

Schuco[®]

ELECTRONIC

Grundstufe D

CE



SCHUCO
EXPERIMENTIER-
TECHNIK

D

Anleitungsbuch
Der leichte Einstieg in die Elektronik



6 x Babyzellen (LR 14 C) à 1,5 V
= 9 V, 150 mA
1 x 9 V-Block 6 F 22,
= 9 V, 100 mA
(Batterien nicht enthalten)

Nur angegebene Batterien verwenden.
Batterien regelmäßig auf Auslaufen
überprüfen. Hinweise im Buch D auf
Seite 14 und für Netzadapter auf
Seite 8 beachten.

Nicht für Kinder unter 36 Monaten
geeignet, da kleine Teile und
spitze Drähte vorhanden sind.



EXPERIMENTIER
TECHNIK

ELECTRONIC

Anleitungsbuch

Grundstufe D



SCHUCO EXPERIMENTIER-TECHNIK

© GEORG ADAM MANGOLD GMBH & CO. KG

Lange Straße 69-75 · 8510 Fürth/Bayern
Telefon (09 11) 78 72-0, Telex 6 26 103, FAX (09 11) 78 72 53

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.

Printed in Germany/Imprimé en Allemagne

Technische Änderungen vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis

Experiment	Seite (Seite)	Experiment	Seite (Seite)
Inhaltsverzeichnis	2	14 Dimmer	29 (99)
Vorwort	4	15 UKW-Rundfunkempfänger	29 (99)
Meßgerät 25	5	16 UKW-Rundfunkempfänger mit Sendersuchlauf	31 (101)
Bauteile des Experimentierkastens	6	17 Belichtungszeitschalter	32 (102)
Ohne Vorbereitung geht es nicht		18 Belichtungszeitschalter mit akustischer Anzeige	33 (103)
Experimentierboxen B und D	8	19 Lügendetektor	34 (104)
Bauteile der Experimentierbox D	9	20 Mischpult	35 (105)
Bauteile des Experimentierfeldes D	10	21 Zwei-Kanal-Lichtorgel	36 (106)
Befestigen der Bauteile auf der Grundplatte	15	22 Elektronische Eieruhr	37 (107)
		23 Drahtlos gesteuerte Ampel	38 (108)
		24 Halbautomatische Morsetaste	39 (109)
Experiment und Wirklichkeit Von Experten für Experten	17 (Seite)		
1 Schallpegel-Meßgerät	18 (88)	Elektronik vom Meßgerät erfaßt	40
2 Elektronisches Fernthermometer	19 (89)	25 Vielfach Meßgerät	40
3 Luxmeter	20 (89)	Messen von Stromstärken	40
4 Drehzahlmesser	21 (90)	Messen von Spannungen	40
5 Frequenzmeßgerät	22 (91)	Messen von Widerständen	40
6 FET-Voltmeter	23 (92)	Ohmsches Gesetz	42
7 Lineares Ohmmeter	23 (93)	26 Spannung	42
8 Transistor-Meßgerät	24 (94)	29 Stromstärke	43
9 Tongenerator	25 (95)	32 Widerstand	44
10 Elektronische Türglocke	26 (96)	32 Spannungsteilung	45
11 Bongo-Trommel	26 (97)	36 Reihenschaltung	45
12 Elektronische Baßtrommel	27 (97)	43 Parallelschaltung	46
13 Schlagbesen	28 (98)	47 Potentiometer	48
		48 Spannungsteilung	48
		52 Widerstände	49
		54 LDR – Lichtempfindlicher Widerstand	50
		55 NTC – Temperaturabhängiger Widerstand	50

Inhaltsverzeichnis

Experiment	Seite (Seite)	Experiment	Seite (Seite)
56 Kondensatoren	51	118 Spannungsverstärkung	81
59 Ladevorgang	51	119 FET-OP-Verstärker	82
62 Ladevorgang bei Reihenschaltung	52	120 Einstellen des Arbeitspunktes	82
64 Integrationsglied	53	126 Bistabiler Multivibrator	84
68 Differenzierglied	54	128 Integrator	86
71 Lautsprecher	55	129 Oszillator	86
72 Spule	56	130 Spannungsmessung	87
75 Transformator	56		
78 Induktion	57		
80 Halbleiterdiode	58		
Sperrichtung	58	Meßpraxis	110
81 Durchlaßrichtung	58	Messen von Stromstärken	110
86 Kennlinie	60	Messen von Spannungen	111
88 Zenerdiode	62	Messen von Widerständen	111
90 Kapazitätsdiode	63	Durchmessen von Schaltungen	112
Messungen an Transistoren	64	Elektronische Türglocke	112
92 Basis-Emitter-Strecke	64	Mischpult	113
94 Basis-Kollektor-Strecke	65	Mittelwellen-Empfänger	113
96 Emitter-Kollektor-Strecke	66		
98 Transistor als Schalter	67		
99 Stromverstärkung des Transistors	67	Technische Daten	114
102 Spannungsverstärkung des Transistors	68	Widerstände	114
104 Zweistufiger Verstärker	70	Keramische Kondensatoren	116
105 Bistabiler Multivibrator	71	Folien-Kondensatoren	116
106 Schmitt-Trigger oder Schwellwertschalter	72	Elektrolyt-Kondensatoren	116
108 Spannungsimpulserzeugung	73	NTC	116
109 Monostabiler Multivibrator	74	LDR	116
110 Astabiler Multivibrator	75	Spule	117
111 Infrarotes Licht	76	Lautsprecher	117
112 Operationsverstärker	77	Dioden	117
115 FET – Feld-Effekt-Transistor	79	Transistoren	117
117 Aufnahme der Kennlinie	80	Integrierte Schaltkreise	117
		Morsealphabet	118
		Schaltsymbole	118

Vorwort

Elektronische Geräte gehören heute so selbstverständlich zum täglichen Leben wie Autos, Flugzeuge und Raumschiffe. Gerade die Raumfahrtindustrie hat die Entwicklung elektronischer Bauelemente in einem solchen Tempo vorangetrieben, daß sensationelle Neuentwicklungen von heute bereits morgen überholt sein können.

Die Miniaturisierung der Bauelemente hat heute einen solchen Stand erreicht, daß man Großrechenanlagen – Computer – die früher ganze Räume ausfüllten, mit einem „Chip“ von der Größe eines Fingernagels aufbauen kann.

Auch uns ist der Umgang mit solchen Chips – sei es in Taschenrechnern, Videospiele usw. – so selbstverständlich, daß wir schon nicht mehr merken, wo überall diese winzigen Wunderwerke verwendet werden.

Gerade diese unaufhaltsame, weltweite Verbreitung zwingt jeden von uns, sich mit solchen technischen Neuerungen zu beschäftigen und ihre Funktionen verstehen zu lernen.

Dieser Elektronik-Experimentierkasten Profi-Lab bietet – wie alle Experimentierkästen dieser Serie – eine hervorragende Möglichkeit, durch selbstverständlichen Umgang mit neuen elektronischen Bauelementen in die Wunderwelt der Elektronik einzudringen. Daß in diesem Bereich aber keine Wunder geschehen, sondern alles erklärbar und auch verständlich ist, beweist dieses Anleitungsbuch.

Vor dem Experimentieren sollte unbedingt das Kapitel „Ohne Vorbereitung geht es nicht“ gelesen werden. Denn in diesem Abschnitt werden die notwendigen Vorarbeiten erläutert und die Bauteile vorgestellt.

*„Experiment und Wirklichkeit“ heißt das Kapitel, in dem erste Experimente – leichte bis zu sehr umfangreichen – aufgebaut werden können. Zu jedem dieser Experimente gibt es einen **Verdrahtungsplan**, auf dem die Bauteile in Originalgröße symbolhaft abgebildet sind. Dieser Verdrahtungsplan räumt alle Schwierigkeiten beim Aufbau aus dem Weg.*

„Elektronik – vom Meßgerät erfaßt“ bietet einen weitgehenden Einblick in den Umgang mit einem aufzubauenden Vielfachmeßgerät und eine Hilfe beim Erforschen der Elektronik durch Messungen in Schaltungen.

***Von Experten für Experten** – das ist das Kapitel, in dem die Erklärungen zu den elektronischen Schaltungen stehen. In diesen Schaltungsbeschreibungen wird erläutert, welche Aufgaben die einzelnen Bauteile in den Schaltungen zu erfüllen haben.*

*Der Abschnitt **Meßpraxis** gibt eine Hilfe, durch Messungen an aufgebauten Experimenten zu erkennen, wo welche Spannungen und Ströme vorhanden sind und was man daraus erkennen kann.*

Liebe Eltern,

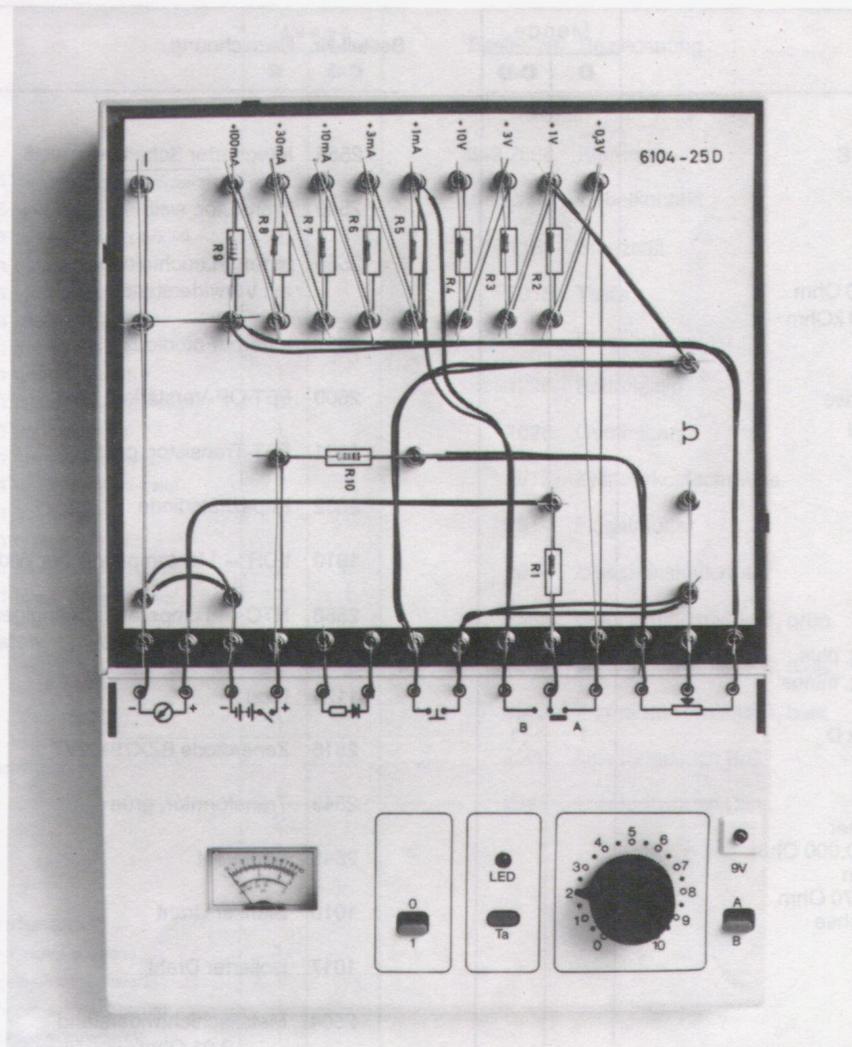
Sie haben ein Qualitäts-Produkt erworben, das dem Stand der Technik entspricht und damit die gültigen Sicherheitsbestimmungen erfüllt.

Zum Experimentieren werden sechs Batterien (Babyzelle R 14) und für das Expert-Lab C noch ein 9-Volt-Block (6 F 22) benötigt, die dem Experimentier-Kasten wegen ihrer begrenzten Lagerfähigkeit nicht beigelegt werden können.

Wenn Sie aus Kostengründen ein Netzteil verwenden wollen, beschaffen Sie sich bitte den auf Seite 8 beschriebenen Schuco-Netzadapter 6-6155. Benutzen Sie auf keinen Fall Eisenbahn-Transformatoren oder Akku-Ladegeräte; sie würden die IC's und Transistoren zerstören.

Bedenken Sie aber auch, daß der Umgang mit der Netzspannung immer Gefahren in sich birgt und daher bitten wir Sie, Ihre Kinder zu entsprechend vorsichtigem Verhalten anzuleiten.

Wir möchten Sie außerdem darauf hinweisen, daß Sie verpflichtet sind, jeden Sicherheits-Transformator, jede Ladeinheit und jeden Netzadapter regelmäßig auf mögliche Gefahren, wie z. B. Schäden am Gehäuse, am Stecker und an der Leitung zu untersuchen. Falls Sie solche Schäden feststellen, darf das Spielzeug nicht weiterbenutzt werden, bis der Schaden ordnungsgemäß behoben ist. (VDE-Vorschrift 700, Teil 209, Seite 3)



Auf dem obenstehenden Foto ist das vollständig aufgebaute Vielfach-Meßinstrument abgebildet. Man erkennt die Minusklemme, die bei allen Stromstärke- und Spannungsmessungen angeschlossen wird und die 4 Spannungs- und

5 Stromstärke-Meßbereiche. Zwischen den Klemmen, die für Widerstandsmessungen vorgesehen sind, befindet sich das Ω -Zeichen. Der Aufbau dieses Meßinstruments ist ausführlich im Experiment 25 beschrieben.

Bauteile des Experimentierkastens

Bestell-Nr.	Bezeichnung	Menge	
		D	C-D
349.2740	Experimentierbox B bestehend aus: Platine mit Lautsprecher Leuchtdiode, rot Vorwiderstand 470 Ohm Potentiometer 10 kOhm Tastschalter Schiebeschalter Netzanschlußbuchse Federleiste, 2polig 14 Klemmen Gehäuse Grundplatte Frontplatte Zeigerknopf Knopfaufsatz, rot Batteriehalter, mit 2 Batterie-Kontakt, plus 2 Batterie-Kontakt, minus		
349.2741	Experimentierbox D bestehend aus: Platine mit Tastschalter 2 x Schiebeschalter Potentiometer, 10.000 Ohm Leuchtdiode, grün Vorwiderstand, 470 Ohm Netzanschlußbuchse Meßwerk 14 Klemmen Gehäuse Grundplatte Frontplatte Zeigerknopf 2 x Knopfaufsatz, rot Batteriehalter, mit 2 Batterie-Kontakt, plus 2 Batterie-Kontakt, minus	1	1
2521	Grundplatte	1	
2523	Abdeckhaube	2	1

Bestell-Nr.	Bezeichnung	Menge	
		D	C-D
2555	Integrierter Schaltkreis, weiß	1	
2546	Transistor, weiß	2	
2556	Infrarot-Leuchtdiode mit Vorwiderstand	1	
2557	Infrarot-Fotodiode	1	
2600	FET-OP-Verstärker, gelb	1	1
2601	FET-Transistor, gelb	1	1
2602	Kapazitätsdiode	1	1
1010	LDR – Lichtempfindlicher Widerstand	1	
2558	NTC – Temperaturabhängiger Widerstand 1.300 Ohm	1	
1125	Diode	2	
2516	Zenerdiode BZX79 C2V7	1	1
2543	Transformtor, grün	1	1
2545	Spule, rot	1	
1016	Blanker Draht	8 m	4 m
1017	Isolierter Draht	8 m	4 m
2504	Metallschichtwiderstand		
	3,01 Ohm (orange-schwarz-braun-silber-braun-rot)	1	1
	6,98 Ohm (blau-weiß-grau-silber-braun-rot)	1	1
	20 Ohm (rot-schwarz-schwarz-gold-braun-rot)	1	1
	76,8 Ohm (violett-blau-grau-gold-braun-rot)	1	1
	267 Ohm (rot-blau-violett-schwarz-braun-rot)	1	1
	787 Ohm (violett-grau-violett-schwarz-braun-rot)	1	1
	3.570 Ohm (orange-grün-violett-braun-braun-rot)	1	1
	10.200 Ohm (braun-schwarz-rot-rot-braun-rot)	1	1
	35.700 Ohm (orange-grün-violett-rot-braun-rot)	1	1

Bauteile des Experimentierkastens

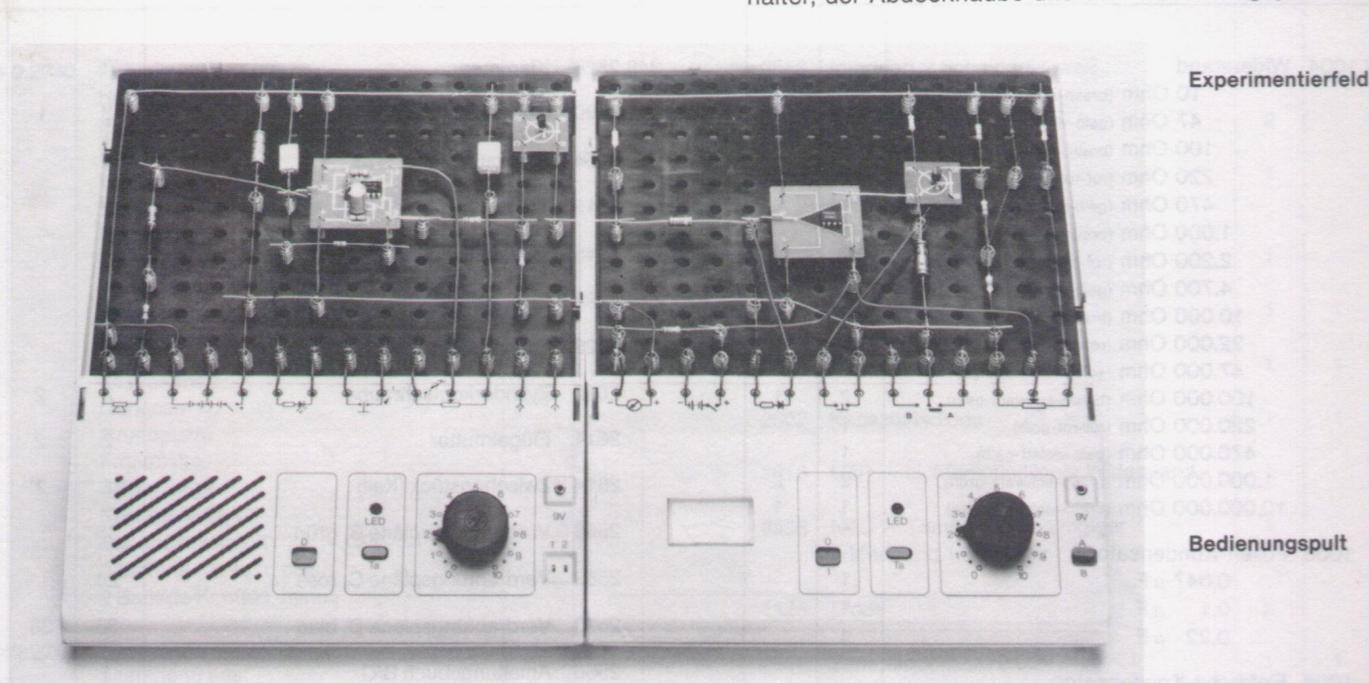
Bestell-Nr.	Bezeichnung	Menge	
		D	C-D
349.1004	Widerstand		
	10 Ohm (braun-schwarz-schwarz)	1	
	47 Ohm (gelb-violett-schwarz)	1	
	100 Ohm (braun-schwarz-braun)	1	
	220 Ohm (rot-rot-braun)	1	
	470 Ohm (gelb-violett-braun)	1	
	1.000 Ohm (braun-schwarz-rot)	1	
	2.200 Ohm (rot-rot-rot)	1	
	4.700 Ohm (gelb-violett-rot)	1	
	10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)	3	1
	22.000 Ohm (rot-rot-orange)	1	
	47.000 Ohm (gelb-violett-orange)	1	
	100.000 Ohm (braun-schwarz-gelb)	2	1
	220.000 Ohm (rot-rot-gelb)	1	
	470.000 Ohm (gelb-violett-gelb)	1	
	1.000.000 Ohm (braun-schwarz-grün)	2	2
	10.000.000 Ohm (braun-schwarz-blau)	1	1
1005	Folien-Kondensator		
	0,047 μ F	1	
	0,1 μ F	1	
	0,22 μ F	1	
1006	Elektrolyt-Kondensator		
	4,7 μ F	1	
	10 μ F	2	1
	100 μ F	1	
	220 μ F	1	
1007	Keramischer Kondensator		
	27 pF (rot-violett-schwarz)	1	1
	47 pF (gelb-violett-schwarz)	1	
	100 pF (braun-schwarz-braun)	1	
	1.000 pF (braun-schwarz-rot)	1	
	10.000 pF (braun-schwarz-orange)	2	
4072	Kupferblech	1	
4371	Zinkblech	1	

Bestell-Nr.	Bezeichnung	Menge	
		D	C-D
349.2526	Klemmen	75	-
2590	Gabelkontakt	3	1
1154	Stanzstift	1	
5015	Taste	1	
5145	Einschaltkontakt	1	
1296	Batterieclip	1	
1028	Gummiband	1	
2612	Zylinderkopfschraube	2	2
2614	Flügelmutter	2	2
2614	Zwischenstück (Keil)	2	2
2568	Verdrahtungspläne B, grün	35	
2569	Verdrahtungspläne C, rosa	20	
2570	Verdrahtungspläne D, blau	38	38
2566	Anleitungsbuch B/C	1	
2567	Anleitungsbuch D	1	1

Ohne Vorbereitung geht es nicht

Experimentierboxen

Jede **Experimentierbox** besteht nach der Montage aus dem **Experimentierfeld** mit der Grundplatte, dem Batteriehalter, der Abdeckhaube und dem **Bedienungspult**.

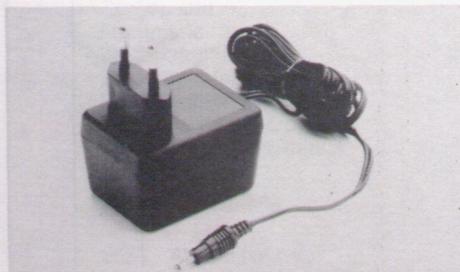


Experimentierbox B

Lautsprecher Ein-
Aus-
Schalter LED Potentio-
meter Anschluß
für Netzteil
Außen-
anschlüsse
1 u. 2

Experimentierbox D

Meßwerk Ein-
Aus-
Schalter LED Potentio-
meter Tast-
schalter



Als Zubehör lieferbar:

Netzadapter spart Batterien

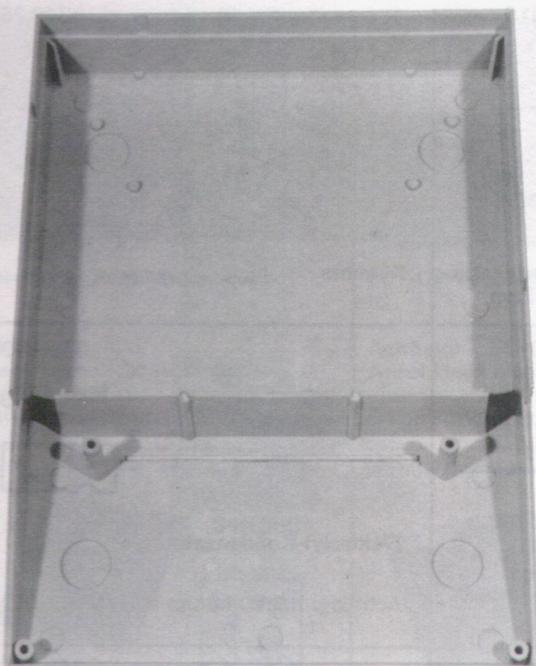
Bestell-Nr. 6-6155

mit passendem Stecker. VDE geprüft.
Technische Daten:
Eingang: 220 V, 50 Hz
Ausgang: = 9 V, 350 mA elektronisch
stabilisiert und kurzschlußfest

Aus Sicherheitsgründen darf nur der
Netzadapter 6-6155 verwendet werden!

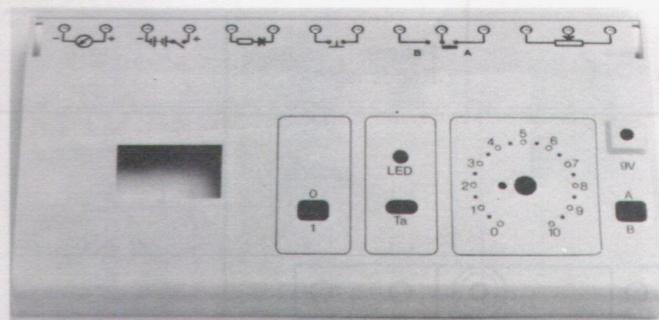
Ohne Vorbereitung geht es nicht

Bauteile der Experimentierbox D



Gehäuse

349.2549



Fontplatte für Bedienungspult D

349.2605



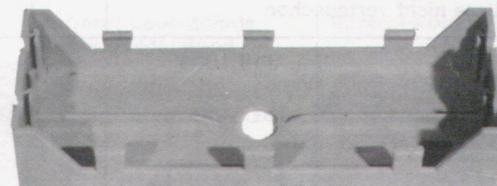
Batteriekontakt
plus
349.2527



Batteriekontakt
minus
349.2528



Zeigerknopf
349.2554



Batteriehalter

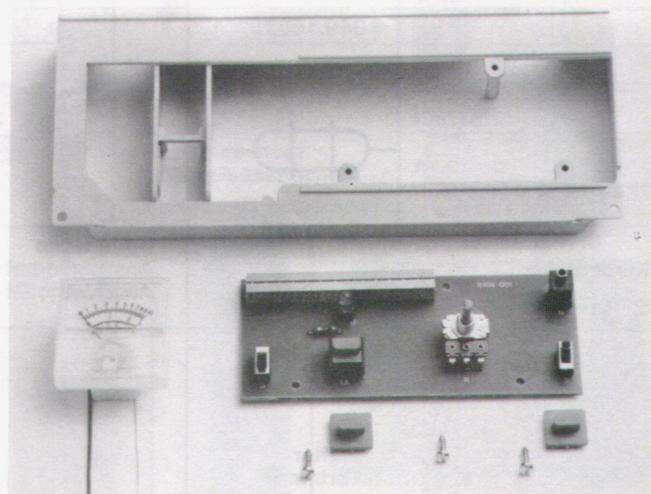
349.2553

349.2606

Rahmeneinsatz D

349.2604

Platine mit Bedienungselementen D



Meßwerk

349.2603

Knopfaufsatz für
Schiebeschalter

349.2534

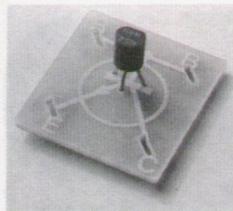
Blechschauben

349.2610

Ohne Vorbereitung geht es nicht

Bauteile des Experimentierkastens D

Durch die folgenden Fotos werden die Bauteile des Experimentierkastens D vorgestellt. Bei jedem Foto findet man die



349.2546



Abbildung im Verdrahtungsplan

Transistor, weiß

Achtung:
Anschlüsse nicht vertauschen

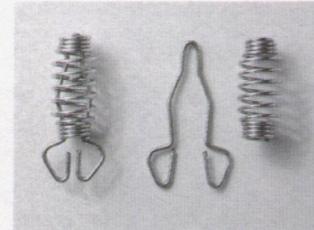


blanker Draht

349.1016



unter der Platte durchführen



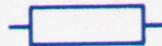
349.2526



Klemme



349.1004



Widerstand

s. Seite 115

3 Farbringe + gold

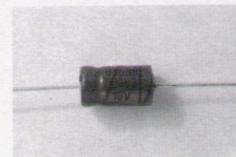


isolierter Draht

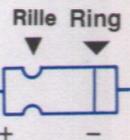
349.1017



Enden
abisolieren

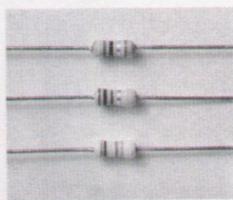


349.1006



Elektrolyt-Kondensator

Achtung: richtig herum einsetzen



349.1007



s. Seite 116

Keramischer Kondensator

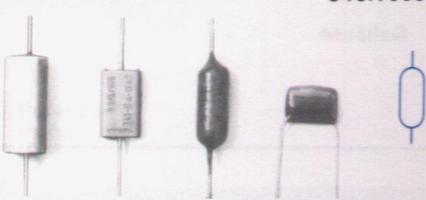
5 Farbringe



349.1296

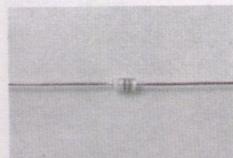


Batterieclip
Anschlußdraht rot = +
Anschlußdraht schwarz = -



349.1005

Folien-
Kondensator

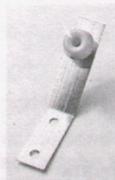


349.1125



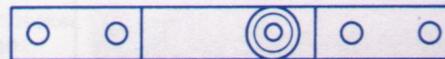
Diode

Achtung: richtig herum einsetzen



Taste

349.5015



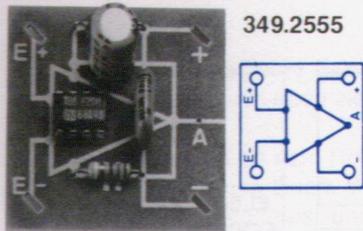
349.5145



Einschaltkontakt

Ohne Vorbereitung geht es nicht

symbolhafte Abbildung, die im Verdrahtungsplan verwendet wird.

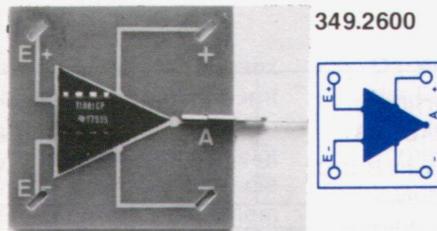


349.2555

Integrierter Schaltkreis, weiß
IC

Achtung:
Anschlüsse nicht vertauschen

Gabelkontakt aufstecken

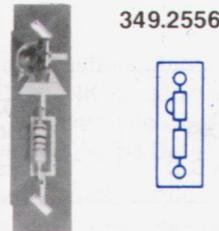


349.2600

FET-OP-Verstärker, gelb
IC

Achtung:
Anschlüsse nicht vertauschen

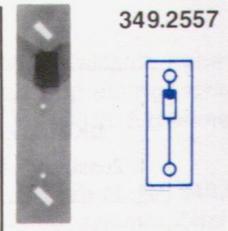
Gabelkontakt aufstecken



349.2556

Infrarot-Leuchtdiode
mit Vorwiderstand

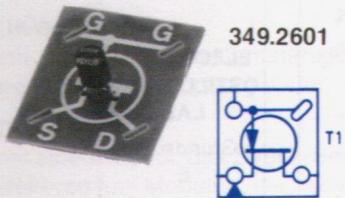
Achtung:
richtig herum einsetzen



349.2557

Infrarot-Fotodiode

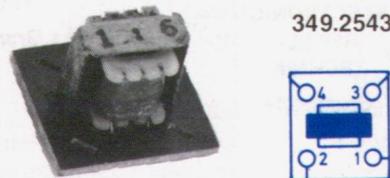
Achtung:
richtig herum einsetzen



349.2601

FET-Transistor, gelb

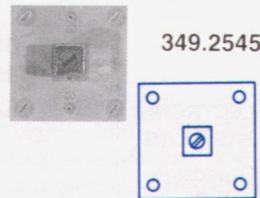
Achtung:
Anschlüsse nicht vertauschen



349.2543

Transformator, grün

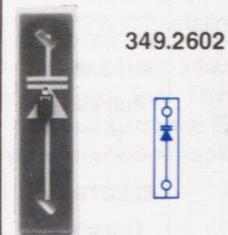
Achtung:
Auf die Nummern
der Anschlüsse achten



349.2545

Spule, rot

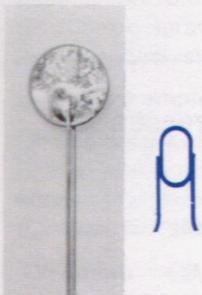
Achtung:
auf die Nummern
der Anschlüsse achten
Gabelkontakt aufstecken



349.2602

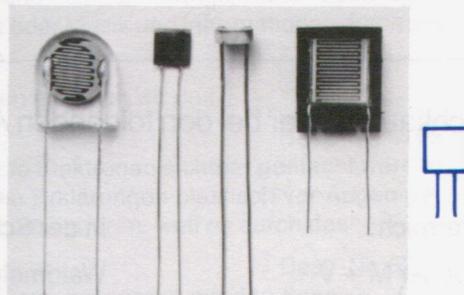
Kapazitätsdiode

Achtung:
richtig herum einsetzen



NTC

349.2558



LDR

349.1010



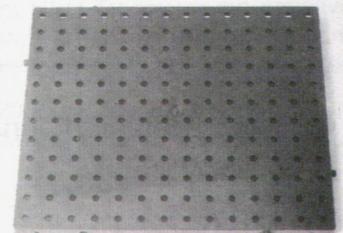
Gabelkontakt

349.2590



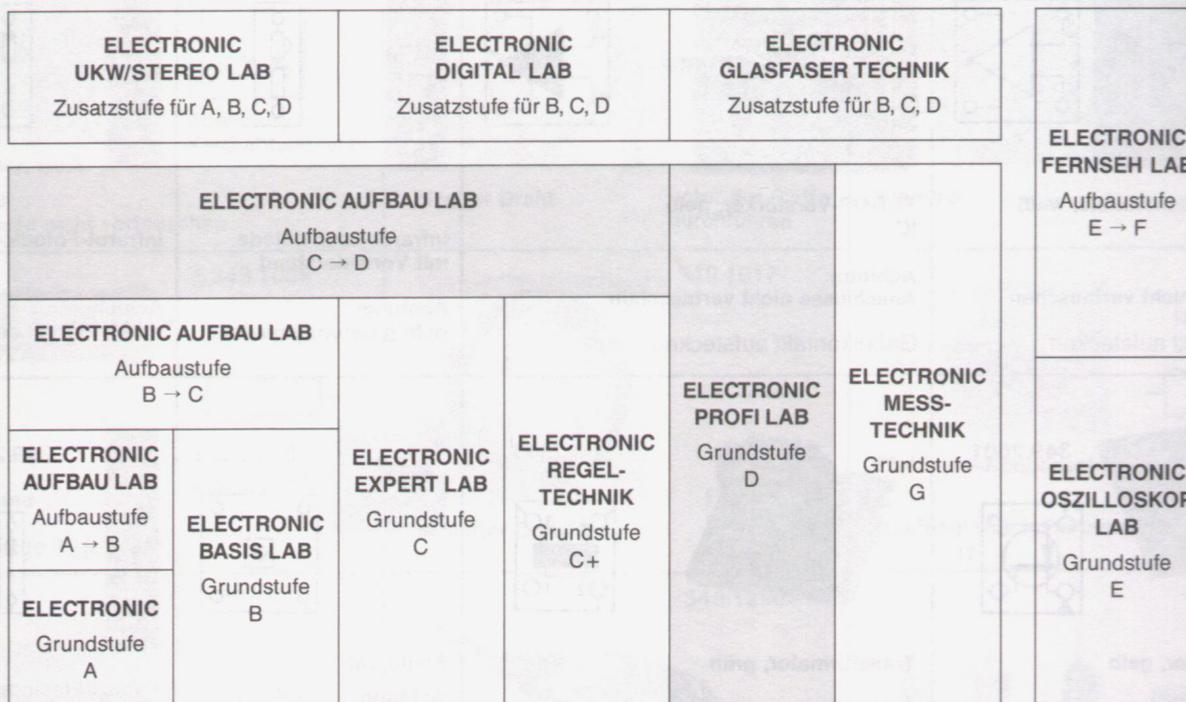
Stanzstift

349.1154



Grundplatte

349.2521



Sicher haben dir die Experimente, die du mit deinem Electronic-Grundkasten gebaut hast, gefallen. Möchtest du noch mehr über dieses interessante Gebiet erfahren? Die nebenstehende Grafik zeigt dir den Weg, mit welchen Kästen du dein Hobby ausbauen kannst.

Alle Bauteile kann man beim Fachhändler nachkaufen oder bei den folgenden Adressen bestellen:

in Deutschland:

SCHUCO
 EXPERIMENTIER-TECHNIK
 Lange Str. 69-75 · Tel. (09 11) 7 87 20
 8510 Fürth

in Österreich:

Stadlbauer M + V
 Postfach 83
 5027 Salzburg
 Tel. 06 62/88-14 76

in der Schweiz:

Waldmeier AG
 Auf dem Wolf 30
 4052 Basel
 Tel. 061/3 11 88 18

Sicher haben dir doch die Experimente gefallen und ganz nebenbei wirst du auch noch viel über die Elektronik gelernt haben.

Mit welchen Kästen du dein Hobby ausbauen kannst, zeigt dir die Grafik vorne im Buch. Wenn du z. B. mehr über die Elektronik wissen möchtest und dieses Wissen mit einem eigenen Meßgerät auch praktisch erproben willst, empfiehlt sich das

Zusatz-Lab C-D Best.-Nr. 6203
Auf Seite 191 steht welche interessanten Experimente dann außerdem noch gebaut werden können.

Wenn dich spezielle Themen interessieren, bieten sich die Zusatz-Lab's an:

UKW/Stereo Best.-Nr. 6301
mit einem voll funktionsfähigen UKW-Modul, das sofort trennscharfen Empfang bietet.

Digital-Lab Best.-Nr. 6302
mit einem Modul, das zwei 7-Segment-Anzeigen enthält und weiteren fünf Modulen, die neben interessanten Experimenten auch den fundierten Einstieg in diese zukunftsweisende Technik ermöglichen.

Glasfaser-Technik Best.-Nr. 6303
Thema Verkabelung: „Der Draht aus dem die Zukunft kommt“ wird durch diesen hochaktuellen Kasten vorgestellt und mit Experimenten erklärt. Ein Sendemodul mit eingebautem Mikrofon und ein Empfangsmodul übertragen gleichzeitig Sprache oder Musik und Informationen durch ein Zwei-Kanal-System.

Besonders empfehlen möchten wir das

Oszilloskop-Lab Best.-Nr. 6105
Einmal, weil nur so die Elektronen sichtbar gemacht werden können und damit die Erklärungen plastisch vor Augen geführt werden – und zum anderen, weil es durch das

TV-Zusatz-Lab Best.-Nr. 6205
zum Fernsehempfänger ausgebaut werden kann . . . Und das bietet nur das Schuco-Experimentiertechnik-Programm. Siehe bitte die Beschreibung und das Foto auf Seite 192.

Da sich die Technik ständig weiter entwickelt, haben wir das ELECTRONIC-Ergänzungs-Set-Programm geschaffen. Moderne Bauelemente werden mit jeweils 20 Experimenten vorgestellt und bis ins Detail erklärt.

Zweifarbigen-Leuchtdiode Best.-Nr. 349.6361
Beispiele für das neueste Leuchtdiodensystem: Zwei verschiedenfarbige Leuchtdioden in einem Gehäuse können getrennt oder auch gemeinsam angesteuert werden, so ergeben sich immer wieder neue Farbspiele zwischen rot, orange, gelb und grün.

Hier einige der insgesamt 20 Experimente aus der modernen Indikator-technik:

Automatische Farbumschaltung	Energiesparthermostat
Stufenlose Farbumschaltung	Polaritäts-Tester
Rot-Grün-Blinker	Warn-Wechsel blinker

Thyristor Best.-Nr. 349.6362
Beispiele der modernen Schaltelektronik: Ein Thyristor schaltet mit geringem Steuerstrom hohe Lastströme. Er löst das Relais ab, das wegen seiner mechanischen Kontakte zu langsam und sehr stör anfällig war.

Hier einige der insgesamt 20 Experimente:

Überstromschalter	Blitzlicht
Alarmanlage mit Warnton	Grenzwertmelder
Tongenerator	Akustischer Schalter

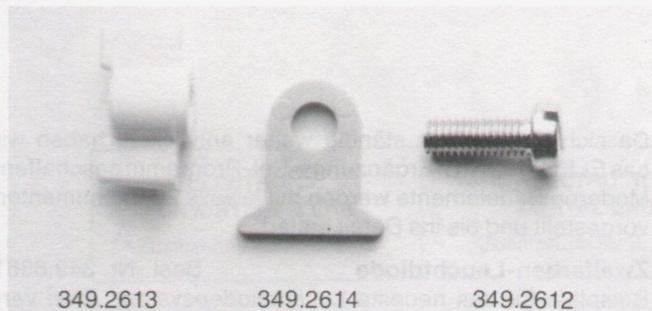
PNP-Transistor Best.-Nr. 349.6363
Beispiele zur Abrundung der kompletten Transistortechnik: Arbeitet im Gegensatz zum NPN-Transistor mit negativer Basis-Vorspannung. Dadurch ergeben sich beim Zusammenschalten dieser beiden Typen viele neue Möglichkeiten.

Hier einige der insgesamt 20 Experimente:

- Indikator für Lichtstärkeschwankungen
- Sirene
- Gegentakt-Endstufe
- Sensor-Taste
- Automatischer dämmerungsgesteuerter Baustellen blinker

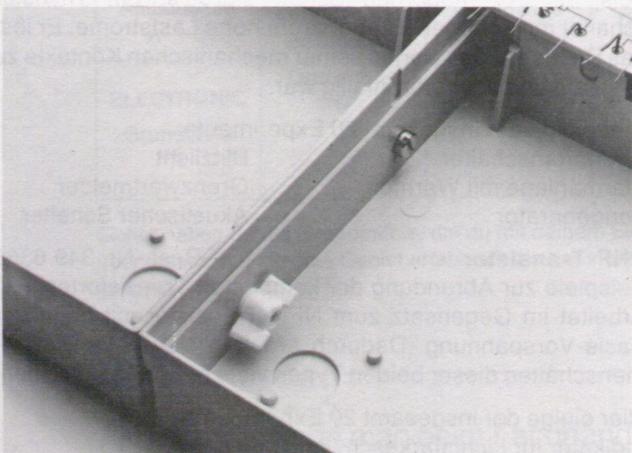
Diese ELECTRONIC-Ergänzungs-Sets passen zu allen Grundkästen ab Basis-Lab B. Sie können direkt bei der auf der ersten Seite angegebenen Adresse bestellt werden.

Ohne Vorbereitung geht es nicht

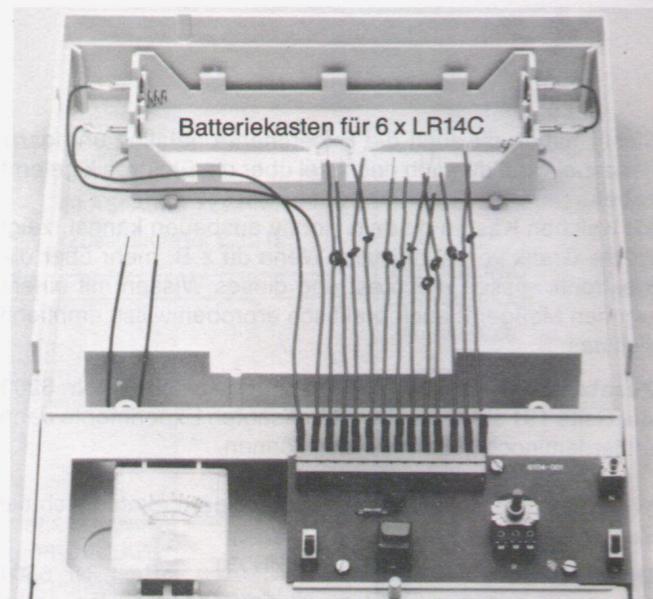


Dieser Elektronik-Experimentierkasten Profi-Lab enthält zwei vollständige Experimentierboxen, die für manche Experimente völlig getrennt, in anderen aber auch gemeinsam benutzt werden. Die Experimentierbox B – das ist die, in die der Lautsprecher eingebaut wird – ist ausführlich im Anleitungsbuch des Grundkastens B – Basis-Lab – beschrieben.

In diesem Anleitungsbuch D des Profi-Lab, ist nur der Aufbau der Experimentierbox D erläutert. Diese Box erkennt man daran, daß sie das Meßwerk enthält. Sie wird im folgenden kurz Box D genannt.



In den Experimenten, bei denen beide Boxen benötigt werden, können sie zusammengeschraubt werden. Dazu legt man an den Bohrungen zwischen die beiden Gehäuse den Keil, steckt von einer Seite die Schraube hindurch und dreht auf der anderen Seite die Flügelmutter darauf. Die Boxen können nicht ständig zusammengebaut bleiben, da die Box D (mit dem Meßwerk) z. T. auf der linken, z. T. auf der rechten Seite benötigt wird.



Meßwerk
Ein- Ausschalter (0 - 1)
LED Taster (Ta)
Potentiometer (0 - 10)
Anschluß für Netzadapter (9 V)
Umschalter (A - B)

Experimentierbox D in geöffnetem Zustand

Stromversorgung

Um Batterien zu sparen, empfiehlt es sich, den **Netzadapter** 6155 zu benutzen. Sein Anschlußstift wird in die Buchse mit der Bezeichnung 9 V gesteckt.

Sonst benötigt man 6 **Batterien** LR14C. Um sie in den Batteriehalter einzulegen, wird die Grundplatte an der hinteren Seite etwas angehoben. Die richtige Lage der 2 x 3 Batterien erkennst du auf dem Boden des Batteriehalters.

Bei Experimenten wie auf Seite 8 abgebildet braucht man in der Experimentierbox B keine eigene Stromversorgung.

Hier noch einige Hinweise:

Die Batterien sind regelmäßig zu prüfen und herauszunehmen, wenn längere Zeit nicht experimentiert wird!

Alle Batterien sollen gleichzeitig ausgewechselt werden; d. h. es dürfen keine neuen mit gebrauchten gemischt werden.

Ohne Vorbereitung geht es nicht

Batterien können und dürfen nicht mit einem Akku-Ladegerät aufgeladen werden.

Batterien dürfen nicht durch Verbrennung vernichtet werden, sondern sollten zu einer Batterie-Sammelstelle gebracht werden.

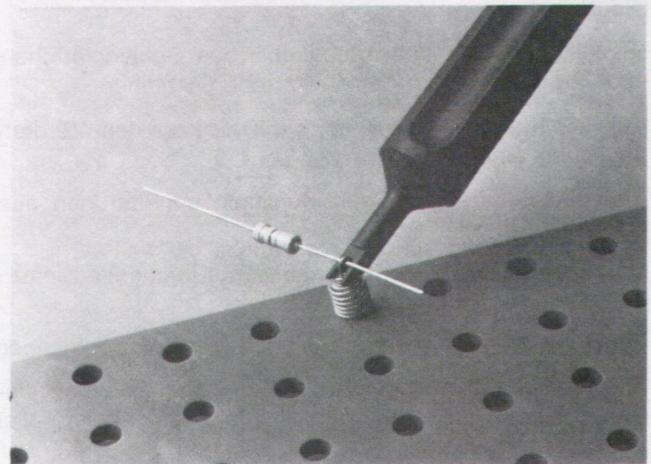
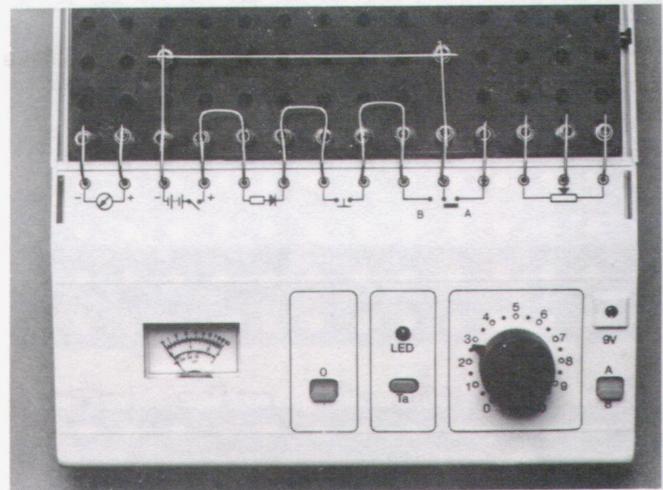
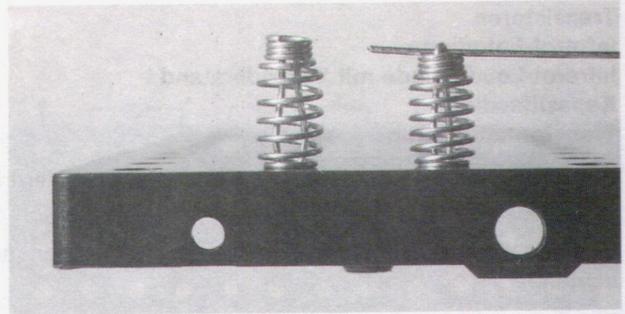
Das eigentliche Experimentierfeld ist die schwarze Grundplatte mit den vielen Löchern. Sie wird in die hintere Abteilung der Experimentierbox eingelegt. Zur Befestigung der Bauteile und zum Herstellen von Drahtverbindungen dienen Klemmen, die von oben durch ein Loch der Grundplatte gesteckt werden, bis sie einrasten. Für feststehende Verbindungen des Bedienungspults mit dem Experimentierfeld setzt man in die Reihe neben den herausragenden Drähten des Bedienungspults auf der Grundplatte 14 Klemmen ein. An diese Klemmen werden die Drähte aus den Löchern 1 – 14 auf dem kürzesten Wege angeschlossen. Der abisolierte Draht muß ganz durchgesteckt werden. Diese Verbindungen bleiben immer bestehen, auch wenn nicht alle bei jedem Experiment benötigt werden.

Für eine Kontrolle, ob du die Batterien richtig angeschlossen hast, stelle drei Drahtverbindungen her, wie sie das Foto zeigt. Wenn du den Ein-Ausschalter in Stellung 1 schiebst und den Taster niederdrückst, muß die Leuchtdiode aufleuchten.

Befestigen der Bauteile auf der Grundplatte

Anschlußdrähte
Widerstände
Kondensatoren
Diode
Zenerdiode BZX 79C2V7

Klemmfeder niederdrücken,
bis Schlaufe der Haarnadelfeder sichtbar ist.
Draht in die Schlaufe einschieben.
Klemmfeder loslassen.



