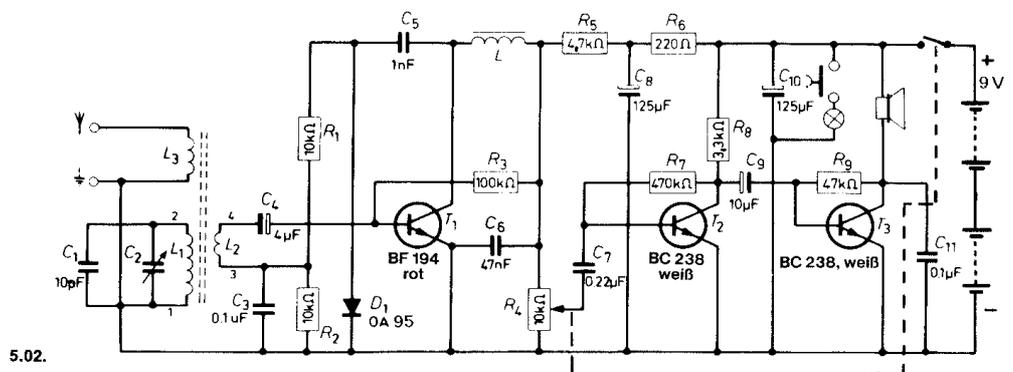
Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Bei dieser Schaltung wird der Transistor T 1 zweifach ausgenutzt (Reflexschaltung), indem sowohl Hochfrequenz- als auch Niederfrequenz-Signale in ihm verstärkt werden. Natürlich muß der Abstand dieser Frequenzen voneinander groß genug sein, um eine einwandfreie Trennung beider Signale zu erreichen und eine Schwingneigung zu vermeiden. In diesem Fall verwendet man eine Hochfrequenz von 500 kHz und höher sowie eine Niederfrequenz von weniger als 15 kHz, was einen ausreichenden Sicherheitsabstand darstellt. Der Reflex-Verstärkerstufe T 1 wird das vom Sender kommende HF-Signal an der Basis zugeführt. Hierzu dienen die Spule L 2, die an den Schwingkreis L 1/C 1/C 2 angekoppelt und über C 3 hochfrequenzmäßig geerdet ist, und der Kondensator C 4. Die Drosselspule L im Kollektorkreis von T 1 stellt für die Hochfrequenz einen Widerstand dar, so daß dort das verstärkte Sender-Signal abgenommen und über C 5 dem Diodengleichrichter D 1 zugeführt werden kann. Als Gleichrichter-Arbeitswiderstände dienen die Widerstände R 1 und R 2, die gleichzeitig mit C 3 eine Siebkette bilden, um Hochfrequenzreste auszufiltern. Am Widerstand R 2 steht daher nur noch niederfrequente Wechselspannung, die über L 2 und C 4 zur Basis von T 1 gelangt. C 4 verhindert außerdem, daß die Basis von T 1 von einer negativen Gleichspannung beeinflusst wird, die bei der Gleichrichtung des Sendersignals in der Diode D 1 entsteht.

Auch die Niederfrequenz wird nun im Transistor T 1 verstärkt und erscheint im Kollektorkreis. Die Drosselspule L ist jedoch für niederfrequente Wechselspannungen kein Hindernis und läßt sie ungehindert zum Lautstärkeregler R 4 gelangen. Andererseits bildet der Kondensator C 5 auf Grund seines elektrischen Wertes einen hohen kapazitiven Widerstand für die niederfrequenten Schwingungen und hält sie von der Basis des Transistors T 1 zurück, Reste werden auch noch über C 3 zum Minuspol abgeleitet.

Die Koppelspule L 3 besteht aus fünf Windungen, die man um den Ferritstab wickelt, und sie kann zum Anschluß einer Außenantenne benutzt werden. Ist dann außerdem eine Erdleitung angeschlossen, lassen sich auch entferntere Sender empfangen. Wegen der geringeren Trennschärfe ist es jedoch nicht möglich, schwache Sender, die neben einem sehr starken Sender liegen, einwandfrei einzustellen.

Der zweistufige NF-Verstärker mit den Transistoren T 2 und T 3 weist keinen grundlegenden Unterschied zu den bereits besprochenen Niederfrequenz-Verstärkern auf. Die Betriebsspannung für die Vorstufe wird durch das Siebglied R 6/C 8 gefiltert.



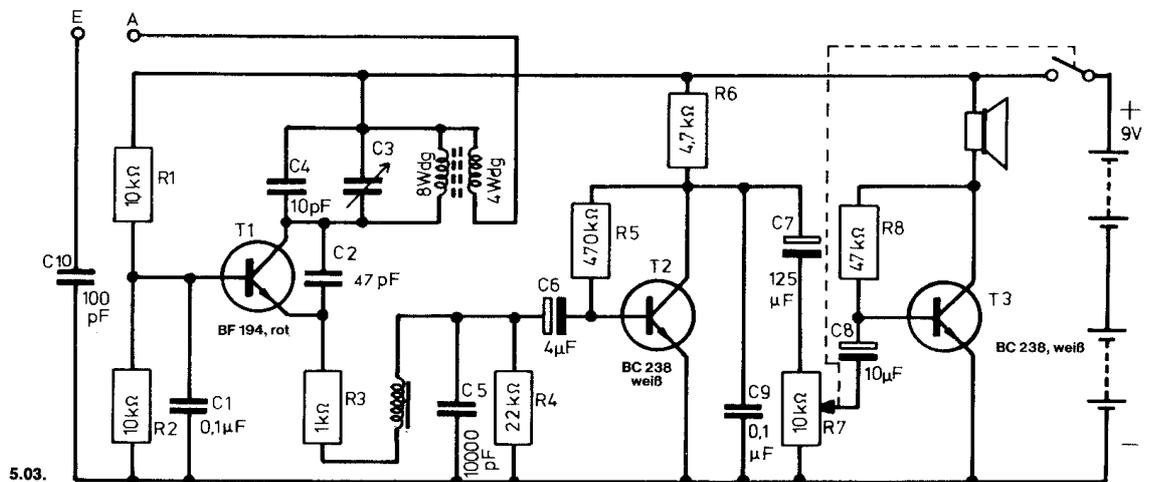
5.02.

Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Wird eine Verstärkerstufe zum Schwingen angeregt, die Schwingungen jedoch immer wieder unterbrochen, so spricht man von einem **Pendelaudion**. Diese Schaltung hat einen großen Verstärkungsfaktor und eignet sich deshalb als empfindliche Empfängerschaltung.

Das Schaltbild zeigt einen Kurzwellenempfänger, der mit den angegebenen Werten in einem Frequenzbereich von 5 MHz bis 10 MHz arbeitet. Der Transistor T 1 stellt das Pendelaudion dar, wobei die Empfangsspule im Kollektorkreis liegt und die Rückkopplung über den Kondensator C 2 erfolgt. Der Widerstand R 4 und der Kondensator C 5 bestimmen die Pendelfrequenz. Außerdem kann an R 4 die Tonfrequenzspannung des eingestellten Senders abgenommen werden. Über den Kondensator C 6 gelangt das Signal zu der ersten Niederfrequenzverstärkerstufe T 2.