Ohne Vorbereitung geht es nicht

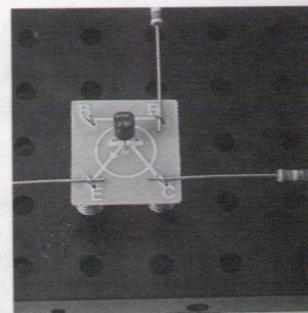
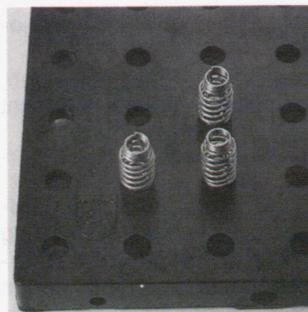
Transistoren
Infrarot-Fotodiode
Infrarot-Leuchtdiode mit Vorwiderstand
Kapazitätsdiode
Transformator, grün

So viele Klemmen einsetzen, wie Kreise auf dem Verdrahtungsplan sind (z. B. 3 oder 4 beim Transistor).

Haarnadelfedern nach den Schlitzen im Plättchen ausrichten.

Plättchen an einer Ecke niederdrücken und Anschlußdraht durch die Schlaufe schieben.

An den anderen Klemmen wiederholen, bis alle Anschlüsse befestigt sind.



IC
Spule, rot

Gabelkontakt auf den Anschluß 5 des Spulenplättchens bzw. die Ausgänge A der IC-Plättchen schieben.

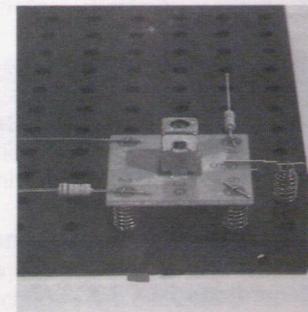
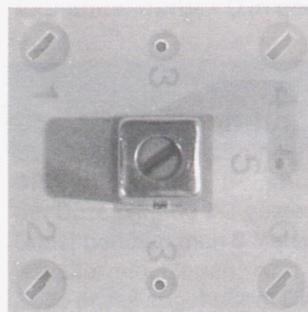
So viele Klemmen einsetzen, wie Kreise auf dem Verdrahtungsplan sind.

Haarnadelfedern nach den Schlitzen im Plättchen ausrichten.

Zunächst den Gabelkontakt in die entsprechende Klemme schieben.

Dann die übrigen Kontakte wie beim Transistor befestigen.

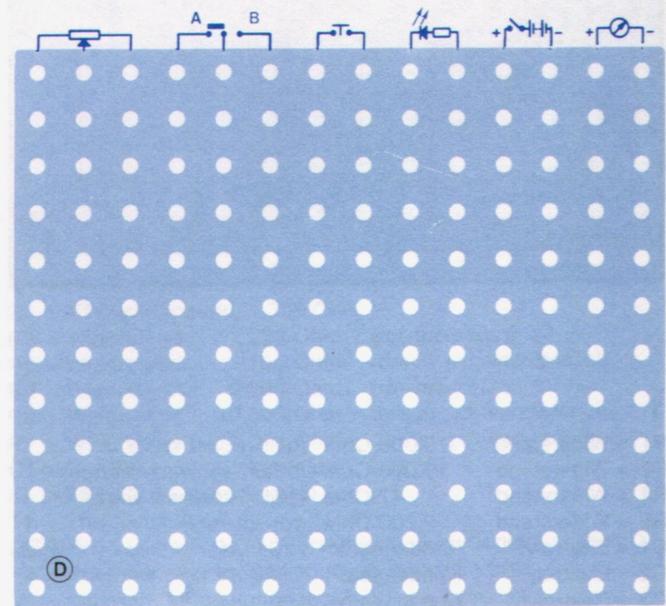
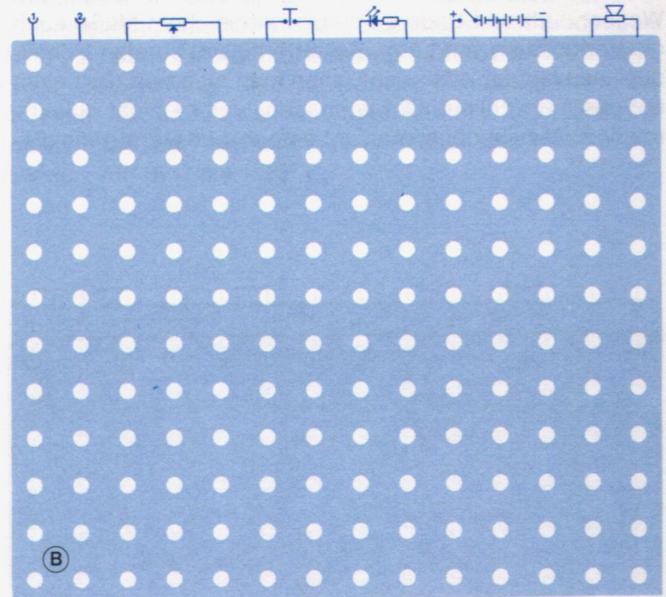
Das IC (weiß) ist auf dem Verdrahtungsplan mit einem weißen Dreieck dargestellt, das IC (gelb) mit einem vollen schwarzen Dreieck.



Bei den Experimenten 1 bis 25 sollte man so vorgehen:

1. Geräte mit einer Experimentierbox:
Verdrahtungsplan auf die Grundplatte legen.
2. Geräte mit zwei Experimentierboxen:
Für diese Geräte sind zwei Verdrahtungspläne vorhanden. Sie haben dieselbe Nummer und unterscheiden sich durch die Buchstaben B und D. Dieser Buchstabe (z. B. 6104 – 1 B) gibt an, auf welchem Experimentierfeld das Experiment aufgebaut werden muß. B bedeutet Box B, also hinter dem Pult mit Lautsprecher, D bedeutet Box D, also hinter dem Pult mit dem Meßwerk.
Die beiden Boxen werden so zusammengestellt, daß die Verbindungen zwischen den Verdrahtungsplänen auf gleicher Höhe liegen und aneinanderstoßen (Zusammenschrauben siehe Seite 10).
3. Stark umrandete Kreise im Verdrahtungsplan mit dem Stanzstift durchstoßen.
4. Alle Bauteile und Klemmen nach der Stückliste bereitlegen. Die Bauteile sind auf einer Stückliste zusammengestellt, die beim Verdrahtungsplan im Buch zu finden sind.
5. Klemmen an den durchstoßenen Stellen im Verdrahtungsplan einsetzen.
6. Bauteile nach dem Verdrahtungsplan einsetzen.
7. Fertigen Aufbau noch einmal sorgfältig mit dem Verdrahtungsplan vergleichen.
8. Mit dem Ein-Aus-schalter einschalten.

Für die Experimente im Kapitel „Elektronik mit dem Meßgerät erfaßt“ sind die Verdrahtungspläne verkleinert im Anleitungsbuch wiedergegeben.



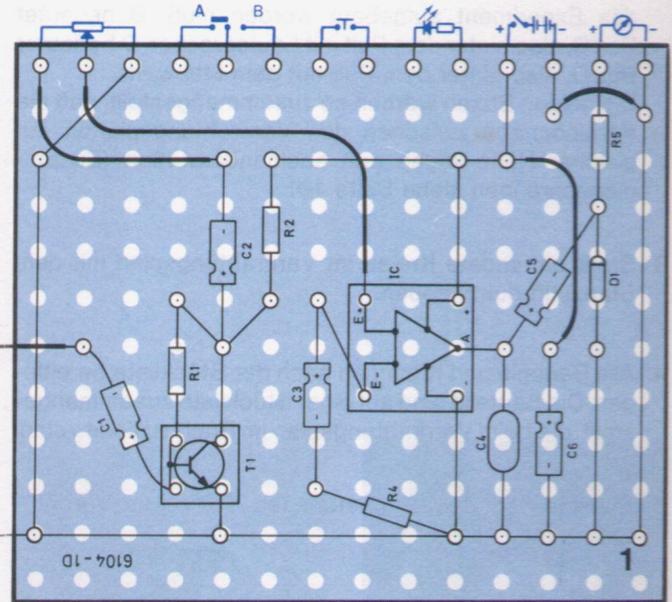
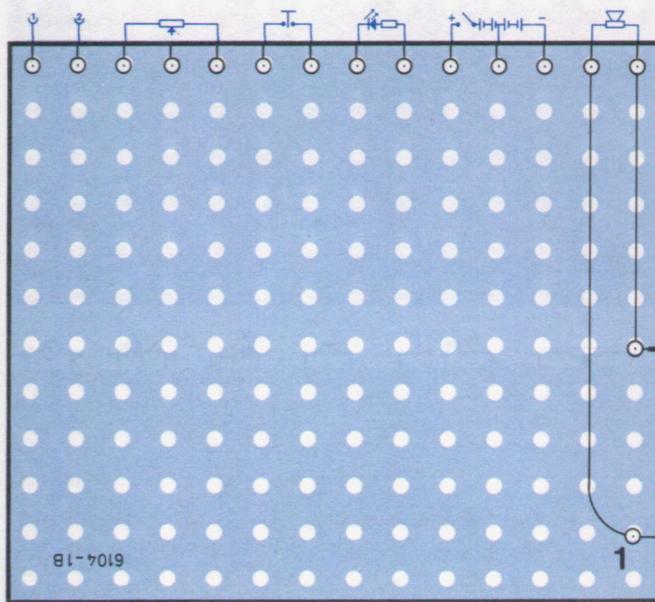
Experiment und Wirklichkeit

Schallpegel-Meßgerät

Umweltschutz bedeutet heute nicht nur die Reinhaltung von Wasser, Luft und Boden, sondern in gleichem Maße auch die Vermeidung von Lärm. Bei Streitfällen, ob eine Schallquelle zu laut ist oder nicht, kann man sich natürlich nicht auf das menschliche Ohr verlassen, weil es nicht objektiv reagiert. Dazu benötigt man unbestechliche Geräte wie die-

ses Schallpegel-Meßgerät nach Experiment **1**.

Für korrekte Messungen ist darauf zu achten, daß der zu messende Schall ungehindert auf den Lautsprecher im Bedienungspult fallen kann. Der Zeigerausschlag am Meßgerät ist dann ein objektives Maß für den Lärm.



1

R1 = Widerstand	470.000 Ohm	(gelb-violett-gelb)
R2 = Widerstand	10.000 Ohm	(braun-schwarz-orange)
R4 = Widerstand	47 Ohm	(gelb-violett-schwarz)
R5 = Widerstand	2.200 Ohm	(rot-rot-rot)
C1 = Elektrolyt-Kondensator	10 μ F	
C2 = Elektrolyt-Kondensator	4,7 μ F	
C3 = Elektrolyt-Kondensator	100 μ F	

C4 = Folien-Kondensator	0,1 μ F
C5 = Elektrolyt-Kondensator	10 μ F
C6 = Elektrolyt-Kondensator	220 μ F
IC = Integrierter Schaltkreis	weiß
T1 = Transistor	weiß
D1 = Diode	
La = Lautsprecher	im Bedienungspult B
R3 = Potentiometer	im Bedienungspult D, 10 kOhm
M = Meßwerk	im Bedienungspult D

Experiment und Wirklichkeit

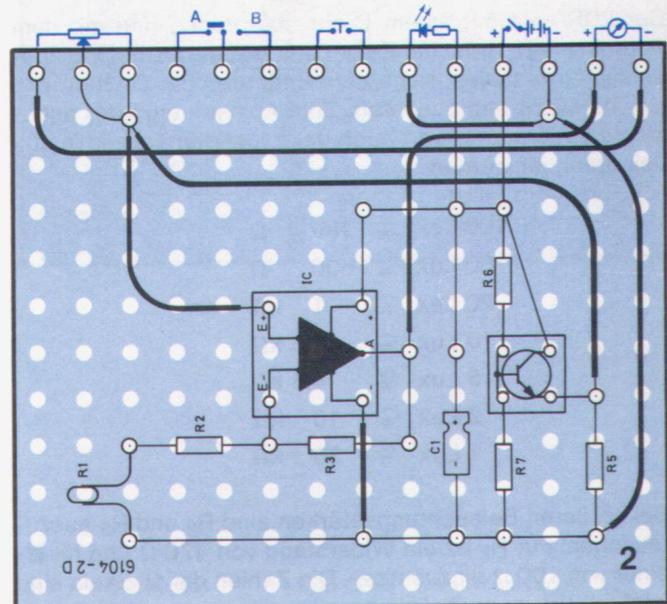


Elektronisches Fernthermometer

In Überwachungszentralen von Fabriken und Kraftwerken kann man auf Meßgeräten die Temperaturen für Produktionsabläufe überprüfen, obwohl sich die Produktionsstätte weit von der Zentrale entfernt befindet. Dafür benötigt man elektronische Fernthermometer.

Solche Geräte besitzen einen Fühler und eine Anzeige, wie sie bei Experiment **2** benutzt werden.

Vor dem Einsatz ist das Gerät zu eichen. Anstelle des NTC wird ein Widerstand von $1\text{ k}\Omega$ eingesetzt, und mit dem Potentiometer muß der Zeiger des Meßgerätes bis zum Vollausschlag geregelt werden. Setzt man dann wieder den NTC ein, ist das Gerät betriebsbereit. Die Skala 0 – 3 kann direkt zum Ablesen der Temperatur benutzt werden, es müssen nur die Zahlen mit dem Faktor 10 multipliziert werden. Dieses Fernthermometer besitzt also einen Meßbereich von 0°C bis $+30^\circ\text{C}$.



2

R1 = NTC-Widerstand, 1.300 Ohm

R2 = Widerstand 220 Ohm (rot-rot-braun)

R3 = Widerstand 100 Ohm (braun-schwarz-braun)

R5 = Widerstand 2.200 Ohm (rot-rot-rot)

R6 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)

R7 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)

C1 = Elektrolyt-Kondensator $220\text{ }\mu\text{F}$

IC = FET-OP-Verstärker, gelb

T1 = Transistor, weiß

LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult D

R4 = Potentiometer im Bedienungspult D, $10\text{ k}\Omega$

M = Meßwerk im Bedienungspult D

Experiment und Wirklichkeit

Luxmeter

Die richtige Beleuchtung eines Arbeitsplatzes ist von entscheidender Bedeutung. Bei der Einschätzung der richtigen Helligkeit unterliegt das menschliche Auge gefährlichen Irrtümern, weil es sich an zu große oder zu geringe Helligkeit in weiten Bereichen anpassen kann. Um einen objektiv richtigen Wert für die Beleuchtungsstärke zu erhalten, verwendet man ein Luxmeter, wie es im Experiment **3** beschrieben ist.

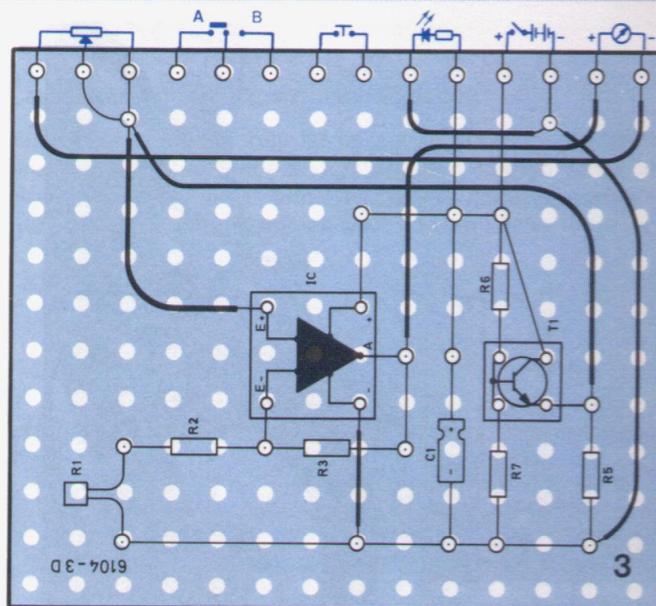
Vor dem Einsatz ist das Luxmeter noch zu eichen.

Der LDR wird mit einem Draht überbrückt, und mit dem Potentiometer R_4 ist der Zeiger des Meßgeräts auf Vollausschlag einzustellen. Nach dem Entfernen der Drahtstücke ist das Gerät betriebsbereit. Zum Ablesen muß der angezeigte Widerstandswert nach der folgenden Tabelle in Lux umgerechnet werden:

100 Lux	≅	789 Ω
50 Lux	≅	600 Ω
20 Lux	≅	1 k Ω
10 Lux	≅	2,5 k Ω
5 Lux	≅	4,5 k Ω
2 Lux	≅	10 k Ω
1 Lux	≅	20 k Ω

Bei größeren Beleuchtungsstärken sind R_2 und R_3 auszutauschen. Für R_2 ist ein Widerstand von 470 Ω und für R_3 einer von 100 Ω einzusetzen. Die Zahlen der Ω -Skala sind jetzt mit 0,1 zu multiplizieren.

1.000 Lux	≅	60 Ω
500 Lux	≅	120 Ω
200 Lux	≅	200 Ω
100 Lux	≅	350 Ω
50 Lux	≅	600 Ω



3

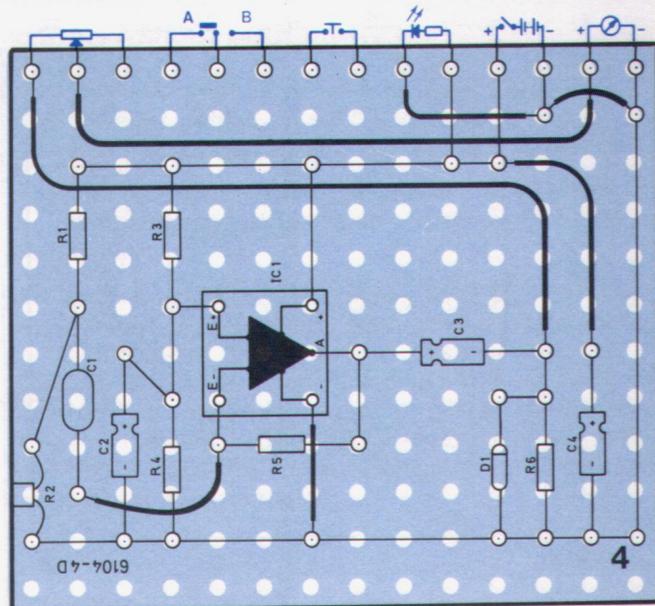
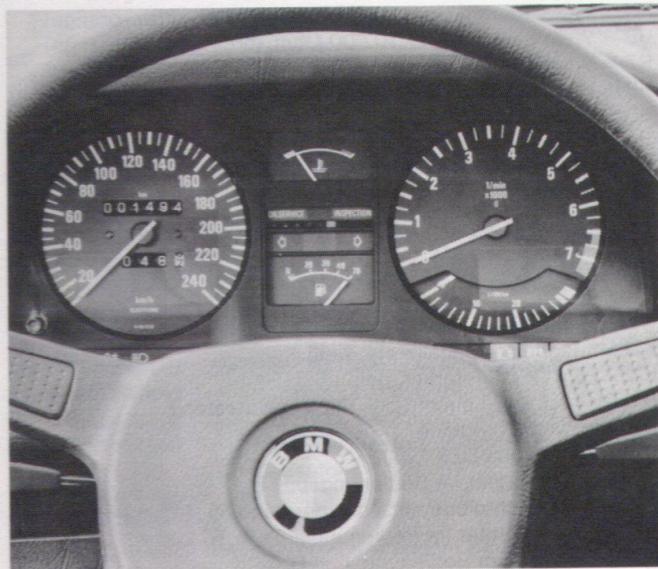
- R1 = LDR
- R2 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb-violett-rot)
- R3 = Widerstand 1.000 Ohm (braun-schwarz-rot)
- R5 = Widerstand 2.200 Ohm (rot-rot-rot)
- R6 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)
- R7 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)
- C1 = Elektrolyt-Kondensator 220 μ F
- IC = FET-OP-Verstärker, gelb
- T1 = Transistor, weiß
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult D
- R4 = Potentiometer im Bedienungspult D, 10 kOhm
- M = Meßwerk im Bedienungspult D

Drehzahlmesser

Am bekanntesten ist heute wohl der Drehzahlmesser in Kraftfahrzeugen. Er zeigt unmittelbar die Drehzahl des Motors an und gibt damit dem Fahrer die Möglichkeit, z. B. benzinsparend zu fahren oder ein Beschädigen des Motors durch zu hohe Drehzahlen zu vermeiden. Ebenso wichtig sind Drehzahlmesser aber auch bei vielen anderen Maschinen. Dadurch, daß die Meßgeräte von den Maschinen räumlich getrennt werden können, ist eine Überwachung von zentralen Punkten aus leicht möglich. – Mit diesem Experiment **4** läßt sich ein solcher Drehzahlmesser aufbauen. Vor dem Einsatz ist er noch zu eichen. Dazu muß das Licht einer mit 220 V betriebenen Glühlampe auf den LDR fallen. Mit dem Potentiometer wird nun der Zeiger des Meßgerätes auf Vollausschlag eingestellt. Das entspricht dann 3000 Umdrehungen pro Minute.

Mit einer rotierenden Lochscheibe, durch die Lichtimpulse auf den LDR fallen, kann nun der Drehzahlmesser ausprobiert werden.

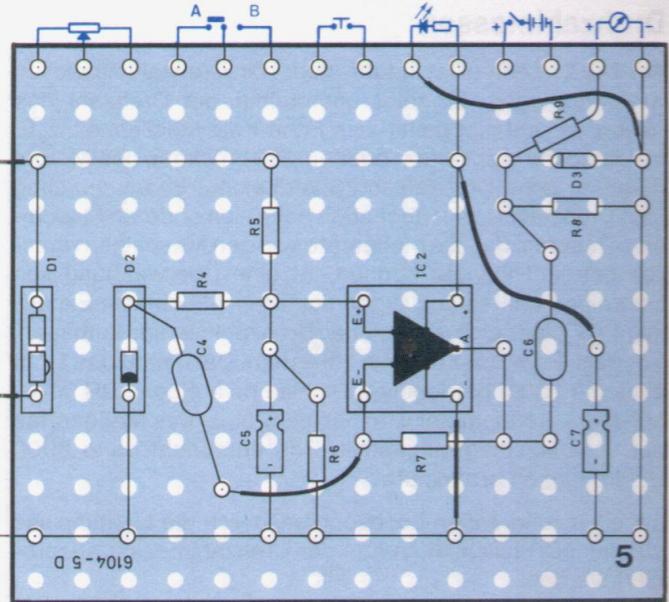
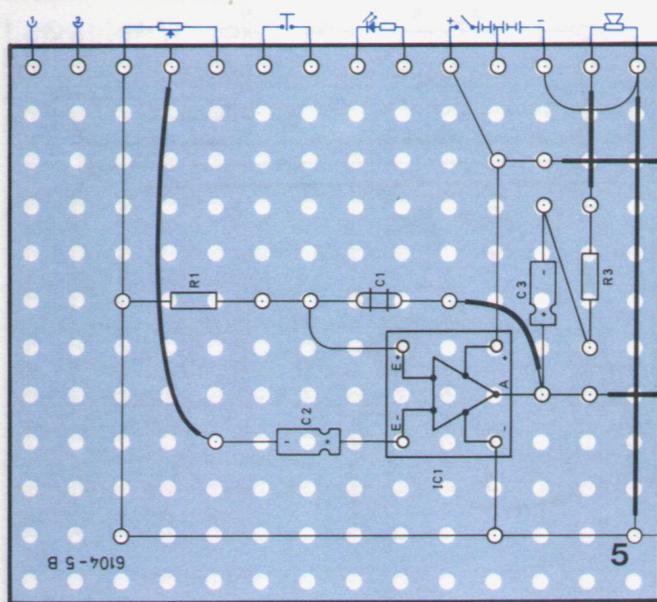
Bei Maschinen versieht man die rotierenden Teile mit hellen Markierungen, die durch Reflexion Licht auf den LDR werfen.



4

- | | | |
|--|---------------|------------------------|
| R1 = Widerstand | 1.000 Ohm | (braun-schwarz-rot) |
| R2 = LDR | | |
| R3 = Widerstand | 10.000 Ohm | (braun-schwarz-orange) |
| R4 = Widerstand | 10.000 Ohm | (braun-schwarz-orange) |
| R5 = Widerstand | 1.000.000 Ohm | (braun-schwarz-grün) |
| R6 = Widerstand | 220 Ohm | (rot-rot-braun) |
| C1 = Folien- | Kondensator | 0,22 μ F |
| C2 = Elektrolyt- | Kondensator | 10 μ F |
| C3 = Elektrolyt- | Kondensator | 4,7 μ F |
| C4 = Elektrolyt- | Kondensator | 220 μ F |
| IC1 = FET-OP- | Verstärker | gelb |
| D1 = Diode | | |
| LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult D | | |
| R7 = Potentiometer im Bedienungspult D, | 10 kOhm | |
| M = Meßwerk im Bedienungspult D | | |

Experiment und Wirklichkeit



Frequenzmeßgerät

Der technische Wechselstrom mit einer Frequenz von 50 Hz (≈ 50 Schwingungen pro Sekunde) läßt Glühlampen ständig flackern. Das wurde beim Experiment 4 ausgenutzt, um den Drehzahlmesser zu eichen. Deutlich wird dadurch auch, daß das menschliche Auge so schnelle Folgen nicht mehr erkennen kann und deshalb Hilfsmittel benötigt. Dieser Frequenzmesser ist ein solches Gerät, mit dem man Blinklampen sehr hoher Frequenz – bis ca. 1.000 Hz – erkennen kann.

Der astabile Multivibrator in diesem Experiment **5** erzeugt das Blinksignal, das mit dem Potentiometer zwischen ca. 100 und 1.000 Hz verändert werden kann. Das Meßgerät zeigt die eingestellte Frequenz direkt an, wenn das Licht der Infrarot-Leuchtdiode auf die Infrarot-Fotodiode fällt. Es gibt die Skala 0 . . . 10, multipliziert mit Faktor 100.

5

- | | |
|--|--|
| R1 = Widerstand | 47.000 Ohm (gelb-violett-orange) |
| R3 = Widerstand | 47 Ohm (gelb-violett-schwarz) |
| R4 = Widerstand | 470.000 Ohm (gelb-violett-gelb) |
| R5 = Widerstand | 10.000 Ohm (braun-schw.-orange) |
| R6 = Widerstand | 10.000 Ohm (braun-schw.-orange) |
| R7 = Widerstand | 10.000.000 Ohm (braun-schwarz-blau) |
| R8 = Widerstand | 2.200 Ohm (rot-rot-rot) |
| R9 = Widerstand | 787 Ohm (violett-grau-violett-schwarz-braun) |
| C1 = Keramischer Kondensator | 10.000 pF (braun-schw.-orange) |
| C2 = Elektrolyt-Kondensator | 4,7 μ F |
| C3 = Elektrolyt-Kondensator | 100 μ F |
| C4 = Folien-Kondensator | 0,22 μ F |
| C5 = Elektrolyt-Kondensator | 10 μ F |
| C6 = Folien-Kondensator | 0,1 μ F |
| C7 = Elektrolyt-Kondensator | 220 μ F |
| IC1 = Integrierter Schaltkreis, weiß | |
| IC2 = FET-OP-Verstärker, gelb | |
| D1+RV = Infrarot-Leuchtdiode mit Vorwiderstand | |
| D2 = Infrarot-Fotodiode | |
| D3 = Zenerdiode BZX 79 C2 V7 | |
| La = Lautsprecher im Bedienungspult B | |
| LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult D | |
| R2 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm | |
| M = Meßwerk im Bedienungspult D | |

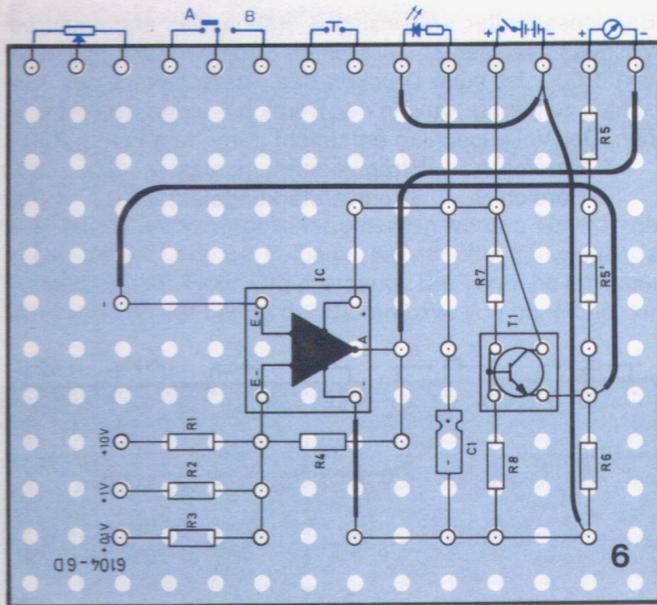
Experiment und Wirklichkeit

Elektronische Meßgeräte

Jede Fachwerkstatt, in der elektronische Geräte benutzt oder gewartet werden, ist auf Meßgeräte angewiesen, um bei defekten Geräten Fehler zu suchen und zu beheben.

Eines der wichtigsten Hilfsmittel dabei ist ein Voltmeter, um in elektronischen Schaltungen Spannungsmessungen durchzuführen.

Das Spannungsmeßgerät im Experiment **6** ist ein hochwertiges FET-Voltmeter, das recht genaue Werte anzeigt. Die Besonderheit dieses Gerätes besteht darin, daß es einen hohen Eingangswiderstand besitzt und damit die Meßwerte so wenig wie möglich verfälscht. Die Bezeichnung FET (gesprochen fett) ist übrigens abgeleitet von dem Feld-Effekt-Transistor, einem Transistor mit einem sehr hohen Eingangswiderstand.



6

- R1 = Widerstand 10.000.000 Ohm (braun-schwarz-blau)
- R2 = Widerstand 1.000.000 Ohm (braun-schwarz-grün)
- R3 = Widerstand 100.000 Ohm (braun-schwarz-gelb)
- R4 = Widerstand 1.000.000 Ohm (braun-schwarz-grün)
- R5 = Widerstand 787 Ohm (violett-grau-violett-schwarz-braun)
- R6 = Widerstand 3.570 Ohm (orange-grün-violett-braun-braun)
- R7 = Widerstand 2.200 Ohm (rot-rot-rot)
- R8 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)
- R8 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)
- C1 = Elektrolyt-Kondensator 220 μ F
- IC = FET-OP-Verstärker, gelb
- T1 = Transistor, weiß
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult D
- M = Meßwerk im Bedienungspult D

Fehlern in manchen Geräten kommt man nur mit einem Widerstandsmeßgerät auf die Spur. Einen defekten Kondensator erkennt man z. B. sofort daran, ob ein elektrischer Strom hindurchfließt oder nicht. Man prüft, ob er „Durchgang“ hat. Mit dem linearen Ohmmeter im Experiment **7** lassen sich solche Prüfungen sofort ausführen. Zum Eichen des Geräts wird ein Widerstand von 1 M Ω zwischen den Klemmen R_x befestigt und der Bereichsschalter in Stellung B geschoben. Nach dem Drücken der Taste regelt man den Zeiger mit dem Potentiometer bis zum Vollausschlag.

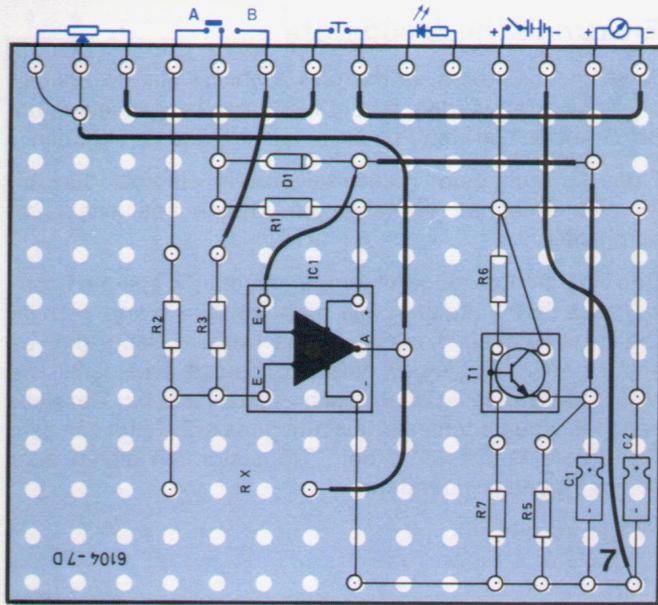
Danach stehen zwei Meßbereiche zur Verfügung:

- Bereichsschalter in Stellung A 10 k Ω ... 100 k Ω
- Bereichsschalter in Stellung B 100 k Ω ... 1 M Ω

Zum Ablesen gilt die obere Skala 0 ... 10.

Ersetzt man die Widerstände R_2 und R_3 durch solche mit Werten von 1 k Ω und 10 k Ω , so steht in Stellung A ein Meßbereich von 1 k Ω und in Stellung B ein Meßbereich von 10 k Ω zur Verfügung.

Experiment und Wirklichkeit



7

R1 = Widerstand	2.200 Ohm (rot-rot-rot)
R2 = Widerstand	100.000 Ohm (braun-schwarz-gelb)
R3 = Widerstand	1.000.000 Ohm (braun-schwarz-grün)
R5 = Widerstand	470 Ohm (gelb-violett-braun)
R6 = Widerstand	10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)
R7 = Widerstand	10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)

C1 = Elektrolyt-Kondensator	100 μ F
C2 = Elektrolyt-Kondensator	220 μ F

IC = FET-OP-Verstärker, gelb

T1 = Transistor, weiß

D1 = Diode

Ta = Taster im Bedienungspult D

R4 = Potentiometer im Bedienungspult D, 10 kOhm

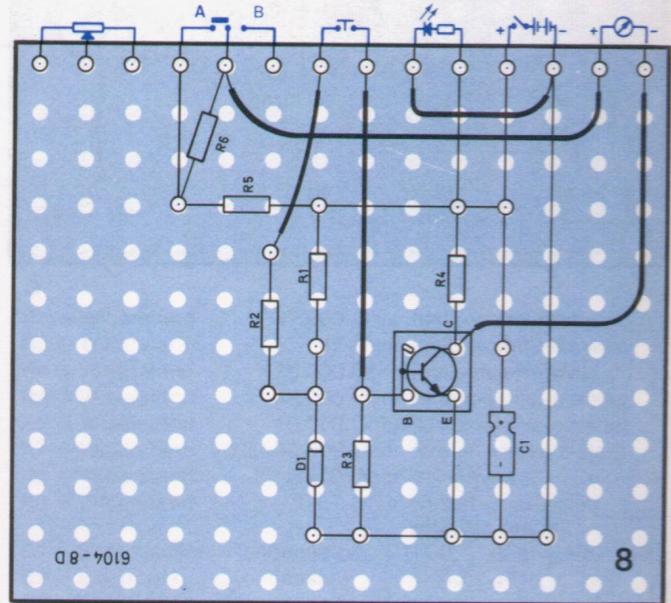
M = Meßwerk im Bedienungspult D

A/B= Schiebeschalter im Bedienungspult D

Mit dem Transistor-Meßgerät im Experiment **8** kann der Stromverstärkungsfaktor eines Transistors direkt abgelesen werden. Nach dem Aufbau muß der zu prüfende Transistor eingesetzt werden. Zunächst sollte der

Bereichsschalter in Stellung B stehen, das entspricht bei Vollausschlag des Zeigers einem Stromverstärkungsfaktor von 1.000. Ist beim Drücken des Tastschalters der Ausschlag zu gering, kann in den Bereich A umgeschaltet werden. Der Vollausschlag entspricht dann dem Faktor 300.

Bereich A	Stromverstärkungsfaktor 0 ... 300
Bereich B	Stromverstärkungsfaktor 0 ... 1.000



8

R1 = Widerstand	2.200 Ohm rot-rot-rot)
R2 = Widerstand	220.000 Ohm (rot-rot-gelb)
R3 = Widerstand	10.000.000 Ohm (braun-schwarz-blau)
R4 = Widerstand	100 Ohm (braun-schwarz-braun)
R5 = Widerstand	787 Ohm (violett-grau-violett-schwarz-braun)
R6 = Widerstand	3.570 Ohm (orange-grün-violett-braun-braun)
C1 = Elektrolyt-Kondensator	220 μ F

D1 = Zenerdiode BZX 79 C2 V7

Ta = Taster im Bedienungspult D

LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult D

M = Meßwerk im Bedienungspult D

A/B= Schiebeschalter im Bedienungspult D

Experiment und Wirklichkeit

Elektronische Tonerzeugung

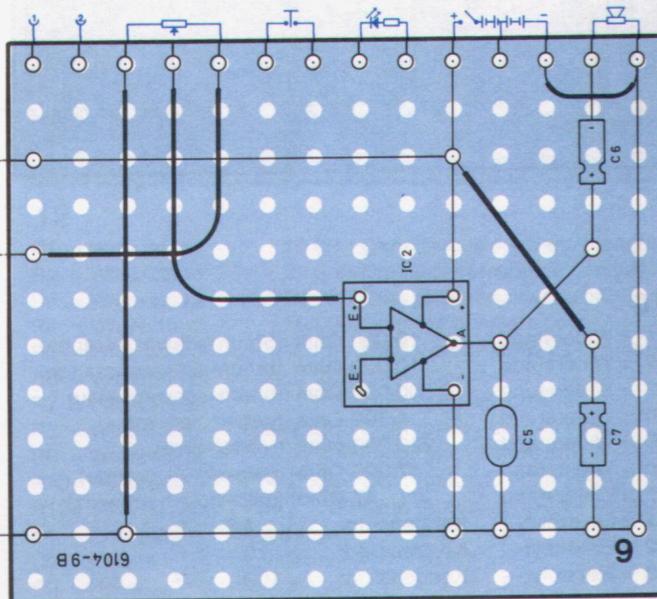
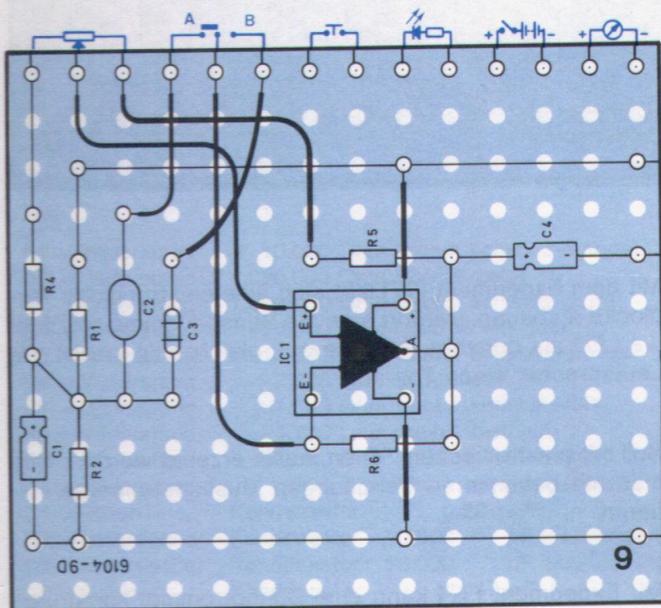
An unsere Ohren gelangen vielerlei Töne und Geräusche. Die Töne eines Musikinstrumentes unterscheiden sich wesentlich von dem Geräusch, das von einer Kreissäge verursacht wird. Für alle aber gilt, daß zur Erzeugung ein Schall- bzw. Tonerreger vorhanden sein muß.

Bei herkömmlichen Musikinstrumenten werden Töne durch schwingende Saiten, z. B. Geige, Klavier oder schwingende Luftsäulen, z. B. Flöte, Orgel, erzeugt. Die Tonhöhe ist dabei abhängig von der Länge der Saiten bzw. von der Höhe der

Luftsäulen, denn die Tonhöhe steigt mit der Schwingfrequenz.

Zur Erzeugung elektronischer Töne ist ein Tongenerator notwendig. Ein solcher Tongenerator kann im Experiment **9** aufgebaut werden, wobei das IC₁ als astabiler Multivibrator arbeitet. Mit dem Bereichsschalter kann der untere oder der obere Frequenzbereich gewählt werden. In dem gewählten Bereich läßt sich die Schwingfrequenz und somit die Tonhöhe zusätzlich mit dem Potentiometer R₃ beeinflussen.

Die Lautstärke ist mit dem Potentiometer R₇ einstellbar.

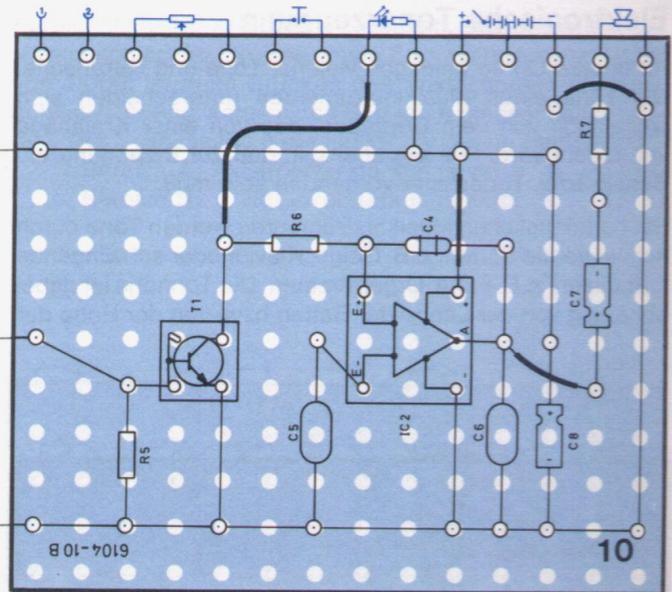
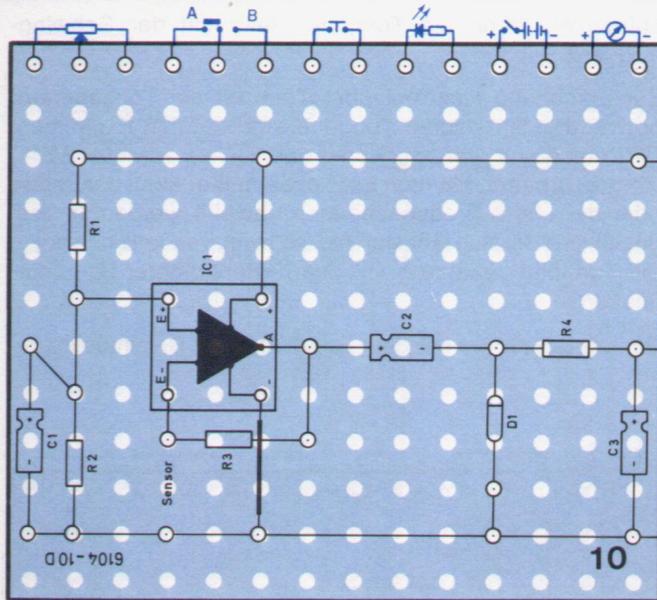


9

R1 = Widerstand	10.000 Ohm	(braun-schwarz-orange)
R2 = Widerstand	10.000 Ohm	(braun-schwarz-orange)
R4 = Widerstand	470 Ohm	(gelb-violett-braun)
R5 = Widerstand	2.200 Ohm	(rot-rot-rot)
R6 = Widerstand	100.000 Ohm	(braun-schwarz-gelb)
C1 = Elektrolyt-	Kondensator	10 μ F
C2 = Folien-	Kondensator	0,1 μ F
C3 = keramischer	Kondensator	10.000 pF (braun-schwarz-orange)
C4 = Elektrolyt-	Kondensator	10 μ F

C5 = Folien-	Kondensator	0,22 μ F
C6 = Elektrolyt-	Kondensator	100 μ F
C7 = Elektrolyt-	Kondensator	220 μ F
IC1 = FET-OP-	Verstärker	gelb
IC2 = Integrierter	Schaltkreis	weiß
La = Lautsprecher	im Bedienungspult	B
R3 = Potentiometer	im Bedienungspult	D, 10 kOhm
R7 = Potentiometer	im Bedienungspult	B, 10 kOhm
A/B= Schiebeschalter	im Bedienungspult	D

Experiment und Wirklichkeit



10

R1 = Widerstand	10.000 Ohm	(braun-schwarz-orange)
R2 = Widerstand	10.000 Ohm	(braun-schwarz-orange)
R3 = Widerstand	10.000.000 Ohm	(braun-schwarz-blau)
R4 = Widerstand	4.700 Ohm	(gelb-violett-rot)
R5 = Widerstand	220.000 Ohm	(rot-rot-gelb)
R6 = Widerstand	47.000 Ohm	(gelb-violett-orange)
R7 = Widerstand	47 Ohm	(gelb-violett-schwarz)
C1 = Elektrolyt-	Kondensator	4,7 μ F
C2 = Elektrolyt-	Kondensator	10 μ F
C3 = Elektrolyt-	Kondensator	100 μ F
C4 = keramischer	Kondensator	10.000 pF (braun-schwarz-orange)
C5 = Folien-	Kondensator	0,22 μ F
C6 = Folien-	Kondensator	0,1 μ F
C7 = Elektrolyt-	Kondensator	10 μ F
C8 = Elektrolyt-	Kondensator	220 μ F
IC1 = FET-OP-Verstärker,	gelb	
IC2 = Integrierter Schaltkreis,	weiß	
T1 = Transistor,	weiß	
D1 = Diode		
La = Lautsprecher im Bedienungspult B		
LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B		

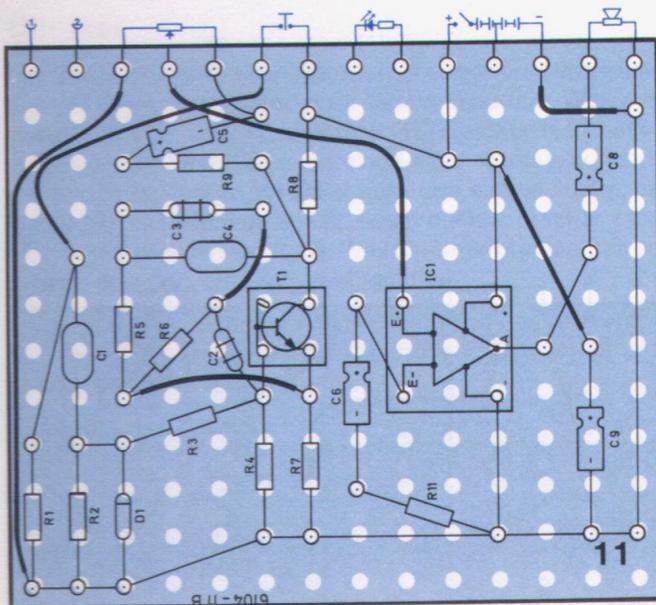
Mit dem Experiment **10** läßt sich eine elektronische Tür-glocke aufbauen. Berührt man die Sensorklemme, leuchtet die LED als optische Anzeige auf, gleichzeitig strahlt der Lautsprecher einen Ton ab.

Soll mit elektronischen Tönen Musik erzeugt werden, muß man mit bestimmten Schaltungen Musikinstrumente imitieren.

Mit Experiment **11** kann eine Bongotrommel konstruiert werden, die beim rhythmischen Betätigen des Tastschalters Töne abstrahlt.

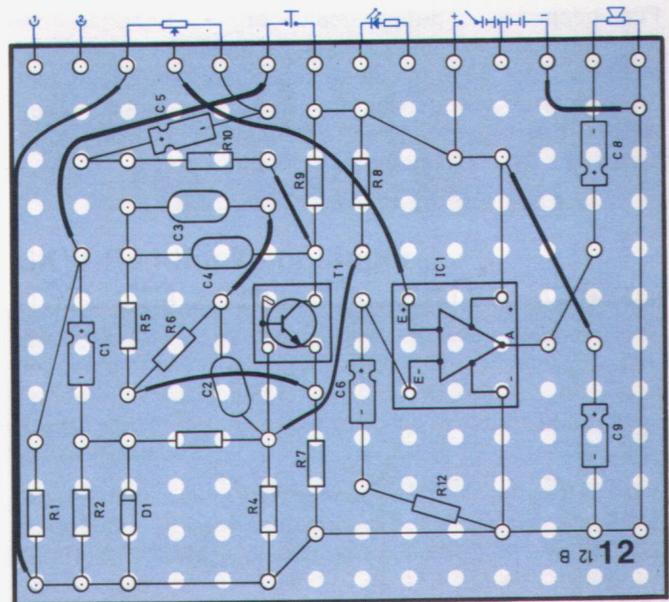
Wählt man für die Kondensatoren C₁, C₂, C₃ und C₄ solche mit größerer Kapazität, kann man, wie im Experiment **12** angegeben, eine elektronische Baßtrommel aufbauen. Wie im Experiment 11 werden vom Lautsprecher nach dem Drücken des Tastschalters Töne abgestrahlt. Sie sind jedoch tiefer, und jeder einzelne Ton ist auch etwas länger.