Mit Hilfe des Lautstärkereglers R 7 läßt sich die Aussteuerung und somit die Lautstärke des Endverstärkers T 3 verändern.



Wichtig: Auf richtige Polung der Transistoren und Elektrolytkondensatoren achten. Grundplatte mit dem Schaltpult verschrauben und Verbindungen zu den entsprechenden Anschlüssen herstellen.

Spezielle Arbeiten:

Für dieses Gerät mußt du dir die Spulen L_1 , L_2 und L_3 selbst wickeln. Arbeite sehr sorgfältig, weil du sonst u. U. keinen Sender empfangen kannst.

Spule L_1 : Aus isoliertem Draht werden zwei Windungen so um den Ferritstab gewickelt, daß sie etwa 0,5 cm voneinander entfernt sind. Die Zuleitungsdrähte werden erst anschließend so bemessen, daß sie gerade bis zu den Anschlüssen 1 und 2 des Schaltpultes reichen. Um der Spule Halt zu geben, werden die Drähte (mit Isolierung) in den beiden Klemmen befestigt, die den Anschlüssen 1 und 2 des Schaltpultes gegenüberliegen.

Spule L_2 : Blanker Draht wird zu 4 Windungen um den Ferritstab gewickelt, und anschließend werden die Windungen bis auf 1 cm auseinandergezogen. Die Spule L_2 wird dann in die Spule L_1 etwas hineingeschoben. Auch bei der Spule L_2 mußt du darauf achten, daß sie mit möglichst kurzen Verbindungen direkt zwischen den beiden Klemmen befestigt wird.

Spule L_3 : Zur Herstellung dieser Spule wird isolierter Draht 28 mal dicht nebeneinander um den Ferritstab gewickelt. Die Anschlußdrähte zu den Klemmen sollen auch kurz sein.

An die Außenanschlüsse U und V wird eine UKW-Antenne angeschlossen. Wie du dir selbst eine herstellen kannst, wird im Anschluß an diese Bauanleitung beschrieben.

Batterien anschließen; **Polung beachten.**

Abschließende Überprüfung des Aufbaus und Einschalten des Gerätes. Potentiometerknopf so weit nach rechts drehen, daß das Gerät gerade noch rauscht. Wenn du zu weit drehst, setzt das Rauschen aus, so daß kein Empfang mehr möglich ist. Suche dann durch Drehen am großen Skalenknopf einen Sender. Hörst du nichts, schalte sofort aus und suche den Fehler.

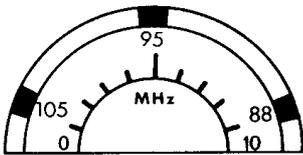


Abb. 184

UKW-Antenne

Zum Empfang der VHF-Sender werden auf die Empfangsfrequenz abgestimmte Antennen benutzt, die du bestimmt schon auf den Dächern der Häuser gesehen hast. Diese Antennen – sie heißen Dipolantennen – sind richtungsempfindlich, d. h. die Breitseite muß zum Sender hinweisen. Eine Dipolantenne besteht aus zwei Stäben gleicher Länge. In der Mitte zwischen den beiden Stäben befindet sich die Ableitung zum Empfänger.

Du kannst diesen einfachen Dipol durch zwei Drähte gleicher Länge nachbilden. Dazu nimmst du etwa 4 m zweiadrige Zwillingslitze mit Kunststoffisolierung, die du auf einer Länge von 0,75 m aufschneidest. Die beiden einzelnen Litzen bilden jetzt deinen Dipol und der nicht aufgeschlitzte Teil die Leitung zu deinem Empfänger. Isoliere die Enden ab und klemme sie an die beiden Außenanschlüsse U und V. Mit einem solchen Dipol kannst du einen starken Ortssender bereits gut empfangen. Willst du auch Fernempfang haben, mußt du deinen Dipol möglichst hoch, also eventuell auf dem Dachboden, anbringen. Die Ableitung zu deinem Empfänger sollte dann aber aus einer 240-Ohm-Hochfrequenz-Bandleitung bestehen, die du in jedem Rundfunkgeschäft kaufen kannst. Verlege dieses Kabel nicht einfach an der Wand, sondern benutze dazu Isolatoren.

Zusätzliche Wellenbereiche

Mit diesem Gerät kannst du außer dem bisher beschriebenen UKW-Band von 80–100 MHz auch andere Frequenzen empfangen. Du mußt dazu die Spule L 2 aus blankem Draht gegen andere auswechseln und den keramischen Kondensator C 4, der parallel zum Emitter und Kollektor des roten Transistors T₁ liegt. Aus der nachstehenden Tabelle ersiehst du, wie groß die neuen Werte sein müssen. Die Spule von 16 mm Durchmesser wickelst du dir am besten um den Ferritstab (Abb. 185 a–c). Bedenke auch, daß die Länge des Dipols mit der Wellenlänge übereinstimmen muß, die empfangen wird. Die Länge des aufgeschnittenen Teils muß etwas weniger als die halbe Wellenlänge lang sein. Daraus ergibt sich als günstigste Länge des Dipols für eine Empfangsfrequenz von 26–31 MHz ungefähr 5,5 m. Das ist natürlich für eine Zimmerantenne zu lang. Es ist deshalb besser, für diesen Bereich das alte System mit der Erdleitung zu benutzen und als Antenne einen einfachen Draht von $\frac{1}{4}$ Wellenlänge = 2,75 m zu spannen.

Frequenz	Wellenlänge in m	Spulendurchmesser für L 2 in mm	Anzahl der Windungen	Länge der Spule in mm	keram. Kondensator C 4	Länge des Dipols in m
26– 31 MHz	11,5–10	16	10	20	47 pF	2 x 2,75
115–135 MHz	2,6–2,2	16*)	1*)	–	10 pF	2 x 0,6

*) zu einem Halbkreis ausziehen (Abb. 186)

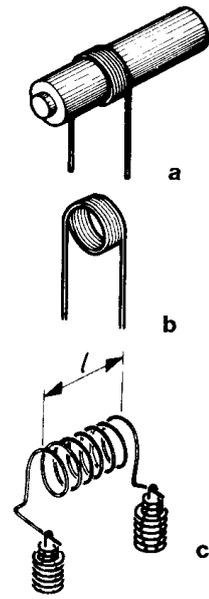
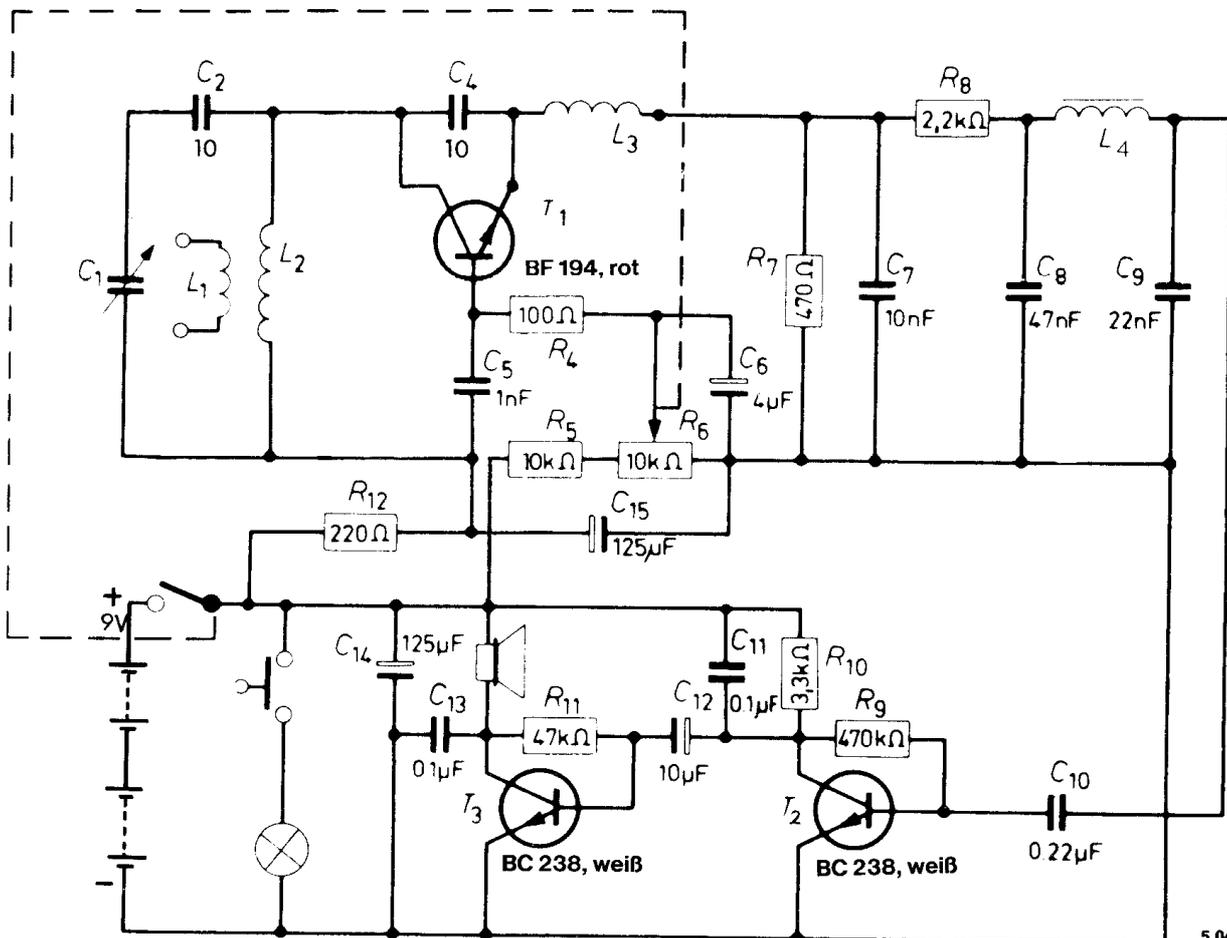


Abb. 185 a – c



Abb. 186



5.04.

Schaltungsbeschreibung für Fortgeschrittene

Mit dem Abstimmkreis, bestehend aus den Spulen L 1 und L 2 sowie den Kondensatoren C 1 und C 2 wird der Empfänger auf die Frequenz des Sendesignals eingestellt. Veränderlich ist allerdings nur der Drehkondensator C 1, die anderen Bauelemente haben die für diese Schaltung notwendigen Werte.

In der Hochfrequenzstufe mit dem Transistor T1 und den dazugehörigen Bauelementen wird nicht nur das Sendersignal empfangen und abgestimmt, sondern dort wird es gleichzeitig auch demoduliert.

Diese Hochfrequenzstufe ist als Pendel-Audion aufgebaut mit einer sehr festen Rückkopplung. Durch eine besondere Schaltungsvariante wird diese Rückkopplung jedoch in regelmäßigen Abständen unterbrochen.

Für diesen Trick benutzt man eine Hilfsfrequenz, die ebenfalls im Transistor T 1 erzeugt wird und die man als Pendelfrequenz bezeichnet. Sie liegt in diesem Beispiel bei ca. 50 kHz, also weit oberhalb des Hörbereichs, und wird im wesentlichen durch C 5 bestimmt.

Die schnellen Pendelschwingungen schalten das vom Transistor T 1 gebildete HF-Audion (Rückkopplung über C 4) ein und aus. Damit die Pendelfrequenz nicht in den nachgeschalteten NF-Verstärker gelangen kann, wird sie über das Filter R 8, L 4 und C 9 zum Minuspol abgeleitet; die durch das Audion erzeugten Hochfrequenzschwingungen werden bereits durch die Drossel L 3 gesperrt.

Zur Gleichrichtung des empfangenen Sendersignals muß zunächst das von der Antenne aufgenommene frequenzmodulierte Signal mit dem Schwingkreis C 1, C 2/L 2 abgestimmt werden, und zwar so, daß der Sender links oder rechts vom eigentlichen Resonanzmaximum (wo der Empfang leise oder verzerrt ist) auf der schrägen Flanke der Resonanzkurve liegt (s. Abbildung 187). Wenn dies der Fall ist, übertragen sich die Frequenzänderungen von der Trägerwelle auf die im Pendel-Audion erzeugten Schwingungen. Das bedeutet: Das Pendel-Audion wird so in einer bestimmten Weise vom frequenzmodulierten Empfangssignal beeinflusst, daß sich als Folge hiervon der Stromfluß durch den Transistor T 1 ändert. Diese Stromänderungen entsprechen dabei den Modulationsfrequenzen des Sendersignals und lassen am Widerstand R 7 ein Niederfrequenzsignal entstehen, das nach Durchlaufen der Siebkette über C 10 in den Niederfrequenzverstärker gelangt.

Mit dem Potentiometer R 6 können Empfindlichkeit und Trennschärfe des Pendel-Audions eingestellt werden. Sie sind am größten, wenn man das Potentiometer bis kurz vor Abbruch des Rauschens aufdreht. Nach Abstimmung eines Senders auf die linke oder rechte Flanke der Resonanzkurve kann mit dem Potentiometer in geringem Umfang auch die Lautstärke beeinflusst werden.