Experiment und Wirklichkeit



11

R1 = Widerstand	10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)
R2 = Widerstand	220.000 Ohm (rot-rot-gelb)
R3 = Widerstand	1.000.000 Ohm (braun-schwarz-grün)
R4 = Widerstand	470.000 Ohm (gelb-violett-gelb)
R5 = Widerstand	10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)
R6 = Widerstand	2.200 Ohm (rot-rot-rot)
R7 = Widerstand	1.000 Ohm (braun-schwarz-rot)
R8 = Widerstand	4.700 Ohm (gelb-violett-rot)
R9 = Widerstand	47.000 Ohm (gelb-violett-orange)
R11= Widerstand	100 Ohm (braun-schwarz-braun)
C1 = Folien-	Kondensator 0,22 μ F
C2 = keramischer	Kondensator 10.000 pF (braun-schw.-orange)
C3 = keramischer	Kondensator 10.000 pF (braun-schw.-orange)
C4 = Folien-	Kondensator 0,047 μ F
C5 = Elektrolyt-	Kondensator 4,7 μ F
C6 = Elektrolyt-	Kondensator 10 μ F
C8 = Elektrolyt-	Kondensator 100 μ F
C9 = Elektrolyt-	Kondensator 220 μ F
IC = Integrierter Schaltkreis, weiß	
T1 = Transistor, weiß	
D1 = Diode	
La = Lautsprecher im Bedienungspult B	
Ta = Taster im Bedienungspult B	
R10= Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm	

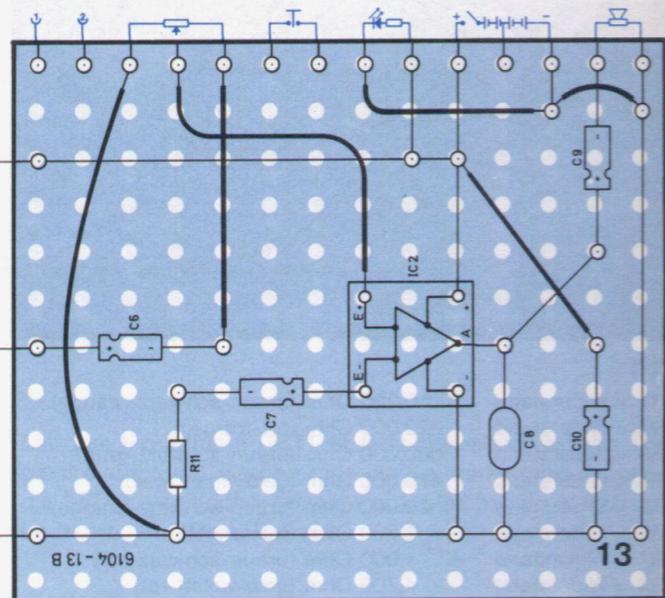
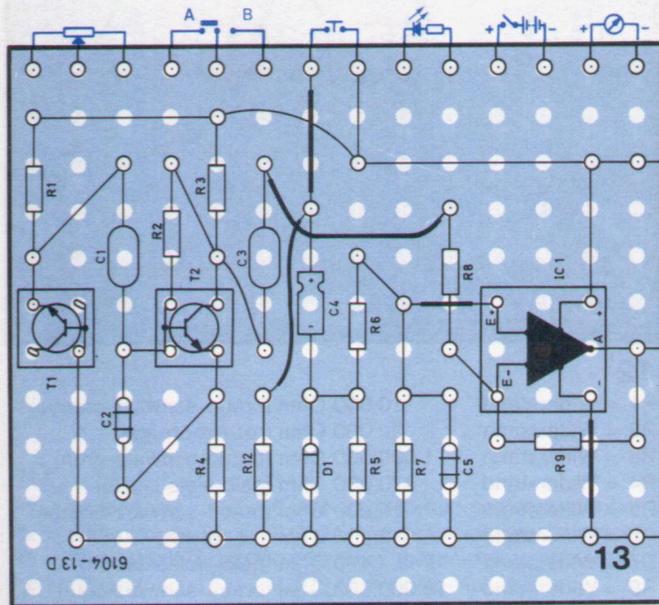


12

R1 = Widerstand	10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)
R2 = Widerstand	22.000 Ohm (rot-rot-orange)
R3 = Widerstand	1.000.000 Ohm (braun-schwarz-grün)
R4 = Widerstand	470.000 Ohm (gelb-violett-gelb)
R5 = Widerstand	10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)
R6 = Widerstand	2.200 Ohm (rot-rot-rot)
R7 = Widerstand	470 Ohm (gelb-violett-braun)
R8 = Widerstand	10.000.000 Ohm (braun-schwarz-blau)
R9 = Widerstand	4.700 Ohm (gelb-violett-rot)
R10= Widerstand	47.000 Ohm (gelb-violett-orange)
R12= Widerstand	100 Ohm (braun-schwarz-braun)
C1 = Elektrolyt-	Kondensator 4,7 μ F
C2 = Folien-	Kondensator 0,047 μ F
C3 = Folien-	Kondensator 0,1 μ F
C4 = Folien-	Kondensator 0,22 μ F
C5 = Eektrolyt-	Kondensator 10 μ F
C6 = Elektrolyt-	Kondensator 10 μ F
C8 = Elektrolyt-	Kondensator 100 μ F
C9 = Elektrolyt-	Kondensator 220 μ F
IC = Integrierter Schaltkreis, weiß	
T1 = Transistor, weiß	
La = Lautsprecher im Bedienungspult B	
Ta = Taster im Bedienungspult B	
R11= Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm	
D1 = Diode	

Experiment und Wirklichkeit

Für besondere Lautuntermalungen wird neben den Rhythmustrommeln auch ein sog. Schlagbäsen eingesetzt. Im Experiment **13** kann diese besondere Form der Begleitung elektronisch mit einem Rauschgenerator erzeugt werden. Beim Betätigen des Tastschalters strahlt der Lautsprecher einen abklingenden Rauschton ab.



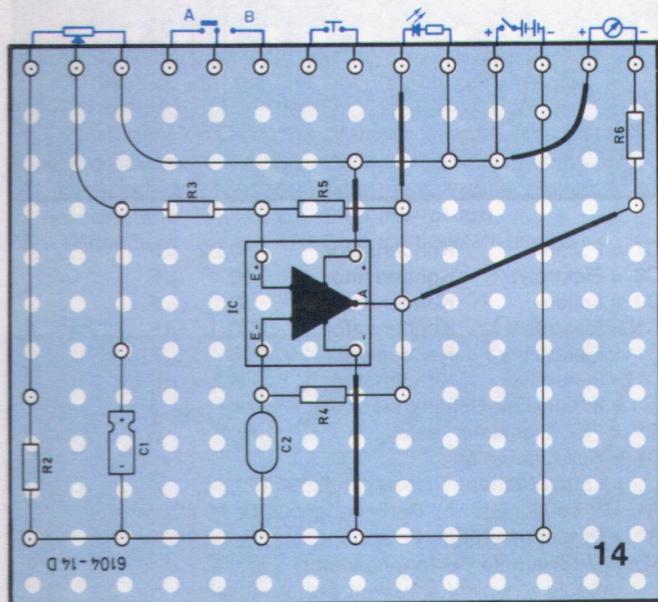
R1 = Widerstand	100.000 Ohm (braun-schwarz-gelb)
R2 = Widerstand	1.000.000 Ohm (braun-schwarz-grün)
R3 = Widerstand	10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)
R4 = Widerstand	470 Ohm (gelb-violett-braun)
R5 = Widerstand	47.000 Ohm (gelb-violett-orange)
R6 = Widerstand	470.000 Ohm (gelb-violett-gelb)
R7 = Widerstand	220.000 Ohm (rot-rot-gelb)
R8 = Widerstand	100.000 Ohm (braun-schwarz-gelb)
R9 = Widerstand	1.000.000 Ohm (braun-schwarz-grün)
R11 = Widerstand	2.200 Ohm (rot-rot-rot)
R12 = Widerstand	10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)
C1 = Folien-Kondensator	0,047 μ F
C2 = keramischer Kondensator	1.000 pF (braun-schwarz-rot)
C3 = Folien-Kondensator	0,22 μ F
C4 = Elektrolyt-Kondensator	10 μ F

13 C5 = keramischer Kondensator	10.000 pF (braun-schw.-orange)
C6 = Elektrolyt-Kondensator	10 μ F
C7 = Elektrolyt-Kondensator	4,7 μ F
C8 = Folien-Kondensator	0,1 μ F
C9 = Elektrolyt-Kondensator	100 μ F
C10 = Elektrolyt-Kondensator	220 μ F
IC1 = FET-OP-Verstärker, gelb	
IC2 = Integrierter Schaltkreis, weiß	
T1 = Transistor, weiß	
T2 = Transistor, weiß	
D1 = Diode	
La = Lautsprecher im Bedienungspult B	
Ta = Taster im Bedienungspult D	
LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B	
R10 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm	

Dimmer

Die Möglichkeit, mit einem Dimmer die Helligkeit von Lampen zu regeln, ist heute fast jedem bekannt. Wie das geschieht, ist aus dem Experiment **14** ersichtlich. In dieser Schaltung leuchtet die Leuchtdiode nicht ständig, sondern sie wird im schnellen Wechsel aus- und eingeschaltet. Je länger die Dunkelpause anhält, desto dunkler erscheint die LED dem menschlichen Auge. Weil die Unterbrechungen so schnell ablaufen, sind sie nicht sichtbar.

Auf dem Meßgerät, dessen Zeiger natürlich dem schnellen Aus- und Einschalten nicht folgen kann, wird die mittlere Spannung am Ausgang angezeigt.



- R2 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb-violett-rot)
- R3 = Widerstand 100.000 Ohm (braun-schwarz-gelb)
- R4 = Widerstand 47.000 Ohm (gelb-violett-oranger)
- R5 = Widerstand 100.000 Ohm (braun-schwarz-gelb)
- R6 = Widerstand 35.700 Ohm (orange-grün-violett-rot-braun)
- C1 = Elektrolyt-Kondensator 10 μ F
- C2 = Folien-Kondensator 0,047 μ F
- IC = FET-OP-Verstärker, gelb
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult D
- R1 = Potentiometer im Bedienungspult D, 10 kOhm
- M = Meßwerk im Bedienungspult D

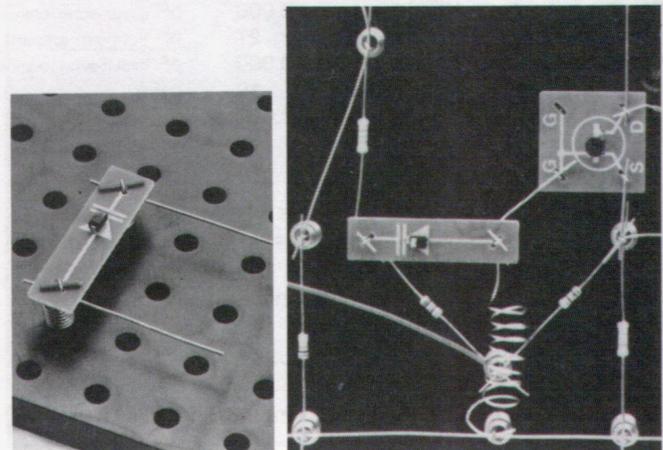


UKW-Rundfunkempfänger

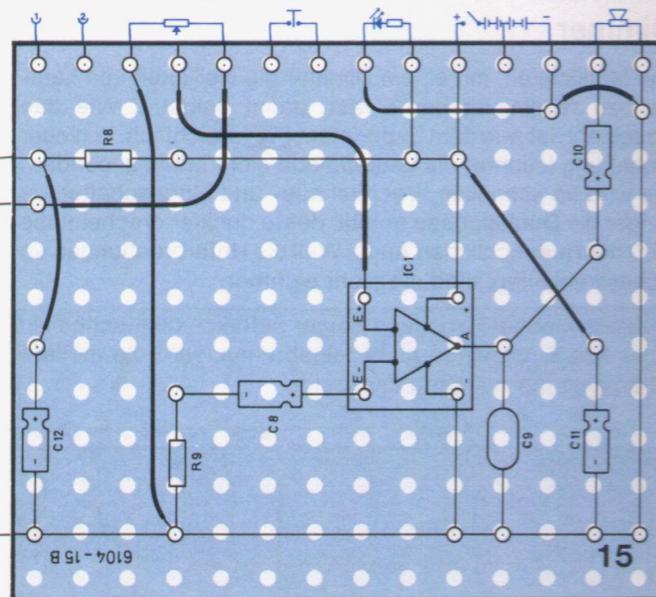
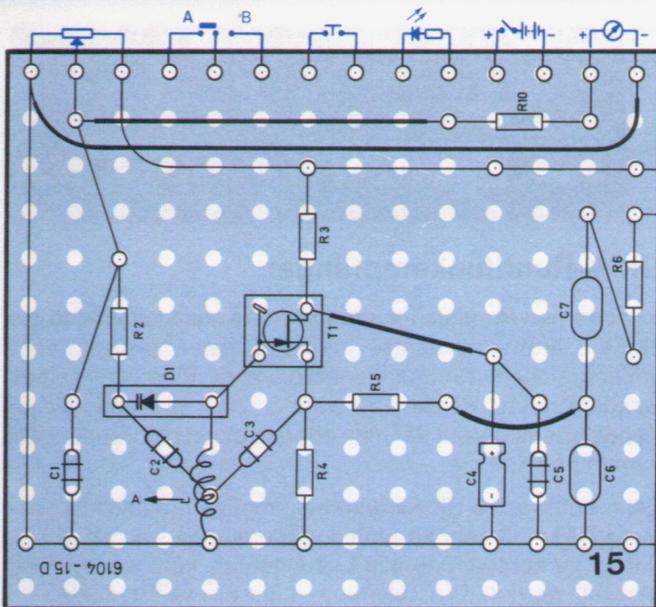
In modernen Rundfunkempfängern, die viel kleiner sind als ältere Geräte, verzichtet man auf den meistens sehr umfangreichen Drehkondensator zum Einstellen eines Senders. Statt dessen verwendet man die sehr kleine Kapazitätsdiode, mit der man ebenso exakt die Senderwahl vornehmen kann.

Beim Aufbau des UKW-Rundfunkempfängers nach Experiment **15** muß sehr sorgfältig vorgegangen werden. Es ist darauf zu achten, daß alle Leitungen so kurz wie möglich gewählt werden. Die Zuleitungen zur Kapazitätsdiode und zum FET-Transistor, gelb, müssen unter dem Trägerplättchen angeschlossen werden. (Abb.).

Die Spule L mit Mittelanschluß muß aus blankem Draht hergestellt werden. Dazu wickelt man den Draht am besten um einen Bleistift. Den Anschluß läßt man ca. 2 cm überstehen, wickelt dann sieben Windungen auf und läßt wieder ca. 2 cm Draht überstehen.



Experiment und Wirklichkeit



R2 = Widerstand	10.000 Ohm	(braun-schwarz-orange)	15
R3 = Widerstand	470 Ohm	(gelb-violett-braun)	
R4 = Widerstand	2.200 Ohm	(rot-rot-rot)	
R5 = Widerstand	4.700 Ohm	(gelb-violett-rot)	
R6 = Widerstand	10.000 Ohm	(braun-schwarz-orange)	
R8 = Widerstand	100 Ohm	(braun-schwarz-braun)	
R9 = Widerstand	10 Ohm	(braun-schwarz-schwarz)	
R10 = Widerstand	47.000 Ohm	(gelb-violett-orange)	
C1 = keramischer Kondensator	10.000 pF	(braun-schw.-orange)	
C2 = keramischer Kondensator	27 pF	(rot-violett-schwarz)	
C3 = keramischer Kondensator	10.000 pF	(braun-schw.-orange)	
C4 = Elektrolyt-Kondensator	10 μ F		
C5 = keramischer Kondensator	1.000 pF	(braun-schwarz-rot)	
C6 = Folien-Kondensator	0,047 μ F		

C7 = Folien-Kondensator	0,22 μ F
C8 = Elektrolyt-Kondensator	10 μ F
C9 = Folien-Kondensator	0,1 μ F
C10 = Elektrolyt-Kondensator	220 μ F
C11 = Elektrolyt-Kondensator	100 μ F
C12 = Elektrolyt-Kondensator	4,7 μ F
IC1 = Integrierter Schaltkreis, weiß	
T1 = FET-Transistor, gelb	
D1 = Kapazitätsdiode	
La = Lautsprecher im Bedienungspult B	
R1 = Potentiometer im Bedienungspult D, 10 kOhm	
R7 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm	
M = Meßwerk im Bedienungspult D	
L = Spule aus blankem Draht selbst wickeln	

Jetzt „dreht“ man von einer Seite her eine Klemme zwei Windungen weit auf die Spule. Dies ist die Mittelanzapfung und der Anschluß für die Antenne. Als Antenne kann man einen Draht von max. 75 cm anschließen.

Zum Abgleichen des Geräts nach dem Aufbauen wird die Spule insgesamt auf ca. 40 mm auseinandergezogen oder zusammengedrückt. Von diesen 40 mm sollen 30 mm auf die Spule mit fünf Windungen, 10 mm auf die mit zwei Windungen entfallen.

Die Senderabstimmung erfolgt mit dem Potentiometer. Nach der Zeigerstellung des Meßgeräts kann der Sender wieder aufgefunden werden.

Mit dem Experiment **16** läßt sich ein UKW-Rundfunkempfänger mit Sender-Suchlauf aufbauen. Wie bei dem Rundfunkempfänger nach Experiment 15 muß auch dieses Gerät sehr sorgfältig und mit möglichst kurzen Leitungen

Experiment und Wirklichkeit

aufgebaut werden. Die Hinweise zum Anschluß der Antenne des FET, der Kapazitätsdiode und zum Wickeln der Spule mit Mittelanzapfung sind wie im Experiment 15 unbedingt zu beachten.

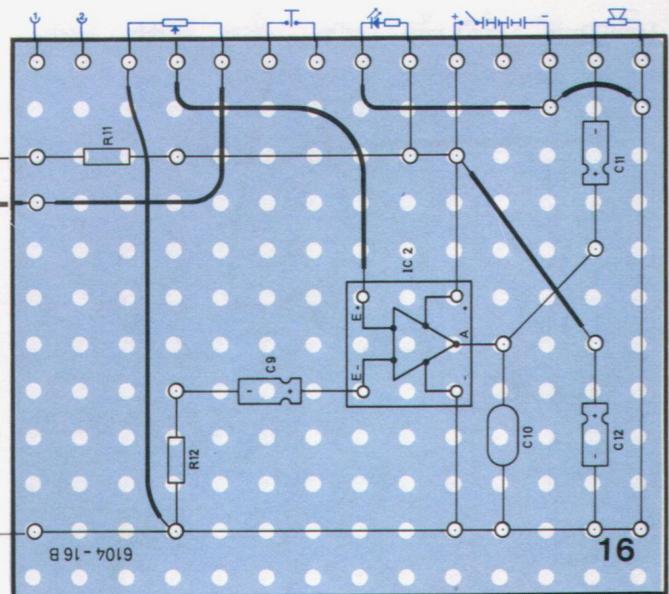
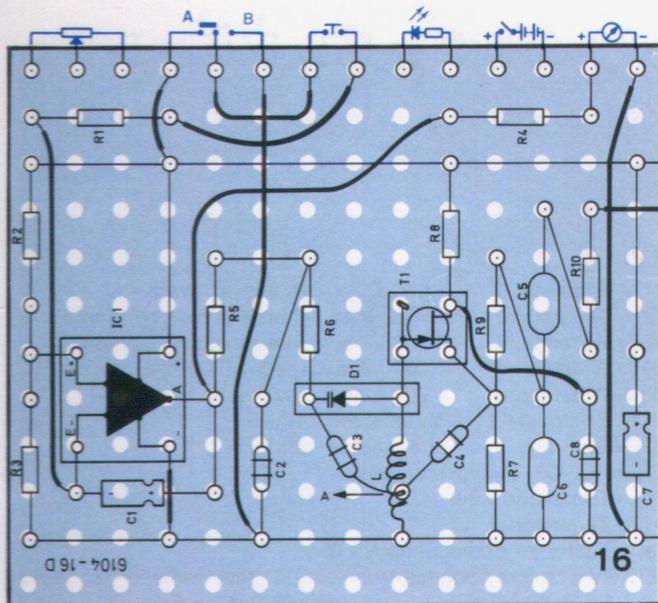
Ein Sender wird gesucht, indem man den Bereichsschalter in Stellung B schiebt und die Taste drückt. Jetzt sucht das Gerät Sender von niedrigen Frequenzen zu hohen – von 88 MHz aufwärts. Schiebt man den Bereichsschalter in Stellung A und drückt die Taste, sucht das Gerät Sender von höheren Frequenzen zu niedrigeren – ab 103 MHz abwärts. Das wird durch den Zeigerausschlag angezeigt. Es dauert etwa 30 Sek. bis der Bereich überstrichen ist. Hat man den gewünschten Sender gefunden, Taste loslassen.

R1 = Widerstand	1.000.000 Ohm (braun-schwarz-grün)
R2 = Widerstand	100.000 Ohm (braun-schwarz-gelb)
R3 = Widerstand	47.000 Ohm (gelb-violett-oranger)
R4 = Widerstand	35.700 Ohm (orange-grün-violett-rot-braun)
R5 = Widerstand	10.000 Ohm (braun-schwarz-oranger)
R6 = Widerstand	100.000 Ohm (braun-schwarz-gelb)
R7 = Widerstand	2.200 Ohm (rot-rot-rot)
R8 = Widerstand	470 Ohm (gelb-violett-braun)

16

R9 = Widerstand	4.700 Ohm (gelb-violett-rot)
R10 = Widerstand	10.000 Ohm (braun-schwarz-oranger)
R11 = Widerstand	100 Ohm (braun-schwarz-braun)
R12 = Widerstand	10 Ohm (braun-schwarz-schwarz)
C1 = Elektrolyt-Kondensator	10 μ F
C2 = keramischer Kondensator	10.000 pF (braun-schw.-orange)
C3 = keramischer Kondensator	27 pF (rot-violett-schwarz)
C4 = keramischer Kondensator	10.000 pF (braun-schw.-orange)
C5 = Folien-Kondensator	0,22 μ F
C6 = Folien-Kondensator	0,047 μ F
C7 = Elektrolyt-Kondensator	4,7 μ F
C8 = keramischer Kondensator	1.000 pF (braun-schwarz-rot)
C9 = Elektrolyt-Kondensator	10 μ F
C10 = Folien-Kondensator	0,1 μ F
C11 = Elektrolyt-Kondensator	220 μ F
C12 = Elektrolyt-Kondensator	100 μ F

IC1 = FET-OP-Verstärker, gelb IC2 = Integrierter Schaltkreis, weiß
 T1 = FET-Transistor, gelb D1 = Kapazitätsdiode
 La = Lautsprecher im Bedienungspult B
 Ta = Taster im Bedienungspult D
 LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B
 R13 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
 S = Schiebeschalter im Bedienungspult D
 M = Meßwerk im Bedienungspult D
 L = Spule, aus blankem Draht selbst wickeln



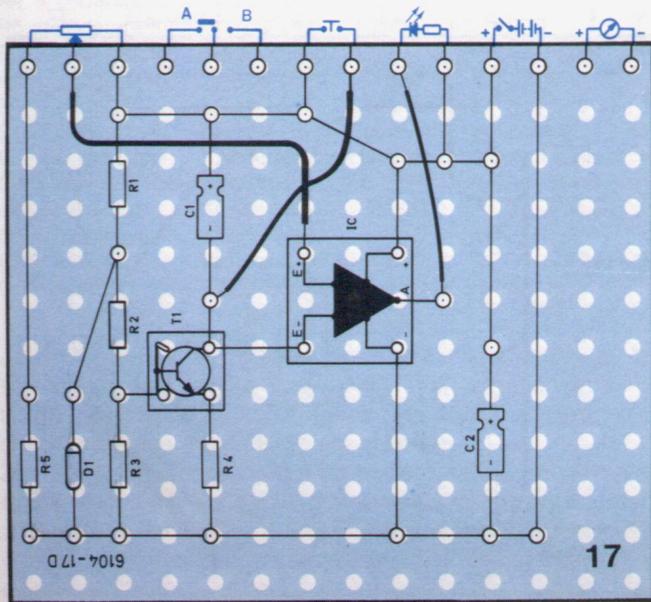
Experiment und Wirklichkeit

Belichtungszeitschalter

In Fotolaboren werden beim Anfertigen der Bildkopien von fotografischen Negativen unterschiedliche Belichtungszeiten benötigt. Diese Belichtungszeit ist z. B. abhängig vom Negativ oder bestimmten Sonderwünschen für die Bildkopie.

Ein Belichtungszeitschalter wie im Experiment **17** läßt eine Lampe nur für eine bestimmte Zeit leuchten.

Wird der Tastschalter gedrückt, leuchtet die LED auf. Die Belichtungszeit läßt sich mit dem Potentiometer einstellen. Steht der Schleifer des Potentiometers gegen den Widerstand R_5 , beträgt die Belichtungszeit ca. 50 Sek. Das ist die längste Leuchtdauer. Diese Zeit läßt sich verdoppeln, wenn die Kondensatoren ausgetauscht werden, also $C_1 = 220 \mu F$ und $C_2 = 100 \mu F$.



17

- | | | |
|--|-------------|------------------------|
| R1 = Widerstand | 1.000 Ohm | (braun-schwarz-rot) |
| R2 = Widerstand | 10.000 Ohm | (braun-schwarz-orange) |
| R3 = Widerstand | 10.000 Ohm | (braun-schwarz-orange) |
| R4 = Widerstand | 47.000 Ohm | (gelb-violett-orange) |
| R5 = Widerstand | 4.700 Ohm | (gelb-violett-rot) |
| C1 = Elektrolyt-Kondensator | 100 μF | |
| C2 = Elektrolyt-Kondensator | 220 μF | |
| IC = FET-OP-Verstärker | gelb | |
| T1 = Transistor | weiß | |
| D1 = Zenerdiode | | |
| Ta = Taster im Bedienungspult D | | |
| LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult D | | |
| R6 = Potentiometer im Bedienungspult D | 10 kOhm | |

Experiment und Wirklichkeit

Eine Erweiterung, nämlich das Ende der Belichtungszeit zusätzlich akustisch anzuzeigen, stellt Experiment [18] dar. Außerdem ist das Meßgerät eingesetzt, das auf der Skala 0-3 (mal Faktor 10) die Belichtungszeit in Sekunden anzeigt. Auf dem Meßgerät kann also die eingestellte Belichtungszeit abgelesen werden. Nach dem Drücken des Tastschalters leuchtet die LED, und der Lautsprecher strahlt am Ende der Belichtungszeit einen Ton ab. Die Tonhöhe ist mit dem Potentiometer R_{11} einstellbar. Die Schaltung arbeitet zwischen den Bereichen 1 = 10 sec. und 3 = 30 sec.

18

R1 = Widerstand	1.000 Ohm	(braun-schwarz-rot)
R2 = Widerstand	10.000 Ohm	(braun-schwarz-orange)
R3 = Widerstand	10.000 Ohm	(braun-schwarz-orange)
R4 = Widerstand	47.000 Ohm	(gelb-violett-orange)
R5 = Widerstand	4.700 Ohm	(gelb-violett-rot)
R7 = Widerstand	22.000 Ohm	(rot-rot-orange)
R8 = Widerstand	470.000 Ohm	(gelb-violett-gelb)
R9 = Widerstand	2.200 Ohm	(rot-rot-rot)
R10 = Widerstand	100.000 Ohm	(braun-schwarz-gelb)
R12 = Widerstand	47 Ohm	(gelb-violett-schwarz)

C1 = Elektrolyt-	Kondensator	100	μF
C2 = Elektrolyt-	Kondensator	10	μF
C3 = Folien-	Kondensator	0,22	μF
C4 = keramischer	Kondensator	10.000	pF (braun-schw.-orange)
C5 = Folien-	Kondensator	0,1	μF
C6 = Elektrolyt-	Kondensator	4,7	μF
C7 = Elektrolyt-	Kondensator	220	μF

IC1 = FET-OP-Verstärker, gelb

IC2 = Integrierter Schaltkreis, weiß

T1 = Transistor, weiß

T2 = Transistor, weiß

D1 = Zenerdiode BZX 79C2 V7

La = Lautsprecher im Bedienungspult B

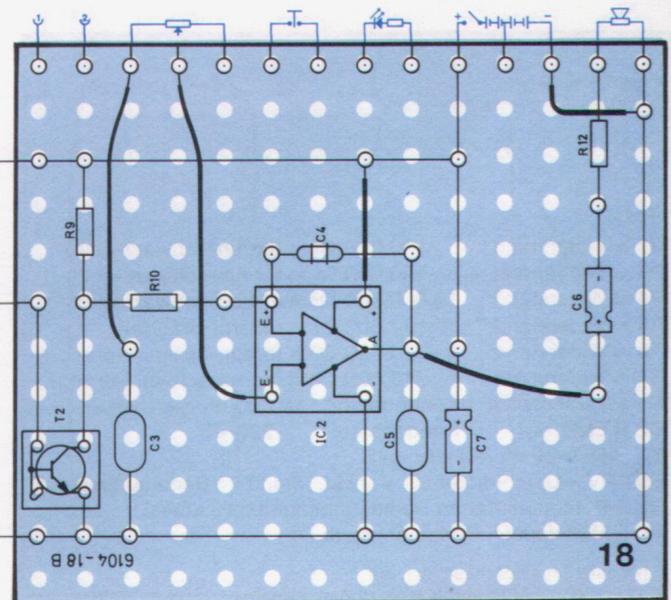
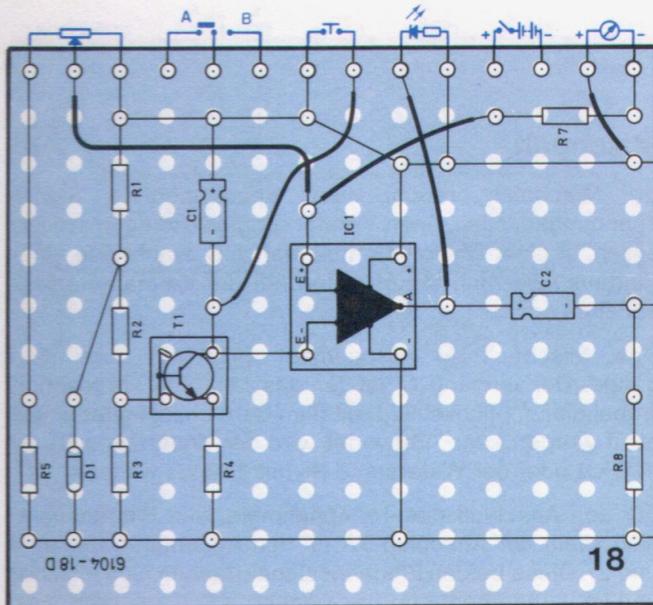
Ta = Taster im Bedienungspult D

LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult D

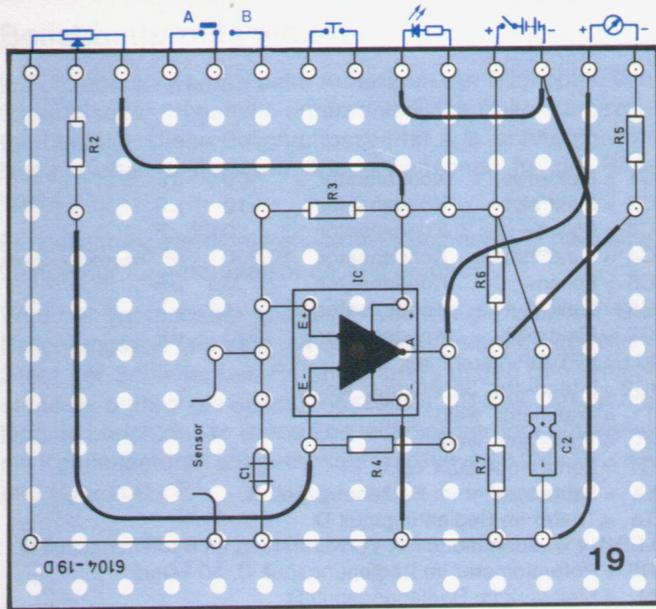
R6 = Potentiometer im Bedienungspult D, 10 kOhm

M = Meßwerk im Bedienungspult D

R11 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm



Experiment und Wirklichkeit



19

R2 = Widerstand	100.000 Ohm (braun-schwarz-gelb)
R3 = Widerstand	100.000 Ohm (braun-schwarz-gelb)
R4 = Widerstand	10.000.000 Ohm (braun-schwarz-blau)*
R5 = Widerstand	22.000 Ohm (rot-rot-orange)
R6 = Widerstand	10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)
R7 = Widerstand	10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)
C1 = keramischer Kondensator	10.000 pF (braun-schwarz-orange)
C2 = Elektrolyt-Kondensator	220 µF
IC = FET-OP-Verstärker,	gelb
LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult D	
R1 = Potentiometer im Bedienungspult D,	10 kOhm
M = Meßwerk im Bedienungspult D	

* höchste Empfindlichkeit, evt. auf 1.000.000 Ohm (braun-schwarz-grün) verringern.

Lügendetektor

Lange schon haben sich Menschen damit beschäftigt, ein Gerät zu konstruieren, mit dem sich die Wahrheit einer Aussage überprüfen läßt. Geräte dieser Art werden allgemein als Lügendetektoren bezeichnet.

Mit dem Experiment **19** lassen sich Änderungen des Körperwiderstandes feststellen, wie sie z. B. bei Schweißbildung auf der Haut hervorgerufen werden. Da bei vielen Menschen, wenn sie die Unwahrheit sagen, an den Händen leichte Schweißbildung auftritt, kann man diese Schaltung als Lügendetektor einsetzen.

Der Sensor besteht aus zwei isolierten Drähten, deren Enden abisoliert werden. Die Enden, die als Berührungskontakt dienen, müssen ca. 10 cm blanken Draht haben.

Zunächst wird der Sensorkontakt mit trockenen Händen angefaßt und das Meßgerät mit dem Potentiometer auf einen festen Wert eingestellt, z. B. 5 auf der oberen Skala. Bei Schweißbildung – simuliert durch angefeuchtete Hände – ändert sich die Anzeige. Sollte das Gerät zu empfindlich sein – Zeiger geht bis zum Anschlag zurück – wird für R₄ ein Widerstand von 1.000.000 Ohm eingesetzt.

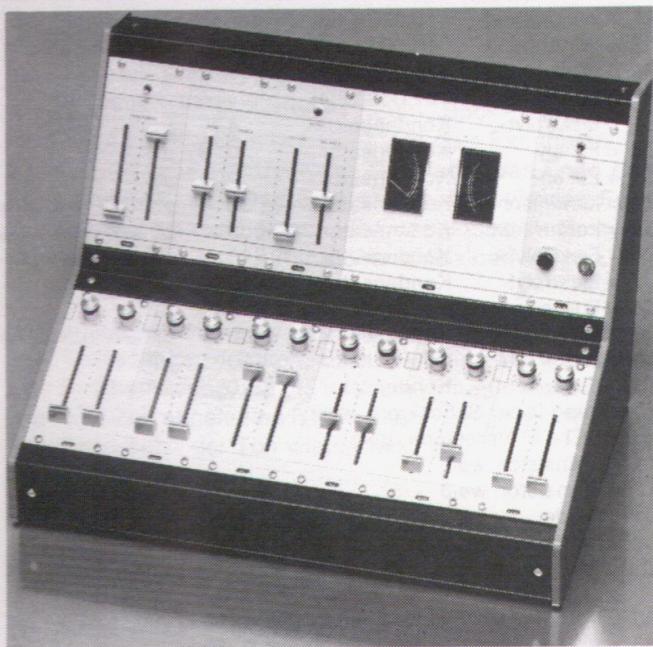
Mischpult

Ein Mischpult braucht man, wenn mehrere Signalspannungsquellen einen Verstärker gleichzeitig ansteuern sollen. In einer Diskothek muß man z. B. wahlweise einen Plattenspieler und ein Mikrofon auf die Verstärkeranlage schalten können.

Das Mischpult im Experiment **20** hat zwei Eingänge. Der Eingang M ist für das Mikrofon vorgesehen, wobei die Empfindlichkeit mit dem Bereichsschalter eingestellt werden kann. Entweder wird der Widerstand R₁ mit 470 kΩ oder der Widerstand R₂ mit 100 kΩ wirksam.

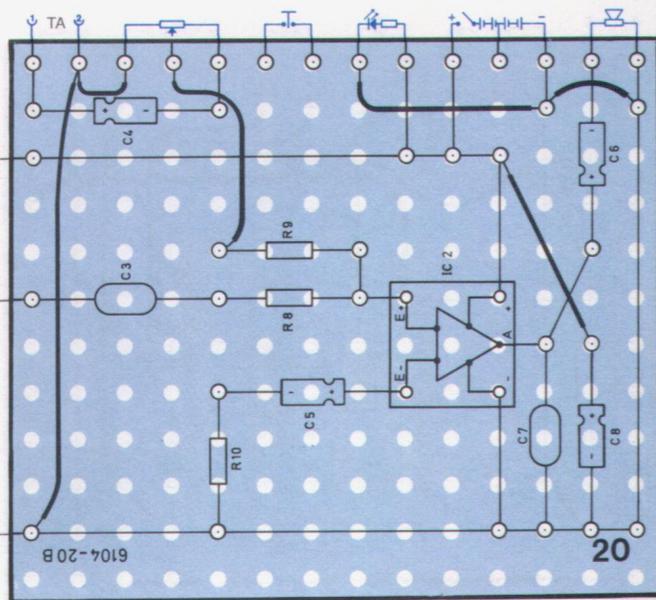
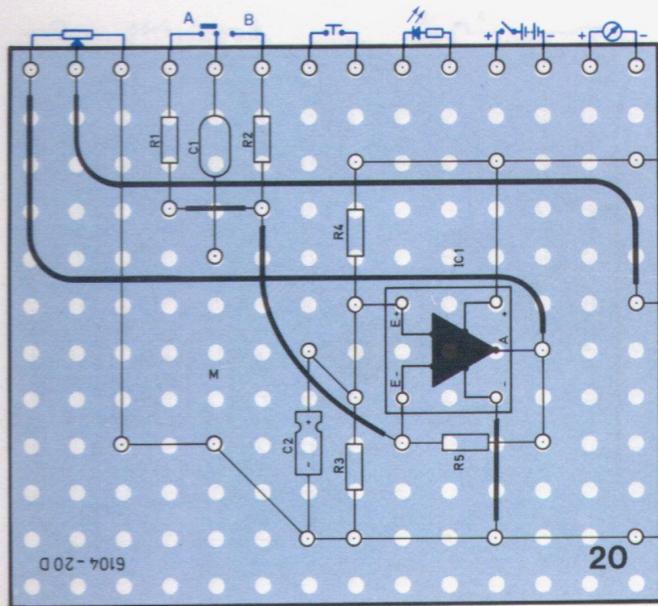
Für den Anschluß des Tonabnehmers, den Plattenspieler also, dient der Anschluß TA (in den Außenanschlüssen 1 und 2). Diese beiden Eingangssignale lassen sich mischen und im Lautsprecher hörbar machen.

Experiment und Wirklichkeit



20

R1 = Widerstand	470.000 Ohm (gelb-violett-gelb)
R2 = Widerstand	100.000 Ohm (braun-schwarz-gelb)
R3 = Widerstand	10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)
R4 = Widerstand	10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)
R5 = Widerstand	1.000.000 Ohm (braun-schwarz-grün)
R8 = Widerstand	22.000 Ohm (rot-rot-orange)
R9 = Widerstand	47.000 Ohm (gelb-violett-orange)
R10= Widerstand	100 Ohm (braun-schwarz-braun)
C1 = Folien-	Kondensator 0,1 μ F
C2 = Elektrolyt-	Kondensator 10 μ F
C3 = Folien-	Kondensator 0,22 μ F
C4 = Elektrolyt-	Kondensator 10 μ F
C5 = Elektrolyt-	Kondensator 4,7 μ F
C6 = Elektrolyt-	Kondensator 100 μ F
C7 = Folien-	Kondensator 0,047 μ F
C8 = Elektrolyt-	Kondensator 220 μ F
IC1 = FET-OP-Verstärker,	gelb
IC2 = Integrierter Schaltkreis,	weiß
La = Lautsprecher im Bedienungspult B	
LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B	
R6 = Potentiometer im Bedienungspult D, 10 kOhm	
R7 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm	
A/B= Schiebeschalter im Bedienungspult D	



Experiment und Wirklichkeit

Zwei-Kanal-Lichtorgel

In Diskotheken flackern häufig zur Steigerung des Effektes verschiedenfarbige Lampen im Rhythmus der Musik. Solche Anlagen, die Musik – also Töne – in Licht umsetzen können, bezeichnet man als Lichtorgeln. Um die Wirkung der Lichtorgeln noch zu verstärken, läßt man z. B. bei tiefen Tönen blaue Lampen, bei mittleren gelbe und bei hohen Tönen rote Lampen aufleuchten.

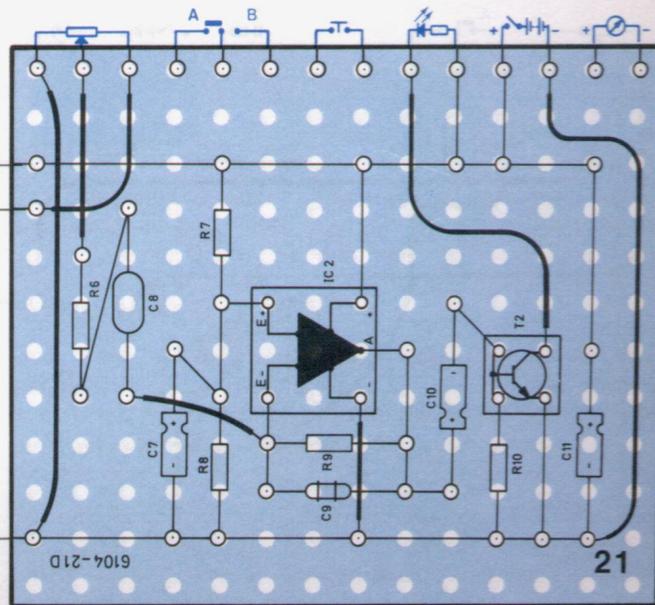
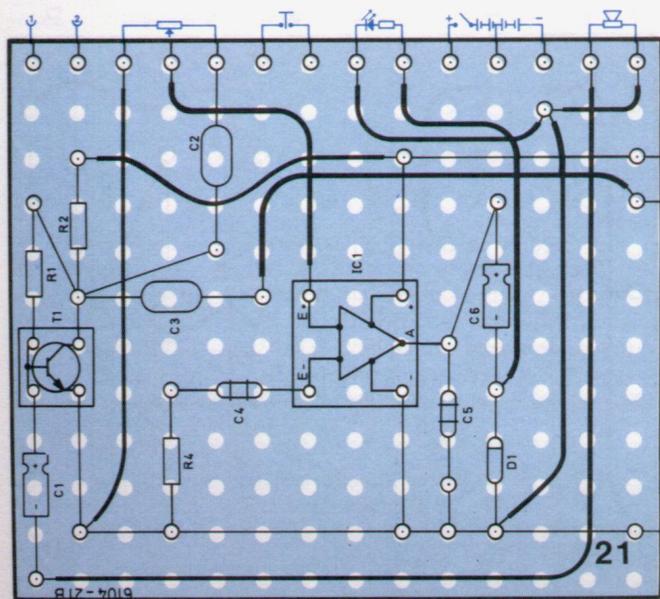
Bei einer 2-Kanal-Lichtorgel kann das Frequenzspektrum in zwei Bereiche zerlegt werden, so daß für hohe und tiefe Töne je eine Lampe im Rhythmus der Musik aufleuchtet.

Im Experiment **21** nimmt der Lautsprecher die Signale auf, die dann verstärkt auf den Hochtonkanal und auf den Tieftonkanal gegeben und durch die Leuchtdioden angezeigt werden.

21

R1 = Widerstand	220.000 Ohm	(rot-rot-gelb)
R2 = Widerstand	4.700 Ohm	(gelb-violett-rot)
R4 = Widerstand	10 Ohm	(braun-schwarz-schwarz)
R6 = Widerstand	22.000 Ohm	(rot-rot-orange)

R7 = Widerstand	10.000 Ohm	(braun-schwarz-orange)
R8 = Widerstand	10.000 Ohm	(braun-schwarz-orange)
R9 = Widerstand	470.000 Ohm	(gelb-violett-gelb)
R10 = Widerstand	47.000 Ohm	(gelb-violett-orange)
C1 = Elektrolyt-Kondensator	4,7	μF
C2 = Folien-Kondensator	0,047	μF
C3 = Folien-Kondensator	0,1	μF
C4 = keramischer Kondensator	10.000	pF (braun-schw.-orange)
C5 = keramischer Kondensator	10.000	pF (braun-schw.-orange)
C6 = Elektrolyt-Kondensator	10	μF
C7 = Elektrolyt-Kondensator	10	μF
C8 = Folien-Kondensator	0,22	μF
C9 = keramischer Kondensator	1.000	pF (braun-schwarz-rot)
C10 = Elektrolyt-Kondensator	100	μF
C11 = Elektrolyt-Kondensator	220	μF
IC1 = Integrierter Schaltkreis, weiß		
IC2 = FET-OP-Verstärker, gelb		
T1 = Transistor, weiß		
T2 = Transistor, weiß		
D1 = Diode		
La = Lautsprecher im Bedienungspult B		
LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B und D		
R3 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm		
R5 = Potentiometer im Bedienungspult D, 10 kOhm		



Elektronische Eieruhr

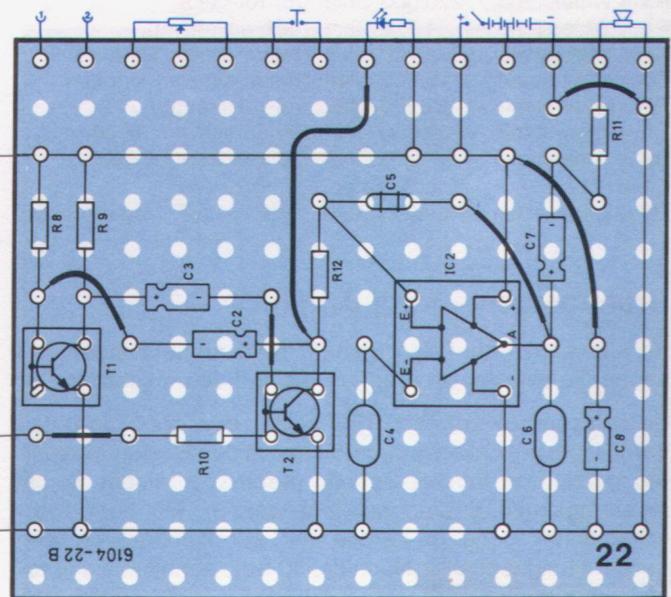
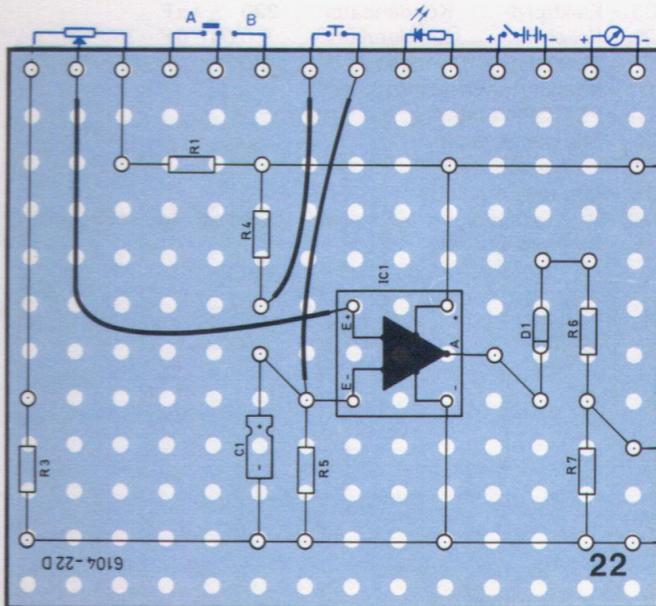
Schon mechanische Küchenwecker hatten die Aufgabe, das Ende einer vorgewählten Koch-, Back- oder Bratzeit durch ein Läutewerk anzuzeigen. Mit dem Experiment **22** kann durch eine elektronische Schaltung das Ende einer eingestellten Schaltzeit akustisch angezeigt werden. Es ließe sich z. B. als elektronische Eieruhr einsetzen. Beim Einschalten strahlt der Lautsprecher einen periodisch unterbrochenen Ton ab.

Soll jetzt eine Zeitmessung durchgeführt werden, muß man den Tastschalter drücken. Es erfolgt eine Unterbrechung der Tonabstrahlung, bis die mit dem Potentiometer R₂ eingestellte Zeit abgelaufen ist. Das kann einige Minuten dauern. Dann setzt der Ton wieder ein.