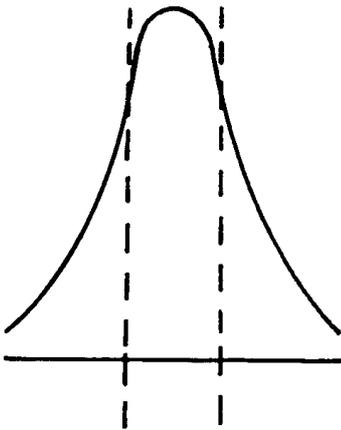
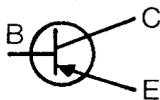
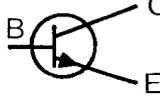
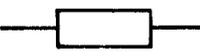
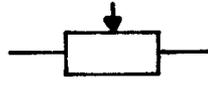
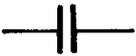
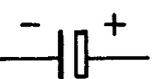
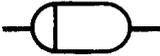
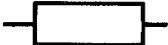
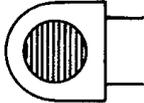
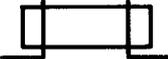
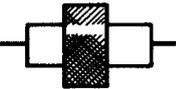
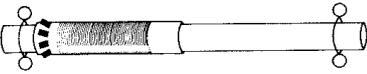
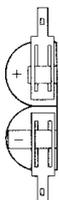


Abb. 187

Schaltsymbole		Schaltsymbole	
	Transistor PNP		Transistor NPN
	Diode		
	Widerstand		Potentiometer
	Kondensator		Drehkondensator stetig regelbar
	Elektrolyt-Kondensator		
	Drosselspule		Antennenspule mit Ferritstab
	Lautsprecher		Ohrhörer
	Mikrofon		Tonkopf
	Lampe		Lichtempfindlicher Widerstand (LDR)
	Batterie		
	Ein-Ausschalter		Umschalter
			Tastschalter
	Verbindungsleitung		
	Leitungskreuz ohne Verbindung		Leitungskreuz mit Verbindung
	Außenanschlüsse		
	Verbindungsline zwischen Einzelteilen, die gleichzeitig bedient werden (z. B. Potentio- meter mit Schalter, Zweifach- Drehkondensator)		
	Antenne		Erde

Verdrahtungsplan-Symbole

	Transistor
	Transistor
	Diode
	Widerstand
	Lichtempfindlicher Widerstand – LDR
	Temperaturabhängiger Widerstand – NTC
	Polyester-Kondensator
	Elektrolyt-Kondensator
	Keramischer Kondensator
	Drosselspule
	Mittelwellen-Antennenspule auf Ferritstab
	Lampenfassung auf der Grundplatte montiert
	Blanker Schaltdraht
	Isolierter Schaltdraht (Enden abisoliert)
	Drahtverbindung zum Schaltpult
	Batterie

Sachwortverzeichnis

		Seite
A	Ampere – Maßeinheit für die Stromstärke.	21
	Amplitude – bei Wechselspannung Höhe der Schwingung.	33
	Amplitudenmodulation , abgekürzt AM – Hochfrequenzschwingungen, die in ihrer Spannungshöhe im Takt einer Niederfrequenzspannung verändert werden.	75
	Anode – positiver Pol, z. B. bei Röhre oder Diode.	38
	Atome – Bausteine der Materie.	22
	Arbeitspunkt – Einstellung, bei der ein Transistor am besten verstärkt.	51
	Arbeitswiderstand –	52
	Aufladen – Speichern von Elektronen auf den Platten eines Kondensators beim Anlegen einer Spannung.	59
	Ausgangskreis – Stromkreis – z. B. am Transistor – an dem das verstärkte Signal auftritt.	54
	Ausgangswiderstand – Widerstand des Ausgangskreises im Transistor.	56
B	Basis – ein Anschluß des Transistors.	42
	Basisschaltung – Schaltungsart eines Transistors, bei der die Basis gemeinsamer Bezugspunkt für Eingangs- und Ausgangsstromkreis ist.	54
	Basisstromkreis – Stromkreis zwischen Basis und Emitter.	45
	Blindwiderstand	37
D	Defektelektron – positiver Ladungsträger im Halbleitermaterial.	39
	Demodulation – Wiedergewinnung der in einem Hochfrequenzsignal enthaltenen Niederfrequenzspannung.	75
	Dielektrikum – Isolierstoff zwischen zwei Platten eines Kondensators.	59
	Diode – Zweipol-Röhre, auch Halbleiterbauelement.	38
	Dotieren – Zusetzen von Fremdatomen zu Germanium oder Silizium, um die Leitfähigkeit zu erhöhen.	40
	Dreistufiger Verstärker – Gerät zum Verstärken eines Kleinsignals in drei hintereinander geschalteten Transistorstufen.	66
	Drossel – Spule, die für Wechselstrom mit bestimmter Frequenz einen hohen Wechselstromwiderstand darstellt.	37
	Drosselwirkung	37
	Durchlaßrichtung – Richtung, bei der in einer Diode ein Stromfluß möglich ist.	39
	E	Eingangskreis – Stromkreis, mit dem das zu verstärkende Signal auf den Transistor gegeben wird.
Eingangswiderstand – Widerstand des Eingangskreises im Transistor.		56
Einkreiser		75
Elektrisches Feld – Menge an Elektronen in einem Dielektrikum. Positive elektrische Ladungen bedeutet Mangel an Elektronen, negative Ladung einen Elektronenüberschuß.		59
Elektroakustik –		65
Elektromagnet – durch Strom erzeugte Magnetwirkung.		35
Elektromagnetische Induktion – Stromerzeugung durch ein magnetisches Feld in einer Spule.		35
Elektron – negativer Ladungsträger.		17
Elektronische Signalanlagen –		69
Elko – Abkürzung von Elektrolytkondensator		58
Emitter – ein Anschluß des Transistors.	42	
Emitterfolger – andere Bezeichnung für Kollektorschaltung.	54	
Emitterschaltung – Schaltungsart eines Transistors, bei der der Emitter gemeinsamer Bezugspunkt für den Eingangs- und Ausgangsstromkreis ist.	54	
Entladen – Abfluß von Elektronen von den Platten eines Kondensators.	62	
F	Farad – Maßeinheit für die Kapazität bei Kondensatoren.	60
	Fernmeldetechnik –	67

	Flip-Flop – andere Bezeichnung für einen bistabilen Multivibrator.	70
	Frequenz – Anzahl der Schwingungen während einer Zeiteinheit.	33
	Frequenz-Modulation – abgekürzt FM, Hochfrequenzschwingungen, deren Grundfrequenz sich im Takt der zu übertragenden Information ständig verändert.	76
G	Gegenkopplung – Rückführung eines Teils der Ausgangsspannung eines Verstärkers, die zu einer Reduzierung des Ausgangssignals führt.	52
	Geradeausempfänger	75
	Germanium – chem. Element, Ausgangsmaterial für Halbleiter.	38
	Gesamtwiderstand – Summe mehrerer Teilwiderstände.	27
	Gleichrichten – Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom.	41
	Gleichstromwiderstand – auch Ohmscher Widerstand – Widerstand, der nur für Gleichstrom wirksam ist.	37
H	Halbleiter – Material, dessen Leitfähigkeit zwischen Leitern und Nichtleitern liegt.	38
	HF – Abkürzung von Hochfrequenz.	49
	Henry – Maßeinheit für die Induktivität.	36
	Hertz – Maßeinheit für die Frequenz einer Schwingung.	33
I	Impedanz – auch Scheinwiderstand – Widerstand, der nur für Wechselstrom wirksam ist.	37
	Impedanzwandler – Schaltung zur möglichst verlustlosen Anpassung zweier unterschiedlicher Wechselstromwiderstände.	56
	Induktionsspannung – durch elektromagnetische Induktion erzeugte Spannung.	35
	Induktivität – elektromagnetische Eigenschaften einer Spule.	36
	Induktiver Widerstand – siehe Impedanz.	37
	Isolatoren – auch Nichtleiter – Stoffe, die den elektrischen Strom nicht leiten.	22
K	Kapazität – Aufnahmefähigkeit der Kondensatorplatten für Elektronen.	60
	Kapazitiver Spannungsteiler – Spannungsteiler aus Kondensatoren.	68
	Kapazitiver Widerstand – Wechselstromwiderstand an Kondensatoren.	63
	Kathode – negativer Pol, z. B. bei einer Röhre oder Diode.	38
	Kippschaltung – Schaltung, mit der Wechselstrom erzeugt werden kann.	69
	Kohlemikrofon	65
	Kollektor – ein Anschluß des Transistors.	43
	Kollektorschaltung – Schaltungsart eines Transistors, bei der der Kollektor gemeinsamer Bezugspunkt für den Eingangs- und Ausgangstromkreis ist.	54
	Kollektorstromkreis – Stromkreis durch Emitter und Kollektor.	45
	Kondensator – Bauelement, das elektrische Ladungen speichern kann.	58
L	L-C-Oszillator – siehe Oszillator	68
	LDR – Lichtempfindlicher Widerstand	31
	Leiter – Material, z. B. Metall, das den elektrischen Strom leitet.	22
	Leistung – Produkt aus Spannung und Stromstärke.	26
	Leistungstransistoren	49
	Leistungsverstärkung – Schaltungsart zur gleichzeitigen Verstärkung von Spannung und Stromstärke.	55
	Lichtabhängiger Widerstand – abgekürzt LDR – Bauelement, dessen Widerstand sich mit dem Lichteinfall ändert.	31
	Loch – siehe Defektelektron.	39
	Löcherstrom – Strom aus positiven Ladungsträgern (Gegensatz: Elektronenstrom).	40
M	Magnetisches Feld – Kraftfeld um einen Magneten.	34
	Magnetisches Kraftfeld – siehe magnetisches Feld.	34
	Magnetische Kraftlinien – Linien, aus denen sich das magnetische Kraftfeld zusammensetzt.	34
	Membran – dünnes Plättchen in Lautsprecher und Mikrofon.	65
	Meß- und Regeltechnik –	73
	Mikrofon – Gerät zur Umwandlung von Schallenergie in elektrische Energie.	65
	Mikrofarad – abgekürzt μF , Maßeinheit für die Kapazität eines Kondensators.	20
	Minuspol – Pol einer Spannungsquelle, aus dem die Elektronen austreten.	17
	Modulation – Änderung einer Hochfrequenzschwingung im Takt der zu übertragenden Frequenz.	75

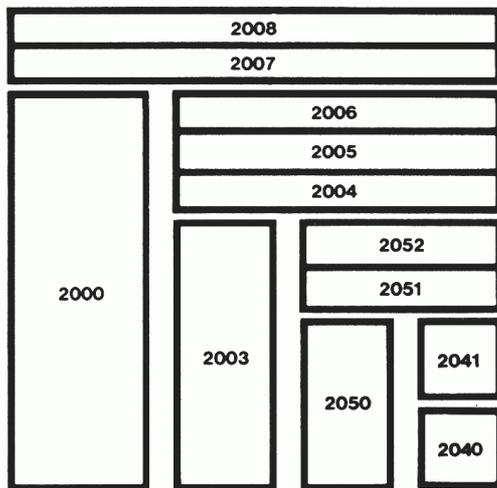
	Multivibrator	
	astabiler – Generatorschaltung, die ständig Rechteckimpulse erzeugt.	71
	bistabiler – Rückgekoppelte Transistorschaltung mit zwei stabilen Ausgangszuständen. Nur Eingangsimpulse können eine Änderung des Ausgangszustandes hervorrufen.	70
	monostabiler – Schaltungsanordnung mit einem stabilen Zustand.	72
N	Nanofarad (nF) – Maßeinheit für die Kapazität eines Kondensators.	60
	Nichtleiter – Material, z. B. Porzellan, das den elektrischen Strom nicht leitet (vgl. Isolator).	22
	N-Leitfähigkeit – Leitfähigkeit, die durch Elektronenüberschuß (negativ) im Halbleitermaterial hervorgerufen wird.	40
	NPN-Transistor – Halbleiterbauelement mit Verstärkereigenschaften, bei dem die Kollektor- und die Basisspannung gegenüber dem Emitter positiv sein muß, um einen Kollektorstrom hervorzurufen.	
	Schichtenfolge N–P–N (negativ – positiv – negativ).	46
	NTC – Temperaturabhängiger Widerstand.	32
O	Ohm – Maßeinheit für den Widerstand.	24
	Ohmsches Gesetz – Gesetz, das die Abhängigkeit zwischen Spannung, Stromstärke und Widerstand in einem Stromkreis ausdrückt.	25
	Oszillator – Verstärkerschaltung, bei der sich durch phasenrichtige Rückführung der Ausgangsspannung auf den Eingang die Schaltung selbst erregt und Wechselwirkungen erzeugt.	67
P	Parallelschaltung – Bezeichnung für das Nebeneinanderschalten von Bauelementen.	21
	Parallelschaltung von Widerständen.	28
	Pendelaudion – Kurzwellenempfänger, bei dem eine Verstärkerstufe zum Schwingen angeregt wird, die Schwingungen jedoch immer wieder unterbrochen werden.	177
	Pikofarad (pF) – Maßeinheit für die Kapazität eines Kondensators.	60
	P-Leitfähigkeit – Leitfähigkeit, die durch Elektronenmangel (positiv) im Halbleitermaterial hervorgerufen wird.	40
	PNP-Transistor – Halbleiterbauelement mit Verstärkereigenschaften, bei dem die Kollektor- und die Basisspannung gegenüber dem Emitter negativ sein muß, um einen Kollektorstrom hervorzurufen.	
	Schichtenfolge P–N–P (positiv – negativ – positiv).	49
	Potentiometer – stufenlos regelbarer Widerstand, auch als Spannungsteiler verwendbar.	30
	Primärspule – Eingangsspule des Transformators.	35
	Proton – positiver Ladungsträger im Atom.	22
R	R-C-Oszillator – siehe Oszillator	67
	Rechteckkurve – Darstellung einer Wechselform mit sprunghaftem Anstieg und Abfall.	34
	Reihenschaltung – Bezeichnung für das Hintereinanderschalten von Bauelementen.	20
	Reihenschaltung von Widerständen.	27
	Röhre – Bauelement in der Rundfunktechnik – heute meist durch Halbleiterbauelemente ersetzt.	38
	Rundfunkempfänger – Gerät zum Empfang der Hochfrequenzsignale und Umwandlung in Niederfrequenzsignale.	170
	Rundfunkempfangstechnik –	75
S	Schallwellen – Schwingungen, z. B. der Luft, hervorgerufen durch Tonerzeuger.	34
	Schaltbilder – technische Darstellungen von Schaltungsaufbauten mit Schaltsymbolen.	18
	Schaltsymbole – international gebräuchliche Abkürzungszeichen für Bauelemente.	18
	Schaltzeichen – siehe Schaltsymbole.	18
	Scheinwiderstand	56
	Schmitt-Trigger – auch Schwellwertschalter – überschreitet die Eingangsspannung einen bestimmten Wert (Schwellspannung), ändert sich schlagartig die Ausgangsspannung.	69