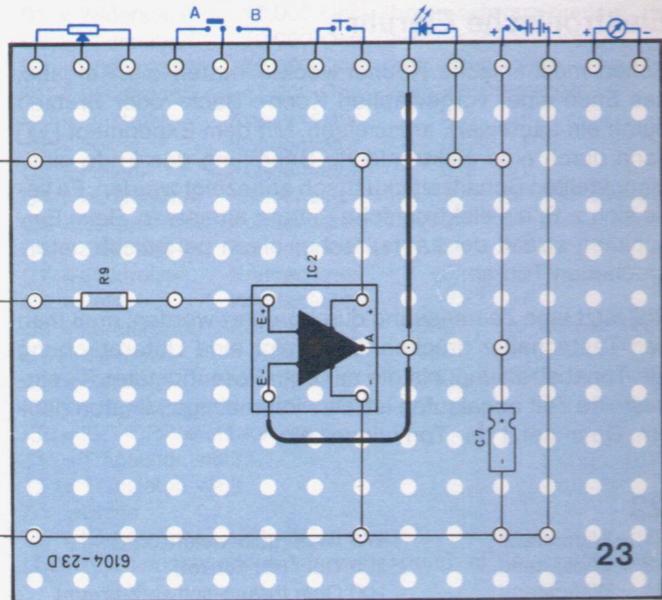
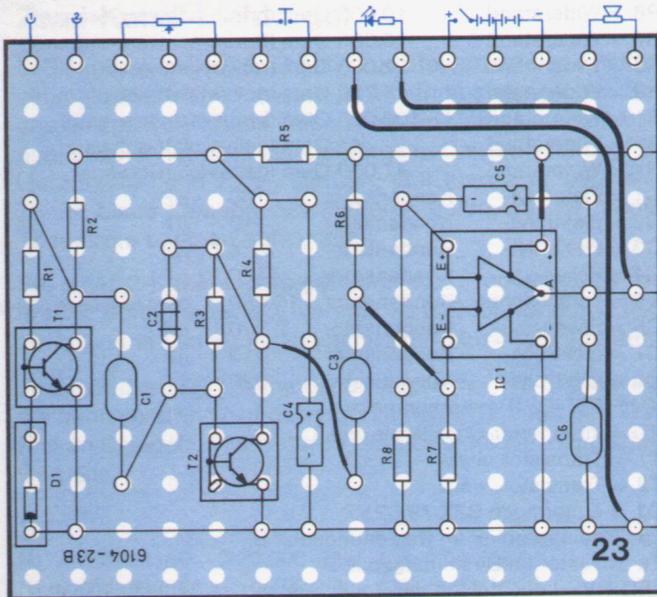
22

R1 = Widerstand	470 Ohm (gelb-violett-braun)
R3 = Widerstand	2.200 Ohm (rot-rot-rot)
R4 = Widerstand	100 Ohm (braun-schwarz-braun)
R5 = Widerstand	10.000.000 Ohm (braun-schwarz-blau)

R6 = Widerstand	10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)
R7 = Widerstand	10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)
R8 = Widerstand	22.000 Ohm (rot-rot-orange)
R9 = Widerstand	4.700 Ohm (gelb-violett-rot)
R10 = Widerstand	100.000 Ohm (braun-schwarz-gelb)
R11 = Widerstand	47 Ohm (gelb-violett-schwarz)
R12 = Widerstand	47.000 Ohm (gelb-violett-orange)
C1 = Elektrolyt-Kondensator	100 μ F
C2 = Elektrolyt-Kondensator	10 μ F
C3 = Elektrolyt-Kondensator	4,7 μ F
C4 = Folien-Kondensator	0,22 μ F
C5 = keramischer Kondensator	10.000 pF (braun-schwarz-orange)
C6 = Folien-Kondensator	0,1 μ F
C7 = Elektrolyt-Kondensator	10 μ F
C8 = Elektrolyt-Kondensator	220 μ F
IC1 = FET-OP-Verstärker	gelb
IC2 = Integrierter Schaltkreis	weiß
T1 = Transistor	weiß
T2 = Transistor	weiß
D1 = Zenerdiode	BZX 79 C2 V7
La	Lautsprecher im Bedienungspult B
Ta	Taster im Bedienungspult D
LED+RV	Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B
R2	Potentiometer im Bedienungspult D, 10 kOhm



Experiment und Wirklichkeit



R1 = Widerstand	470.000 Ohm	(gelb-violett-gelb)
R2 = Widerstand	10.000 Ohm	(braun-schwarz-orange)
R3 = Widerstand	220.000 Ohm	(rot-rot-gelb)
R4 = Widerstand	4.700 Ohm	(gelb-violett-rot)
R5 = Widerstand	100 Ohm	(braun-schwarz-braun)
R6 = Widerstand	10.000 Ohm	(braun-schwarz-orange)
R7 = Widerstand	22.000 Ohm	(rot-rot-orange)
R8 = Widerstand	100.000 Ohm	(braun-schwarz-gelb)
R9 = Widerstand	47.000 Ohm	(gelb-violett-orange)
C1 = Folien-	Kondensator	0,22 μ F
C2 = keramischer	Kondensator	1.000 pF (braun-schwarz-rot)

23

C3 = Folien-	Kondensator	0,1 μ F
C4 = Elektrolyt-	Kondensator	10 μ F
C5 = Elektrolyt-	Kondensator	220 μ F
C6 = Folien-	Kondensator	0,047 μ F
C7 = Elektrolyt-	Kondensator	100 μ F

IC1 = Integrierter Schaltkreis, weiß

IC2 = FET-OP-Verstärker, gelb

T1 = Transistor, weiß

T2 = Transistor, weiß

D1 = Infrarot-Fotodiode

LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B und D

Drachtlos gesteuerte Ampel

An kleineren Baustellen benutzt man Ampelanlagen, bei denen die eine Ampel drahtlos die andere umschaltet.

Bei diesem Experiment **23** kann das rote und das grüne Licht der beiden Leuchtdioden in den Bedienungspulten durch den Infrarot-Sender (nach Experiment 51 im Anleitungsbuch B) umgeschaltet werden. Mit dem Tastschalter des Senders werden die Leuchtdioden von grün nach rot umgeschaltet. Nach ca. 20 Sek. schalten sie automatisch zurück.

Halbautomatische Morsetaste

Um Schiffen und Flugzeugen Nachrichten zu übermitteln, benutzt man auch heute noch vielfach Morsezeichen. Nach einer internationalen Vereinbarung wurden für jeden Buchstaben des Alphabets und für jede Zahl ein Schlüssel festgelegt, der sich aus Punkten und Strichen zusammensetzt. Dieser Morseschlüssel wird in der ganzen Welt benutzt.

Beim Senden der Funksprüche muß der Funker darauf achten, daß sich Striche – lange Signale – und Punkte – kurze Signale – deutlich voneinander unterscheiden.

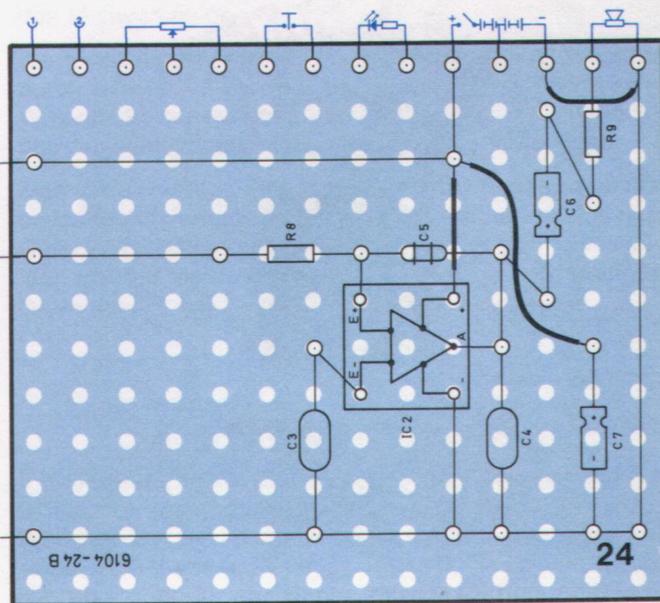
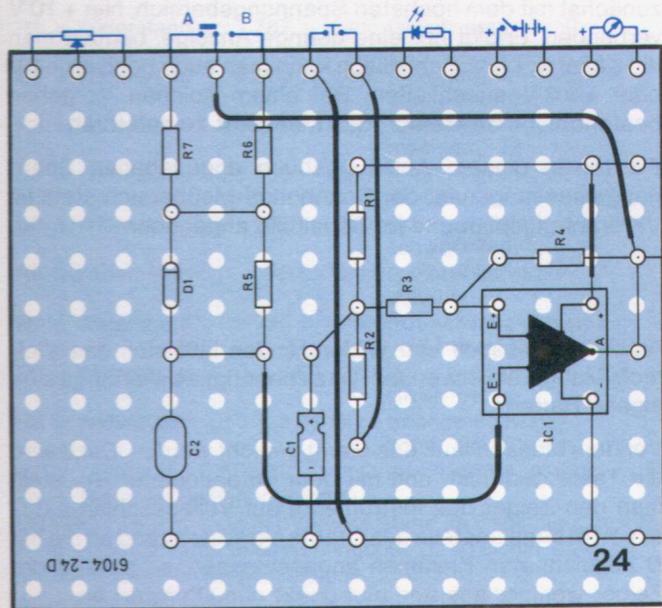
R1 = Widerstand	10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)	24
R2 = Widerstand	10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)	
R3 = Widerstand	100.000 Ohm (braun-schwarz-gelb)	
R4 = Widerstand	100.000 Ohm (braun-schwarz-gelb)	
R5 = Widerstand	1.000.000 Ohm (braun-schwarz-grün)	
R6 = Widerstand	470.000 Ohm (gelb-violett-gelb)	
R7 = Widerstand	1.000.000 Ohm (braun-schwarz-grün)	
R8 = Widerstand	47.000 Ohm (gelb-violett-orange)	
R9 = Widerstand	47 Ohm (gelb-violett-schwarz)	
C1 = Elektrolyt-	Kondensator 10 μ F	

Eine halbautomatische Morsetaste, mit der die Signale eindeutig festgelegt werden, wird mit Experiment **24** aufgebaut. Vor dem Betätigen des Tastschalters kann mit dem Bereichsschalter zwischen kurzen und langen Zeichen gewählt werden.

Schalterstellung A: kurze Zeichen · Punkte
Schalterstellung B: lange Zeichen – Striche

Morsealphabet siehe Seite 118.

C2 = Folien-	Kondensator	0,1 μ F
C3 = Folien-	Kondensator	0,22 μ F
C4 = Folien-	Kondensator	0,047 μ F
C5 = keramischer	Kondensator	10.000 pF (braun-schw.-orange)
C6 = Elektrolyt-	Kondensator	100 μ F
C7 = Elektrolyt-	Kondensator	220 μ F
IC1 = FET-OP-	Verstärker, gelb	
IC2 = Integrierter	Schaltkreis, weiß	
D1 = Diode		
La = Lautsprecher	im Bedienungspult B	
Ta = Taster	im Bedienungspult D	
A/B = Schiebese	chalter im Bedienungspult D	

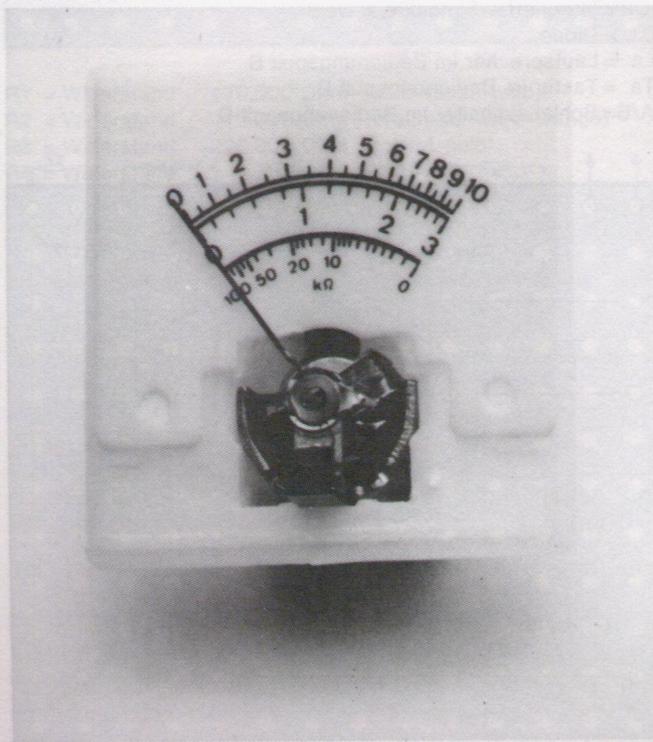


Elektronik vom Meßgerät erfaßt

Mit dem Experiment **25** wird das **Vielfach-Meßgerät** auf der Grundplatte der Experimentierbox D aufgebaut. Dieses Vielfach-Meßgerät besteht im wesentlichen aus dem **Meßwerk**, das im Bedienungspult eingebaut ist, und den verdrahteten Vorwiderständen auf der Grundplatte. Das Meßwerk hat einen Innenwiderstand von $750\ \Omega$ und eine Stromaufnahme von ca. $200\ \mu\text{A}$ bei Vollausschlag. Wichtig ist, daß beim Aufbau die Metallschichtwiderstände verwendet werden. Sie sind an den **fünf** Farbringen zu erkennen.

Das vollständige Vielfach-Meßgerät ermöglicht Spannungs-, Stromstärke und Widerstandsmessungen. Es wird für die weiteren Experimente mit diesem Elektronik-Experimentierkasten benötigt.

Auf Seite 5 ist das aufgebaute Meßgerät abgebildet.



Zum **Messen von Stromstärken** schaltet man den Schiebescalter im Bedienungspult auf **B** und schließt den mit – bezeichneten Kontakt an den Stromkreis. Den anderen Anschluß des zu untersuchenden Stromkreises führt man zunächst an den größtmöglichen Meßbereich, in diesem Fall an die Klemme + 100 mA. Ist der Ausschlag des Meßgerätes zu gering, wird der Stromkreis an + 30 mA gelegt. Sollte die Anzeige wieder zu gering sein, wird + 10 mA mit dem Stromkreis verbunden. Schließlich sind auch noch die Bereiche + 3 mA und + 1 mA möglich. Man verfährt also immer so, daß man mit dem höchsten Meßbereich beginnt und vermeidet so eine Überlastung des Meßgerätes, die zur Beschädigung oder gar Zerstörung führen kann.

Für alle in diesem Anleitungsbuch angegebenen Experimente ist der zu wählende Meßbereich sowohl im Verdrahtungsplan als auch in dem Schaltbild angegeben. Er kann beim Aufbau des Experiments gleich gewählt werden.

Zum **Messen von Spannungen** muß der Schiebescalter in Stellung **A** stehen. Man verbindet die mit minus – bezeichnete Klemme mit – des Stromkreises. Der Pluspol wird zunächst mit dem höchsten Spannungsbereich, hier + 10 V verbunden. Erfolgt nur eine geringe Anzeige, benutzt man die Klemme + 3 V. Schließlich kann man auch noch an + 1 V oder + 0,3 V anschließen. Bei einem solchen Vorgehen besteht nicht die Gefahr, das Meßgerät zu zerstören.

Für die in diesem Anleitungsbuch angegebenen Spannungsmessungen ist der Spannungs-Meßbereich stets im Verdrahtungsplan und im Schaltbild angegeben.

Auch zum **Messen von Widerständen** läßt sich das Vielfach-Meßgerät verwenden. Dazu benötigt es allerdings eine eigene Batterie.

Vor dem Messen muß das Gerät geeicht werden. Dazu wird die Taste gedrückt, und mit dem Potentiometer R_{11} stellt man den Zeiger des Instruments auf Vollausschlag $\cong 0\ \Omega$ ein. Wird dann anstelle des Drahts ein Widerstand an die mit Ω bezeichneten Klemmen angeschlossen, so schlägt der Zeiger weniger aus und gibt direkt den Ohmwert an.

Elektronik vom Meßgerät erfaßt

Meßtechnik

Die Meßtechnik umfaßt alle Verfahren, mit deren Hilfe Messungen ausgeführt werden können. Dazu gehören u. a. **Waagen**, die das Gewicht über eine Feder in eine Bewegung des Skalenzeigers übertragen, oder **Thermometer**, bei denen eine Temperaturänderung die Vergrößerung bzw. Verkleinerung eines bestimmten Volumens Quecksilber bewirkt, so daß die Temperaturänderung auf der Skala abgelesen werden kann.

In der elektronischen Meßtechnik werden physikalische Größen in elektrische Ströme und Spannungen umgewandelt, die dann in Schaltkreisen aufbereitet und auf einer Anzeige sichtbar gemacht werden.

Da sich die elektrischen Vorgänge im Stromkreis der direkten Beobachtung entziehen, lassen sie sich nur indirekt, z. B. durch Messungen, verfolgen.

Dazu wird ein Meßgerät in der entsprechenden Schaltung eingesetzt und die Größe des Stromes durch das Instrument sichtbar gemacht.

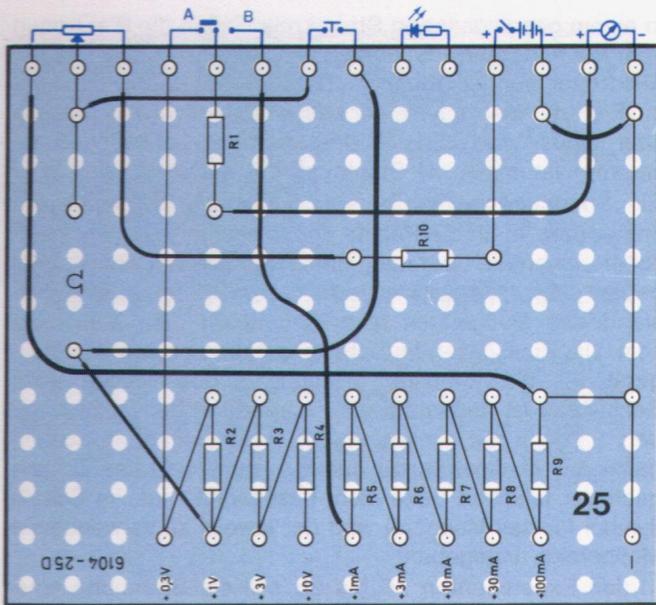
Oft finden Instrumente Verwendung, deren Zeigerausschlag auf der magnetischen Ablenkung einer Drehspule des Meßwerkes beruht.

Zur Erzeugung des magnetischen Feldes muß der Strom durch eine Spule fließen. Sie besitzt einen elektrischen Widerstand, den **Innenwiderstand**, der bei der Konstruktion und Anwendung des Meßgerätes von Bedeutung ist.

Zum fachgerechten Messen elektrischer Größen muß man einige Besonderheiten beachten. Die Meßwerke sind nach Güteklassen eingeteilt. Man legt damit die Meßgenauigkeit fest. Beträgt diese z. B. 5 %, so bezieht sie sich auf den Skalenendwert:

$$\begin{array}{l} \text{Meßbereich} \quad \quad \quad 10 \text{ Volt} \\ 5 \% \text{ von } 10 \text{ Volt} = \quad 0,5 \text{ V} \end{array}$$

5 % Toleranz bedeuten also, daß eine Abweichung von 0,5 V nach oben und nach unten zulässig ist. Der wahre Wert bei Endausschlag des Instruments kann also zwischen 10,5 V und 9,5 V liegen. Diese 0,5 V Toleranz gelten nun aber auch für den Skalenanfang. Mißt man z. B. eine



25

R1 = Widerstand	787	Ohm (violett-grau-violett-schwarz-braun)
R2 = Widerstand	3.570	Ohm (orange-grün-violett-braun-braun)
R3 = Widerstand	10.200	Ohm (braun-schwarz-rot-rot-braun)
R4 = Widerstand	35.700	Ohm (orange-grün-violett-rot-braun)
R5 = Widerstand	267	Ohm (rot-blau-violett-schwarz-braun)
R6 = Widerstand	76,8	Ohm (violett-blau-grau-gold-braun)
R7 = Widerstand	20	Ohm (rot-schwarz-schwarz-gold-braun)
R8 = Widerstand	6,98	Ohm (blau-weiß-grau-silber-braun)
R9 = Widerstand	3,01	Ohm (orange-schwarz-braun-silber-braun)
R10 = Widerstand	10.000	Ohm (braun-schw.-orange)
Ta = Taster im Bedienungspult D		
LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult D		
R11 = Potentiometer im Bedienungspult D, 10 kOhm		
M = Meßwerk im Bedienungspult D		
A/B = Schiebeschalter im Bedienungspult D		

Elektronik vom Meßgerät erfaßt

Spannung von 1 Volt mit dem 10 V-Meßbereich, so kann der absolute Wert

$$1 + 0,5 \text{ V} = 1,5 \text{ V} \text{ oder} \\ 1 - 0,5 \text{ V} = 0,5 \text{ V}$$

betragen. Daraus ergibt sich die Forderung, den Meßbereich immer so zu wählen, daß man im oberen Skalbereich arbeitet, d. h. möglichst nahe dem Endausschlag des Instruments.

Beim Feststellen unbekannter elektrischer Größen beginnt man die Messung immer mit dem größten Meßbereich und verhindert so, daß der Zeiger gegen den Anschlag prellt und sich verbiegt. Bei extremer Fehleinstellung kann auch das Meßwerk zerstört werden.

Bei allen Messungen im elektrischen Stromkreis spielt der gesetzmäßige Zusammenhang zwischen Stromstärke, Spannung und Widerstand eine grundlegende Rolle. Er ist im Ohmschen Gesetz festgelegt:

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

Um mathematische Formulierungen dieser Zusammenhänge zu ermöglichen, wählt man Kurzzeichen für die entsprechenden elektrischen Größen. Das Zeichen I steht stellvertretend für die Stromstärke, U für die Spannung und R für den elektrischen Widerstand. Dann läßt sich die Gesetzmäßigkeit durch folgende Gleichung ausdrücken:

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

Daraus ergibt sich durch Umformung:

$$U = R \cdot I \text{ und } R = \frac{U}{I}$$

Messen ist das Bestimmen von Mengen, Größen oder anderen Einheiten, wobei eine zu messende Größe mit einer anderen der gleichen Art, der sog. **Maßeinheit**, verglichen wird. Der Meßvorgang selbst liefert die **Meßzahl**. Aus dem Produkt einer Meßzahl und der Maßeinheit ergibt sich die physikalische Größe (Meßgröße).

In einem geschlossenen Stromkreis fließen die Elektronen vom Pol mit Elektronenüberschuß (Minuspol) zum Pol mit Elektronenmangel (Pluspol). Dadurch entsteht insgesamt ein Elektronenstrom in einer bestimmten Richtung, nämlich vom Minus- zum Pluspol. Ursache für das Fließen eines Stromes ist immer die Spannung der Batterie.

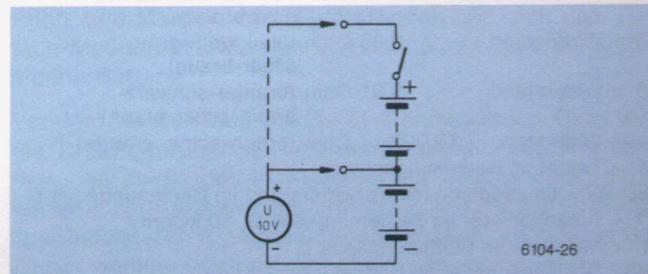
Ein Spannungsmeißgerät, auch Voltmeter genannt, wird immer parallel an die Punkte des Stromkreises gelegt, zwischen denen die Spannung gemessen werden soll. Um ein genaues Meßergebnis zu erhalten, muß der Innenwiderstand des Meßgerätes hoch gegenüber dem Meßobjekt sein. Die Pfeilspitzen im Schaltbild geben an, wo das Meßgerät für die jeweilige Messung angeschlossen wird. Bezeichnet ist außerdem die Polarität mit den Zeichen $+$ und $-$, denn auf richtige Polung ist unbedingt zu achten, damit das Meßinstrument durch Ausschlagen des Zeigers nach der falschen Seite nicht beschädigt wird. Im Schalt-symbol für das Meßgerät wird der jeweils zu verwendende Meßbereich angegeben.

In den Experimenten 26 bis 28 soll die Spannung einer Batterie ermittelt werden. Dazu wird auf der Frontplatte des Meßgerätes mit dem Schiebeschalter der Bereich A = Spannungsmessung gewählt und dann eine Verbindung vom Meßbereich 10 V und der Minusklemme zu den Polen einer Batterie auf der zweiten Grundplatte hergestellt, wobei der Mittelanschluß benutzt werden muß.

Beim Einschalten zeigt das Meßgerät zwischen den Klemmen **26** AB und **27** BC

eine Spannung von 4,5 V. Eine Messung der Gesamtspannung der beiden in Reihe geschalteten Batterien zwischen den Klemmen

28 AC ergibt 9 V. Die beiden Teilspannungen addieren sich also zu einer Gesamtspannung von 9 V.



Elektronik vom Meßgerät erfaßt

Am Stromfluß, hervorgerufen durch die elektrische Spannung, sind Milliarden von Elektronen beteiligt. Sie bilden die Elektrizitätsmenge, die dann ständig durch einen Leiter fließt. Wenn nun in einer Sekunde die unvorstellbar große Zahl von 6,25 Trillionen ($6,25 \cdot 10^{18}$) Elektronen durch einen Drahtquerschnitt transportiert wird, so sagt man, diese Menge ist die **Stromstärke**

1 Ampere (1 A).

Da in elektrischen Stromkreisen sehr unterschiedliche Stromstärken auftreten können, werden auch Teile der Einheit verwendet.

$$1 \text{ mA} = 1 \text{ Milliampere} = \frac{1}{1.000} \text{ A}$$

$$1 \text{ } \mu\text{A} = 1 \text{ Mikroampere} = \frac{1}{1.000.000} \text{ A}$$

$$1 \text{ nA} = 1 \text{ Nanoampere} = \frac{1}{1.000.000.000} \text{ A}$$

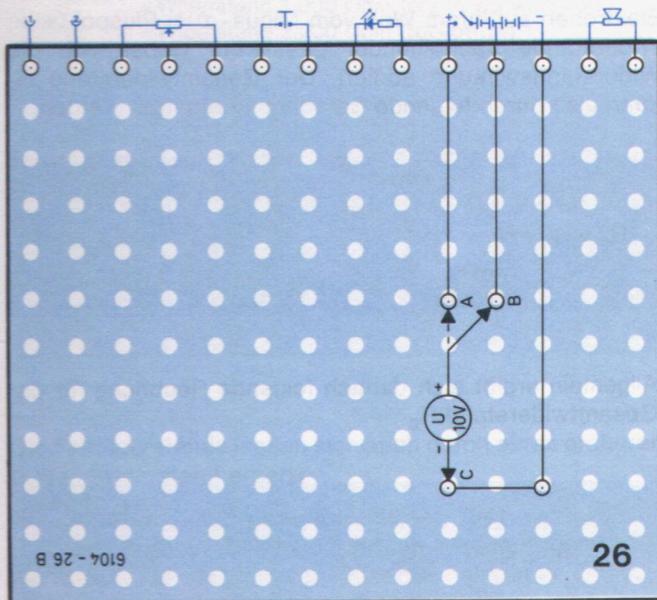
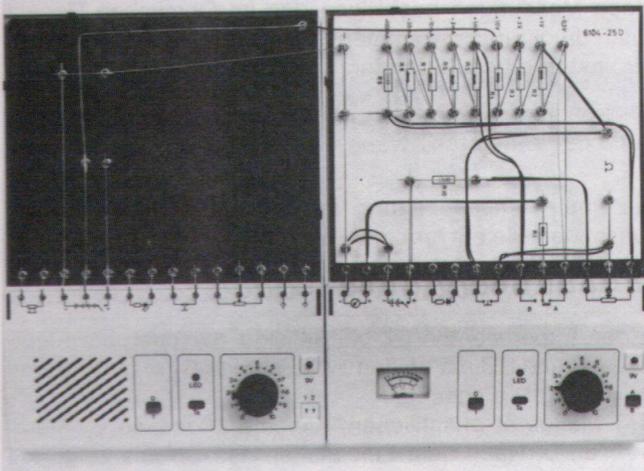
Um die Stärke des elektrischen Stromes zu messen, muß durch das Meßgerät der gleiche Strom fließen, wie im Stromkreis. Deshalb muß ein Strommeßgerät, auch Amperemeter genannt, immer direkt in den Stromkreis geschaltet werden.

Durch einen elektrischen Widerstand wird die Stärke des Stroms begrenzt, weil eine geringe Anzahl von Elektronen den Leitungsdraht im Stromkreis passieren kann.

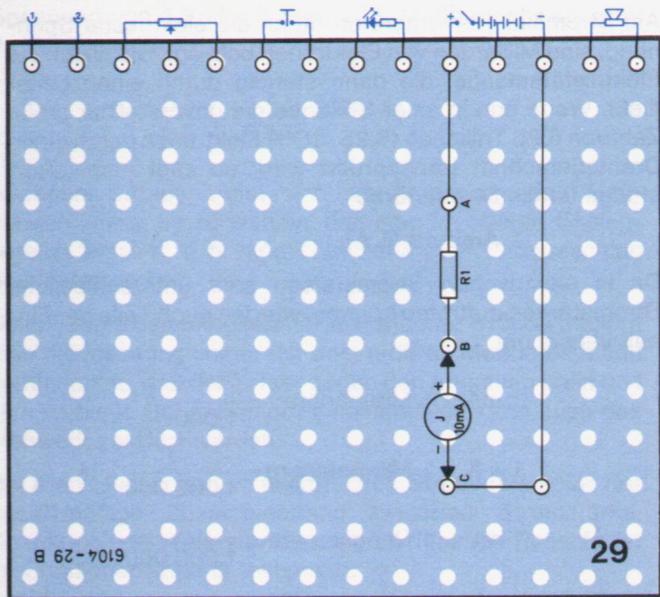
In Experiment 29 bis 31 kann untersucht werden, in welcher Weise sich die Stromstärke in Abhängigkeit zur Größe des verwendeten Widerstandes verändert.

Zunächst wird mit dem Schiebeschalter der Bereich Strommessungen (B) gewählt und dann eine Verbindung von der Klemme 10 mA und der Minusklemme zum Experimentierfeld auf der zweiten Grundplatte geführt, und so angeschlossen, daß das Meßgerät in den Stromkreis geschaltet ist, Klemme 10 mA an B, und Klemme - an C. Dann setzt man zwischen die Klemmen A und B nacheinander Widerstände von

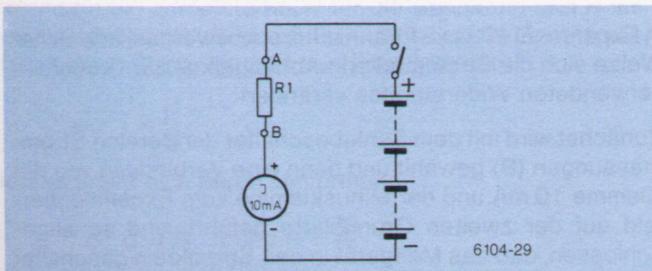
- 29** 1.000 Ω (braun-schwarz-rot),
- 30** 4.700 Ω (gelb-violett-rot) und
- 31** 47.000 Ω (gelb-violett-orange) ein.



Elektronik vom Meßgerät erfaßt



29 Meßgerät 25 – 10 mA
R1 = Widerstand 1.000 Ohm (braun-schwarz-rot)



Nach dem Einschalten des Stroms ist auf der Skala bei 1.000 Ω eine Stromstärke von ca. 9 mA, bei 4.700 Ω eine von ca. 2 mA und bei 47.000 Ω eine von ca. 0,2 mA abzulesen.

Diese Messungen bestätigen den im Ohmschen Gesetz ausgedrückten Zusammenhang zwischen Spannung, Stromstärke und Widerstand.

Bei konstanter Spannung wird die Stromstärke kleiner, wenn der Widerstand wächst und umgekehrt.

Bei einer Reihenschaltung von Widerständen wirken alle zusammen wie **ein** großer Widerstand, denn die Elektronen werden auf dem Weg vom Minus- zum Pluspol entsprechend gehemmt.

In den Experimenten 32 bis 34 sind zwischen die Klemmen AB und BC die beiden Widerstände $R_1 = 1.000 \Omega$ und $R_2 = 2.200 \Omega$ eingesetzt.

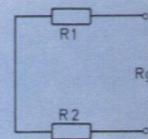
32 Meßgerät anschließen: Klemme 10 mA an C, Klemme – an D. Nach dem Einschalten des Stroms zeigt das Meßgerät eine Stromstärke von ca. 3 mA.

33 Überbrückt man durch eine direkte Drahtverbindung den Widerstand R_1 , steigt die Stromstärke auf ca. 4 mA,

34 bei Überbrückung von R_2 auf ca. 9 mA.

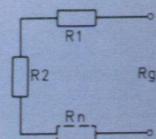
Bei einer Reihenschaltung von Widerständen müssen die Elektronen auf ihrem Weg vom Minus- zum Pluspol beide Widerstände nacheinander passieren, wobei sich die Widerstandswirkung addiert. Der Gesamtwiderstand R_g kann also durch folgende Berechnung ermittelt werden:

$$R_g = R_1 + R_2$$



Allgemein ergibt sich danach folgende Rechnung für den Gesamtwiderstand R_g

$$R_g = R_1 + R_2 \dots + R_n$$

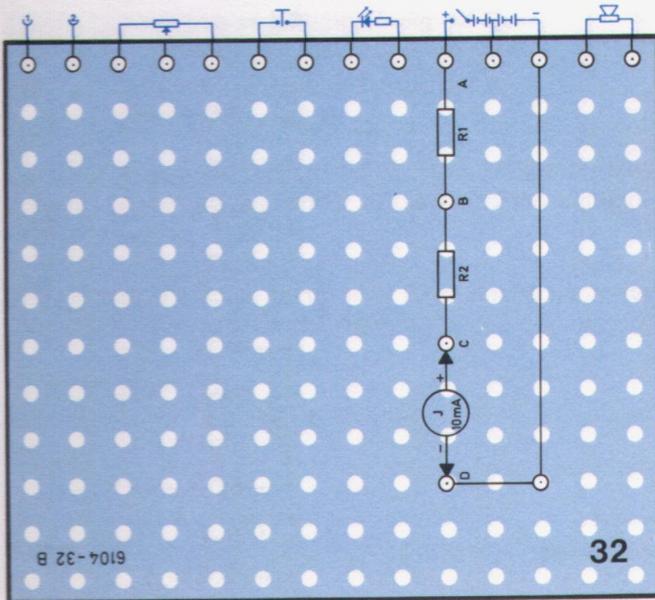


Elektronik vom Meßgerät erfaßt

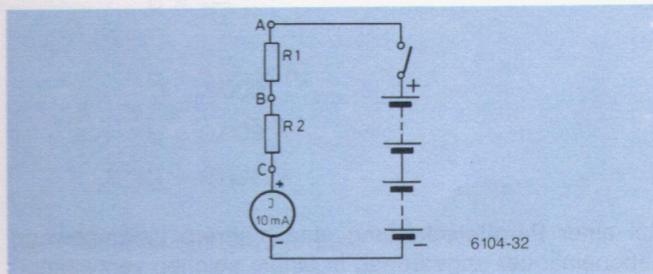
Die Reihenschaltung von Widerständen bietet eine wichtige schaltungstechnische Möglichkeit, die sogenannte **Spannungsteilung**.

Eine Batteriespannung wird durch zwei in Reihe geschaltete Widerstände in zwei Teilspannungen aufgeteilt. Durch entsprechende Wahl der Widerstände können dabei Spannungswerte zwischen Null und der Gesamtspannung eingestellt werden, um innerhalb einer Schaltung verschieden hohe Spannungen abzugreifen.

In den Experimenten 36 bis 38 werden die Spannungsverhältnisse in einem Spannungsteiler mit den Widerständen $R_1 = 1.000 \Omega$ und $R_2 = 2.200 \Omega$ untersucht. Mit dem Meßgerät als Spannungsmesser (Meßbereich 10 V) läßt sich der Spannungsabfall an jedem Widerstand nachweisen.

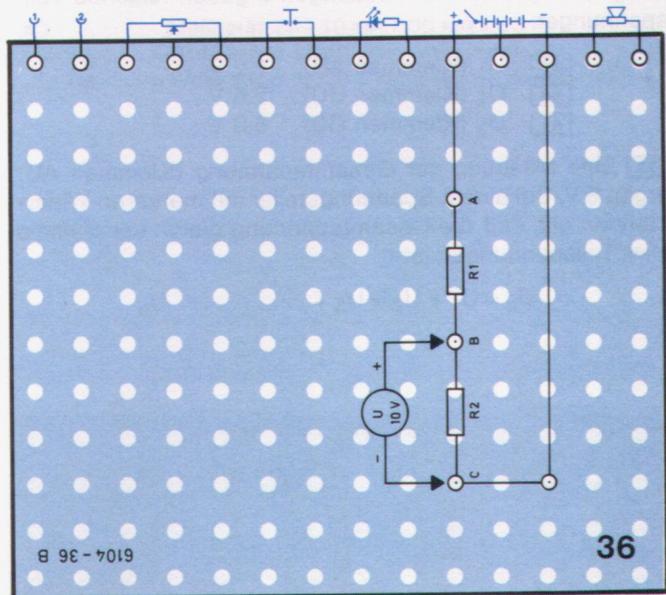


- 32 Meßgerät 25 – 10 mA
 R1 = Widerstand 1.000 Ohm (braun-schwarz-rot)
 R2 = Widerstand 2.200 Ohm (rot-rot-rot)



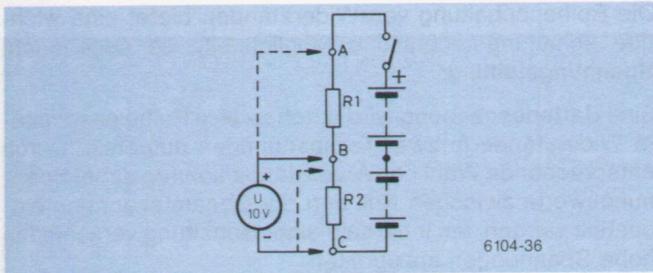
Die Teilwiderstände lassen sich auch durch **einen** größeren Gesamtwiderstand ersetzen.

Das läßt sich mit dem Experiment **35** nachweisen: Hält man je einen Anschlußdraht der beiden Widerstände an die Klemmen $k\Omega$ und verbindet die anderen beiden miteinander, dann zeigt das Meßgerät die Summe der beiden Einzelwiderstände an, also den Gesamtwiderstand.



- 36 Meßgerät 25 – 10 V
 R1 = Widerstand 1.000 Ohm (braun-schwarz-rot)
 R2 = Widerstand 2.200 Ohm (rot-rot-rot)

Elektronik vom Meßgerät erfaßt



36 Er beträgt an R_1 (zwischen den Klemmen AB) ca. 2,8 Volt,

37 an R_2 (Klemmen BC) ca. 6,2 Volt.

38 Die Summe der Teilspannungen entspricht der angelegten Gesamtspannung U_g (Klemmen AC) von 9 Volt.

In den Experimenten 39 bis 42 wird die Gesamtspannung durch die drei Widerstände R_1 , R_2 und R_3 in drei Teilspannungen aufgeteilt. Die Messungen ergeben folgende Teilspannungen

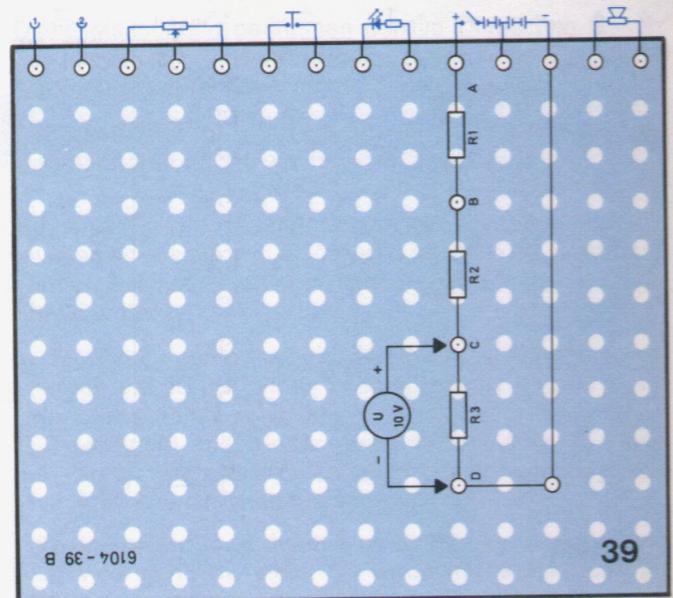
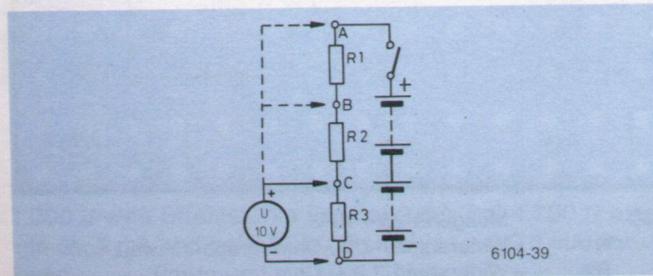
39 U_1 (Klemmen AB) : 1,2 V

40 U_2 (Klemmen BC) : 2,5 V

41 U_3 (Klemmen CD) : 5,3 V

42 Eine Messung der Gesamtspannung (Klemmen AD) ergibt 9 V. Bei einem Spannungsteiler mit mehreren Widerständen gilt, daß die Gesamtspannung gleich der Summe aller Teilspannungen ist.

$$U_g = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$$



39 Meßgerät 25 – 10 V

R_1 = Widerstand 1.000 Ohm (braun-schwarz-rot)

R_2 = Widerstand 2.200 Ohm (rot-rot-rot)

R_3 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb-violett-rot)

Bei einer **Parallelschaltung** sind mehrere Leitungswege nebeneinander angeordnet. In einem solchen verzweigten Stromkreis teilt sich der Gesamtstrom in mehrere Teilströme auf.

In den Experimenten 43 bis 46 sind die beiden Widerstände $R_1 = 2,2 \text{ k}\Omega$ und $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ parallel geschaltet.

43 Bei einer Betriebsspannung von 9 Volt (zwischen den Klemmen E und F) – sie wird durch das Meßgerät als Spannungsmesser (Meßbereich 10 V) angezeigt – lassen sich folgende Ergebnisse ermitteln, wenn der Tastschalter gedrückt wird:

Elektronik vom Meßgerät erfaßt

- 44** 1. Stromstärke im Leitungszweig mit R_1
(Klemmen BC) = 4 mA
- 45** 2. Stromstärke im Leitungszweig mit R_2
(Klemmen DE) = 9 mA

Für die Messung der Teilströme wird das Meßgerät (Meßbereich 10 mA) nacheinander in die einzelnen Leitungszweige gesetzt.

Die Meßwerte können durch eine Berechnung nach dem Ohmschen Gesetz bestätigt werden.

Teilstrom durch R_1 :

$$I_1 = \frac{U}{R_1}$$

$$I_1 = \frac{9}{2.200} [\text{A}]$$

$$I_1 = 0,0040 \text{ A}$$

$$I_1 = 4 \text{ mA}$$

Teilstrom durch R_2 :

$$I_2 = \frac{U}{R_2}$$

$$I_2 = \frac{9}{1.000} [\text{A}]$$

$$I_2 = 0,009 \text{ A}$$

$$I_2 = 9 \text{ mA}$$

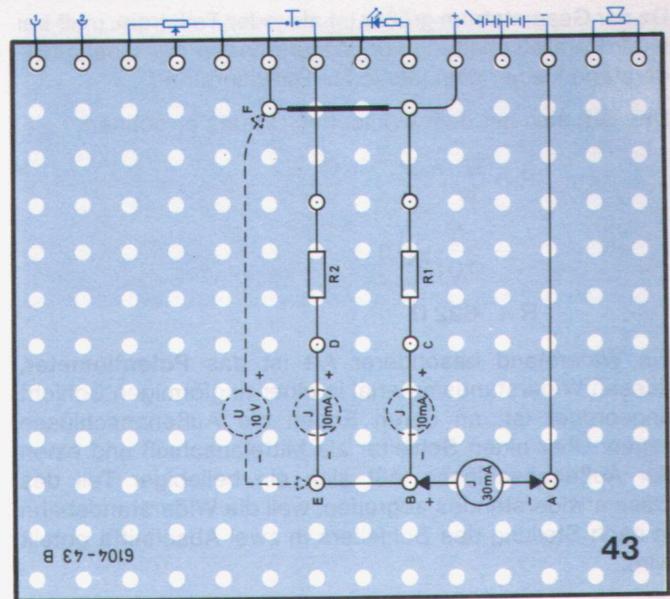
Der Gesamtstrom beträgt dann:

$$I_{\text{ges}} = I_1 + I_2$$

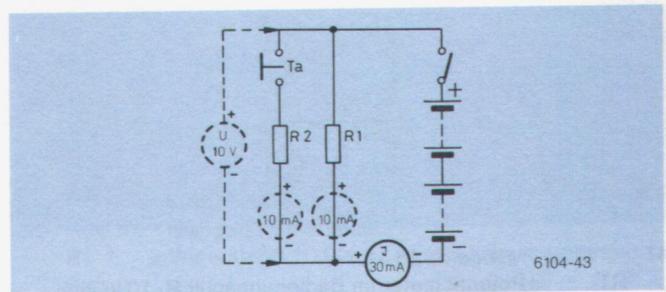
$$I_{\text{ges}} = 4 \text{ mA} + 9 \text{ mA}$$

$$I_{\text{ges}} = 13 \text{ mA}$$

46 Auch der Gesamtstrom läßt sich überprüfen. Dazu schaltet man das Meßgerät (Meßbereich 30 mA) so in den Hauptstromkreis (Klemmen AB), daß bei gedrücktem Tastschalter der Gesamtstrom beider Leitungszweige mit den Widerständen R_1 und R_2 ermittelt werden kann. Die Messung bestätigt die vorangegangene Rechnung.



- 43** Meßgerät 25 - 10 mA / 30 mA / 10 V
- R_1 = Widerstand 2.200 Ohm (rot-rot-rot)
- R_2 = Widerstand 1.000 Ohm (braun-schwarz-rot)



Elektronik vom Meßgerät erfaßt

Da der Gesamtstrom größer ist als jeder Teilstrom, muß bei einer Parallelschaltung von Widerständen der Gesamtwiderstand kleiner sein, als jeder Teilwiderstand.

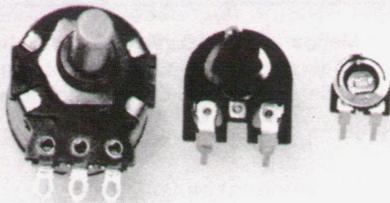
Das läßt sich mit dem Ohmschen Gesetz errechnen:

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

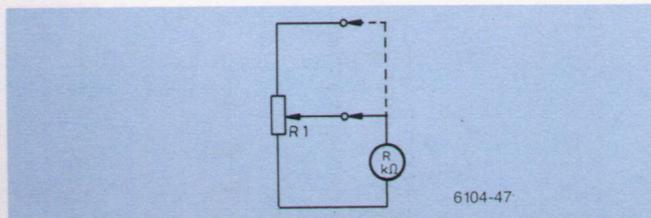
$$= \frac{9}{0,013} [\Omega]$$

$$R \approx 692 \Omega$$

Ein Widerstand besonderer Art ist das **Potentiometer**, dessen Widerstandsmaterial in einer ringförmigen Schicht angeordnet ist, an deren Enden die Außenanschlüsse liegen. Über einen Schleifer als Mittelanschluß und einen der Außenanschlüsse läßt sich ein beliebiger Teil des Gesamtwiderstandes abgreifen, weil die Widerstandsbahn je nach Stellung des Schleifers in zwei Abschnitte geteilt wird.

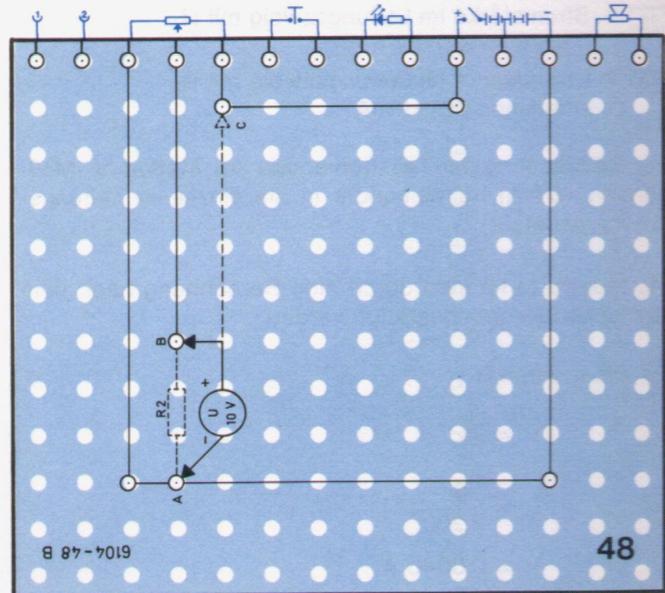


Das Potentiometer ist somit ein regelbarer Widerstand, dessen Wert von 0 bis 10 k Ω stufenlos veränderbar ist. Wird das Potentiometer wie in Experiment **47** ans Meßgerät (Meßbereich k Ω) angeschlossen, ist auf dem Instrument der jeweils eingestellte Widerstandswert ablesbar. Eichung des Meßgeräts als Ohmmeter siehe Seite 40.

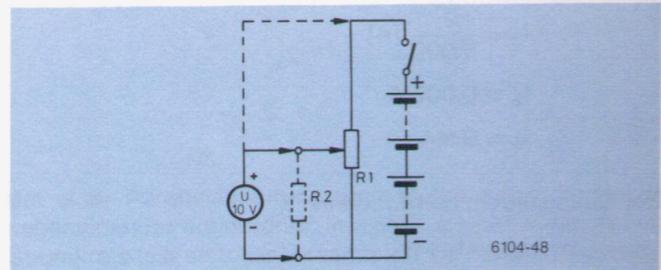


47 Meßgerät 25 - Ohm
R1 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm

48



48 Meßgerät 25 - 10 V
R1 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm



Um die Spannungsteilung mit einem Potentiometer im Experiment 48 bis 50 zu untersuchen, setzt man **48** das Meßgerät (Meßbereich 10 Volt) so ein, daß die Spannung zwischen dem Mittelanschluß und dem Minuspol der Batterie gemessen wird. Betätigt man das Potentiometer, so zeigt das Meßgerät, daß jede Spannung zwischen 0 und 9 Volt einstellbar ist.

Elektronik vom Meßgerät erfaßt

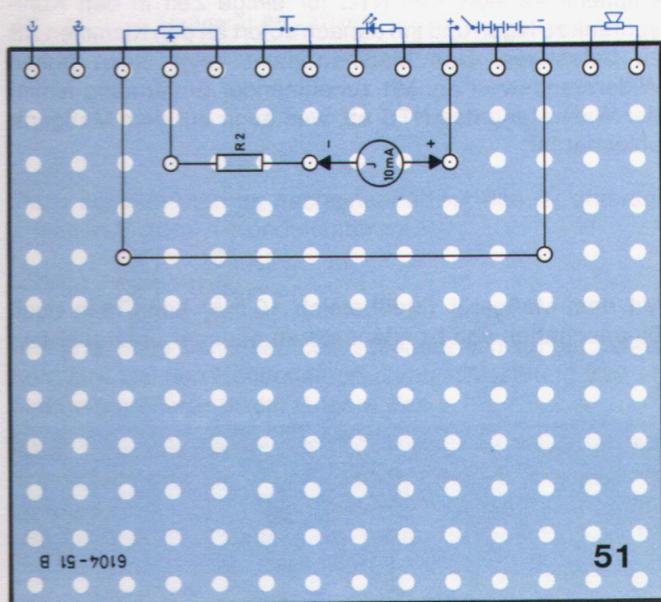
Wird jetzt nacheinander ein Widerstand

49 R_2 mit $4,7 \text{ k}\Omega$ (gelb-violett-rot) bzw.

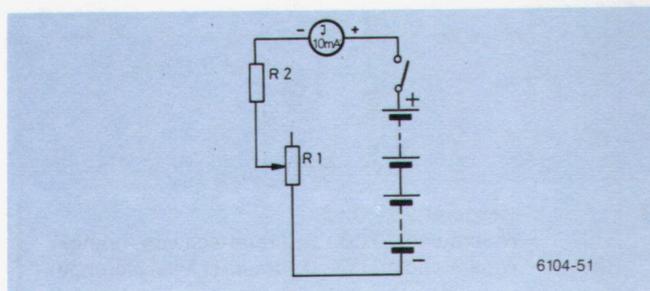
50 R_2 mit $47 \text{ k}\Omega$ (gelb-violett-orange)

zwischen Minus und dem Schleifer des Potentiometers eingesetzt, wird der Gesamtwiderstand kleiner und das Meßgerät zeigt auch eine geringere Spannung an.

Im Experiment **51** ist das Potentiometer als veränderbarer Vorwiderstand geschaltet. Der zweite Widerstand soll das Meßinstrument vor Überlastung schützen. Bei Verwendung eines Potentiometers als Vorwiderstand läßt sich ein bestimmter Strom einstellen. Das kann mit dem Meßgerät (Meßbereich 10 mA) nachgewiesen werden, wenn das Potentiometer betätigt wird.

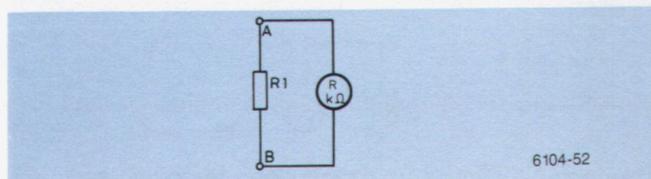


51 Meßgerät $25 - 10 \text{ mA}$
 R_1 = Potentiometer im Bedienungspult B, $10 \text{ k}\Omega$
 R_2 = Widerstand 1.000 Ohm (braun-schwarz-rot)



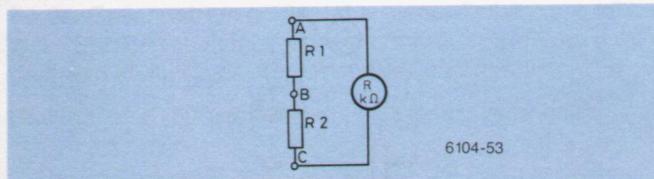
Widerstandsmessungen können mit dem Meßgerät (Meßbereich $\text{k}\Omega$) bei Schalterstellung U vorgenommen werden. Es sei noch einmal daran erinnert, daß bei gedrücktem Tastschalter das Meßgerät durch Regeln am Potentiometer auf Vollausschlag eingestellt werden muß.

Im Experiment **52** werden nacheinander verschiedene Widerstände zwischen den Klemmen A und B befestigt. Den jeweiligen Widerstandswert zeigt das Meßgerät an.



52 Meßgerät $25 - \text{Ohm}$
 R_1 = Widerstand 10.000Ω (braun-schwarz-orange)

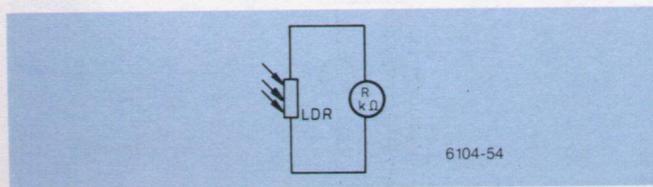
Elektronik vom Meßgerät erfaßt



- 53 Meßgerät 25 – Ohm
 R1 = Widerstand 10.000 Ω (braun-schwarz-orange)
 R2 = Widerstand 10.000 Ω (braun-schwarz-orange)

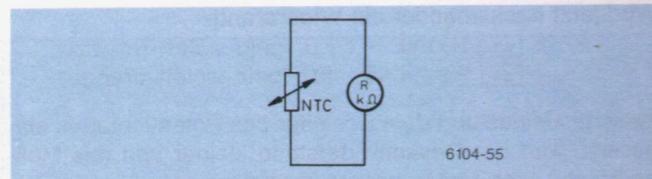
Aus einer Widerstandsreihenschaltung wie in Experiment **53** lassen sich in einer Meßreihe (Klemmen AB) sowohl die Werte der Einzelwiderstände als auch der Gesamtwiderstand ermitteln. Diese Messungen bestätigen die Ergebnisse der Experimente 32 bis 34, wonach sich in einer Reihenschaltung die Widerstandswerte addieren.

Neben den Festwiderständen werden in elektronischen Schaltungen auch Widerstände verwendet, die ihren Wert durch äußere Einflüsse ändern. Dazu gehört z. B. der LDR. Er ist ein lichtabhängiger Widerstand (englisch: Light Dependent Resistor), der im Dunkeln sehr hochohmig ist. Bei Lichteinfall jedoch nimmt der Widerstandswert ab. Das kann man im Experiment **54** untersuchen, indem ein LDR an die Klemmen AB angeschlossen wird. Dunkelt man ihn ab, zeigt das Meßinstrument hohen Widerstandswert an, fällt Licht auf den LDR, wird der Widerstandswert – abhängig vom Lichteinfall – geringer.



- 54 Meßgerät 25 – Ohm
 LDR = Lichtempfindlicher Widerstand

50

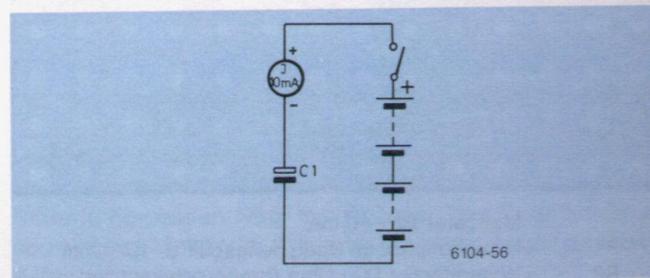


- 55 Meßgerät 25 – Ohm
 NTC = Temperaturabhängiger Widerstand

Eine ähnliche Untersuchung kann man mit dem NTC (englisch: Negative Temperature Coefficient) in Experiment **55** durchführen. Dieser Widerstand ist so konstruiert, daß sich sein Wert in Abhängigkeit von der Temperatur verändert.

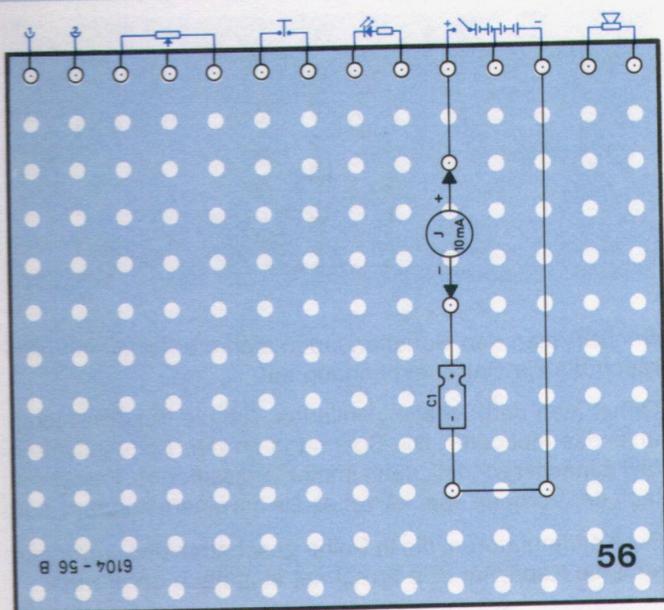
Um deutlich unterschiedliche Ergebnisse zu erhalten, empfiehlt es sich, den NTC für einige Zeit in den Kühlschrank zu legen und ihn danach sofort an den Klemmen AB zu befestigen. Das Meßinstrument zeigt einen hohen Widerstandswert an. Mit zunehmender Erwärmung nimmt der Widerstand des NTC ab, was auch auf dem Meßgerät ablesbar ist.

Mit dem Meßgerät (Meßbereich 10 mA) kann man auch Eigenschaften von Kondensatoren genauer untersuchen.



6104-56

Elektronik vom Meßgerät erfaßt



56 Meßgerät 25 – 10 mA
C1 = Elektrolyt-Kondensator 10 μ F

Dazu schaltet man es nacheinander mit den zu untersuchenden Elektrolyt-Kondensatoren

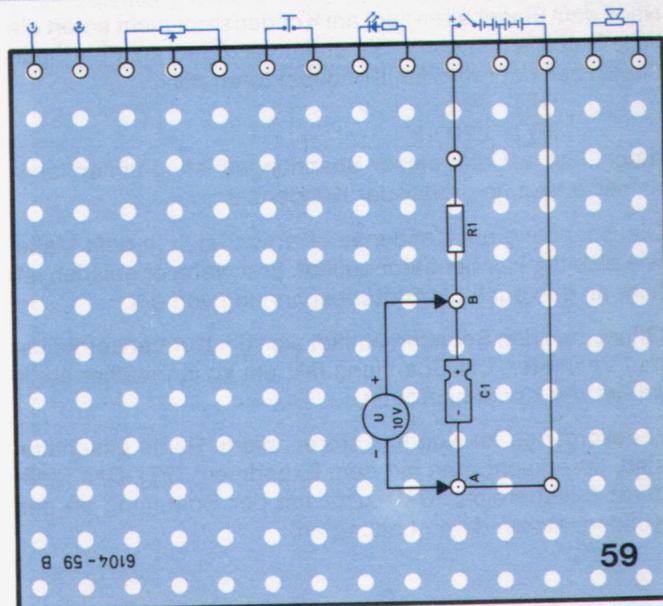
56 10 μ F,

57 100 μ F

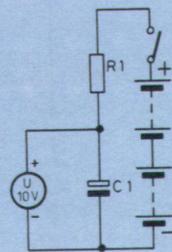
58 220 μ F,

in Reihe. Beim Schließen des Schalters schlägt der Zeiger kurz aus. Bei den Kondensatoren von 100 μ F und 220 μ F fließt ein größerer Strom längere Zeit.

Nach dem Einschalten fließt kurzzeitig ein Strom in den Kondensator. Er wird mit Elektrizität gefüllt, man sagt, er wird geladen. Der Vorgang dauert um so länger, je größer sein Fassungsvermögen – seine Kapazität – ist.



59 Meßgerät 25 – 10 V
R1 = Widerstand 100 Ohm (braun-schwarz-braun)
C1 = Elektrolyt-Kondensator 10 μ F



6104-59

Der Ladevorgang läßt sich genauer mit den Experimenten 59 bis 61 untersuchen.

59 Das Meßgerät (Meßbereich 10 V) mißt die Spannung am Kondensator 10 μ F. Der Widerstand R₁ verzögert den Ladevorgang, so daß der Spannungsverlauf am Kondensator erkennbar wird.

Elektronik vom Meßgerät erfaßt

Nach dem Einschalten liegt am Kondensator nicht sofort die volle Batteriespannung. Sie steigt verzögert an. Führt man das Experiment mit den Kondensatoren von

60 100 μF und

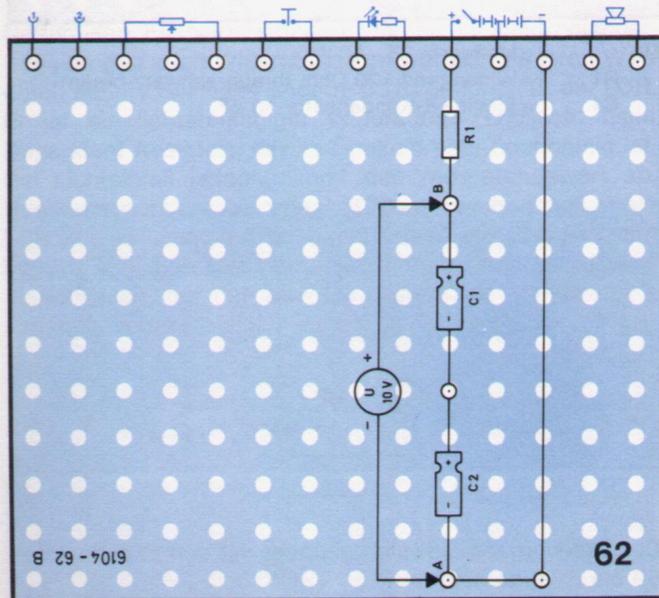
61 220 μF

durch, fällt auf, daß dieser Spannungsanstieg um so langsamer erfolgt, je größer der Kondensator ist.

Die Spannung am Kondensator erhöht sich in dem Maße, wie sich der Kondensator auflädt. Erst wenn er geladen ist, liegt an ihm auch die Batteriespannung von 9 V.

Öffnet man den Schalter, entlädt sich der Kondensator über das Voltmeter. Die Spannung fällt um so langsamer ab, je größer der Kondensator ist.

Ladevorgänge an Kondensatoren, die in Reihe geschaltet sind, untersucht man mit dem Experiment **62**. Das Meßgerät (Meßbereich 10 V) zeigt mit der Spannung an den Kondensatoren deren Ladung an.

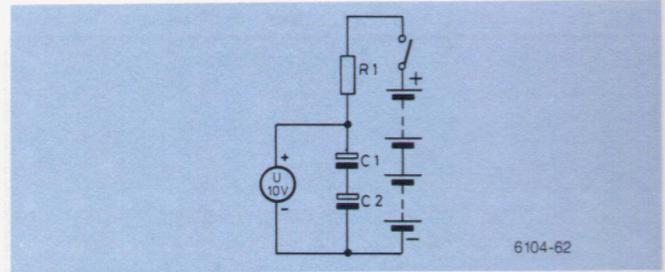


62 Meßgerät 25 - 10 V

R1 = Widerstand 100 Ohm (braun-schwarz-braun)

C1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μF

C2 = Elektrolyt-Kondensator 220 μF



Schließt man den Schalter, laden sich die Kondensatoren rasch bis zur Batteriespannung auf.

Öffnet man den Schalter, entladen sich die Kondensatoren über das Meßgerät. Die Spannung an den Kondensatoren fällt zunächst schnell, dann immer langsamer ab. Insgesamt läuft der Vorgang aber kürzer ab als bei einem Kondensator.

Bei Kondensatoren, die in Reihe geschaltet sind, verringert sich die Kapazität. Sie errechnet sich nach der Formel

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

Im Beispiel mit $C_1 = 100 \mu\text{F}$ und $C_2 = 220 \mu\text{F}$ ergibt sich:

$$\frac{1}{C_{\text{ges}}} = \frac{1}{100} + \frac{1}{220} \quad [\mu\text{F}]$$

$$C_{\text{ges}} \approx 70 \mu\text{F}$$

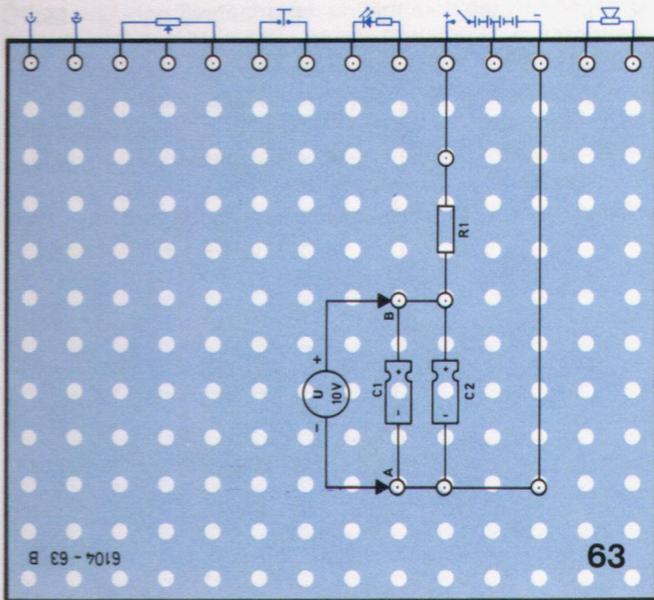
Das Auf- und Entladen von parallelgeschalteten Kondensatoren zeigt das Experiment **63**. Nach dem Einschalten laden sich die Kondensatoren über den Widerstand R_1 rasch auf. Das Meßgerät (Meßbereich 10 V) zeigt an, daß die Spannung von 9 V praktisch sofort an den Kondensatoren liegt. Beim Öffnen des Schalters entladen sie sich über das Meßgerät, die Spannung sinkt langsam ab. Der Vorgang dauert viel länger als bei einem Kondensator allein. Bei parallelgeschalteten Kondensatoren addieren sich nämlich die Kapazitäten. Sie errechnen sich nach der Formel:

$$C_{\text{ges}} = C_1 + C_2$$

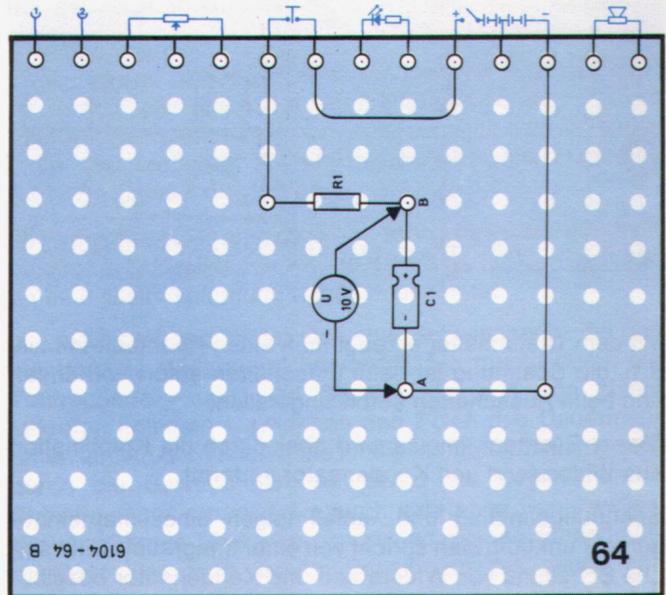
$$C_{\text{ges}} = 100 + 220 \quad [\mu\text{F}]$$

$$C_{\text{ges}} = 320 \mu\text{F}$$

Elektronik vom Meßgerät erfaßt



- 63** Meßgerät 25 – 10 V
 R1 = Widerstand 100 Ohm (braun-schwarz-braun)
 C1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
 C2 = Elektrolyt-Kondensator 220 μ F



- 64** Meßgerät 25 – 10 V
 R1 = Widerstand 220 Ohm (rot-rot-braun)
 C1 = Elektrolyt-Kondensator 10 μ F

In den Experimenten 64 bis 67 wird untersucht, wie die Spannung an einem Kondensator verläuft, wenn ein Widerstand mit einem Kondensator in Reihe geschaltet ist.

64 Beim Betätigen des Tastschalters steigt die Spannung am Kondensator allmählich an. Beim Öffnen des Tastschalters entlädt sich der Kondensator über das Meßgerät.

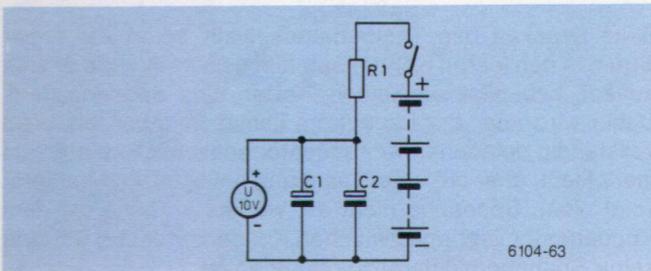
65 Der Anstieg der Spannung ist von der Größe des Widerstandes R_1 und des Kondensators C_1 abhängig. Bei einem Kondensator von 10 μ F und einem Widerstand von 220 Ω steigt die Spannung rasch an.

Tauscht man nun den Kondensator aus gegen einen von

66 100 μ F oder

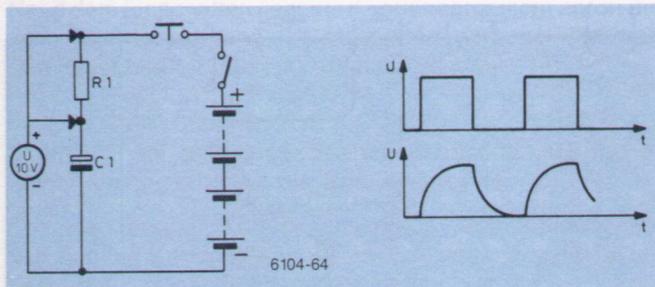
67 220 μ F

und den Widerstand R_1 gegen einen mit 1 k Ω , so dauert der Spannungsanstieg erheblich länger.



6104-63

Elektronik vom Meßgerät erfaßt



Mit dem Tastschalter erzeugt man einen Rechteck-Impuls, d. h. die Spannung ist beim Einschalten sofort vorhanden und beim Ausschalten sofort abgefallen.

Dieser Rechteck-Impuls wird aber durch die Kombination aus Widerstand und Kondensator verformt.

Spannungsanstieg und -abfall folgen einer mathematischen Funktion. Man spricht von einer Integration. Eine solche Schaltung von Widerstand und Kondensator bezeichnet man als **Integrationsglied**.

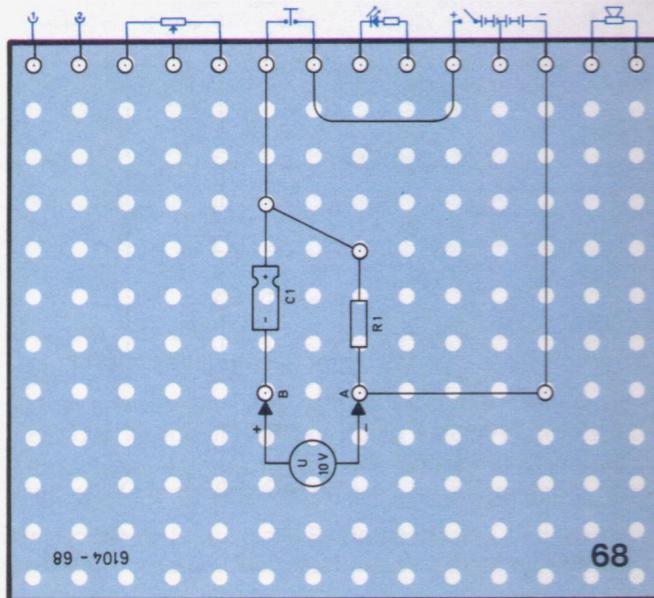
In den Experimenten 68 bis 70 untersucht man den Spannungsverlauf am Kondensator, wenn Widerstand und Kondensator parallel zur Batterie geschaltet sind.

68 Betätigt man den Tastschalter, so zeigt das Meßgerät (Meßbereich 10 V) augenblicklich die Batteriespannung an. Sie fällt dann allerdings ab. Wie lange das dauert, hängt von der Größe des Kondensators und des Innenwiderstandes des Meßgerätes ab. Bei $C_1 = 10 \mu\text{F}$ und $R_1 = 10 \text{k}\Omega$ erfolgt der Spannungsabfall schnell. Die Spannungsspitze zu Beginn ist besonders steil ausgeprägt.

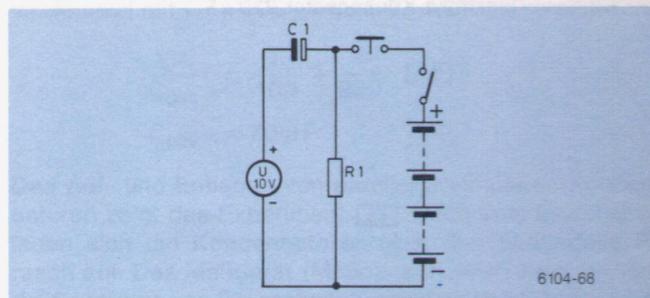
69 Bei $C_1 = 100 \mu\text{F}$ und $R_1 = 10 \text{k}\Omega$ dauert der Abfall länger,

70 verwendet man den Kondensator $C_1 = 220 \mu\text{F}$, verläuft die Kurve noch flacher.

Öffnet man den Tastschalter, so zeigt das Meßgerät schlagartig eine hohe negative Spannung an, d. h., es schlägt zur anderen Seite aus. Auch diese Spannung fällt bei $C_1 = 10 \mu\text{F}$ rasch gegen 0 Volt, bei Kondensatoren mit höherer Kapazität langsamer ab. Der eigenartige Spannungsverlauf erklärt sich wie folgt:



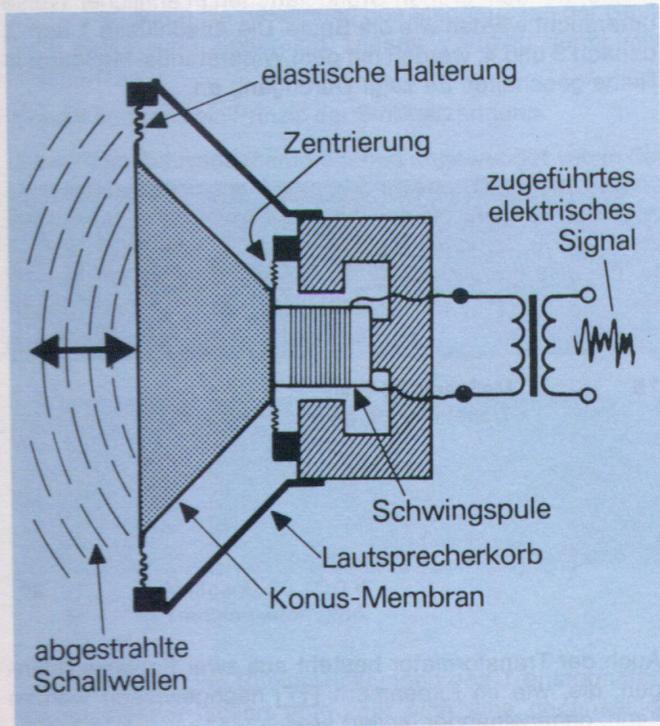
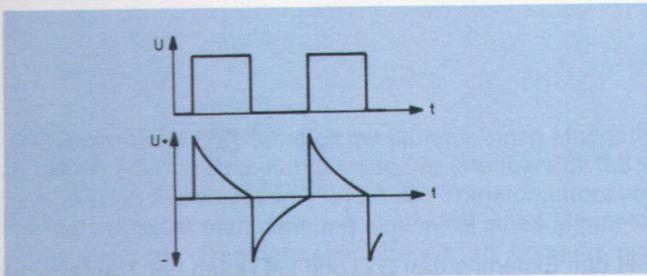
- 68** Meßgerät 25 – 10 V
 R_1 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)
 C_1 = Elektrolyt-Kondensator $10 \mu\text{F}$



Beim Drücken des Tastschalters fließt sofort ein hoher Strom in den leeren Kondensator. In dem Maße, wie er sich auflädt, baut sich an seinen Platten eine Spannung auf. Dabei wird aber der Ladestrom immer geringer, bis beim vollständig geladenen Kondensator schließlich kein Strom mehr fließt, aber die volle Spannung anliegt. Das Meßgerät zeigt diese Spannung nicht an, weil es in Reihe mit dem Kondensator liegt und zwischen Kondensator und Batterie keine Spannungsdifferenz vorhanden ist.

Elektronik vom Meßgerät erfaßt

Öffnet man den Tastschalter, entlädt sich der Kondensator über das Meßgerät und R_1 . Da der Entladestrom entgegengesetzt zum Ladestrom fließt, schlägt das Meßgerät auch zur anderen Seite aus. Je mehr sich der Kondensator entlädt, desto geringer ist die an ihm vorhandene Spannung. Ladung und Entladung folgen wieder einer mathematischen Funktion. Man sagt der Rechteck-Impuls wird differenziert, und diese Schaltung von Kondensator und Widerstand wird **Differenzierglied** genannt.

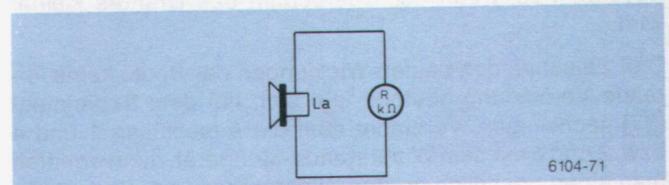


Bei den folgenden Experimenten sollen die Widerstände einiger elektronischer Bauteile gemessen werden.

Es ist ratsam, vorher den Widerstandsbereich noch einmal zu eichen. Bei eingeschalteter Stromversorgung ist die Taste im Bedienungspult zu drücken und mit dem Potentiometer das Meßgerät auf Vollanschlag abzugleichen. Das reicht bereits für die Eichung.

Im Experiment **71** wird der Widerstand des Lautsprechers bestimmt. Er beträgt nur wenige Ω , wenn der Lautsprecher an eine Gleichspannung angeschlossen ist.

Im Lautsprecher befindet sich eine Schwingspule, die den elektrischen Widerstand hervorruft. Sie taucht durch die Tonfrequenz – das sind Signale, die z.B. von einem Mikrofon kommen – zwischen den Polen des Dauermagneten ein. An der Tauchspule ist die Membran befestigt, die durch die Bewegungen der Spule die Luftteilchen in Schwingungen versetzt. Dadurch entstehen Schallwellen, die vom Ohr als Töne wahrgenommen werden. Einen Lautsprecher, der nach diesem Prinzip arbeitet, nennt man **dynamischen Lautsprecher**.



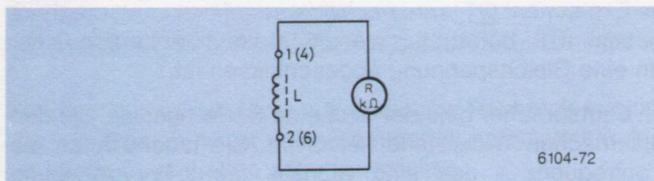
6104-71

71 Meßgerät 25 - Ohm
La = Lautsprecher im Bedienungspult B

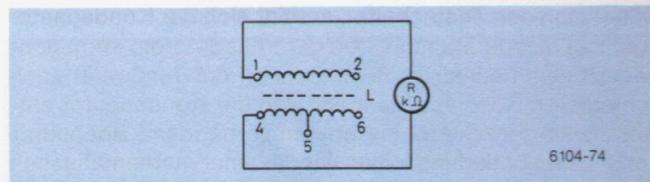
Elektronik vom Meßgerät erfaßt

Widerstandsmessungen an der Spule sollen in den Experimenten 72 bis 74 durchgeführt werden.

Legt man die Spule in den Experimenten **72** und **73** mit den Anschlüssen 1 und 2 bzw. 4 und 6 mit dem Widerstands-Meßgerät in Reihe, dann zeigt es Durchgang an.

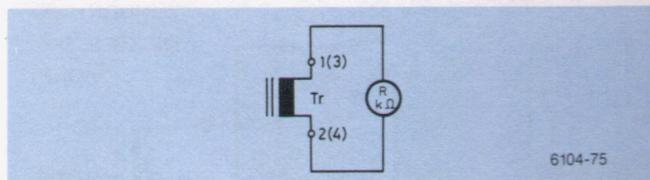


72 Meßgerät 25 – Ohm
L = Spule, rot



74 Meßgerät 25 – Ohm
L = Spule, rot

Mit den Experimenten **75** und **76** kann der Transformator (Trafo) auf dem grünen Grundplättchen in ähnlicher Weise untersucht werden wie die Spule. Die Anschlüsse 1 und 2, danach 3 und 4, werden mit dem Widerstands-Meßgerät in Reihe geschaltet. Es zeigt Durchgang an.



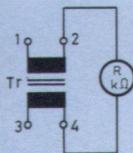
75 Meßgerät 25 Ohm
Tr = Transformator, grün

Die Anschlüsse 1 und 2 bzw. 4 und 6 sind mit je einer Spulenwicklung verbunden. Eine solche Spulenwicklung besteht aus einem langen aufgewickelten Kupferdraht. Dieser Draht ist mit einem Lack isoliert, da sonst ein Kurzschluß zwischen den einzelnen Windungen auftritt. Wie groß der Widerstand einer solchen Spulenwicklung ist, hängt von drei Faktoren ab, nämlich dem Material, der Länge und dem Querschnitt des Leiters. Da Spulen alle aus Kupferdraht hergestellt werden, kann das Material unberücksichtigt bleiben. Für die beiden anderen Faktoren läßt sich vereinfacht folgendes aussagen: Je länger der Draht ist, umso größer ist sein Widerstand. Der Widerstand nimmt außerdem zu, wenn der Querschnitt des Drahtes kleiner wird.

Daß zwischen den beiden Wicklungen der Spule keine leitende Verbindung besteht, läßt sich mit dem Experiment **74** nachweisen. Verbindet man die Anschlüsse 1 und 4 bzw. 2 und 6 mit dem Widerstands-Meßgerät, dann ermittelt man einen unendlich großen Widerstandswert. Das ist der Beweis dafür, daß die Wicklungen der Spule gegeneinander isoliert sind.

Auch der Transformator besteht aus zwei Spulenwicklungen, die, wie im Experiment **77** nachgewiesen werden kann, gegeneinander isoliert sind.

Elektronik vom Meßgerät erfaßt



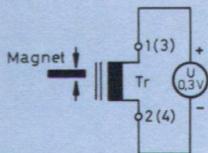
6104-77

77 Meßgerät 25 Ohm
Tr = Transformator, grün

Das Experiment **78** läßt sich mit einem kleinen Magneten durchführen. Das Spannungsmeßgerät (Meßbereich 0,3 V) wird mit den Anschlüssen 1 und 2 des Transformators verbunden. Streicht man dann mit einem Pol eines Magneten dicht über den Transformator hinweg, so bemerkt man einen kleinen Ausschlag des Zeigers im Meßgerät. Es entsteht also durch die Bewegung des Magneten an der Spule eine elektrische Spannung. Diesen Vorgang nennt man **Induktion**.

Das ist übrigens ein Prinzip der Stromerzeugung.

Es wird im Fahrraddynamo ebenso angewendet wie in den Stromerzeugern im Elektrizitätswerk. Der Unterschied besteht nur darin, daß sich eine Spule zwischen den Polen eines Magneten oder ein Magnet in einer Spule dreht. Immer entsteht aber durch diese Bewegung eine elektrische Spannung.

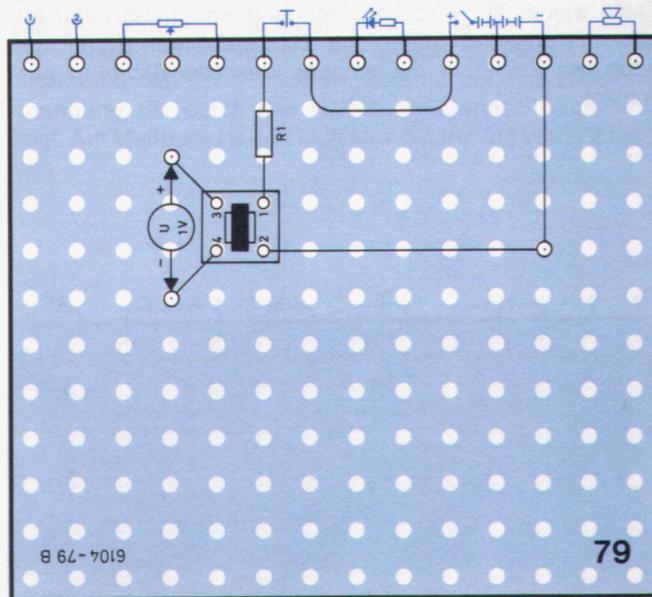


6104-78

78 Meßgerät 25 - 0,3 V
Tr = Transformator, grün

Obwohl die beiden Spulenwicklungen des Transformators gegeneinander isoliert sind, läßt sich eine gegenseitige

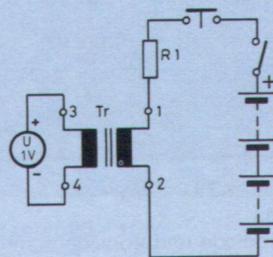
Beeinflussung erzielen wie im Experiment **79**. Die Anschlüsse 1 und 2 liegen in Reihe mit dem Widerstand R_1 , der Taste und der Batterie. Die Anschlüsse 3 und 4 sind mit dem Spannungsmeßgerät (Meßbereich 0,3 V) verbunden. Wenn man nun nur einmal die Taste drückt, zeigt das Meßgerät durch Zeigerausschlag eine Spannung an, die aber gleich wieder auf Null absinkt. Betätigt man dagegen mehrfach hintereinander die Taste, so entsteht an den Anschlüssen 3 und 4 eine anhaltende, allerdings schwankende Spannung.



8 6L-7019

79

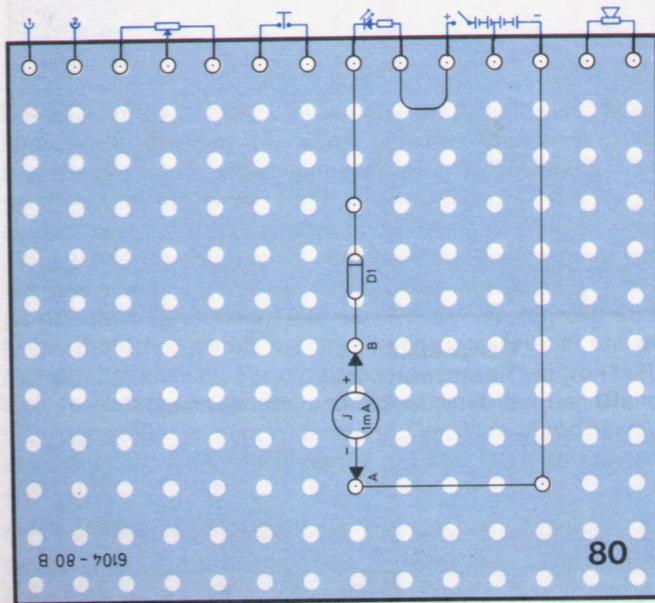
79 Meßgerät 25 - 1 V
Tr = Transformator, grün
R1 = Widerstand 220 Ohm (rot-rot-braun)



6104-79

Elektronik vom Meßgerät erfaßt

Beim Drücken der Taste fließt ein Strom durch die Wicklung 1-2 des Transformators. Dieser Strom erzeugt um diese Wicklung herum ein magnetisches Feld, das auf die Wicklung 3-4 des Transformators einwirkt und dort eine elektrische Spannung erzeugt. Das gelingt aber nur so lange, wie sich das magnetische Feld ändert. Fließt ständig ein Gleichstrom – wenn die Taste anhaltend gedrückt wird – ändert sich das Magnetfeld nicht mehr, und dann wird auch keine Spannung mehr erzeugt oder **induziert**, wie man das auch nennt. Baut sich das Magnetfeld beim Loslassen der Taste wieder ab, wird ebenfalls eine Spannung induziert, aber mit umgekehrter Polung. Das sieht man daran, daß dann der Zeiger in die entgegengesetzte Richtung ausschlägt.

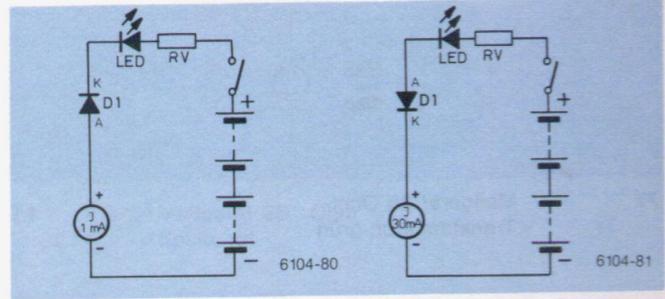


80

Meßgerät 25 – 1 mA

D1 = Diode

LED+RV = Leuchtdiode und Vorwiderstand im Bedienungspult B



81

Meßgerät 25 – 30 mA

D1 = Diode

LED+RV = Leuchtdiode und Vorwiderstand im Bedienungspult B

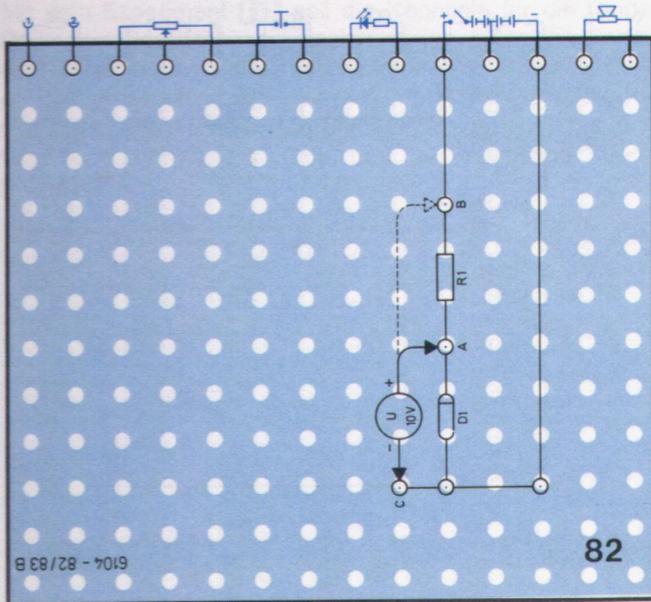
In den Experimenten 80 bis 85 lassen sich Messungen an einer Halbleiterdiode durchführen.

Im Experiment **80** ist die Diode in Sperrichtung geschaltet, im Experiment **81** in Durchlaßrichtung. Da die Diode in Sperrichtung keinen Strom hindurchfließen läßt, zeigt auch das Meßgerät keinen Stromfluß an. Auch die Leuchtdiode bleibt dunkel, ein Zeichen dafür, daß kein Strom fließt.

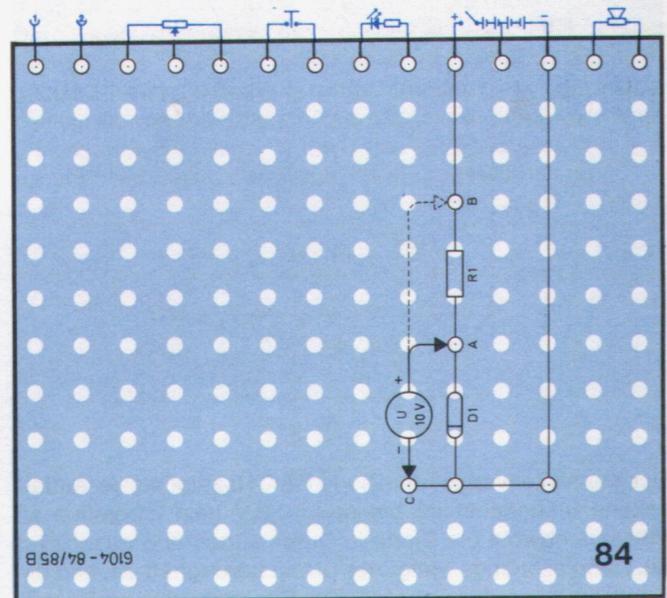
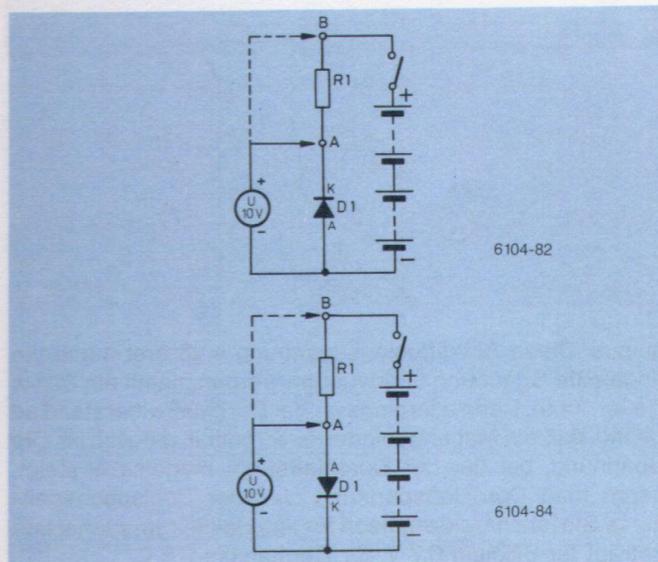
Elektronik vom Meßgerät erfaßt

Wird die Halbleiterdiode dann in Durchlaßrichtung geschaltet, fließt ein Strom von ca. 15 mA durch das Meßgerät, die Diode, die Leuchtdiode und den Vorwiderstand. Die Größe dieses elektrischen Stroms wird im wesentlichen durch die Leuchtdiode und ihren Vorwiderstand festgelegt.

An einer in Sperrichtung geschalteten Diode wie in den Experimenten **82** und **83** fällt sowohl am Meßpunkt A als auch am Meßpunkt B die volle Batteriespannung ab. Wird aber wie in den Experimenten **84** und **85** die Diode in Durchlaßrichtung geschaltet, ändern sich die Spannungsverhältnisse im Stromkreis: Am Meßpunkt A läßt sich eine Spannung von 0,7 V messen. Das ist die Antidiffusionspannung, die durch das Halbleitermaterial Silicium festliegt. Am Meßpunkt B läßt sich eine Spannung von 9 V messen.



82 Meßgerät 25 – 10 V
 R1 = Widerstand 470 Ohm (gelb-violett-braun)
 D1 = Diode

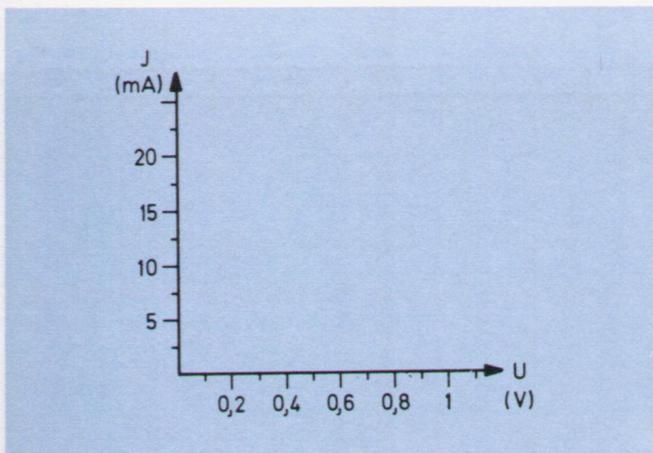


84 Meßgerät 25 – 10 V
 R1 = Widerstand 470 Ohm (gelb-violett-braun)
 D1 = Diode

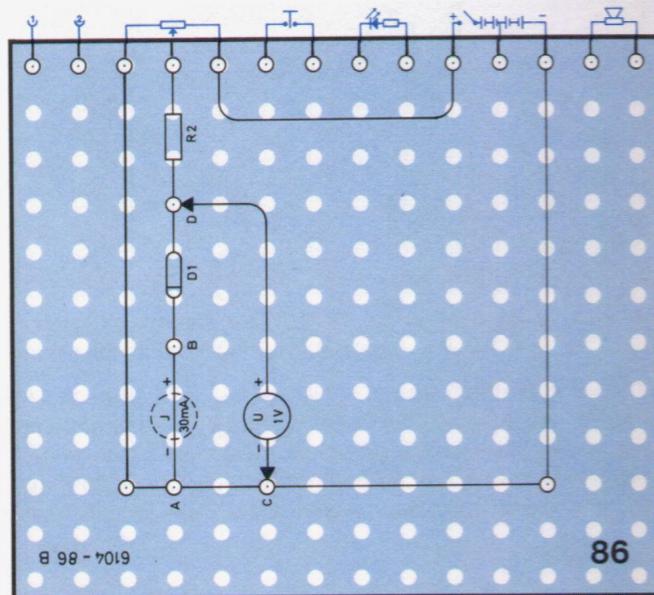
Elektronik vom Meßgerät erfaßt

Um genauere Kenntnis von dem Verhalten einer Diode bei unterschiedlichen Spannungen zu erhalten, soll eine Kennlinie aufgenommen werden.

Aus einer solchen Kennlinie kann man den Zusammenhang zwischen einer vorgegebenen Spannung und dem dazugehörigen Strom entnehmen. Das Experiment **86** gibt den Versuchsaufbau zur Kennlinienaufnahme in Durchlaßrichtung wieder. Das Meßinstrument muß mehrfach umgeklemmt werden, damit zu jeder eingestellten Spannung die Stromstärke gemessen werden kann. Als Spannungsmesser geschaltet, wird der Meßbereich 1 V gewählt, als Amperemeter der Meßbereich 30 mA. Nach dem Einschalten wird die Spannung mit dem Potentiometer stufenweise von 0 V um jeweils 0,1 V erhöht. Die durch Messung ermittelte zugehörige Stromstärke trägt man in ein Koordinatensystem ein. Durch das Verbinden der einzelnen Werte entsteht eine Kennlinie.