	Schwellwert – Spannungswert eines Verstärkers, der durch die Eingangsspannung überschritten werden muß, um eine deutliche Änderung des Ausgangssignals hervorzurufen.	70
	Schwingkreis – elektrischer Stromkreis, der einen Kondensator und eine Spule enthält.	63
	Schwingung – Ansteigen und Abfallen der Spannung beim Wechselstrom.	33
	Sekundärspule – Ausgangsspule in einem Transformator.	35
	Silizium – chem. Element, Ausgangsmaterial für Halbleiter.	38
	Sinuskurve – Darstellung einer Wechselspannung mit stetigem Anstieg und Abfall.	34
	Spannung – Ladungsunterschied zwischen zwei Polen einer Stromquelle.	19
	Spannungsabfall – Verminderung einer Spannung an einem Widerstand.	25
	Spannungsteiler – in Reihe geschaltete Widerstände, um verschieden hohe Spannungen abzugreifen.	30
	Spannungsverstärkung – Umwandlung einer niedrigen Eingangsspannung in eine hohe Ausgangsspannung, z. B. am Transistor.	55
	Sperrichtung – Richtung, bei der bei einer Diode kein Stromfluß möglich ist.	39
	Sprechwechselspannung – durch Schallwellen in einem Mikrofon erzeugte Wechselspannung.	65
	Spule – voneinander isolierte Draht-Windungen.	34
	Spulenkern – Zur Erhöhung der Spulenwirkung eingesetzter Eisenkern.	36
	Stabilisieren – Festhalten wichtiger Betriebsgrößen auf einem bestimmten Wert.	52
	Stromkreis – Elektronenwanderung in einem Leiter vom Minus- zum Pluspol.	17
	Stromquelle – Beispiel: Batterie, Akku usw.	16
	Stromstärke – Durchfluß einer bestimmten Menge von Elektronen in einem Leiter in einer Zeiteinheit.	21
	Stromverstärkung – Umwandlung eines kleinen Eingangsstromes in einen großen Ausgangsstrom.	54
	Superhet – Abkürzung für Superheterodyn-Empfänger – Rundfunkempfänger nach dem Überlagerungsprinzip.	76
T	Telemetrie – Übertragung von Meßergebnissen über große Entfernungen.	154
	Toleranz – Berechnete Abweichung von einem bestimmten Wert.	24
	Transformator – Anordnung von mindestens zwei Spulen, die durch einen Eisenkern magnetisch miteinander verkoppelt sind. Er dient zur Übertragung oder Transformation von Wechselspannungen.	36
	Transistor – Halbleiterbauelement mit Verstärkereigenschaften (siehe NPN- bzw. PNP-Transistor).	41
	Trimpotentiometer – siehe Potentiometer	31
U	Übergangswiderstand – Widerstand, der beim Übertritt der Elektronen in ein anderes Medium hervorgerufen wird.	65
	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.	76
V	Valenzelektron – Elektronen auf der äußersten Schale eines Atoms.	39
	VDR – Spannungsabhängiger Widerstand.	32
	Verlustleistung – Produkt aus maximal zulässigem Strom und Spannung am Transistor.	55
	Volt – Maßeinheit für die elektrische Spannung.	19
	Vorwiderstand – Widerstand zur Einstellung des Basisstroms am Transistor.	29
W	Watt – Maßeinheit für die elektrische Leistung.	26
	Wechselstrom – Strom, dessen Richtung und Stärke sich ständig ändert.	32
	Wechselstromwiderstand – siehe Impedanz.	37
	Widerstand – Bauelement zur Erzeugung von Spannungsabfällen.	23
	Wien Brücke – Schaltung zur Erzeugung einer sehr konstanten Wechselspannung.	89
	Wirkwiderstand – siehe Gleichstromwiderstand.	26
Z	ZF – Abkürzung für Zwischenfrequenz.	76
	Zweikreiser	75

Durch die Arbeit mit diesem Anleitungsbuch und dem Experimentierkasten hast du bereits viele wichtige Erkenntnisse über die hochaktuelle Naturwissenschaft „Elektronik“ gesammelt. Einem richtigen, aktiven Hobby-Elektroniker wird das jedoch nicht genügen. Er möchte sein theoretisches Wissen erweitern und seinen Elektronik-Geräte-Park vergrößern. Die Philips Elektronik-Serie 2000 ist perfekt darauf eingerichtet. Das Kasten-Schema zeigt dir, wie du dich systematisch Schritt für Schritt weiter in die Materie einarbeiten kannst. Die nächsten beiden Kästen – EE 2004 und EE 2005 – befassen sich z. B. speziell mit Niederfrequenz- und Hochfrequenz-Technik. Der Kasten EE 2006 dann zeigt dir, wie man selbständig nach einem Schaltbild arbeitet. So wie die Profis es machen.

Der nächste Schritt ist der eigene Oszillograf, aufgebaut aus dem EE 2007. Damit werden weitere Fachgebiete wie Radar-, Digital- und Oszillografentechnik erarbeitet.

Heute reicht die Philips Elektronik-Serie 2000 bis zum Selbstbau-Fernsehgerät (EE 2008). Und sie wird ständig fortgesetzt.



Philips hat das

große Programm

Für jedes bedeutende naturwissenschaftliche Gebiet fachmännisch zusammengestellte Experimentierkasten-Serien:

- Chemie** – selbständig, gefahrlos und erfolgreich experimentieren; spezielle Kästen für Kunststoffe und Umweltschutz.
- Physik** – fördert logisches Denken und technische Geschicklichkeit; reiche Ausstattung zum Bau von Geräten mit hohem Spielwert, z. B. eine Telefonverbindung mit 2 Apparaten.
- Computertechnik** von einfachen Lernbeispielen bis zu Variationsmöglichkeiten, die sogar Fachleute interessieren.