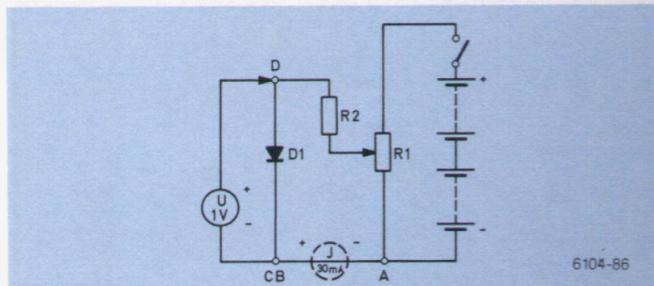
Der Kennlinienverlauf der Diode BA 318 zeigt einige Auffälligkeiten. Zunächst ist bis etwa 0,6 V kein Stromfluß zu messen, obwohl die Diode in Durchlaßrichtung geschaltet ist. Dann allerdings steigt der Strom sprunghaft an, und die Kennlinie verläuft sehr steil. Zur Erklärung dieses Kennlinienverlaufs sei noch einmal an die Antidiffusionsspannung von 0,7 V für Silicium erinnert. Sie verhindert einen vollständigen Austausch der Ladungsträger über die Sperrschicht



86

Meßgerät 25 - 10 V

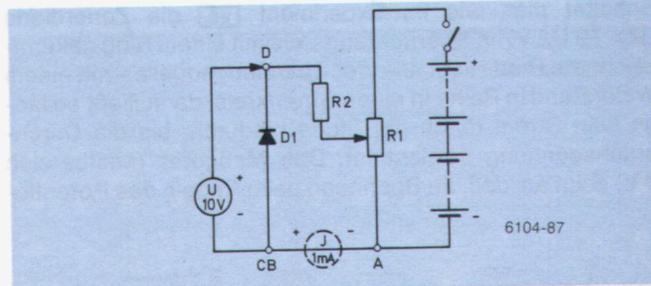
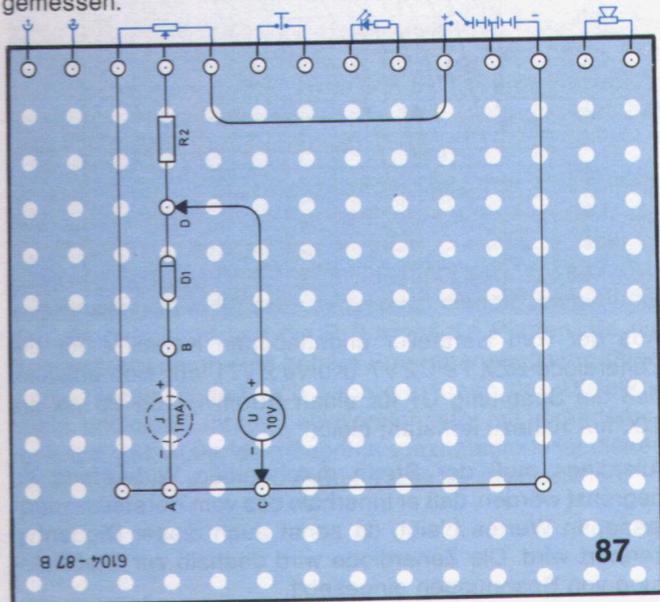
- R1 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
- R2 = Widerstand 470 Ohm (gelb-violett-braun)
- D1 = Diode



hinaus. Diese Antidiffusionsspannung muß erst durch die angelegte Spannung überwunden werden, damit ein Strom fließen kann. Dann allerdings ist der Durchlaßwiderstand so gering, daß ein fast ungehinderter Stromfluß möglich ist. Die Spannung, bei der der Durchlaßstrom merklich ansteigt, nennt man Durchlaßspannung U_F oder Schleusenspannung. Sie ist charakteristisch für das Halbleitermaterial und beträgt für Silicium 0,7 V, für Germanium 0,3 V.

Elektronik vom Meßgerät erfaßt

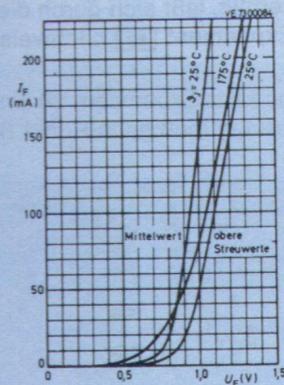
Mit dem Experiment **87** soll die Kennlinie für die Diode BA 318 in Sperrichtung aufgenommen werden. Es findet der Aufbau der vorigen Schaltung Verwendung, nur die Diode muß umgepolt werden, so daß ihre Katode am Pluspol der Batterie liegt. Wie im Experiment 86 wird auch hier die Spannung schrittweise erhöht und der zugehörige Strom gemessen.



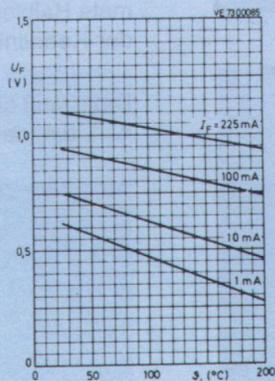
- 87**
- Meßgerät 25 - 10 V
 - R1 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
 - R2 = Widerstand 470 Ohm (gelb-violett-braun)
 - D1 = Diode

Es fällt auf, daß kein nachweisbarer Strom in Sperrichtung fließt. Es fließt allerdings doch ein nur mit sehr empfindlichen Geräten meßbarer Reststrom I_R oder Sperrstrom. Er kommt durch die Eigenleitung im Kristall zustande.

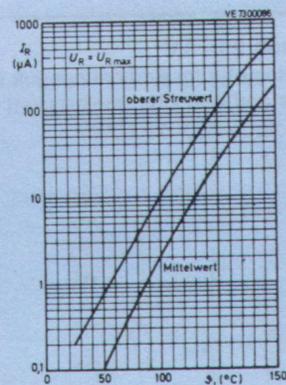
Erhöht man die Spannung an einer in Sperrichtung geschalteten Diode weiter, so ist ab einer für die Diode typischen **Durchbruchspannung** ein plötzlicher und sehr steiler Stromanstieg meßbar. Wenn man den Sperrstrom nicht begrenzt, wird die Diode zerstört. Deshalb ist zu vermeiden, daß die Durchbruchspannung erreicht wird. Nachfolgend ist die gesamte Kennlinie für die Diode BA 318 aufgeführt, wie sie vom Hersteller, der Firma Philips, angegeben ist.



Kennlinie BA 318
in Durchlaßrichtung



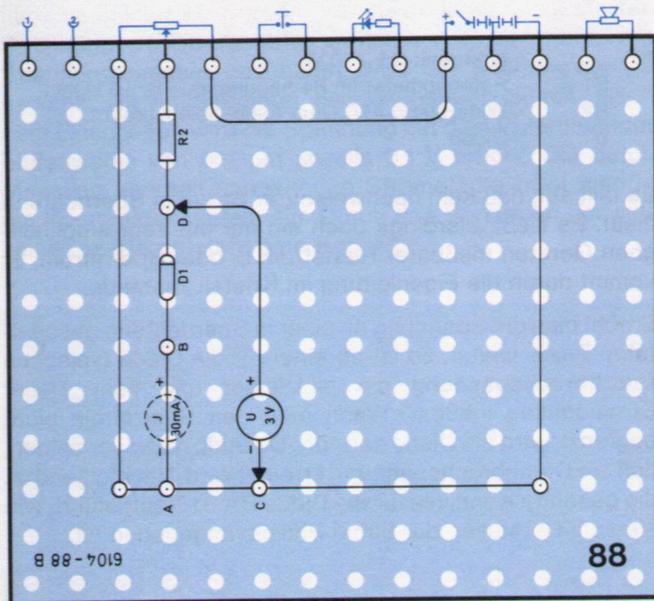
in Durchlaßrichtung bei
unterschiedlicher Temperatur



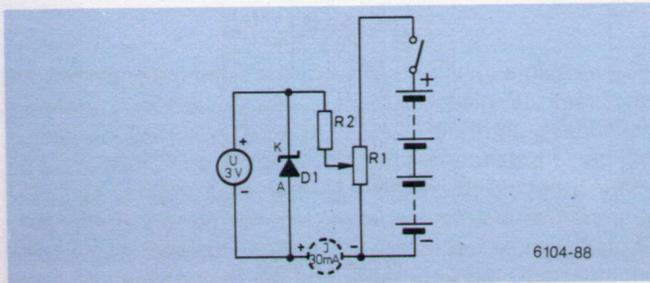
in Sperrichtung

Elektronik vom Meßgerät erfaßt

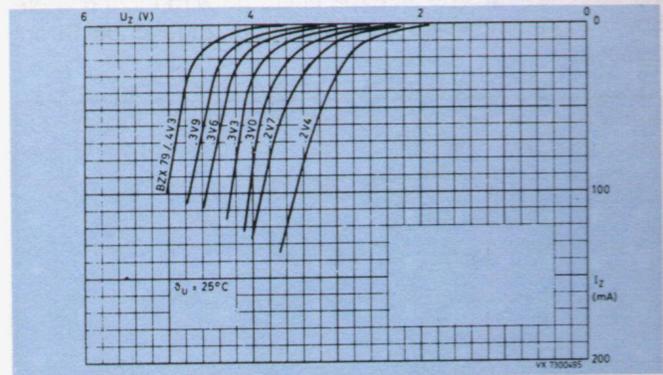
Schaltet man wie im Experiment **88** die Zenerdiode BZX 79 C2 V7 in Sperrichtung – die mit einem Ring gekennzeichnete Diode liegt an + der Spannungsquelle – mit einem Widerstand in Reihe in einen Stromkreis, dann fließt so lange kein Strom durch die Diode hindurch, bis die Durchbruchspannung erreicht ist. Das Meßgerät (Meßbereich 3 V) zeigt an, daß die Spannung beim Regeln des Potentiometers zunächst stark ansteigt. Bei etwa 2,7 V ist die Durchbruchspannung dieser Zenerdiode erreicht. Selbst beim weiteren Verändern der Potentiometerstellung bleibt die Spannung an der Zenerdiode nahezu konstant.



- 88** Meßgerät 25 – 3 V
- R1 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
 - R2 = Widerstand 470 Ohm (gelb-violett-braun)
 - D1 = Zenerdiode BZX 79 C2V7



Bei etwa 2,7 V ist die Durchbruchspannung dieser Zenerdiode erreicht. Selbst beim weiteren Verändern der Potentiometerstellung bleibt die Spannung an der Zenerdiode nahezu konstant.

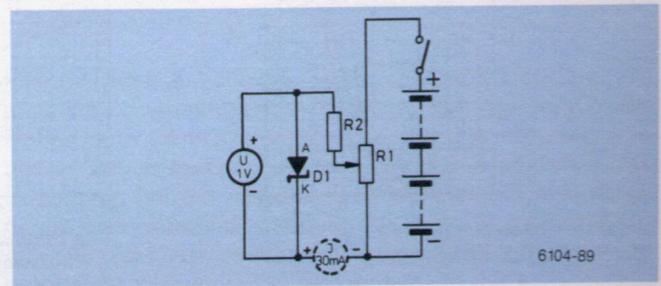


Aus der vom Hersteller angegebenen Kennlinie für die Zenerdiode BZX 79 C2 V7 (Kurve 2 V7) läßt sich ablesen, daß die Spannung U_Z für einen Strom I_Z von 10 mA bis 100 mA nahezu konstant bleibt.

Allerdings muß der Strom durch einen Widerstand so begrenzt werden, daß er innerhalb des vom Hersteller zugelassenen Wertes bleibt, da sonst auch dieser Diodentyp zerstört wird. Die Zenerdiode wird deshalb zur Stabilisierung von Spannungen eingesetzt.

Daß sich eine Zenerdiode in Durchlaßrichtung wie eine normale Halbleiterdiode verhält, läßt sich durch die Aufnahme der Kennlinie wie im Experiment **88** nachweisen.

Dazu muß die Zenerdiode aus Experiment 88 umgepolt werden, d.h. der breite Farbring muß nach Punkt B zeigen.



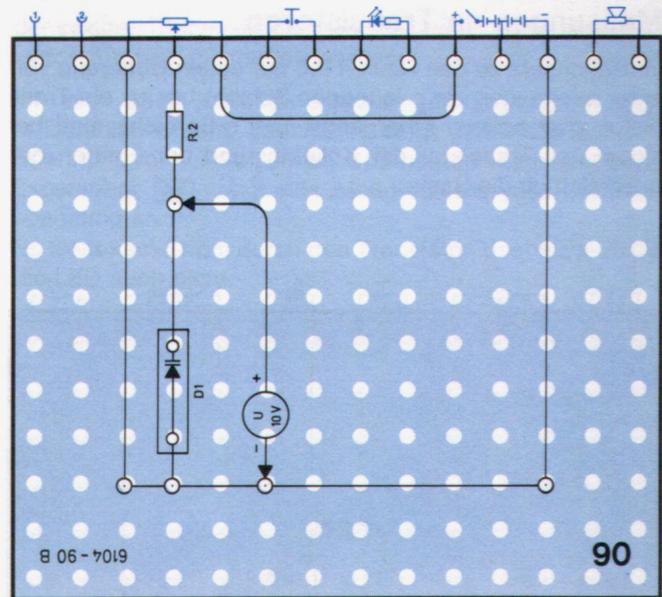
Elektronik vom Meßgerät erfaßt

Für den platzsparenden Bau von Rundfunkempfängern sind **Kapazitätsdioden** in modernen Geräten unerlässlich. Wie sie sich im Stromkreis verhalten, soll in den Experimenten 90 und 91 untersucht werden.

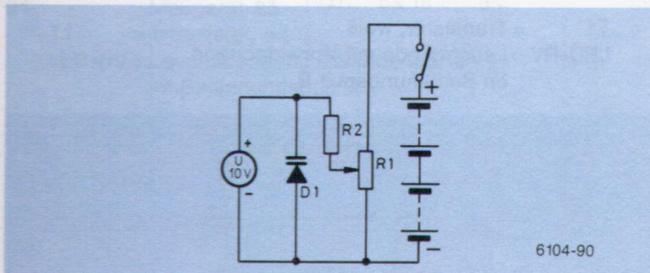
Schaltsymbol Kapazitätsdiode

Im Experiment **90** ist die Kapazitätsdiode in Sperrichtung geschaltet. Sie liegt in Reihe mit dem Widerstand R_2 . Mit dem Potentiometer läßt sich die Spannung stufenlos regeln, und es ist festzustellen, daß die Spannung bis zur Höhe der vollen Batteriespannung abfällt.

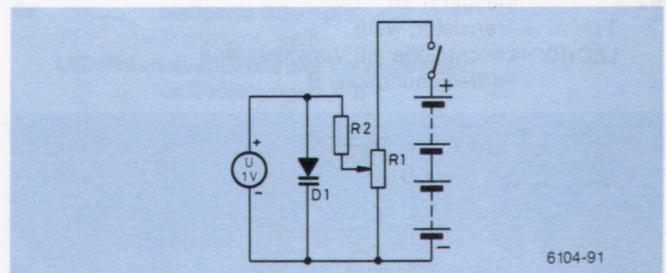
Um die Wirkung dieser Spezialdiode verstehen zu können, muß noch einmal an die Sperrschicht erinnert werden, die keine freien Ladungsträger enthält. Diese Sperrschicht kann man wie das Dielektrikum in einem Kondensator zwischen den beiden Platten ansehen. In diesem Element bilden die N-Schicht und die P-Schicht die Platten. Da die Sperrschicht durch eine höhere Sperrspannung vergrößert werden kann, ändert sich auch die Breite des Dielektrikums, und damit entsteht ein Kondensator mit veränderbarer Kapazität. Außer dem Begriff Kapazitätsdiode für dieses Bauelement ist auch der Name **Varaktor** gebräuchlich.



Schaltet man die Kapazitätsdiode im Experiment **91** in Durchlaßrichtung in einen Stromkreis, dann verhält sie sich wie eine Halbleiterdiode. Dazu wird die Kapazitätsdiode aus Experiment 90 umgepolt.



- 90** Meßgerät 25 - 10 V
 R1 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
 R2 = Widerstand 1.000 Ohm (braun-schwarz-rot)
 D1 = Kapazitätsdiode

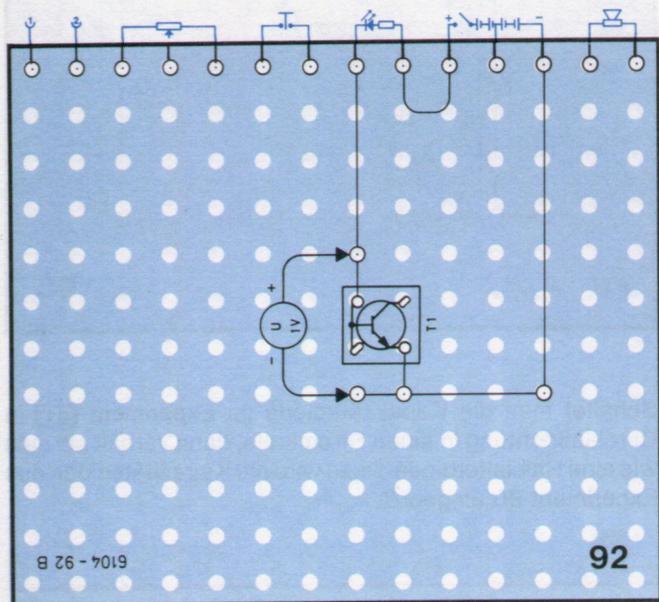


- 91** Meßgerät 25 - 1 V
 R1 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
 R2 = Widerstand 1.000 Ohm (braun-schwarz-rot)
 D1 = Kapazitätsdiode

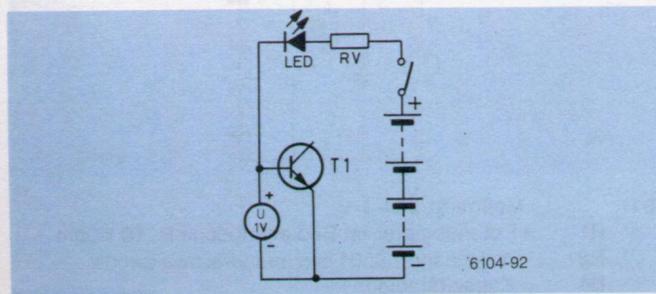
Elektronik vom Meßgerät erfaßt

Messungen an Transistoren

Im Gegensatz zu den Dioden mit nur einem Übergang von einer n-leitenden zur p-leitenden Schicht besitzt ein Transistor zwei solcher Übergänge. Die n-Bereiche sind bei einem npn-Transistor der Kollektor und der Emitter, der p-Bereich ist die Basis.



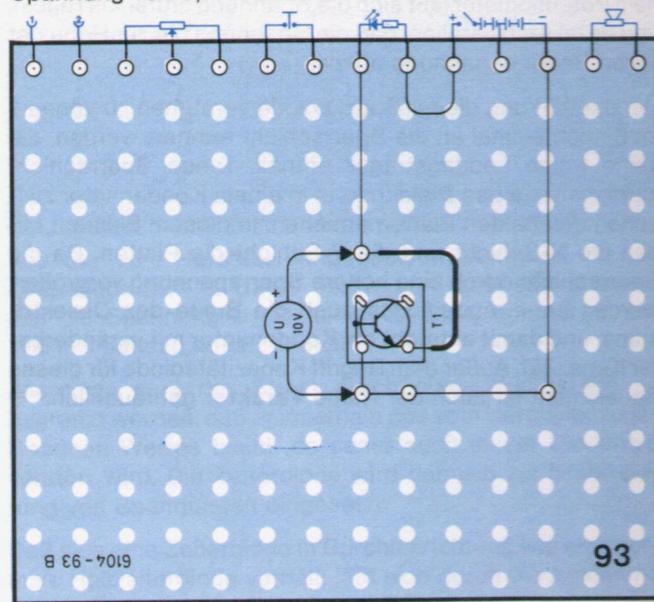
92 Meßgerät 25 - 1 V
 T1 = Transistor, weiß
 LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B



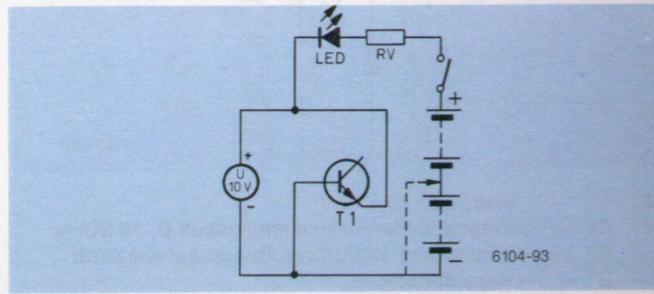
6104-92

In Experiment 92 ist die Basis-Emitter-Strecke in den Stromkreis geschaltet und zwar so, daß diese Diodenstrecke Durchlaßrichtung hat. Die LED mit dem Vorwiderstand R_V im Schaltpult zeigt beim Einschalten an, daß ein Strom fließt. Der Kollektor des Transistors bleibt offen, d. h. an ihm liegt keine Spannung.

Das Meßgerät - parallel zur Basis-Emitter-Strecke geschaltet - zeigt an, daß an der Basis des Transistors eine Spannung von 0,7 Volt steht.



93 Meßgerät 25 - 10 V
 T1 = Transistor, weiß
 LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B

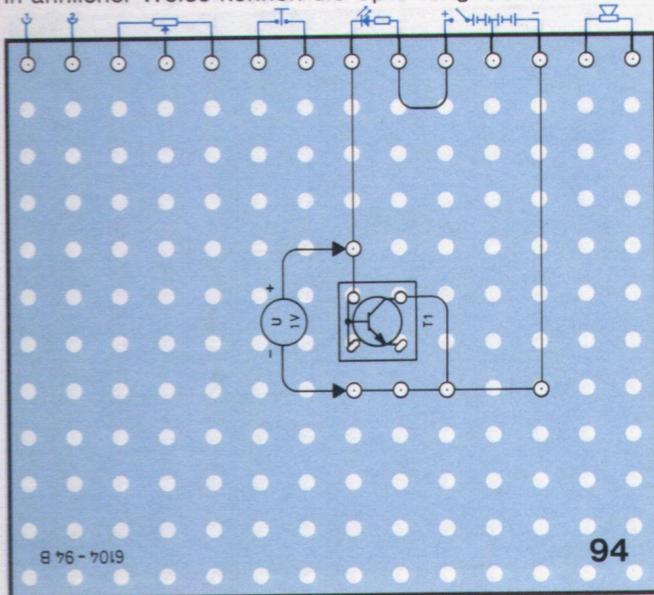


6104-93

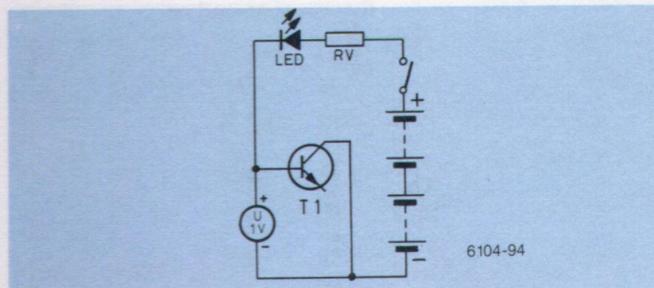
Elektronik vom Meßgerät erfaßt

Wird die Basis-Emitter-Strecke wie in Experiment **93** in Sperrichtung geschaltet, d. h. Basis zum Minuspol der Batterie und Emitter zum Pluspol, zeigt das Meßgerät 9 Volt an. Es ist allerdings möglich, daß es zum Spannungsdurchbruch in der Sperrichtung kommt, dann zeigt das Meßgerät eine Durchbruchspannung von ca. 6 Volt an. In diesem Falle muß ein Anschluß der Batterie gelöst und zur Mittelanzapfung geführt werden.

In ähnlicher Weise können die Spannungsverhältnisse an



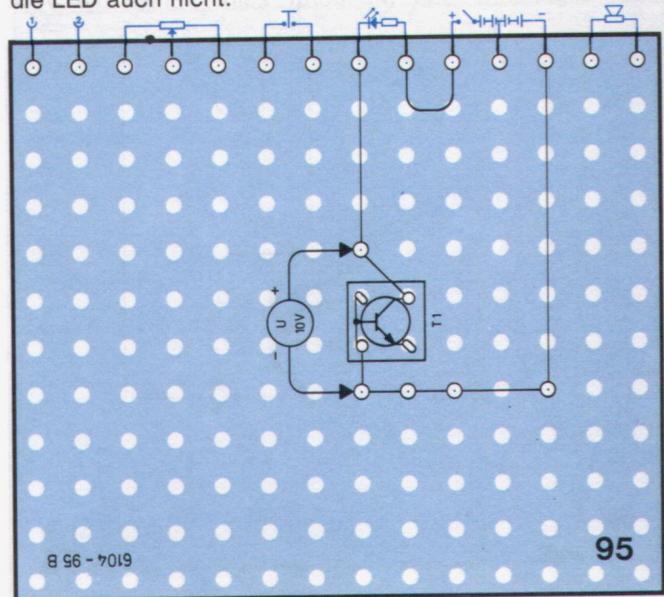
94 Meßgerät 25 - 1 V
T1 = Transistor, weiß
LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand
im Bedienungspult B



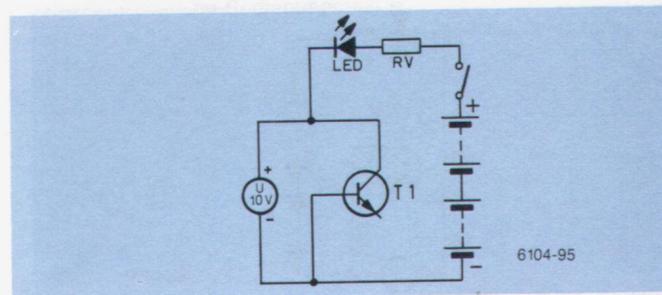
der zweiten Diodenstrecke des Transistors, der Basis-Kollektor-Strecke, gemessen werden.

Ist die Basis-Kollektor-Strecke im Experiment **94** in Durchlaßrichtung geschaltet, zeigt das Meßgerät eine Spannung von 0,7 Volt an. Bei Sperrichtung dagegen, wie in Experiment **95**, zeigt das Meßgerät die volle Betriebsspannung an.

Es fließt kein Strom durch den Transistor, deshalb leuchtet die LED auch nicht.



95 Meßgerät 25 - 10 V
T1 = Transistor, weiß
LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand
im Bedienungspult B



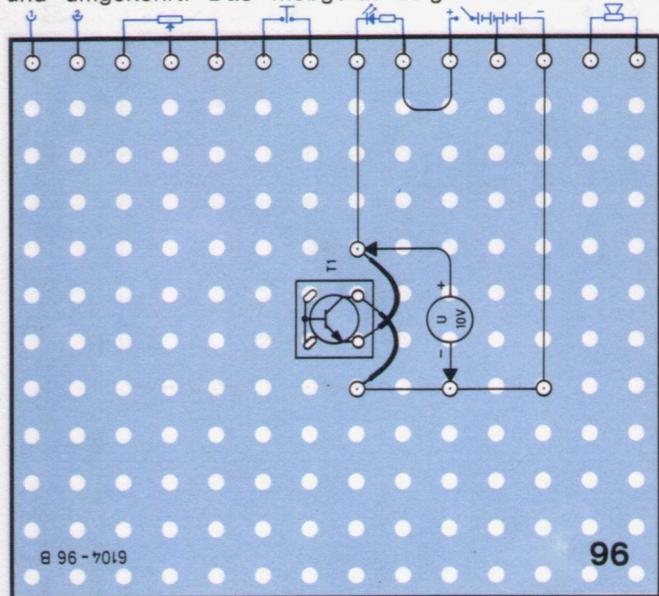
Elektronik vom Meßgerät erfaßt

In den Experimenten **96** und **97** wird die Emitter-Kollektor-Strecke und durch Vertauschung der Anschlüsse die Kollektor-Emitter-Strecke untersucht. Die Basis des Transistors bleibt offen, an ihr liegt keine Spannung. In beiden Fällen liegt das Voltmeter (Meßbereich 10 V) parallel zum Transistor.

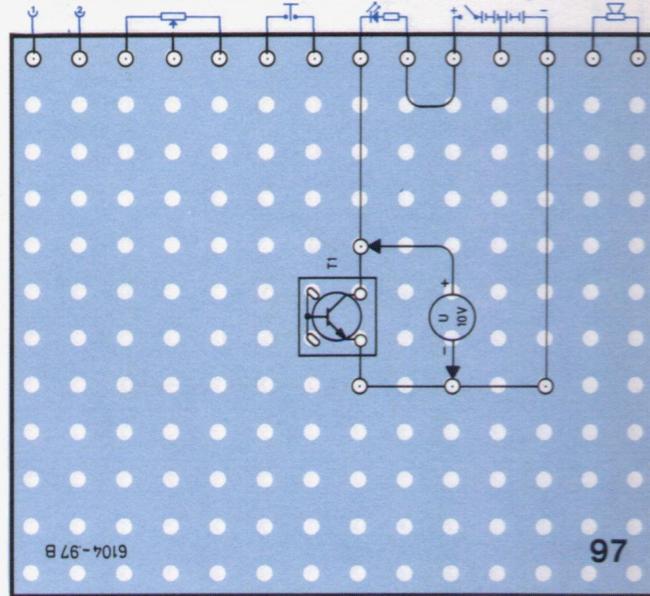
Bei beiden Schaltungen leuchtet die LED nicht, es fließt also kein Strom durch den Transistor vom Kollektor zum Emitter und umgekehrt. Das Meßgerät zeigt immer die volle

Betriebsspannung an. Der Transistor verhält sich wie ein großer Widerstand. Da seine Basis keine Vorspannung erhält, ist die Kollektor-Emitter-Strecke in beiden Richtungen gesperrt.

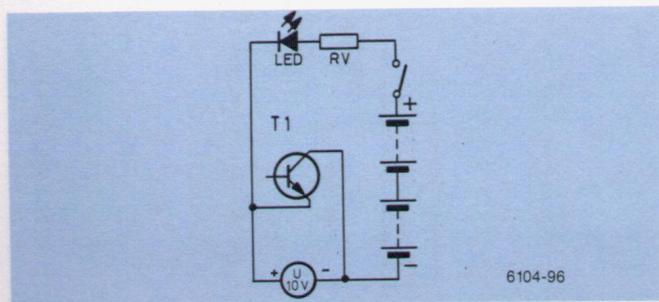
Die Anwendungsbereiche des Transistors sind sehr vielseitig. So unterschiedlich aber die Bereiche auch sein mögen, die Funktion von Transistoren läßt sich im wesentlichen auf zwei Bereiche zurückführen: Der Transistor wird hauptsächlich als **Schalter** oder als **Verstärker** eingesetzt.



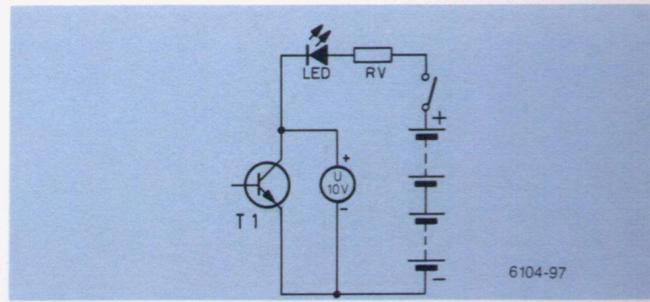
96 Meßgerät 25 - 10 V
 T1 = Transistor, weiß
 LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B



97 Meßgerät 25 - 10 V
 T1 = Transistor, weiß
 LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B



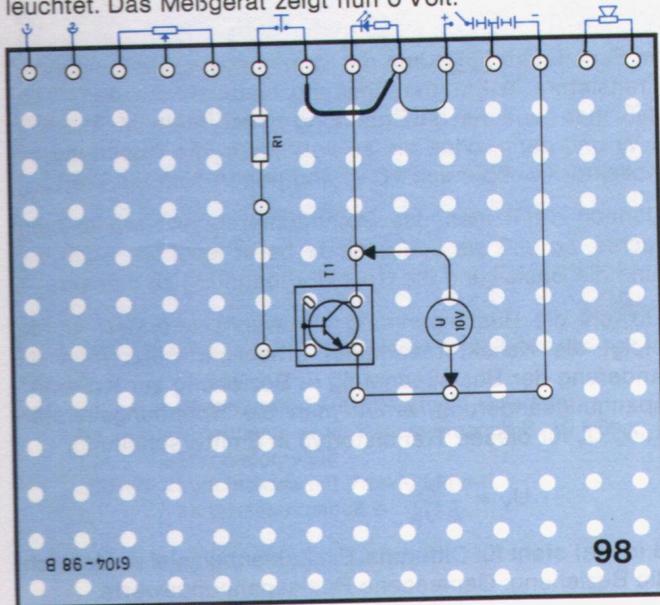
6104-96



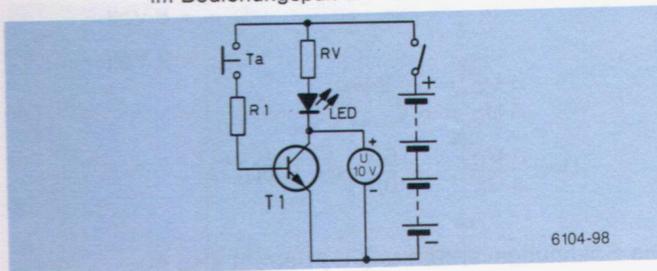
6104-97

Elektronik vom Meßgerät erfaßt

Im Experiment **98** kann die Funktion als Schalter überprüft werden. Bei geöffnetem Tastschalter zeigt das Meßgerät die volle Betriebsspannung an. Die Kollektor-Emitter-Strecke des Transistors ist gesperrt, weil die Basis keine Spannung erhält. In diesem Zustand leuchtet auch die LED nicht. Wird der Tastschalter gedrückt, erhält die Basis des Transistors genügend Spannung, der Transistor schaltet auf der Kollektor-Emitter-Strecke durch, und die LED leuchtet. Das Meßgerät zeigt nun 0 Volt.



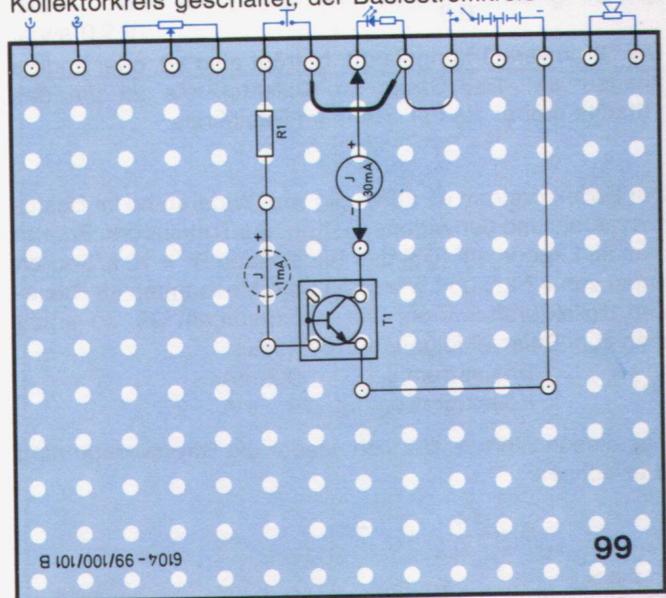
- 98** Meßgerät 25 – 10 V
 R1 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schw.-orange)
 T1 = Transistor, weiß
 Ta = Taster im Bedienungspult B
 LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B



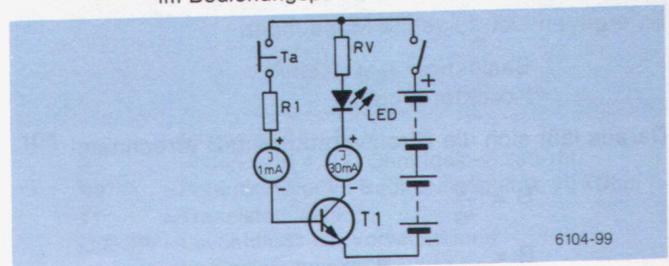
Die Stromverstärkung des Transistors kann man im Experiment 99 bis 101 untersuchen.

99 Zunächst wird der Basisstrom (Tastschalter geschlossen) gemessen.

Im Kollektorkreis des Transistors muß eine Drahtüberbrückung hergestellt werden. Die Messung ergibt einen Basisstrom von 0,8 mA. Anschließend wird das Meßgerät in den Kollektorkreis geschaltet, der Basisstrom wird durch



- 99** Meßgerät 25 – 1 mA und 30 mA
 R1 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schw.-orange)
 T1 = Transistor, weiß
 Ta = Taster im Bedienungspult B
 LED+RV = Leuchtdiode und Vorwiderstand im Bedienungspult B



Elektronik vom Meßgerät erfaßt

eine Drahtbrücke geschlossen. Bei Betätigen des Tastschalters zeigt das Meßgerät einen Strom von 15 mA an.

Aus diesen Werten für Basis- und Kollektorstrom errechnet sich die Stromverstärkung B wie folgt

$$B = \frac{\text{Kollektorstrom } (I_C)}{\text{Basisstrom } (I_B)}$$

$$B = \frac{15}{0,8} = 19$$

Der Stromverstärkungsfaktor beträgt also 19, oder anders ausgedrückt: Der Strom im Kollektorkreis ist um das 19fache größer als der Strom im Basiskreis.

Der Kollektorstrom ist abhängig vom Widerstand im Basisstromkreis und den Eigenschaften des Transistors. Ersetzt man im Experiment **100** den Widerstand $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ durch einen von $47 \text{ k}\Omega$ und wiederholt die Messungen im Basis- und Kollektorstromkreis wie in Experiment 99, so erhält man zum Beispiel folgende Ergebnisse.

Basisstrom I_B : 0,2 mA

Kollektorstrom I_C : 14 mA

Aus diesen Werten läßt sich wieder die Stromverstärkung B errechnen:

$$B = \frac{14}{0,2} \quad B = 70$$

Bei einem größeren Widerstand ist der Basisstrom kleiner. In Abhängigkeit vom geringeren Basisstrom ist auch der Kollektorstrom kleiner.

Die Bestätigung dieses Zusammenhangs findet man im Experiment **101**, wenn für R_1 ein Widerstand mit $470 \text{ k}\Omega$ eingesetzt wird.

Es ergeben sich folgende Messungen

Basisstrom I_B : 0,02 mA

Kollektorstrom I_C :

Daraus läßt sich die Stromverstärkung B errechnen:

$$B = \frac{I_C}{I_B}$$

$$B = \dots$$

Aus diesen Messungen wird deutlich, daß der Transistor bei den Experimenten 99 und 100 erheblich übersteuert war. Es stellte sich ein geringer Stromverstärkungsfaktor ein. Erst wenn bei einem Widerstand $R_1 = 470 \text{ k}\Omega$ eine ausreichende Kollektor-Emitterspannung vorhanden ist, stellt sich ein optimaler Stromverstärkungsfaktor ein. Der Transistor arbeitet dann im linearen Bereich.

Im Experiment **102** kann die Spannungsverstärkung eines Transistors in Ermittlerschaltung bestimmt werden. Dazu mißt man zunächst die Spannung an der Basis (Meßbereich 1 V) und dann, ohne sie zu verändern, die Spannung am Kollektor (Meßbereich 10 V) und notiert sich die Werte.

Danach dreht man das Potentiometer sehr wenig nach rechts, so daß die Leuchtdiode heller leuchtet. Auch nun sind die Basis- und die Kollektorspannung zu messen.

Obwohl die Basisspannung nur wenig verändert wurde, steigt die Kollektorspannung erheblich. Setzt man die Änderung der Basisspannung in Beziehung zur Kollektorspannungsänderung, erhält man die Spannungsverstärkung U_V für diesen Transistortyp in Emitterschaltung.

$$U_V = \frac{\Delta U_C}{\Delta U_B}$$

Δ (delta) steht für Differenz. Ein Zahlenbeispiel verdeutlicht die Beziehung: Gemessene Basisspannungswerte

$$U_{B1} = 0,8 \text{ V}$$

$$U_{B2} = 0,9 \text{ V}$$

$$\Delta U_B = 0,9 - 0,8 \text{ V}$$

$$\Delta U_B = 0,1 \text{ V}$$

Gemessene Kollektorspannungswerte

$$U_{C1} = 8 \text{ Volt}$$

$$U_{C2} = 2 \text{ Volt}$$

$$\Delta U_C = 8 - 2 \text{ V}$$

$$\Delta U_C = 6 \text{ V}$$

$$U_V = \frac{\Delta U_C}{\Delta U_B} = \frac{6 \text{ V}}{0,1 \text{ V}} = 60$$

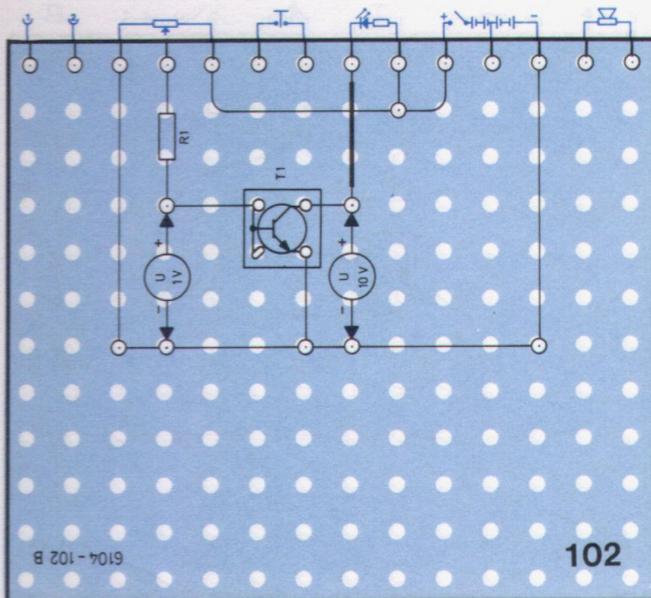
Die Spannungsverstärkung U_V beträgt also 60.

Elektronik vom Meßgerät erfaßt

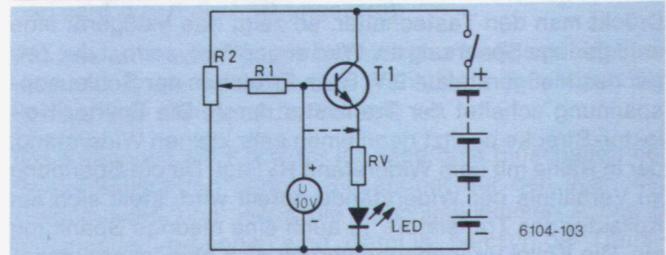
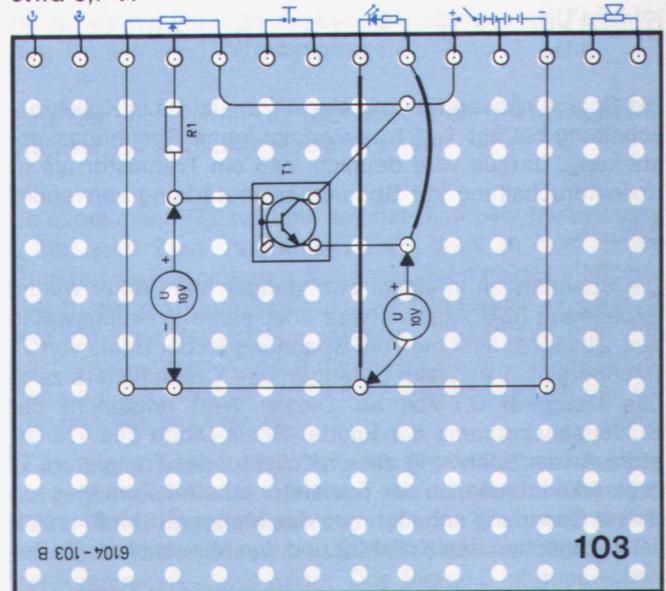
In welcher Weise ein Transistor in Kollektorschaltung Spannungen verstärkt, wird im Experiment **103** untersucht.

Mit dem Meßgerät wird zunächst die Basisspannung, dann die Emitterspannung (Meßbereich 10 V) gemessen. Die Messungen werden mit einer anderen Basisvorspannung wiederholt, die mit dem Potentiometer eingestellt wird.

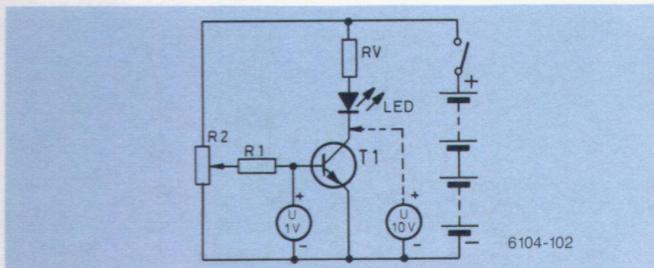
Diese Messungen ergeben nur einen geringfügigen Unterschied zwischen Basis- und Emitterspannung, nämlich etwa 0,7 V.



- 102** Meßgerät 25 – 1 V und 10 V
- R1 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb-violett-rot)
 - R2 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
 - T1 = Transistor, weiß
 - LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B



- 103** Meßgerät 25 – 10 V
- R1 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb-violett-rot)
 - R2 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
 - T1 = Transistor, weiß
 - LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B



Elektronik vom Meßgerät erfaßt

1. Messung

$$U_{B1} = 1 \text{ V} \quad U_{E1} = 0,3 \text{ V}$$

2. Messung

$$U_{B2} = 2 \text{ V} \quad U_{E2} = 1,3 \text{ V}$$

$$\Delta U_E = U_{E2} - U_{E1} \quad \Delta U_E = 1,3 - 0,3 \quad \Delta U_E = 1 \text{ V}$$

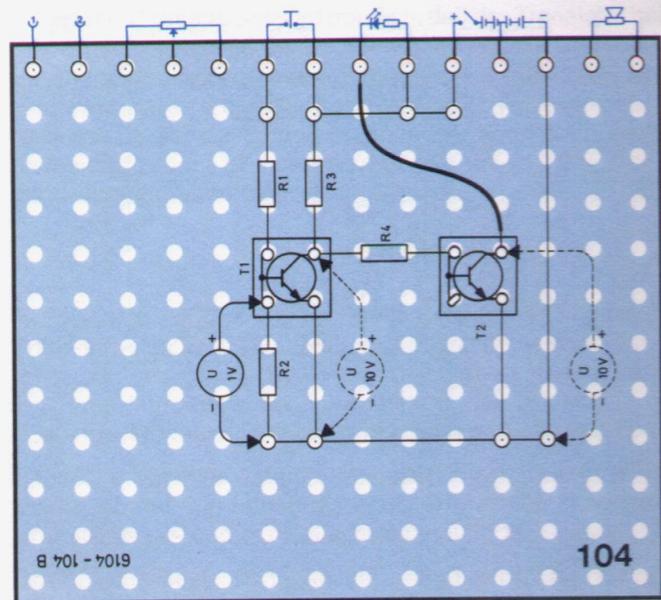
$$\Delta U_B = U_{B2} - U_{B1} \quad \Delta U_B = 2 - 1 \quad \Delta U_B = 1 \text{ V}$$

$$U_V = \frac{\Delta U_E}{\Delta U_B} \quad U_V = \frac{1}{1} \quad U_V = 1 \text{ V}$$

Die Spannungsverstärkung eines Transistors in Kollektorschaltung beträgt 1, d. h., es erfolgt keine Spannungsverstärkung. Daraus wird deutlich, daß ein Transistor nie in Kollektorschaltung zur Spannungsverstärkung verwendet wird.

Die Spannungen in einem zweistufigen Verstärker wie im Experiment **104** sagen etwas über seine Wirkungsweise aus. Zunächst mißt man die Spannung an der Basis von T₁ (Meßbereich 1 V). Beim Betätigen des Tastschalters zeigt das Meßgerät 0,7 Volt an. Dieser Wert entspricht der Schleißenspannung der Emitter-Basis-Diode des Transistors. An der Spannung, die am Kollektor des Transistors T₁ liegt, erkennt man, ob der Transistor arbeitet. Zum Messen dieser Spannung schaltet man das Meßgerät (Meßbereich 10 V) zwischen den Kollektor und den Minuspol der Batterie.

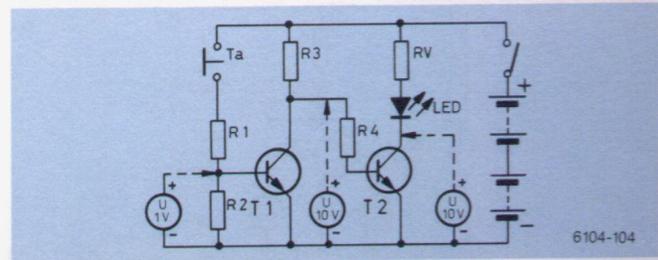
Drückt man den Tastschalter, so zeigt das Meßgerät eine sehr geringe Spannung an. Wird er geöffnet, springt der Zeiger des Meßgeräts auf 9 V. Beim Erreichen der Schleißenspannung schaltet der Transistor durch. Die Emitter-Kollektor-Strecke besitzt dann einen sehr kleinen Widerstand, der in Reihe mit dem Widerstand R₃ liegt. Da die Spannung im Verhältnis der Widerstände geteilt wird, stellt sich am Kollektor des Transistors T₁ auch eine niedrige Spannung ein. Die Kollektorspannung verhält sich also immer umgekehrt zur Basisspannung. In der Elektronik bezeichnet man ein solches „umgekehrtes“ Verhalten als **Phasendrehung**. Im Gegensatz dazu sind zwei Spannungen phasengleich oder „in Phase“, wenn die Erhöhung der einen Spannung auch die Erhöhung der anderen zur Folge hat.



104

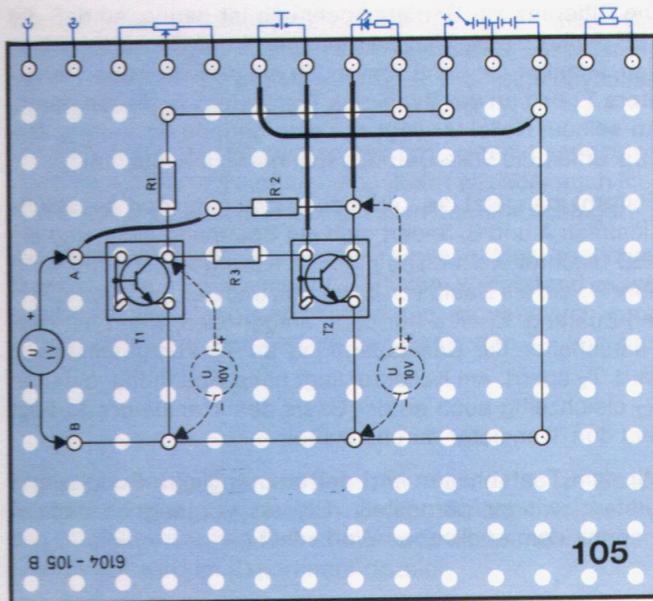
Meßgerät 25 – 1 V und 10 V

- R1 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schw.-orange)
- R2 = Widerstand 470.000 Ohm (gelb-violett-gelb)
- R3 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb-violett-rot)
- R4 = Widerstand 22.000 Ohm (rot-rot-orange)
- T1 = Transistor, weiß
- T2 = Transistor, weiß
- Ta = Taster im Bedienungspult B
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B



6104-104

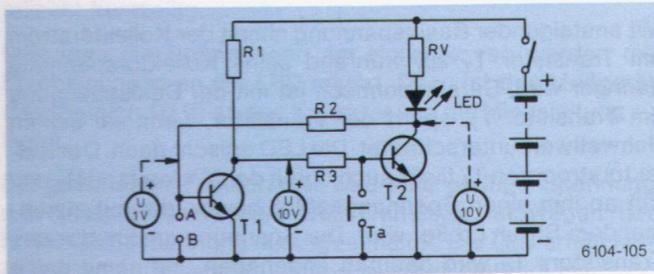
Elektronik vom Meßgerät erfaßt



105

Meßgerät 25 – 1 V und 10 V

- R1 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb-violett-rot)
- R2 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schw.-orange)
- R3 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schw.-orange)
- T1 = Transistor, weiß
- T2 = Transistor, weiß
- Ta = Taster im Bedienungspult B
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B



Da durch den Transistor T_1 in einem solchen Verstärker der zweite Transistor beeinflusst wird, soll der Transistor T_2 untersucht werden, indem man das Meßgerät zwischen Emitter und Kollektor legt (Meßbereich 10 V). Beim Drücken des Tastschalters erlischt die Leuchtdiode, und die Spannung am Kollektor T_2 nimmt den Wert der Betriebsspannung an. Die verbleibende Spannung an der LED ist so gering, daß sie nicht leuchtet. Öffnet man den Tastschalter, leuchtet die LED, und das Meßgerät zeigt eine kleine Kollektorspannung an. An der Basis liegt dann eine hohe Spannung, wie die vorangegangenen Messungen am Kollektor des Transistors T_1 ergeben haben.