Weitere Elektronische Geräte

Diese Aufstellung zeigt, mit welchen Zusatzkästen weitere Elektronische Geräte hergestellt werden können:

- EE 2003 und EE 2004
- EE 2003 und EE 2004/2005
- EE 2003 und EE 2004/2005/2006

Elektroakustik

- 1.05. Niederfrequenzverstärker mit Klangregelung
- 1.06. Lichtorgel
- 1.07. 3-Kanal-Lichtorgel
- 1.08. Induktiver Sender und Empfänger
- 1.09. Elektronische Orgel
- 1.10. Wechselsprechanlage

Fernmeldetechnik

- 2.07. Telefon-Zweitwecker
- 2.08. Morsesender und Empfänger
- 2.09. Einheitenzähler
- 2.10. Automatische Wählscheibe

Elektronische Signalanlagen

- 3.19. Sägezahn-Oszillator
- 3.20. LC-Oszillator mit Transformator
- 3.21. Blinkgeber mit PNP- und NPN-Transistor
- 3.22. Elektronen-Blitzgerät
- 3.23. Polizeisirene
- 3.24. Sensortaste
- 3.25. Leuchtfeuer
- 3.26. Automatische Ampelanlage
- 3.27. Eiswarngerät
- 3.28. Glatteis-Warnanlage
- 3.29. Warngerät für Kühltruhen
- 3.30. Kühlhaus-Alarmanlage
- 3.31. Betriebsanzeige
- 3.32. Lichtschranke
- 3.33. Automatische Sicherung für unbeschränkte Bahnübergänge
- 3.34. Fußgängerampel
- 3.35. Handgeschaltete Verkehrsampel
- 3.36. Feuersirene mit Warnlicht
- 3.37. Ein-/Aus-Schalter
- 3.38. Zahl oder Adler
- 3.39. Nebelhorn
- 3.40. Signalspeicher
- 3.41. Flughafenbefehrer

Meß- und Regeltechnik

- 4.17. Lichtempfindlicher Tongenerator
- 4.18. Lichtblitzempfindlicher Schaltverstärker

- 4.19. Blitzlichtsteuerung
- 4.20. Leitungssuchgerät
- 4.21. Signalverfolger
- 4.22. Durchgangsprüfer
- 4.23. Voltmeter
- 4.24. Hörfähigkeits-Tester
- 4.25. Meßgerät für ZF-Bandfilter
- 4.26. Stufentongenerator
- 4.27. Stichprobenkontrolle
- 4.28. Stufen-Fernthermometer
- 4.29. Herzschlagindikator
- 4.30. Optischer Zeitschalter
- 4.31. Automatischer Stufenschalter
- 4.32. Thermostat
- 4.33. Reaktionstester
- 4.34. Polprüfer
- 4.35. Umblendregler
- 4.36. Notlicht

Rundfunk-Empfangstechnik

- 5.05. Mittelwellen-Empfänger mit Abstimmmanzeige
- 5.06. Superhet-Empfänger für Mittel- und Langwelle
- 5.07. Grenzwellensuper
- 5.08. Kurzwellensuper
- 5.09. 80-m-Amateurband-Konverter

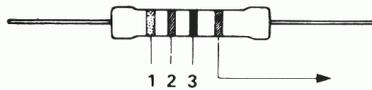
Digitaltechnik

- 6.01. UND-Funktion
- 6.02. UND-Schaltung mit Dioden
- 6.03. ODER-Funktion
- 6.04. ODER-Schaltung mit Dioden
- 6.05. INVERTER-Funktion
- 6.06. NOR-Funktion
- 6.07. ÄQUIVALENZ-Funktion

Drahtlose Signalübertragung

- 7.01. Energieübertragung durch Hochfrequenz
- 7.02. Peilgerät für Fernsehempfänger
- 7.03. Fernbedienung durch Schall
- 7.04. Garagentoröffner
- 7.05. Licht-Telegraf

Codetabelle



Toleranz gold 5 %
und silber 10 %

Farbe	Erster Farbring	Zweiter Farbring	Dritter Farbring
schwarz	0	0	—
braun	1	1	0
rot	2	2	00
orange	3	3	000
gelb	4	4	0 000
grün	5	5	00 000
blau	6	6	000 000
lila	7	7	
grau	8	8	
weiß	9	9	

Widerstände

Auf dem Widerstand sind vier farbige Ringe. Einer dieser Ringe ist silbern oder golden. Wenn man den Farbschlüssel liest, muß sich der silberne oder goldene Ring an der rechten Seite befinden. Dann bedeutet die Farbe des ersten Ringes (von links nach rechts) die erste Zahl, die Farbe des zweiten Ringes die zweite Zahl und die Farbe des dritten Ringes die Anzahl der Nullen.

Ein goldener Ring zeigt an, daß der Widerstand eine Genauigkeitstoleranz von $\pm 5\%$ hat und der silberne Ring eine von $\pm 10\%$.

(Der übliche Toleranzwert ist 10% . Hieraus erklärt sich, daß die Widerstandswerte solche „eigenartigen“ Zahlen sind. Die Werte sind 10, 12, 15, 18, 27, 33 usw. Ein 10-Ohm-Widerstand kann als Maximalgröße also $10\text{ Ohm} + 10\%$ = 11 Ohm haben. Ein 12-Ohm-Widerstand kann auch 10% weniger sein: $12\text{ Ohm} - 10\%$ = 10,8 Ohm. Wenn ein Widerstand mehr als 10% abweicht, fällt er automatisch unter eine andere Wertbezeichnung und wird natürlich entsprechend benannt.

Lege einen Widerstand so vor dich hin, daß der goldene oder silberne Farbring rechts liegt, z. B. gelb, lila, rot (gold). Nun liest du von links ab:

1. Farbring: gelb = 4	oder 1. Farbring: braun = 1
2. Farbring: lila = 7	2. Farbring: rot = 2
3. Farbring: rot = 00	3. Farbring: schwarz = —
Ergebnis: 4700 Ohm 4 7 00	Ergebnis: 12 Ohm 1 2

Widerstände (Ω)	Farbringe	Widerstände (Ω)	Farbringe
10 Ohm	braun schwarz schwarz	3 300 Ohm	orange orange rot
47 Ohm	gelb lila schwarz	4 700 Ohm	gelb lila rot
100 Ohm	braun schwarz braun	10 000 Ohm	braun schwarz orange
150 Ohm	braun grün braun	15 000 Ohm	braun grün orange
220 Ohm	rot rot braun	22 000 Ohm	rot rot orange
470 Ohm	gelb lila braun	47 000 Ohm	gelb lila orange
1 000 Ohm	braun schwarz rot	100 000 Ohm	braun schwarz gelb
1 500 Ohm	braun grün rot	220 000 Ohm	rot rot gelb
2 200 Ohm	rot rot rot	470 000 Ohm	gelb lila gelb

Für die im Inhaltsverzeichnis aufgeführten Widerstände können folgende Ersatzwerte verwendet werden:

Widerstände (Ω)	Ersatzwert	Ersatzwert
10 Ohm	—	11 Ohm
47 Ohm	43 Ohm	51 Ohm
100 Ohm	91 Ohm	110 Ohm
220 Ohm	200 Ohm	240 Ohm
470 Ohm	430 Ohm	510 Ohm
1 000 Ohm	910 Ohm	1 100 Ohm
1 500 Ohm	1 300 Ohm	1 600 Ohm
2 200 Ohm	2 000 Ohm	2 400 Ohm
3 300 Ohm	3 000 Ohm	3 600 Ohm
4 700 Ohm	4 300 Ohm	5 100 Ohm
10 000 Ohm	9 100 Ohm	11 000 Ohm
15 000 Ohm	13 000 Ohm	16 000 Ohm
22 000 Ohm	20 000 Ohm	24 000 Ohm
47 000 Ohm	43 000 Ohm	51 000 Ohm
100 000 Ohm	91 000 Ohm	110 000 Ohm
220 000 Ohm	200 000 Ohm	240 000 Ohm
470 000 Ohm	430 000 Ohm	510 000 Ohm

Keramische Kondensatoren

Für die Bestimmung der Werte keramischer Kondensatoren gilt die gleiche Tabelle wie für die Widerstände. Nur haben sie nicht gold oder silber als vierte (für uns unbedeutende) Farbe. Die Grundfarbe hat übrigens auch keine Bedeutung. Dafür können sie je nach Temperatur- und Spannungsbelastbarkeit einen vierten und fünften Farbring tragen.

Der keramische Kondensator hat zwei Drahtanschlüsse. Wenn du genau hinsiehst, kannst du feststellen, daß diese Anschlüsse nicht den gleichen Abstand vom jeweiligen Ende des Kondensators haben. Der eine Zwischenraum zwischen Kondensator-Ende und Draht ist kürzer. Den legst du immer nach links. Dann kannst du die Werte der drei Farbringe genauso ablesen wie bei den Widerständen:

a) Drei Farbringe

Sie geben die Kapazität in pF an laut Tabelle.

b) Vier Farbringe

Die ersten drei Ringe geben die Kapazität in pF laut Tabelle an, der letzte vierte Farbring bleibt unbeachtet.

c) Fünf Farbringe

Die beiden äußeren Farbringe läßt du unberücksichtigt, die drei mittleren geben dann die Kapazität in pF laut Tabelle an.

d) Aufgedruckte Zahlen

Nicht alle keramischen Kondensatoren haben Farbringe, sondern auf einige ist der Wert als Zahl gedruckt. Steht die Zahl allein, drückt der Wert die Kapazität in pF aus. Folgt ein **kleiner** Buchstabe, gilt die Maßeinheit:

$$\begin{array}{ll}
 p = & pF \\
 n = & nF = 1\,000\,pF \\
 k \text{ (kilo pF)} = & nF = 1\,000\,pF
 \end{array}$$

Große Buchstaben haben für die Bestimmung des Wertes **keine** Bedeutung.

Wert	Farbcode	oder Aufschrift					
10	pF	braun schwarz schwarz	10	10 p			
22	pF	rot rot schwarz	22	22 p			
47	pF	gelb lila schwarz	47	47 p			
68	pF	blau grau schwarz	68	68 p			
100	pF	braun schwarz braun	100	100 p			
180	pF	braun grau braun	180	180 p			
220	pF	rot rot braun	220	220 p			
330	pF	orange orange braun	330	330 p			
470	pF	gelb lila braun	470	470 p			
1 000	pF	braun schwarz rot	1 000	1 000 p	1 k		1 n
2 700	pF	rot lila rot	2 700	2 700 p	2,7 k	2 k 7	2,7 n 2 n 7
4 700	pF	gelb lila rot	4 700	4 700 p	4,7 k	4 k 7	4,7 n 4 n 7
10 000	pF	braun schwarz orange	10 000	10 000 p	10 k		10 n

Für die im Inhaltsverzeichnis aufgeführten keramischen Kondensatoren können folgende Ersatzwerte verwendet werden:

Wert	Ersatzwert	Ersatzwert
10 pF	—	11 pF
22 pF	20 pF	24 pF
47 pF	43 pF	51 pF
1 000 pF	820 pF	1 200 pF
10 000 pF	8 200 pF	12 000 pF

Polyester-Kondensatoren

Auf die Polyester-Kondensatoren sind die Werte aufgedruckt, die in pF, nF oder μF angegeben sind. Die Umrechnung kannst du folgender Aufstellung entnehmen:

Aufschrift	Ersatzwert	Ersatzwert
22 000 pF = 22 nF = 0,022 μF	0,018 μF	0,027 μF
47 000 pF = 47 nF = 0,047 μF	0,039 μF	0,056 μF
100 000 pF = 100 nF = 0,1 μF	0,082 μF	0,12 μF
220 000 pF = 220 nF = 0,22 μF	0,18 μF	0,27 μF

Elektrolyt-Kondensatoren

Auf den Elektrolyt-Kondensatoren sind die Werte in μF aufgedruckt. Es kann aber auch Zahl/Zahl zu finden sein. Dann hat die Zahl hinter dem Schrägstrich für die Bestimmung des Wertes keine Bedeutung. Ebenfalls keine Bedeutung für den Wert haben die Zahlen, die mit $^{\circ}\text{C}$ gekennzeichnet sind.

Aufschrift	Ersatzwert	Ersatzwert
4 μF = 4/..	3,3 μF	4,7 μF
10 μF = 10/..	6,8 μF	15 μF
100 μF = 100/..	125 μF	150 μF

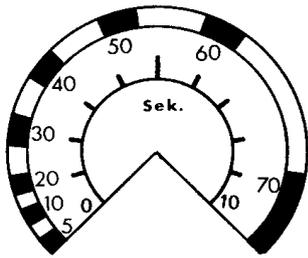


Abb. 177

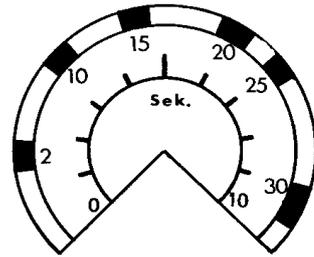


Abb. 178

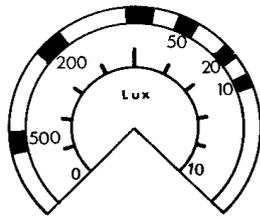


Abb. 179

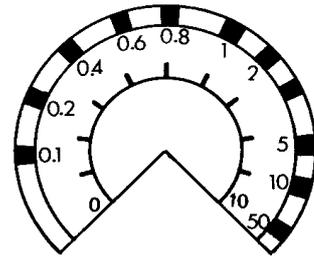


Abb. 180

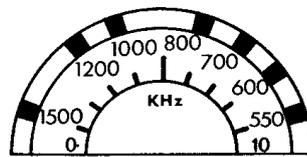


Abb. 182

Quelle 2,3,4