Eine der wichtigsten Schaltungen ist der **Bistabile Multivibrator**, da er Signale speichern kann.

Im Experiment **105** wird ein solcher Bistabiler Multivibrator untersucht. Zum Verständnis mißt man an bestimmten Punkten die Spannungen. Zunächst legt man das Meßgerät (Meßbereich 1 V) an die Basis des Transistors T_1 . Es zeigt fast die volle Betriebsspannung an. Überbrückt man nun kurz die Klemmen A und B mit einem Draht, fällt die Spannung auf 0 V, weil die Basis kurzgeschlossen ist, und die Leuchtdiode leuchtet auf.

In der Digitaltechnik sagt man, das Signal 0 ist auf den Eingang gegeben worden. Entfernt man die Drahtbrücke von den beiden Anschlußklemmen, zeigt das Meßgerät weiterhin fast 0 Volt an. Auch die LED leuchtet nach dem Öffnen der Klemmen A und B weiter. Das Signal 0 ist gespeichert und wird durch die LED angezeigt.

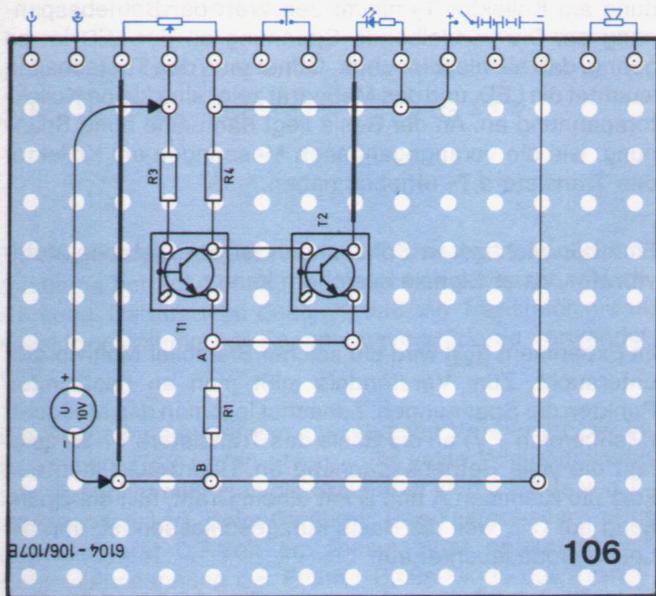
Zur zweiten Messung befindet sich das Meßgerät (Meßbereich 10 V) am Kollektor des Transistors T_1 und an der Leitung zum Minuspol der Batterie (-).

Die Spannung am Kollektor ist nach dem Einschalten der Betriebsspannung gering. Sie springt auf den Wert der Betriebsspannung, wenn die Anschlußklemmen A und B miteinander verbunden sind. Dann ist nämlich der Transistor gesperrt, und an seinem Kollektor befindet sich eine hohe Spannung.

Eine dritte Spannungsmessung wird am Kollektor von T_2 vorgenommen. Das Meßgerät (Meßbereich 10 V) befindet sich zwischen Kollektor und Minusleitung. Bei offenen

Elektronik vom Meßgerät erfaßt

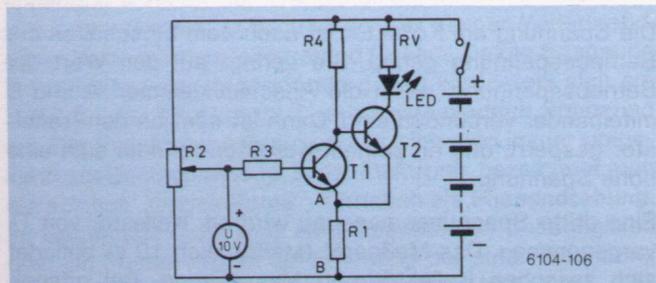
Anschlußklemmen A und B mißt man nur eine geringe Spannung am Kollektor des Transistors T₁. Sie ist auch über R₃ an der Basis des Transistors T₂ wirksam und sperrt ihn. Das Meßgerät zeigt eine hohe Kollektorspannung am Transistor T₂ an.



106

Meßgerät 25 – 10 V

- R1 = Widerstand 220 Ohm (rot-rot-braun)
- R2 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
- R3 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schw.-orange)
- R4 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb-violett-rot)
- T1 = Transistor, weiß
- T2 = Transistor, weiß
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B



Die Differenz zur Betriebsspannung ist gering, so daß die LED dunkel bleibt. Sind die Klemmen A und B kurzgeschlossen, schaltet die hohe Spannung am Kollektor des Transistors T₁ und an der Basis des Transistors T₂ diesen durch. An seinem Kollektor liegt nur eine geringe Spannung. Die LED erhält die volle Betriebsspannung und leuchtet.

Entfernt man jetzt die Verbindung zwischen den Anschlußklemmen A und B, ändert sich die Spannung nicht, und die LED leuchtet weiter. Die niedrige Kollektorspannung wirkt über R₂ auf die Basis von T₁ zurück und hält ihn im gesperrten Zustand. Er wird nur dann aufgehoben, wenn mit dem Tastschalter die Basisspannung an T₂ kurzgeschlossen wird. T₂ sperrt, am Kollektor liegt hohe Spannung, die über R₂ gleichzeitig auch an der Basis des Transistors T₁ liegt und den Transistor durchschaltet.

Mit dem Tastschalter wird der ursprüngliche Schaltungszustand wieder hergestellt. Diesen Vorgang bezeichnet man mit dem englischen Wort **reset**.

Eine andere Grundschaltung der Elektronik ist der **Schmitt-Trigger** oder Schwellwert-Schalter. Um seine Funktion zu verstehen, mißt man die Basisspannung am Transistor T₁ und legt dazu das Meßgerät (Meßbereich 10 V) wie im Experiment **106** angegeben in die Schaltung.

Dreht man das Potentiometer R₂ nach rechts, zeigt das Meßgerät eine ansteigende Spannung an. Hat diese einen bestimmten Wert erreicht, erlischt die LED. Setzt man mit dem Potentiometer die Spannung wieder herab, leuchtet die LED auf. Allerdings leuchtet sie nicht bei derselben Spannung auf, bei der sie erlischt. Dieses Verhalten nennt man **Hysterese**.

Mit ansteigender Basisspannung nimmt der Kollektorstrom am Transistor T₁ zu, während seine Kollektorspannung geringer wird. Da sie identisch ist mit der Basisspannung am Transistor T₂, sperrt der Transistor, wenn sie seinen **Schwellwert** unterschreitet. Die LED erlischt dann. Der Kollektorstrom von T₁ fließt auch durch den Widerstand R₁ und ruft an ihm einen Spannungsabfall hervor, der mit zunehmendem Strom größer wird. Die Spannung am Emitter des Transistors T₂ wird dadurch angehoben und somit seine

Elektronik vom Meßgerät erfaßt

Basis-Emitter-Spannung vermindert. Es laufen also zwei Spannungen gegeneinander. Während die Basisspannung abfällt, nimmt die Emitterspannung zu. Die Folge davon ist, daß der Transistor T_2 rasch gesperrt wird.

Unterschreitet die Eingangsspannung einen bestimmten Wert, so laufen die Vorgänge umgekehrt ab. Aber auch hier erfolgt das Umschalten in den anderen Zustand schlagartig.

Die Schaltspannung wird durch R_1 wesentlich bestimmt. Tauscht man im Experiment **107** den Widerstand durch andere mit verschiedenen Werten aus, ergeben sich auch andere Schaltspannungen an der Basis des T_1 , wie das Meßgerät anzeigt.

Im Experiment **108** wird untersucht, wie man spitze Spannungsimpulse erzeugen kann. Solche Spitzenimpulse finden in elektronischen Schaltungen vielfache Anwendung. Eine davon wird im Experiment gezeigt.

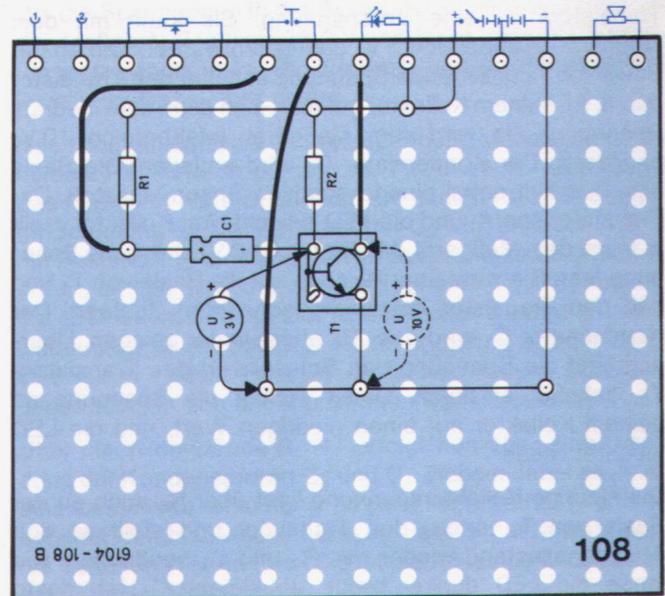
Die Impulse werden durch Differenzierung gewonnen, wie in den Experimenten 68 bis 70 beschrieben. Ein Transistor ist als Verstärker dem Differenzierglied R_1/C_1 nachgeschaltet. Beim Messen der Spannungen an der Basis und am Kollektor des Transistors erkennt man die Funktion des **Impulsverstärkers**.

Zunächst wird die Spannung an der Basis gemessen. Dazu befindet sich das Meßgerät (Meßbereich 3 V) zwischen der Basis und der Minusleitung. Nach dem Einschalten zeigt das Meßgerät eine Spannung an. Der Transistor befindet sich im leitenden Zustand, und die Leuchtdiode leuchtet. Drückt man den Tastschalter, zeigt das Meßgerät einen kurzzeitigen Spannungsrückgang an, der mit der Ladung des Kondensators wieder aufgehoben wird. Die LED erlischt kurzzeitig.

Mißt man die Spannungen am Kollektor, so werden die Erscheinungen an der LED erklärt. Dazu ist das Meßgerät (Meßbereich 10 V) an den Kollektor und die Minusleitung zu legen.

Bei geöffnetem Tastschalter wird eine geringe Spannung am Kollektor gemessen. Der Transistor ist wegen der hohen Basisspannung durchgeschaltet. Die LED erhält fast die volle Betriebsspannung und leuchtet. Betätigt man den

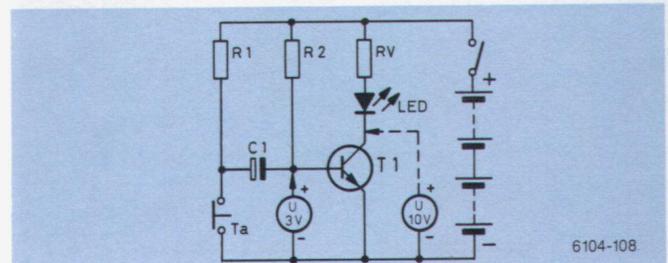
Tastschalter, so steigt die Spannung am Kollektor kurzzeitig an. Der Impuls, durch Differenzierung erzeugt, ist an der Basis negativ gerichtet und sperrt den Transistor für kurze Zeit. Die LED erhält keine Spannung mehr und ist für die Dauer des Impulses dunkel.



108

Meßgerät 25 – 3 V und 10 V

- R1 = Widerstand 1.000 Ohm (braun-schwarz-rot)
- R2 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schw.-orange)
- C1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- T1 = Transistor, weiß
- Ta = Taster im Bedienungspult B
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B

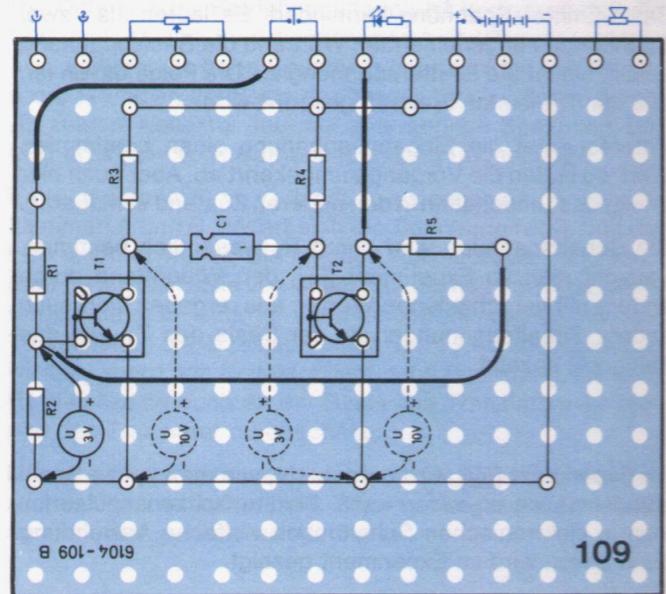
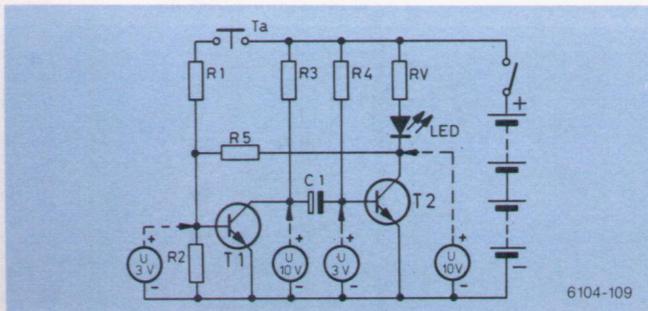


Elektronik vom Meßgerät erfaßt

Ein Teil dieser Schaltung tritt wieder in einem **monostabilen Multivibrator** auf, der im Experiment **109** näher untersucht werden kann.

Beim Anlegen der Betriebsspannung leuchtet die LED. Betätigt man den Tastschalter, so erhält die Basis des Transistors T_1 eine Vorspannung. Sie kann mit dem Meßgerät (Meßbereich 3 V) gemessen werden. Die an der Basis von T_1 anliegende Spannung schaltet den Transistor durch. An seinem Kollektor befindet sich dann eine niedrige Spannung. Sie wird vom Meßgerät (Meßbereich 10 V) angezeigt. Der Kondensator C_1 wird entladen. Die Basis von T_2 erhält dabei einen negativen Spannungsstoß. Der Transistor sperrt, und die LED erlischt. Am Kollektor stellt man mit dem Meßgerät (Meßbereich 10 V) eine hohe Spannung fest. Sie wirkt über R_5 auch auf die Basis von T_1 und hält den Transistor im durchgeschalteten Zustand. Der Kondensator C_1 wird über R_4 aber wieder geladen. Überschreitet die Spannung den Schwellwert des Transistors T_2 , schaltet er durch. Damit springt die Spannung an seinem Kollektor auf einen niedrigen Wert, und die LED leuchtet wieder.

Die niedrige Kollektorspannung liegt über R_5 auch an der Basis von T_1 , sperrt den Transistor und stellt so den Ausgangszustand wieder her. R_4 und C_1 bestimmen, wie lange die LED dunkel bleibt. Je kleiner C_1 ist, desto schneller kippt die Schaltung wieder in die Ausgangslage zurück. Sie hat also nur einen stabilen Zustand und heißt darum monostabiler Multivibrator.

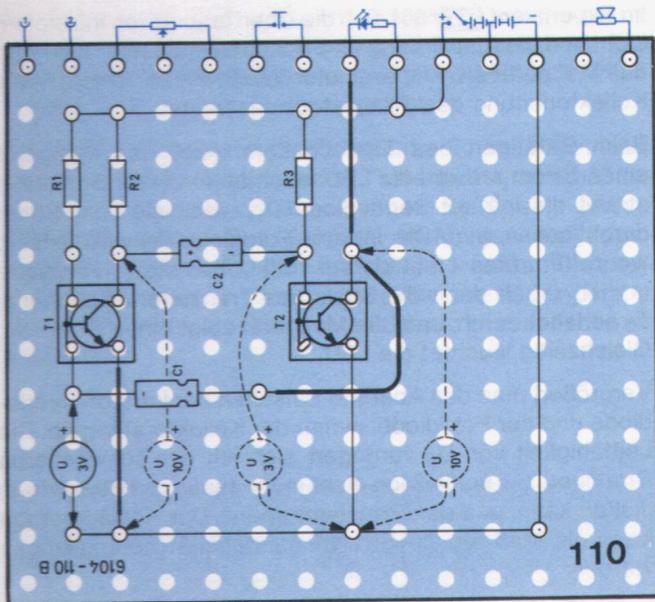


109

Meßgerät 25 – 3 V und 10 V

- R1 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)
- R2 = Widerstand 22.000 Ohm (rot-rot-orange)
- R3 = Widerstand 1.000 Ohm (braun-schwarz-rot)
- R4 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schw.-orange)
- R5 = Widerstand 47.000 Ohm (gelb-violett-orange)
- C1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- T1 = Transistor, weiß
- T2 = Transistor, weiß
- Ta = Taster im Bedienungspult B
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B

Elektronik vom Meßgerät erfaßt



110

Meßgerät 25 – 3 V und 10 V

- R1 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schw.-orange)
- R2 = Widerstand 1.000 Ohm (braun-schwarz-rot)
- R3 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schwarz-orange)
- C1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- C2 = Elektrolyt-Kondensator 220 μ F
- T1 = Transistor, weiß
- T2 = Transistor, weiß
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B

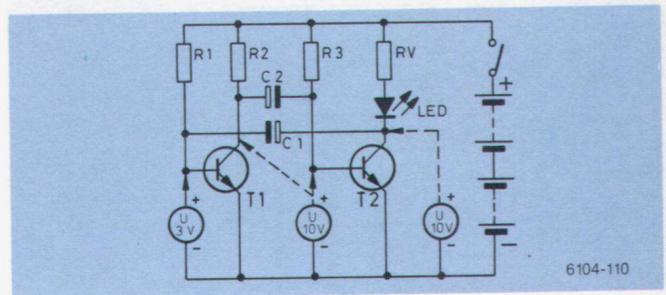
Im Experiment **110** schalten sich in einem **astabilen Multivibrator** zwei Transistoren wechselseitig ein und aus. Dabei ergeben sich die Basisspannungen für das Durchschalten oder Sperren der Transistoren durch wechselseitiges Umladen der Kondensatoren C_1 und C_2 .

Um die Spannungen in der Schaltung zu untersuchen, wird das Meßgerät (Meßbereich 3 V und 10 V) – wie im Verdrahtungsplan angegeben – an die Basis und den Kollektor des jeweiligen Transistors gelegt.

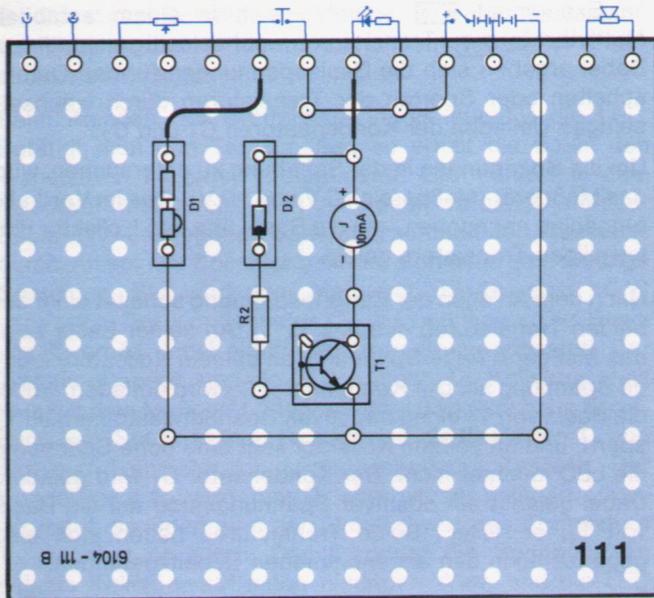
Nach dem Anlegen der Batteriespannung schaltet einer der beiden Transistoren durch, z. B. T_1 . An seiner Basis zeigt das Meßgerät hohe Spannung, an seinem Kollektor niedrige Spannung an. Der Kondensator C_2 wird entladen, wobei die Basis von T_2 einen negativen Spannungstoß erhält. T_2 sperrt, und an seinem Kollektor liegt eine hohe Spannung, die LED leuchtet nicht. Der Kondensator C_1 wird geladen. Dabei gelangt ein positiver Spannungstoß auf die Basis von T_1 , er leitet. Beide Transistoren halten sich also gegenseitig in den angenommenen Schaltzuständen.

Über die Widerstände R_1/R_3 erfolgt nun aber eine Umladung der Kondensatoren C_2 und C_1 . Sobald dabei an ihnen eine bestimmte Spannung erreicht ist, sperrt T_1 , und T_2 schaltet durch. Zwischen diesen beiden Zuständen kippt die Schaltung hin und her. Sie ist nicht stabil und heißt darum **astabiler Multivibrator**.

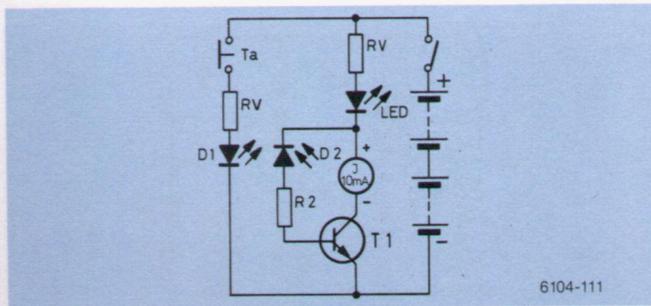
Die Geschwindigkeit, mit der die Schaltzustände wechseln, wird durch die Größe der Kondensatoren C_1 und C_2 und der Widerstände bestimmt.



Elektronik vom Meßgerät erfaßt



- 111 Meßgerät 25 – 10 mA
- D1+RV = Infrarot-Leuchtdiode mit Vorwiderstand
 - D2 = Infrarot-Fotodiode
 - R2 = Widerstand 100.000 Ohm (braun-schwarz-gelb)
 - Ta = Taster im Bedienungspult B
 - LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand
im Bedienungspult B



Im Experiment **111** läßt sich die Übertragung von infrarotem Licht und die Auswirkung im Stromkreis messen. Dazu wird das Meßgerät als Amperemeter (Meßbereich 10 mA) in die Kollektorleitung des Transistors geschaltet.

Beim Betätigen des Tastschalters zeigt das Meßgerät einen Strom an, und die LED leuchtet. In dieser Schaltung strahlt die Infrarot-Sendediode D_1 , wenn sie vom Strom durchflossen wird. Die Infrarot-Fotodiode D_2 wird leitend, wenn infrarotes Licht darauf trifft. Über die Fotodiode und R_2 erhält dann die Basis des Transistors Spannung. T_1 schaltet durch, und das Meßgerät zeigt einen Strom an. Gleichzeitig leuchtet die LED.

Vergrößert man den Abstand zwischen der Infrarot-Sendediode und der Fotodiode, nimmt der Kollektorstrom ab. Die Leitfähigkeit von D_2 verringert sich mit der schwächeren Strahlung, bis schließlich nicht mehr genügend Basisstrom fließen kann, und der Transistor sperrt. Der Kollektorstrom kann als Maß für die Strahlungsintensität herangezogen werden.

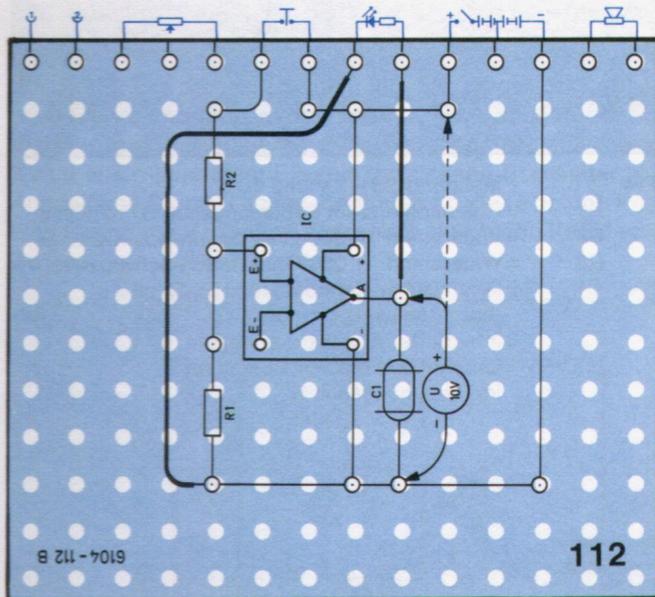
In der Elektronik werden zunehmend integrierte Schaltungen verwendet. Sie enthalten z. T. viele tausend Transistoren in einem Baustein, der nicht größer ist als ein Fingernagel. Für solche **integrierten Schaltungen** findet man oft die Bezeichnung **IC**, abgeleitet aus der englischen Sprache von integrated circuit.

Unter den integrierten Schaltungen gibt es eine Gruppe der **Operationsverstärker**. Sie wurden ursprünglich bei Rechenoperationen in Computern eingesetzt, finden heute aber weite Anwendungsbereiche. Ein Operationsverstärker hat zwei Eingänge und einen Ausgang. Ein Eingang verstärkt das Signal phasengleich, der andere kehrt es um. Man spricht dabei vom invertierenden (d. h. umkehrenden) Eingang E- und vom nicht invertierenden Eingang E+. Die Zeichen + und - dürfen also nicht mit Spannungs- oder Strompolaritäten verwechselt werden.

Elektronik vom Meßgerät erfaßt

Im Experiment **112** soll ein Operationsverstärker untersucht werden, dessen Eingang E+ beschaltet ist. Zum Messen der Ausgangsspannung wird das Meßgerät (Meßbereich 10 V) an den Ausgang gelegt.

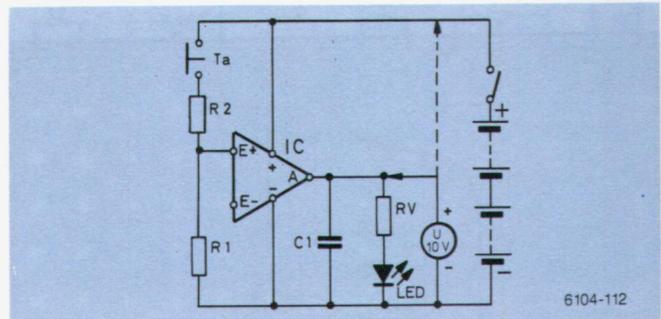
Es zeigt im Ruhezustand der Schaltung die halbe Betriebsspannung an. Betätigt man den Tastschalter, so erhält der Eingang E+ über den Spannungsteiler R_2/R_1 eine geringe positive Spannung. Das Meßgerät am Ausgang zeigt positive Spannung an, und die Leuchtdiode leuchtet. Die positive Spannung am Eingang E+, die einem positiv gerichteten Signal entspricht, erscheint verstärkt und phasenrichtig am Ausgang.



112

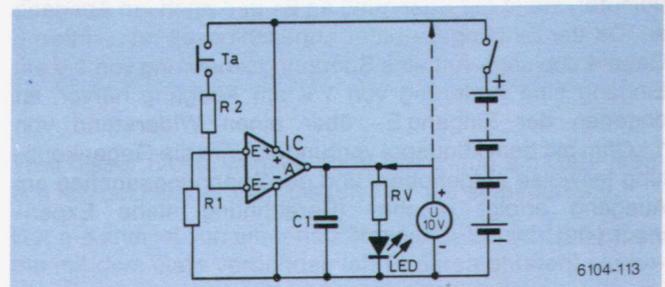
Meßgerät 25 – 10 V

- R1 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schw.-orange)
- R2 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schw.-orange)
- C1 = keramischer Kondensator 10.000 pF (braun-schwarz-orange)
- IC = Integrierter Schaltkreis, weiß
- Ta = Taster im Bedienungspult B
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B

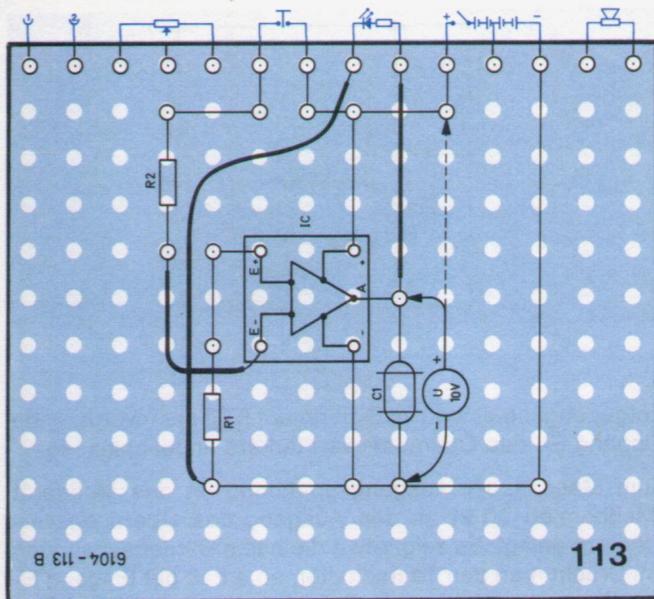


Entgegengesetzt wird im Experiment **113** der invertierende Eingang E- des Operationsverstärkers angeschlossen.

Zum Messen der Ausgangsspannung ist das Meßgerät (Meßbereich 10 V) an den Ausgang des Operationsverstärkers gelegt. Es zeigt etwa die halbe Betriebsspannung an. Drückt man den Tastschalter, so erhält der Eingang E- über R_2 positive Spannung. Das Meßgerät zeigt dann keine Spannung an, und die LED bleibt dunkel. Das positive Signal an E- erscheint invertiert, also umgekehrt, als negatives Signal am Ausgang.



Elektronik vom Meßgerät erfaßt

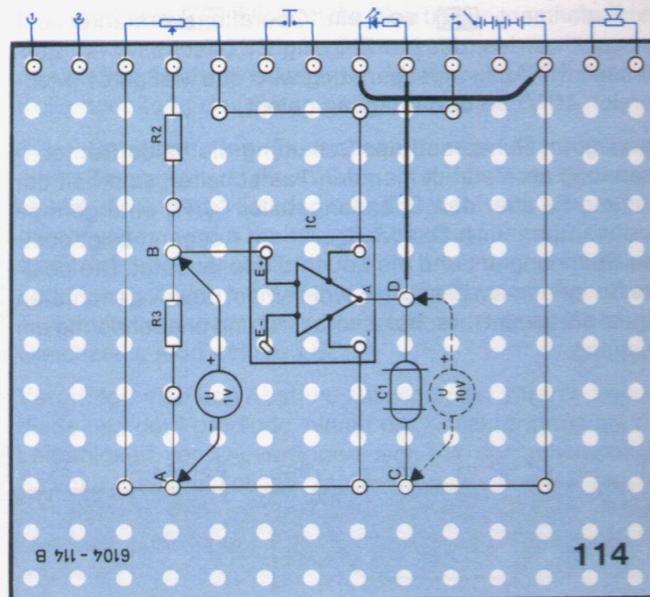


113

Meßgerät 25 – 10 V

- R1 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schw.-orange)
- R2 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schw.-orange)
- C1 = keramischer Kondensator 10.000 pF (braun-schwarz-orange)
- IC = Integrierter Schaltkreis, weiß
- Ta = Taster im Bedienungspult B
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B

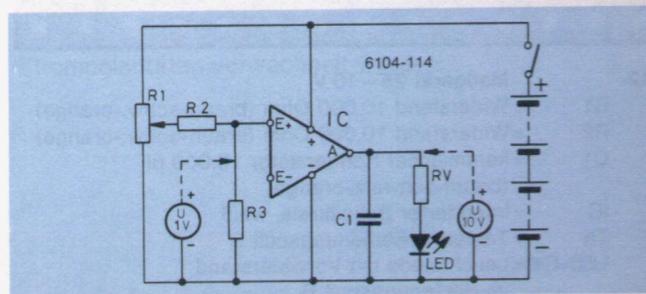
Im Experiment **114** wird eine Spannungsverstärkerschaltung mit einem OP untersucht. Befinden sich 0 V am Eingang E+ (Klemmen AB), mißt man am Ausgang die halbe Betriebsspannung (Klemmen CD). Betätigt man das Potentiometer, steigt die Spannung an E+ und auch am Ausgang an. Da der Eingang E- nicht angeschlossen ist – interne Gegenkopplung – ruft eine Spannungsänderung von 1 V am Eingang eine Änderung von 1 V am Ausgang hervor. Ist dagegen der Eingang E- über einen Widerstand von 1 kOhm mit dem Minuspol verbunden, wird die Gegenkopplung teilweise aufgehoben, und der Spannungsanstieg am Ausgang erfolgt rascher (Berechnung siehe Experiment 102).



114

Meßgerät 25 – 1 V und 10 V

- R1 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
- R2 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schw.-orange)
- R3 = Widerstand 1.000 Ohm (braun-schwarz-rot)
- C1 = keramischer Kondensator 10.000 pF (braun-schwarz-orange)
- IC = Integrierter Schaltkreis, weiß
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B



Elektronik vom Meßgerät erfaßt

Obwohl das Prinzip eines besonderen Transistors, des **Feld-Effekt-Transistors**, abgekürzt **FET** bereits seit fast 80 Jahren bekannt war, gelang erst Jahrzehnte später der Bau eines solchen elektronischen Bauteils.

Ein FET besitzt wie der „normale“ Transistor auch drei Anschlüsse, sie heißen allerdings Gate (Gitter), Drain (Senke) und Source (Quelle).

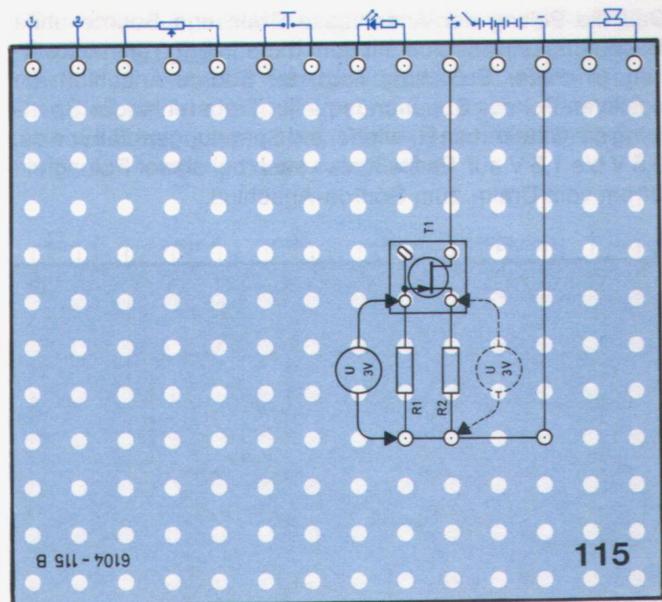
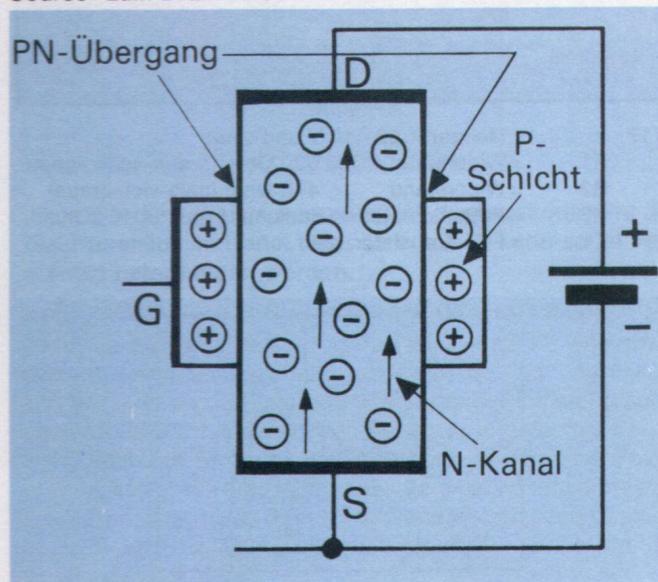
Schaltsymbol n-Kanal FET mit Anschlüssen



Worin die Besonderheit dieses Transistors liegt, soll in den folgenden Experimenten untersucht werden.

Im Experiment **115** sind alle drei Anschlüsse des FET angeschlossen. Obwohl am Widerstand R_1 vor dem Gate keine Spannung gemessen werden kann, fällt am Widerstand R_2 eine Spannung von 0,5 V bis 1,5 V ab. Das bedeutet, daß auch ein Strom zwischen Source und Drain fließt.

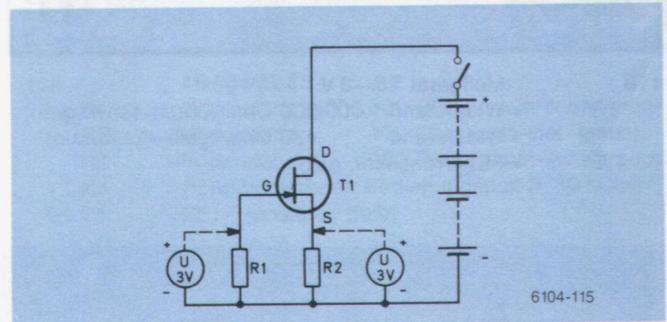
Zur Erklärung dieser Erscheinung, die ungewöhnlich ist nach den bisherigen Experimenten mit Transistoren, ein Einblick in den Aufbau dieses FET. Er besteht aus einem **Kanal** aus n-leitendem Silicium, an dessen Stirnseiten die Anschlüsse D und S liegen. Legt man an diese beiden Pole eine Spannung, so fließen Elektronen durch den Kanal vom Source- zum Drain-Anschluß.



115

Meßgerät 25 – 3 V

- R1 = Widerstand 1.000.000 Ohm (braun-schw.-grün)
- R2 = Widerstand 470 Ohm (gelb-viol.-braun)
- T1 = FET-Transistor, gelb

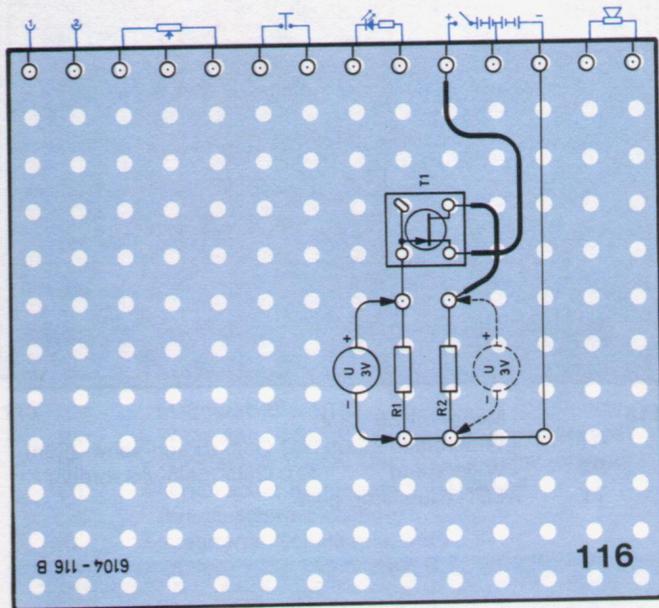


Weil dieser Elektronenfluß ohne Spannung am Gate möglich ist, bezeichnet man diesen FET als **selbstleitend**.

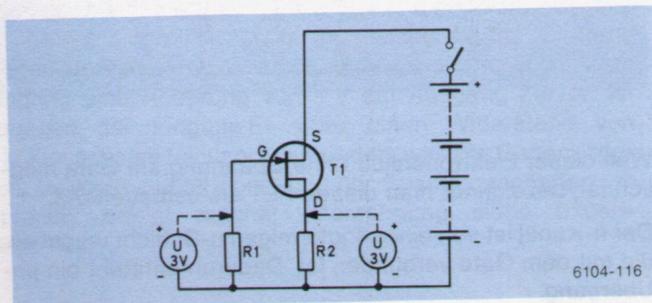
Der n-Kanal ist von einer ringförmigen p-Schicht umgeben, die mit dem Gate verbunden ist. Dadurch entsteht ein pn-Übergang.

Elektronik vom Meßgerät erfaßt

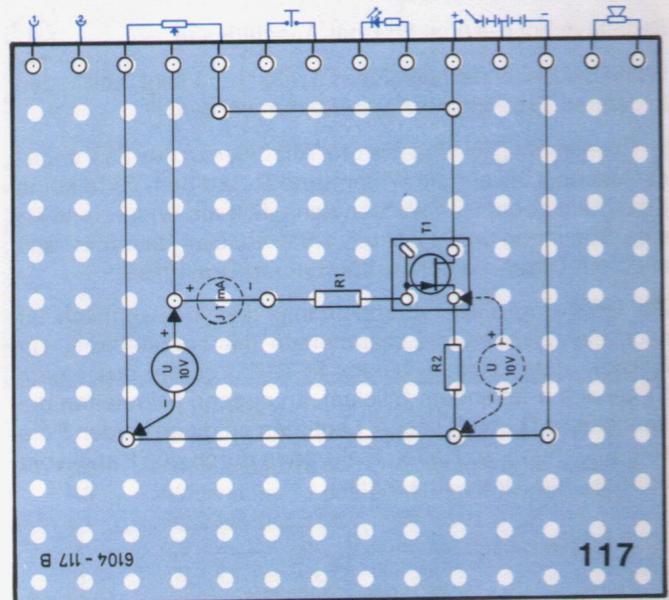
Daß die Polung der Anschlüsse Drain und Source ohne Bedeutung ist, läßt sich mit dem Experiment **116** nachweisen. In dieser Schaltung liegt der Source-Anschluß am positiven Pol der Spannungsquelle. Trotz fehlender Spannung am Gate tritt an R_2 wieder ein Spannungsabfall von ca. 0,5 V bis 1,5 V auf. Es fließt also auch bei dieser Polung ein Strom vom Drain- zum Source-Anschluß.



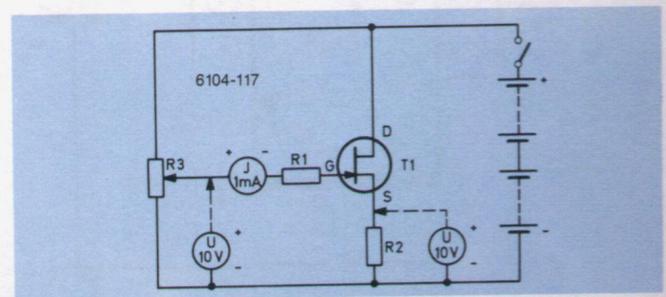
- 116** Meßgerät 25 – 3 V
 R1 = Widerstand 1.000.000 Ohm (braun-schw.-grün)
 R2 = Widerstand 470 Ohm (gelb-viol.-braun)
 T1 = FET-Transistor, gelb



Der eigentliche Vorteil des FET gegenüber dem „normalen“ Transistor wird im Experiment **117** deutlich. Mit dem Potentiometer läßt sich die Spannung am Gate von einer negativen Vorspannung zu einer positiven verschieben. Dadurch erhöht sich auch die positive Spannung an R_2 , ohne daß eine Spannungsverstärkung erfolgt. Am besten ist das festzustellen, wenn zu jeder Gate-Spannung – jeweils um 0,5 V



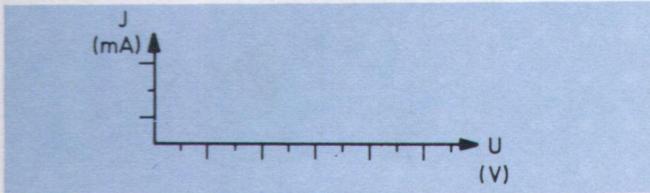
- 117** Meßgerät 25 – 10 V und 1 mA
 R1 = Widerstand 1.000.000 Ohm (braun-schw.-grün)
 R2 = Widerstand 470 Ohm (gelb-viol.-braun)
 R3 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
 T1 = FET-Transistor, gelb



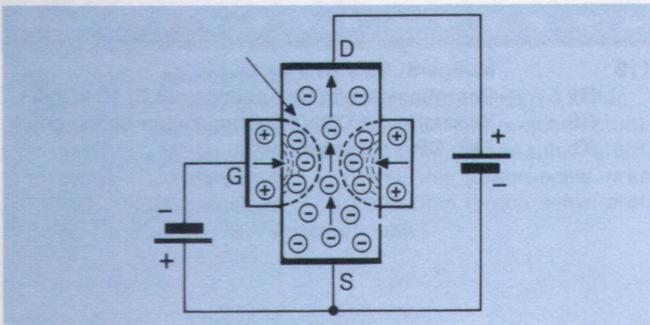
Elektronik vom Meßgerät erfaßt

steigern – die zugehörige Source-Spannung gemessen wird. Damit läßt sich eine Kennlinie des FET aufnehmen.

Auffallend ist bei diesem Experiment, daß trotz einer Gate-Spannung kein Strom im Gate-Anschluß fließt. Das bestätigt das Meßgerät (Meßbereich 1 mA).



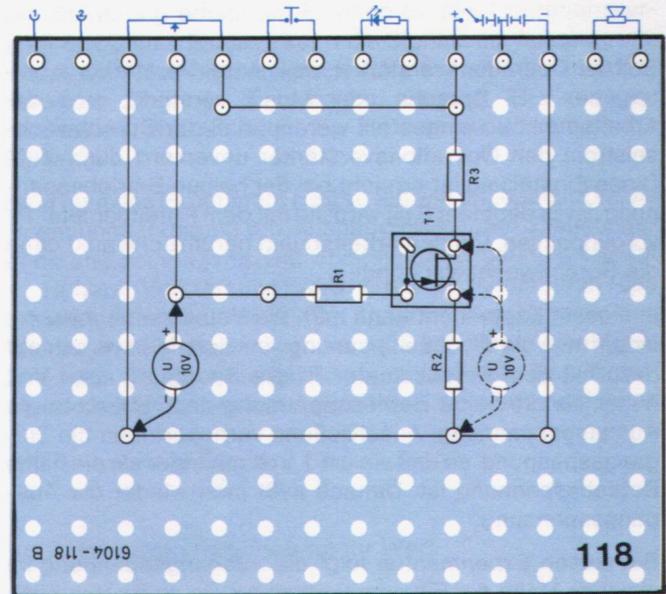
Zur Erklärung muß auf den pn-Übergang zwischen dem positiven Gate und dem n-Kanal eingegangen werden. Liegt eine negative Spannung zwischen Gate und Source, dann wächst die Sperrschicht in den Kanal hinein und verengt den Weg für die Elektronen im Kanal.



Je größer die negative Spannung ist, desto stärker wird der Elektronenfluß im Kanal behindert, und er kann sogar vollständig unterbunden werden.

Aus dieser Eigenschaft wird der Name des FET deutlich. Ein elektrisches Feld, das auf den Kanal einwirkt, beeinflusst den Stromfluß. Im Gegensatz zu den „normalen“ Transistoren läßt sich ein FET **leistungslos** steuern. Eine elektrische Leistung ist vorhanden, wenn bei einer angelegten Spannung auch ein Strom fließt. Hier aber wird nur eine Spannung benötigt, die ein elektrisches Feld hervorruft, ohne daß ein Strom fließt. Feld-Effekt-Transistoren besitzen deshalb einen sehr hohen Eingangswiderstand bei einem kleinen Ausgangswiderstand.

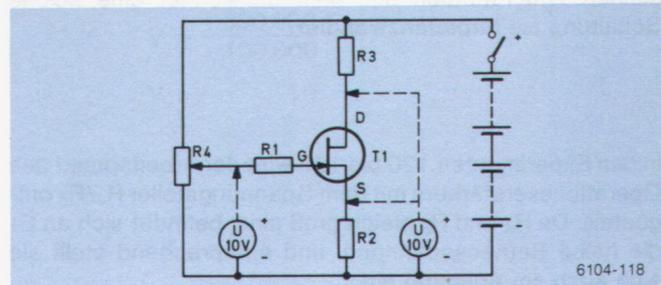
Eine Spannungsverstärkung läßt sich mit einem FET im Experiment **118** durchführen. Bei den Messungen der Gate-Spannung und der zugehörigen Drain-Spannung fällt auf, daß die Ausgangsspannung etwa zweimal so groß ist wie die Eingangsspannung. Allerdings erscheint die Spannung am Ausgang phasenverschoben.



118

Meßgerät 25 – 10 V

- R1 = Widerstand 1.000.000 Ohm (braun-schw.-grün)
- R2 = Widerstand 470 Ohm (gelb-viol.-braun)
- R3 = Widerstand 1.000 Ohm (braun-schwarz-rot)
- R4 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
- T1 = FET-Transistor, gelb



Elektronik vom Meßgerät erfaßt

FET-OP-Verstärker, gelb

Der Operationsverstärker besitzt in seiner Eingangsstufe einen Feldeffekt-Transistor. Damit benötigt das IC nur einen sehr geringen Steuerstrom, der in der Größenordnung von einigen nA liegt – 1 nA ist $1 \cdot 10^{-9}$ A. Das bedeutet, daß der Operationsverstärker einen sehr hohen Eingangswiderstand aufweist.

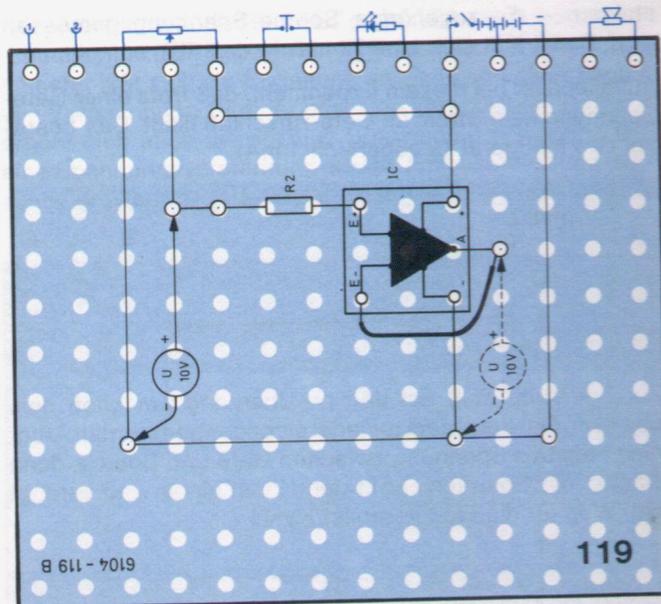
Soll der Operationsverstärker als linearer Verstärker arbeiten, der z. B. Sprache oder Musik verstärkt, muß der Arbeitspunkt so eingestellt werden, daß der Sprechwechselstrom den Operationsverstärker unverzerrt durchläuft. Diese Einstellung ist erreicht bei der halben Betriebsspannung. Im Experiment **119** wird sie mit dem Potentiometer R_1 vorgenommen. Um den Arbeitspunkt herum schwankt dann die Sprechwechselspannung.

In diesem Experiment kann man die Verstärkung messen, indem man die Wechselspannung simuliert. Man verschiebt dazu mit dem Potentiometer R_1 die Spannung um 1 Volt höher als die halbe Betriebsspannung und mißt dann die Ausgangsspannung. Anschließend verringert man die Eingangsspannung, so daß sie um 1 Volt niedriger als die halbe Betriebsspannung ist. Danach mißt man wieder die Ausgangsspannung.

Bei diesen Experimenten folgt die Ausgangsspannung im gleichen Maße der Eingangsspannung. Beide Spannungen sind phasengleich. Der Verstärkungsfaktor beträgt 1.

Eine weitere Eigenschaft der Schaltung betrifft das Widerstandsverhältnis von Ein- und Ausgang. Während der Eingang wegen des Feldeffekt-Transistors extrem hoch ist, stellt sich die Spannungsänderung am Ausgang auch an kleinen Widerständen ein. Man bezeichnet eine solche Schaltung als **Impedanzwandler**.

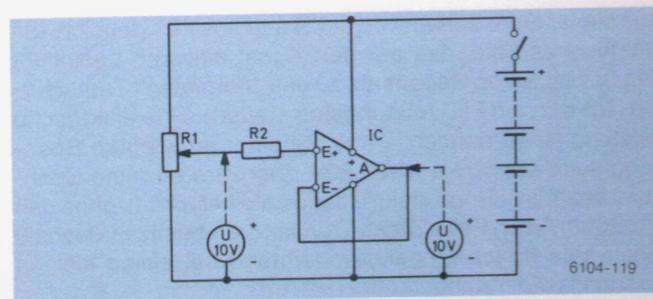
In den Experimenten 120 bis 122 wird der Arbeitspunkt des Operationsverstärkers mit dem Spannungsteiler R_4/R_5 eingestellt. Da R_4 und R_5 gleich groß sind, befindet sich an $E+$ die halbe Betriebsspannung, und entsprechend stellt sie sich auch am Ausgang ein.



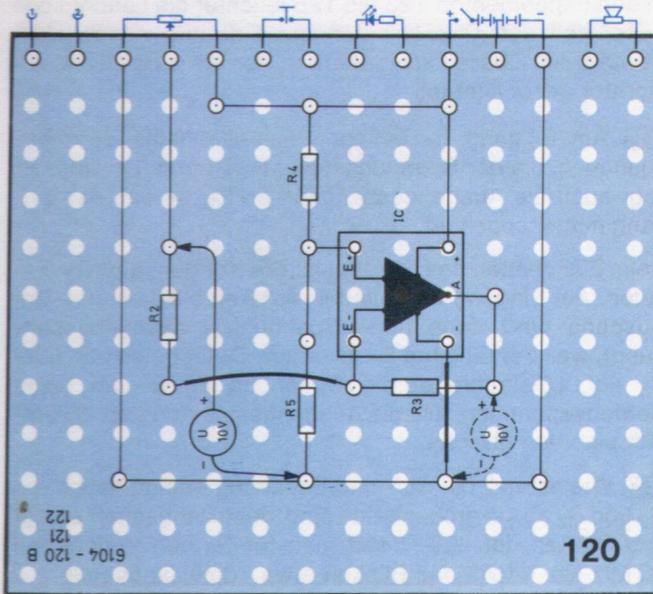
119

Meßgerät 25 – 10 V

- R1 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
- R2 = Widerstand 1.000.000 Ohm (braun-schw.-grün)
- IC = FET-OP-Verstärker, gelb



Elektronik vom Meßgerät erfaßt



120

Meßgerät 25 - 10 V

- R1 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
- R2 = Widerstand 1.000.000 Ohm (braun-schw.-grün)
- R3 = Widerstand 1.000.000 Ohm (braun-schw.-grün)
- R4 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schw.-orange)
- R5 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schw.-orange)
- IC = FET-OP-Verstärker, gelb

Das Signal wird auf den Eingang E- gegeben. Man stellt dazu mit dem Potentiometer R₁ eine Spannung ein, deren Wert man am Meßgerät abliest. Dann ermittelt man die Spannung am Ausgang. Beide Messungen werden mit einer anderen Stellung des Potentiometers R₁ wiederholt.

Das Experiment zeigt, daß die Ausgangsspannung bei höherer Eingangsspannung niedriger ist und umgekehrt. Die Steuerung erfolgt am Eingang E- des Operationsverstärkers. Dieser Eingang kehrt die Signale am Ausgang um, sie werden also phasenverschoben. Er heißt darum invertierender Eingang. Signale am Eingang E+ hingegen erscheinen phasengleich. E+ ist der nichtinvertierende Eingang.

Baut man das Experiment **120** so auf wie angegeben, ist die Spannungsänderung am Ausgang gleich der Spannungsänderung am Eingang. Die Spannungsverstärkung beträgt 1. Höhere Verstärkung wird erreicht, indem man das Widerstandsverhältnis R₃/R₂ ändert. Tauscht man den Widerstand R₂ gegen einen von 470 kΩ (Experiment **121**) aus, wird die Spannungsänderung verstärkt. Das Widerstandsverhältnis bestimmt direkt den Verstärkungsfaktor:

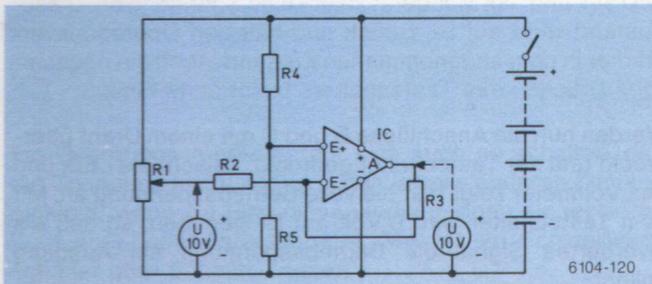
$$V = \frac{R_3}{R_2}$$

Im vorliegenden Falle beträgt ihr Wert

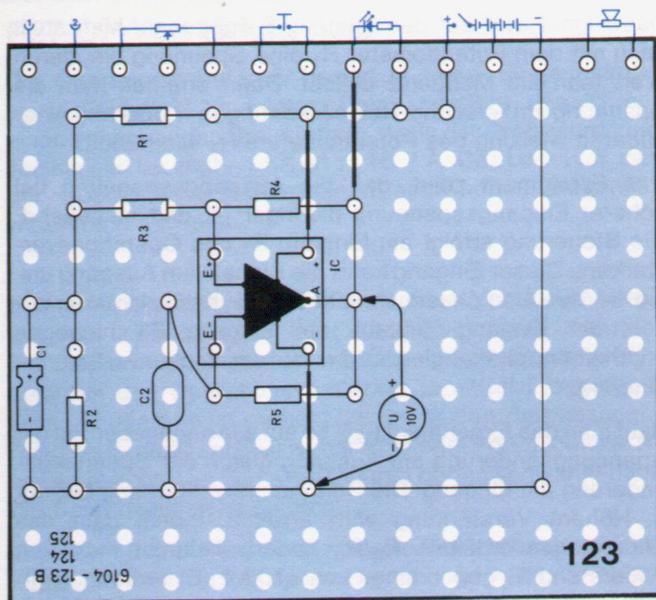
$$V = \frac{1.000.000}{470.000} \\ \approx 2$$

Setzt man anstelle von R₂ = 470 kΩ (Experiment **122**) einen Widerstand R₂ = 100 kΩ ein, beträgt die Verstärkung

$$V = \frac{1.000.000}{100.000} \\ V = 10$$



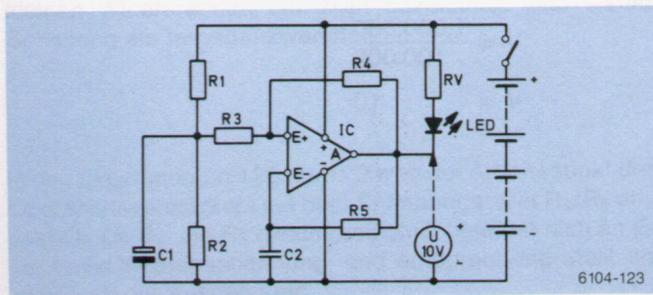
Elektronik vom Meßgerät erfaßt



123

Meßgerät 25 - 10 V

- R1 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schw.-orange)
- R2 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schw.-orange)
- R3 = Widerstand 100.000 Ohm (braun-schw.-gelb)
- R4 = Widerstand 100.000 Ohm (braun-schw.-gelb)
- R5 = Widerstand 1.000.000 Ohm (braun-schw.-grün)
- C1 = Elektrolyt-Kondensator 10 μ F
- C2 = Folien-Kondensator 0,22 μ F
- IC = FET-OP-Verstärker, gelb
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B



In den Experimenten 123 bis 125 leuchtet die Leuchtdiode periodisch auf. Das selbständige Ein- und Ausschalten bewirkt der Operationsverstärker, der als astabiler Multivibrator geschaltet ist.

123 Am Eingang E+ befindet sich die halbe Betriebsspannung, die der Spannungsteiler R₁/R₂ erzeugt. Über R₄ liegt auch die Ausgangsspannung an E+, so daß der Eingang mitgekoppelt ist.

Beim Einschalten des Gerätes ist der Kondensator C₂ entladen. Am Eingang E- befindet sich keine Spannung. Der Ausgang führt dann hohe Spannung (= Betriebsspannung), weil der Eingang E- invertiert. C₂ lädt sich nun über R₅ auf. Überschreitet die Spannung an E- die halbe Betriebsspannung, fällt die Ausgangsspannung ab. C₂ entlädt sich nun über R₅.

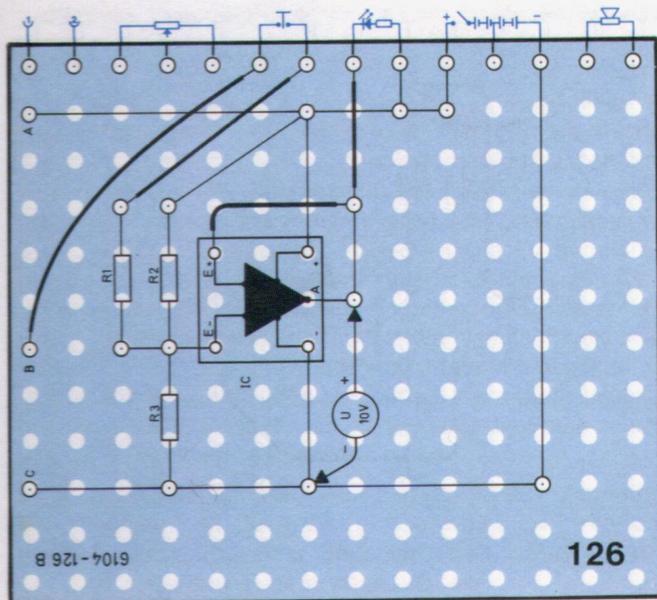
124 Wie schnell die Auf- und Entladung erfolgt, hängt von C₂ und R₅ ab. Je größer beide sind, desto langsamer erfolgt das Blinken der LED. Setzt man für R₅ den Widerstand 10 M Ω ein, erfolgt das Blinken etwa 10mal langsamer.

125 Auch wenn man für C₂ einen anderen Kondensator einsetzt, ändert sich die Blinkfolge. Bei C₂ = 0,1 μ F ist sie etwa doppelt so schnell. Der Blinkvorgang wird auch durch die Mitkopplung über R₄ beeinflusst. Je stärker sie ist, desto länger dauern die Pausen und umso kürzer leuchtet die Leuchtdiode. R₄ bestimmt also das Puls-Pausenverhältnis.

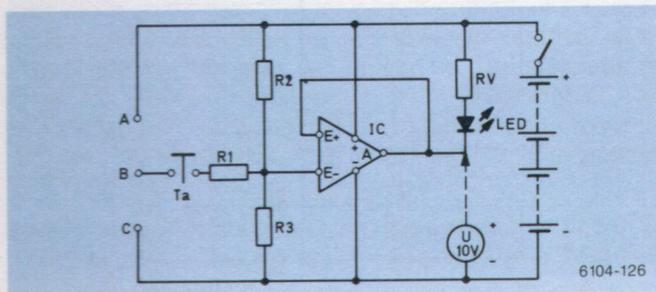
Im Experiment **126** läßt sich mit dem IC ein **bistabiler Multivibrator** aufbauen. Überbrückt man die Anschlüsse A und B und betätigt dann den Tastschalter, so leuchtet die LED auf, und das Meßgerät zeigt keine Spannung an. Dieser Zustand wirkt auf E+ zurück und hält den Operationsverstärker in dem angenommenen Zustand. Auch ein nochmaliges Drücken des Tastschalters bleibt ohne Einfluß.

Werden nun die Anschlüsse B und C mit einem Draht überbrückt und der Tastschalter gedrückt, erlischt die LED, und das Voltmeter zeigt fast die volle Betriebsspannung an. Mit dem Tastschalter wird 0 Volt auf E- gegeben, so daß als invertiertes Signal die Betriebsspannung am Ausgang anliegt.

Elektronik vom Meßgerät erfaßt



- 126 Meßgerät 25 – 10 V
- R1 = Widerstand 10.000 Ohm (braun-schw.-orange)
 - R2 = Widerstand 100.000 Ohm (braun-schw.-gelb)
 - R3 = Widerstand 100.000 Ohm (braun-schw.-gelb)
 - IC = FET-OP-Verstärker, gelb
 - Ta = Taster im Bedienungspult B
 - LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B

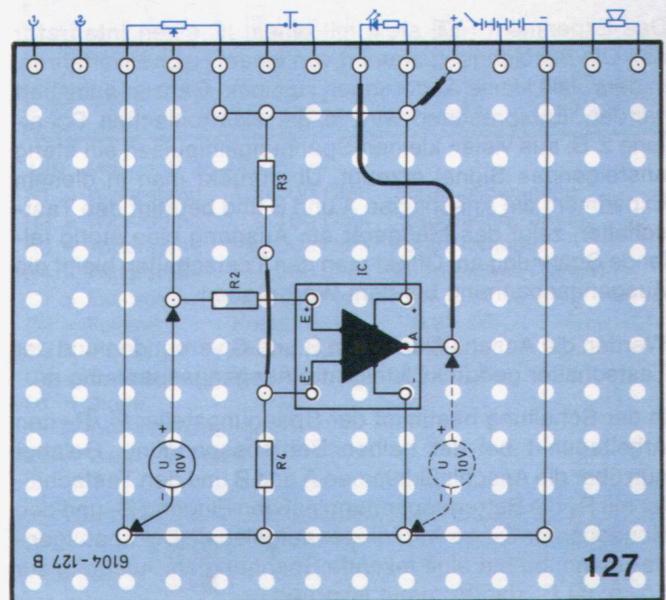


Ein Operationsverstärker läßt sich auch so schalten, daß die Spannung am Ausgang in den jeweils anderen Zustand umkippt, wenn die Eingangsspannung einen eingestellten Wert über- oder unterschreitet. Das ist ein Schwellwertschalter oder Schmitt-Trigger.

Im Experiment **127** ist die Spannung an E- durch den Spannungsteiler R₃/R₄ festgelegt. Gibt man nun über das Potentiometer R₁ und den Widerstand R₂ eine Spannung auf E+, die höher ist als an E-, springt die Spannung fast auf den vollen Wert der Betriebsspannung, und die LED erlischt. Mit dem Meßgerät (10 V) kann man die Schwellspannung ermitteln und die Ausgangsspannung überprüfen.

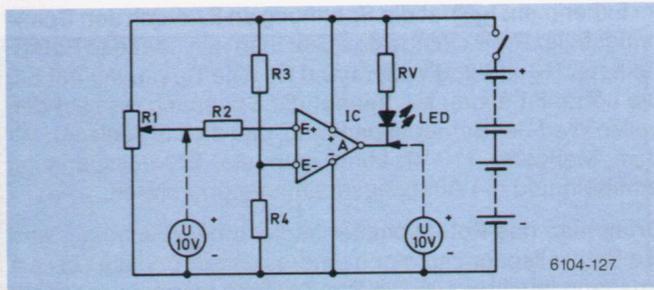
Dreht man das Potentiometer in die andere Richtung, wird die Schwellspannung rasch unterschritten, und die LED am Ausgang leuchtet auf. Die Spannungen werden wieder mit dem Meßgerät überprüft.

Das Umspringen der Ausgangsspannung bei geringer Abweichung der Eingangsspannung vom Schwellwert hat



- 127 Meßgerät 25 – 10 V
- R1 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
 - R2 = Widerstand 1.000.000 Ohm (braun-schw.-grün)
 - R3 = Widerstand 100.000 Ohm (braun-schw.-gelb)
 - R4 = Widerstand 100.000 Ohm (braun-schw.-gelb)
 - IC = FET-OP-Verstärker, gelb
 - LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B

Elektronik vom Meßgerät erfaßt



seine Ursache in der hohen Verstärkung des Operationsverstärkers, der nur sehr kleine Spannungsänderungen zum schlagartigen Umschlagen der Ausgangsspannung benötigt.

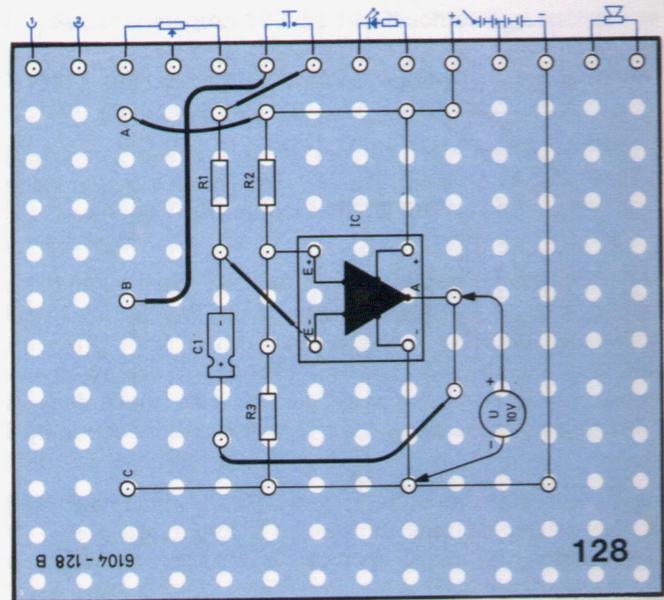
Das Experiment **128** stellt mit einem IC einen **Integrator** dar. Die Bezeichnung stammt von einem Rechenverfahren, in dem viele kleine Änderungen zu einem Ganzen summiert werden. Entsprechend wird in der elektronischen Schaltung z. B. aus vielen kleinen Spannungsimpulsen ein stetig ansteigendes Signal erzeugt. Überbrückt man in diesem Experiment die Anschlüsse A und B und betätigt den Tastschalter, zeigt das Meßgerät am Ausgang eine stetig fallende Spannung an. Öffnet man den Tastschalter, bleibt die Ausgangsspannung bei dem Wert stehen.

Werden die Anschlußklemmen B und C verbunden und der Tastschalter gedrückt, steigt die Ausgangsspannung an.

In der Schaltung bestimmt der Spannungsteiler R_1/R_2 den Arbeitspunkt bei der halben Betriebsspannung. Gelangt nun über die Anschlußklemmen A und B und den Tastschalter mit R_1 die Batteriespannung auf den Eingang E^- und den Kondensator C_1 , so wird dieser aufgeladen. Die ansteigende Spannung hat eine fallende Spannung am Ausgang zur Folge, da E^- den Vorgang invertiert.

Unterbricht man den Ladevorgang durch Öffnen des Tastschalters, bleibt der erreichte Spannungswert erhalten.

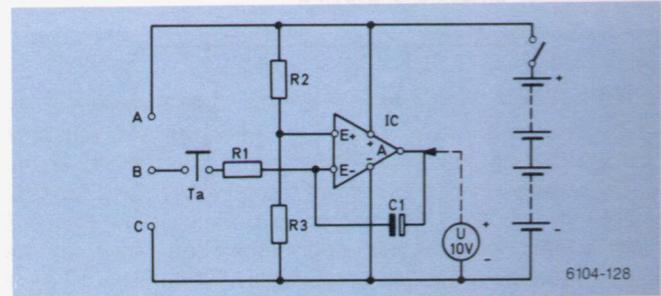
Sind B und C miteinander verbunden, so wird 0 Volt mit dem Tastschalter an den Eingang E^- und den Kondensator gegeben. Der Kondensator C_1 entlädt sich, und die fallende Spannung an E^- erscheint invertiert als ansteigende Spannung am Ausgang.



128

Meßgerät 25 – 10 V

- R1 = Widerstand 1.000.000 Ohm (braun-schw.-grün)
- R2 = Widerstand 100.000 Ohm (braun-schw.-gelb)
- R3 = Widerstand 100.000 Ohm (braun-schw.-gelb)
- C1 = Elektrolyt-Kondensator 10 μ F
- Ta = Taster im Bedienungspult B
- IC = FET-OP-Verstärker, gelb



Das Experiment **129** zeigt einen Schwingungserzeuger, den man auch **Oszillator** oder Generator nennt. Alle Schwingerschaltungen enthalten frequenzbestimmende Bauelemente. Hier sind dies eine Spule des Transformators T_r und der Kondensator C_2 . Kondensator und Spule bilden

Elektronik vom Meßgerät erfaßt

zusammen einen **Schwingkreis**. In ihm wechseln das elektrische Feld des Kondensators und das magnetische Feld der Spule auf folgende Weise einander ab: Der geladene Kondensator C_2 entlädt sich über die Spule. Sobald die Spule vom Strom durchflossen wird, baut sich ein magnetisches Feld auf. Das sich ausbreitende Feld induziert eine Spannung, die dem Entladestrom des Kondensators entgegen gerichtet ist und ihn vermindert. Ist der Kondensator entladen, fließt kein Strom mehr durch die Spule. Ihr Magnetfeld bricht zusammen und induziert nun eine Spannung in Richtung des vorher vorhandenen Entladestroms. Dieser lädt den Kondensator wieder auf, allerdings mit umgekehrter Polarität. Fließt kein Induktionsstrom mehr von der Spule in den Kondensator, weil das Magnetfeld nicht mehr besteht, beginnt sich der Kondensator wieder über die Spule zu entladen. Der Vorgang beginnt von neuem.

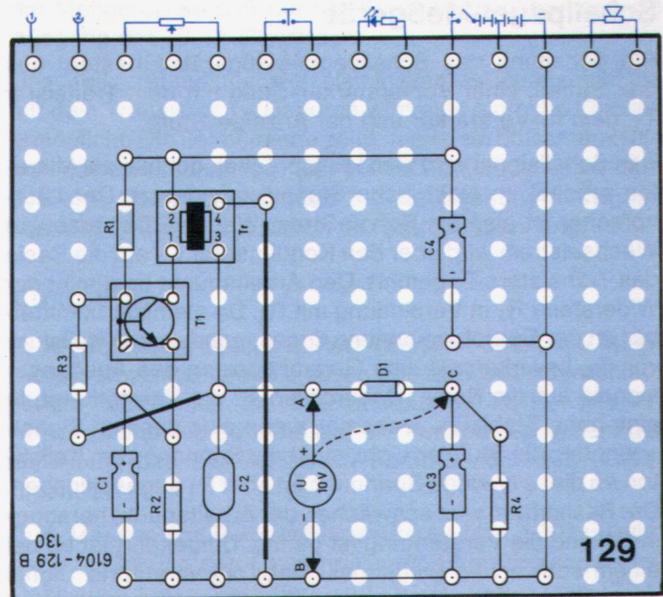
Laden und Entladen sowie Auf- und Abbau des Magnetfeldes benötigen Zeit. Die Anzahl der Schwingungen (Hin- und Herbewegungen) in einer Sekunde nennt man Frequenz. Sie wird in Hertz (Hz) gemessen, wobei

$$1 \text{ Hz} = \frac{1 \text{ Schwingung}}{1 \text{ s}} \text{ ist.}$$

Um den Schwingvorgang aufrechtzuerhalten, muß immer etwas Energie nachgeliefert werden, weil Spule und Kondensator Verluste aufweisen. Dies geschieht im Experiment 129 über die Primärspule des Transformators, durch die der Kollektorstrom des Transistors fließt. Wird nun der Transistor an seiner Basis so gesteuert, daß im richtigen Augenblick ein Anstieg des Kollektorstroms bewirkt wird, unterstützt er die Vorgänge im Schwingkreis. Dazu ist es notwendig, die Polarität der Spulen im Transformator zu beachten. Seine Anschlüsse müssen unbedingt so verdrahtet werden wie in der Schaltung angegeben. Verwechselt man sie, erfolgt eine Abschwächung oder Gegenkopplung, und die Schaltung schwingt nicht.

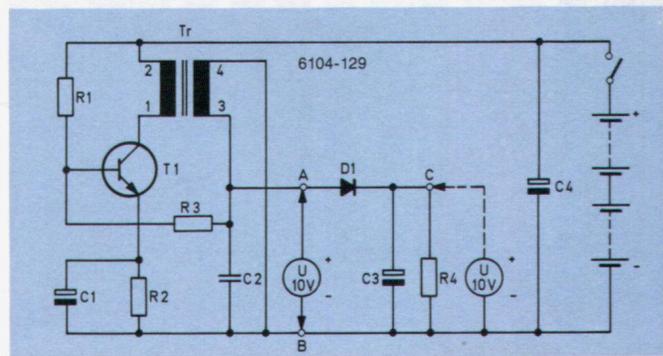
Legt man das Meßinstrument an die Klemmen A und B, so zeigt es keinen Ausschlag, da sich dort eine Wechselspannung befindet.

Daß tatsächlich eine Spannung vorhanden ist, läßt sich im Experiment 130 nachweisen. Legt man das Meßgerät an die Klemmen BC, so schlägt das Meßgerät aus. Die Diode D_1 richtet nämlich die Wechselspannung gleich, und durch C_3 wird sie geglättet.



129 Meßgerät 25 - 10 V

R1 = Widerstand	100.000 Ohm	(braun-schw.-gelb)
R2 = Widerstand	100 Ohm	(braun-schw.-braun)
R3 = Widerstand	22.000 Ohm	(rot-rot-orange)
R4 = Widerstand	10.000 Ohm	(braun-schw.-orange)
C1 = Elektrolyt-	Kondensator	10 μ F
C2 = Folien-	Kondensator	0,22 μ F
C3 = Elektrolyt-	Kondensator	4,7 μ F
C4 = Elektrolyt-	Kondensator	220 μ F
D1 = Diode		
Tr = Transformator,	grün	
T1 = Transistor,	weiß	



Von Experten für Experten

Schallpegel-Meßgerät

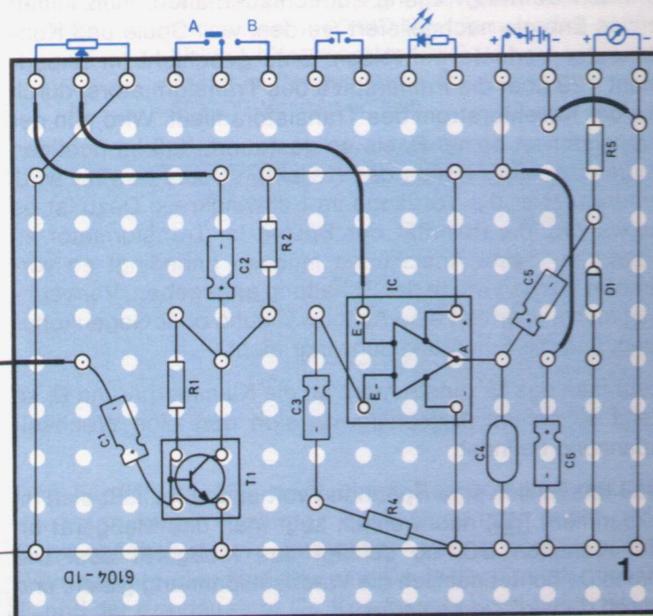
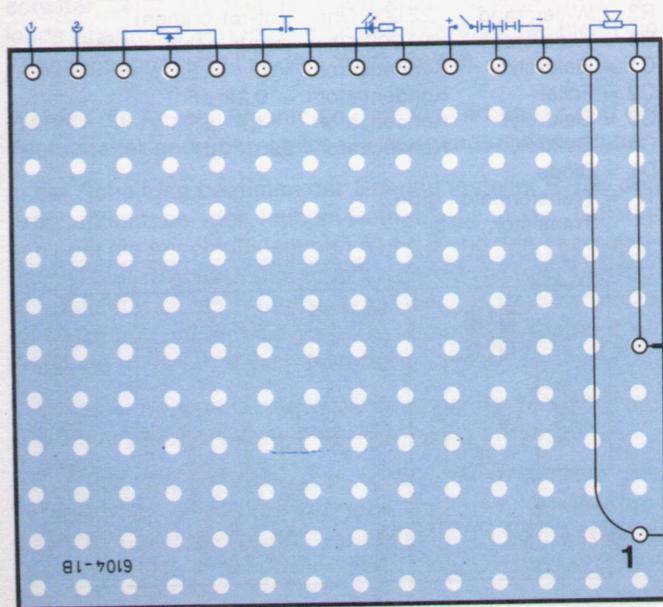
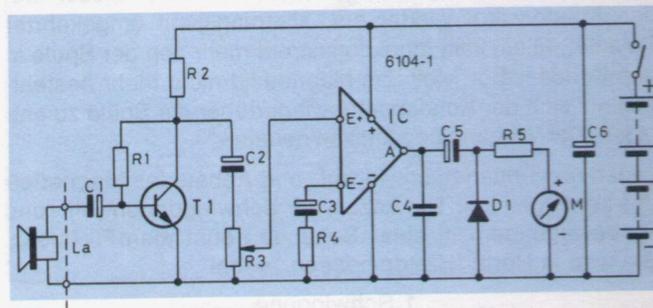
Die Schaltung des Schallpegel-Meßgerätes besteht aus drei Stufen, einer Vorverstärker-Stufe mit dem Transistor T_1 , dem IC-Verstärker und der Anzeige-Stufe.

Das Schallsignal wird vom Lautsprecher, der hier als Mikrofon arbeitet, in elektrische Signale umgesetzt. Der Lautsprecher ist also ein Schall-Strom-Wandler. Der erzeugte Wechselstrom wird über den Kondensator C_1 auf die Basis des Transistors T_1 geführt. Den Arbeitspunkt bestimmt der Widerstand R_1 in Verbindung mit R_2 . Da sie nicht unmittelbar an der Betriebsspannung liegen, sondern am Kollektor von T_1 , bewirken sie eine Gegenkopplung des Ausgangssignals auf die Basis. Dadurch erhält die Verstärkerstufe eine hohe Stabilität. Jedesmal, wenn eine positive Signalspannung die Stufe erreicht, sinkt die Spannung am Kollektor. An diese niedrige Spannung ist aber R_1 angeschlossen. Der Basisstrom wird schwächer, der Arbeitspunkt herabgesetzt, und die Verstärkung ist gering. Umgekehrt ist es bei einem schwachen Eingangssignal. Das verstärkte Signal wird vom Kollektor des Transistors T_1 abgenommen und

über C_2 auf das Potentiometer geführt. Mit ihm wird die Lautstärke eingestellt.

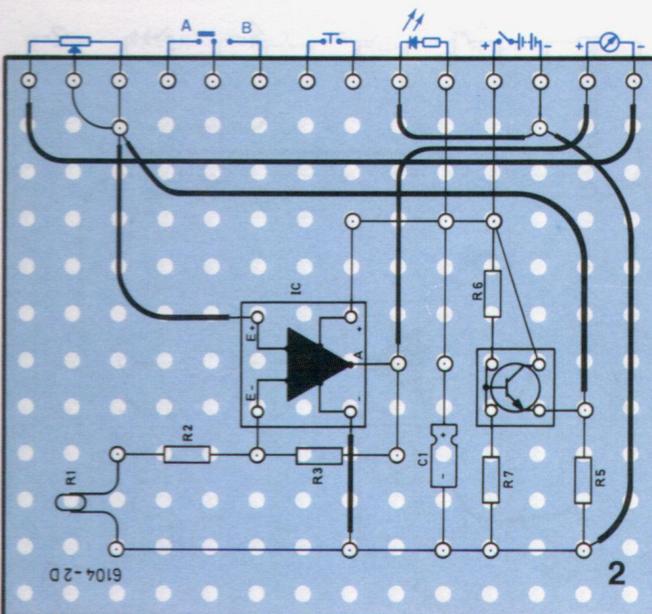
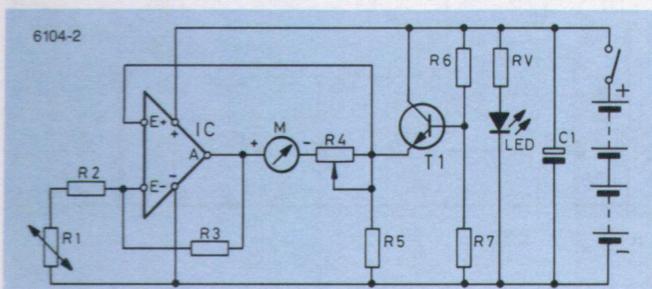
Das IC ist als nicht invertierender Verstärker geschaltet, wobei C_3 und R_4 wieder eine Gegenkopplung bewirken. Am Ausgang erscheint das hochverstärkte Signal.

Die Diode D_1 richtet es gleich und führt die Gleichspannung dem Meßgerät zu. Es stellt sich auf Mittelwerte ein, da es den Lautverstärkeschwankungen nur träge folgt und ein Ablesen der Werte ermöglicht.



Elektronisches Fernthermometer

Beim elektronischen Thermometer ist das IC als Spannungsverstärker geschaltet. Es invertiert die Spannungsänderungen, die vom NTC am Eingang E- bei Temperaturverschiebung hervorgerufen werden. Um auch kleine Temperaturschwankungen sicher zu erfassen, erhält der Eingang E+ des Operationsverstärkers eine stabilisierte Spannung vom Transistor T₁. Der Operationsverstärker arbeitet dann im linearen Bereich. Die Spannung liegt auch



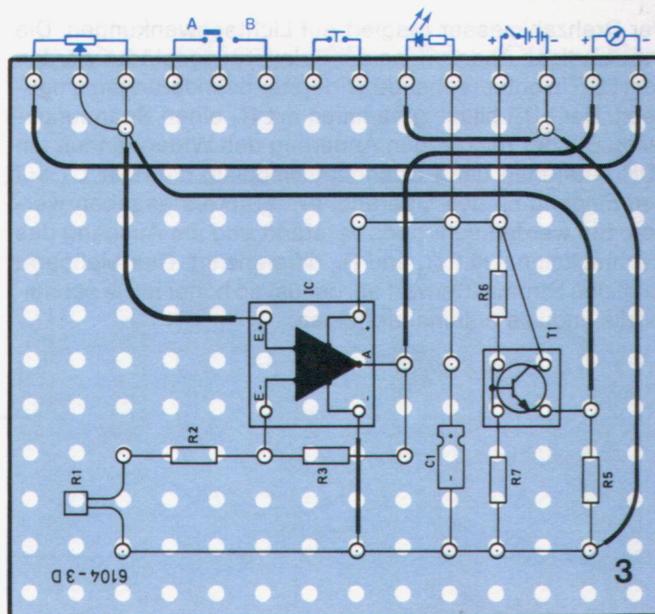
am Meßgerät, so daß nur die Spannungsänderungen am Ausgang des IC erfaßt werden.

Das Meßgerät befindet sich also in einer Brückenschaltung mit dem Transistor T₁. Dadurch wird eine einfache Eichung ermöglicht. Die Leuchtdiode zeigt nach dem Einschalten die Betriebsbereitschaft an. Der Kondensator C₁ verhindert, daß sich Spannungssprünge auf die Messung auswirken können. Er glättet zusätzlich die Batteriespannung.

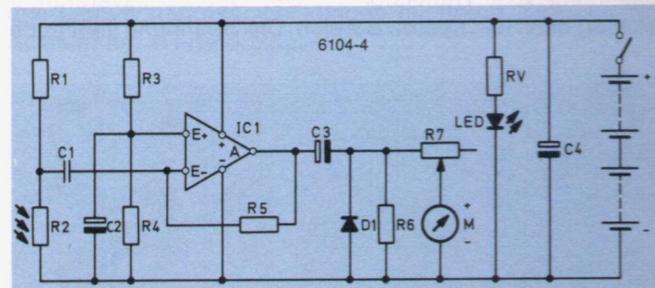
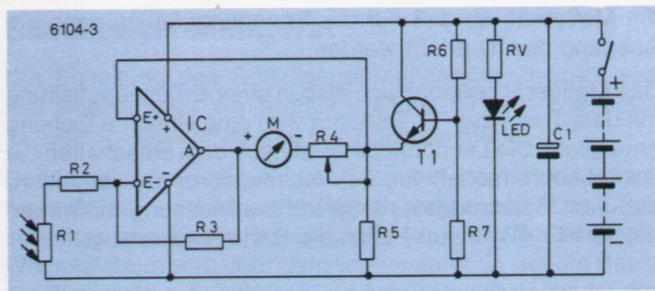
Luxmeter

In der Schaltung des Luxmeters verstärkt das IC die Spannungsschwankungen, die durch den LDR bei unterschiedlichem Lichteinfall im Spannungsteiler R₁/R₂ und R₃ hervorgerufen werden. Die weitere Funktion entspricht der Schaltung des elektronischen Fernthermometers (Experiment 2).

Zum Messen von Beleuchtungsstärken über 100 Lux wird die Verstärkung des Operationsverstärkers herabgesetzt. Dazu ändert man die Widerstände R₂/R₃, indem man 470 Ω für R₂ und 100 Ω für R₃ einsetzt.

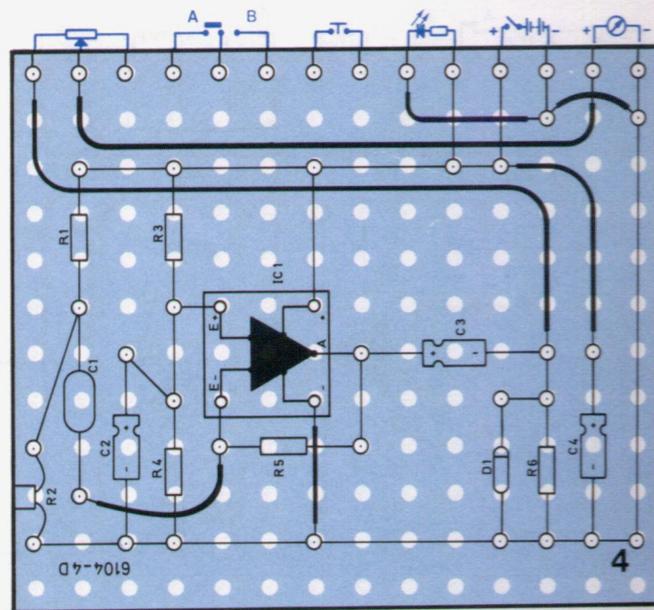


Von Experten für Experten



Drehzahlmesser

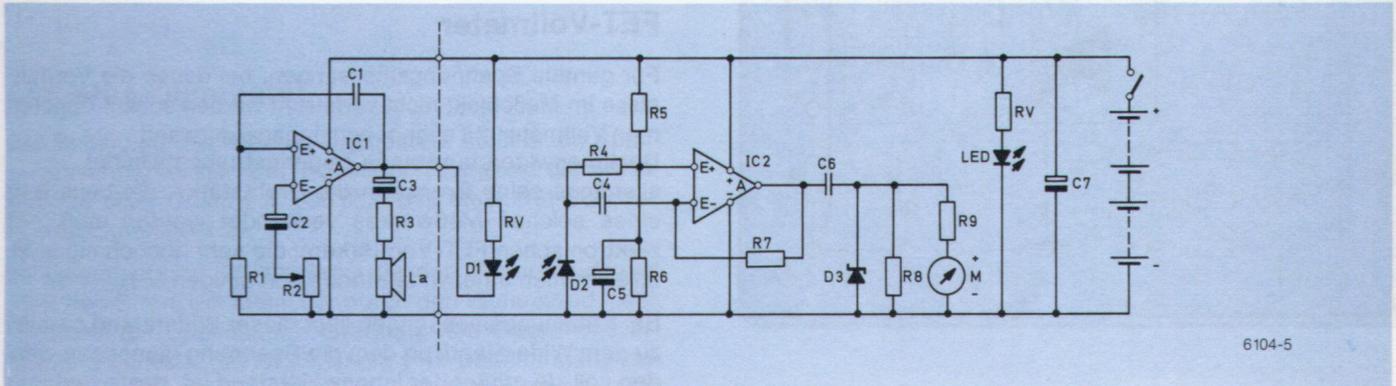
Der Drehzahlmesser reagiert auf Lichtschwankungen. Die impulsartigen Änderungen der Beleuchtungsstärke werden vom LDR in entsprechende Widerstandsänderungen umgesetzt. Der LDR bildet zusammen mit R_1 einen Spannungsteiler. Bei der ruckartigen Änderung des Widerstandes am LDR entstehen dann Spannungsimpulse, die über C_1 auf den Eingang E_- des Operationsverstärkers gegeben werden. Sie werden sehr hoch verstärkt und am Ausgang das Rechtecksignal mit C_3 und R_6 differenziert. Das Meßgerät zeigt den Strommittelwert an, der um so höher ist, je schneller die Impulse aufeinanderfolgen.



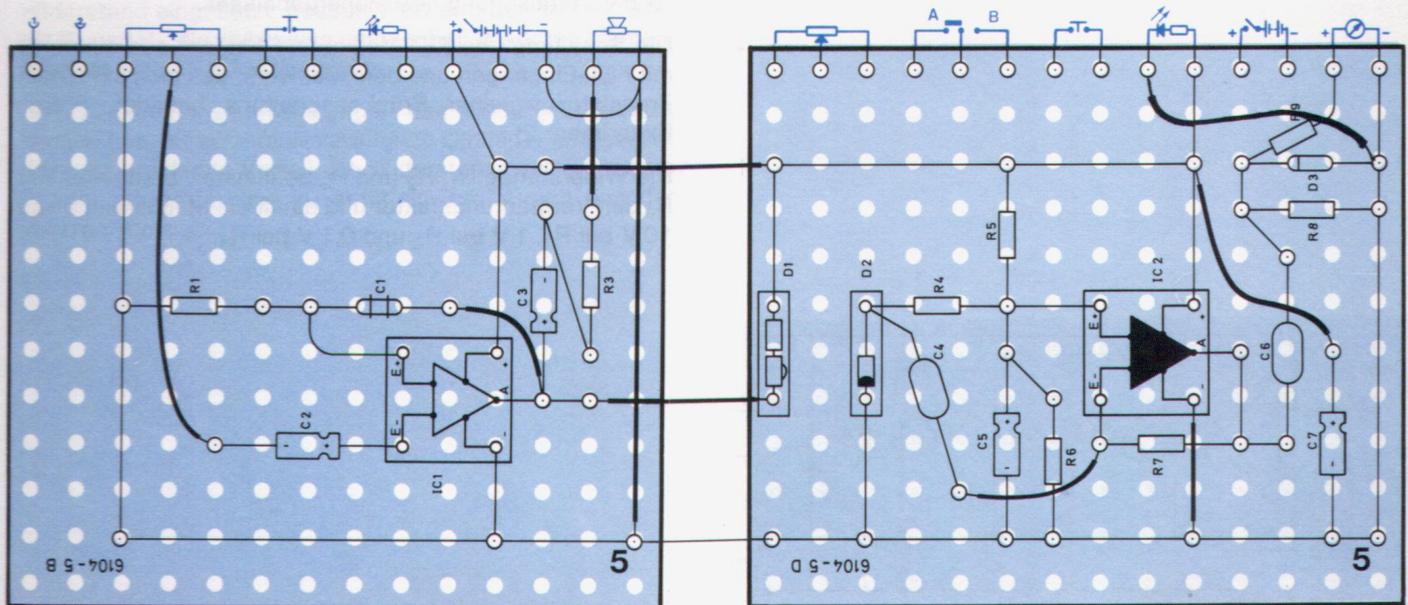
Frequenzmeßgerät

Beim Frequenzmeßgerät arbeitet das IC₁ als variabler astabiler Multivibrator, dessen Frequenz mit dem Potentiometer R₂ zwischen 100 und 1.000 Hz einstellbar ist. Der Lautsprecher gibt einen Ton ab. Mit der Frequenz dieses Tons strahlt die Infrarot-Leuchtdiode Lichtimpulse ab, die von der Infrarot-Fotodiode aufgenommen werden. Das IC₂

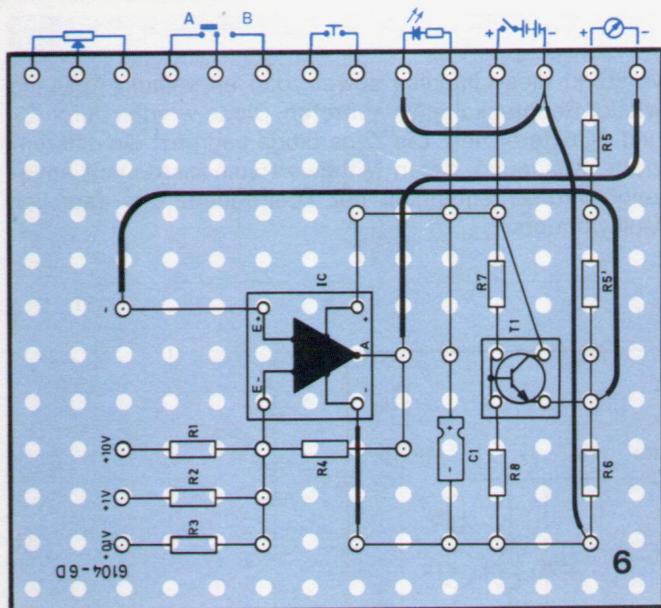
verstärkt diese Impulse soweit, daß an seinem Ausgang wieder Rechtecksignale auftreten. Diese werden durch C₆ und R₈ differenziert. Die Zenerdiode begrenzt die differenzierte Spannung, deren Mittelwert vom Instrument angezeigt wird. Er entspricht der Tonfrequenz des astablen Multivibrators.



6104-5



Von Experten für Experten



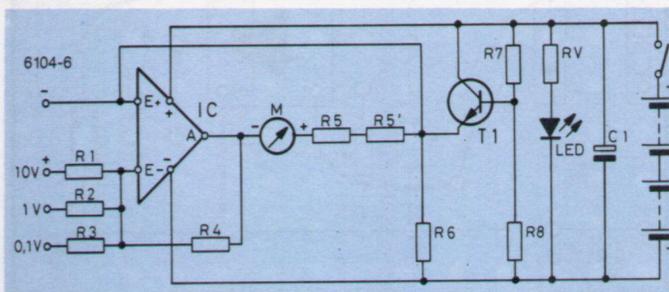
FET-Voltmeter

Für genaue Spannungsmessungen, bei denen die Verhältnisse im Meßobjekt nicht verfälscht werden sollen, benötigt man Voltmeter mit sehr hohem Innenwiderstand. Der Innenwiderstand eines Zeigerinstrumentes findet allerdings seine Grenze in der Drahtstärke, die beim Bau eines solchen Meßwerkes verwendet werden muß. Mit elektronischen FET-Verstärkern, die sehr hochohmig sind, erreicht man Innenwiderstände von einigen $M\Omega$.

Bei Spannungsmessungen liegt dieser Widerstand parallel zu dem Widerstand, an dem die Spannung gemessen werden soll. Je größer der Innenwiderstand ist, desto geringer ist die Verfälschung des Meßergebnisses.

Die Schaltung des FET-Voltmeters besteht aus einem IC mit FET-Eingängen und dem Meßwerk, das sich mit einem Transistor in einer Brückenschaltung befindet. (Vergl. Experiment 2).

Die Widerstände R_1 , R_2 und R_3 bestimmen zusammen mit R_4 den Verstärkungsfaktor und damit die Meßbereiche von 10 V bei R_1 , 1 V bei R_2 und 0,1 V bei R_3 .

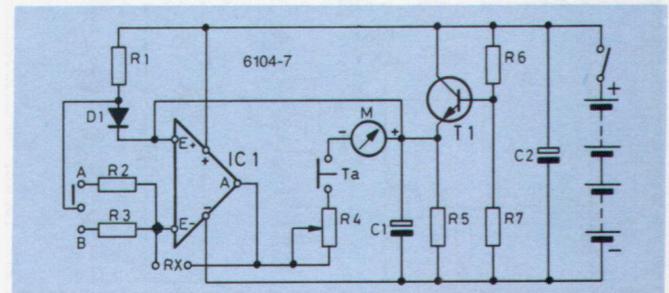
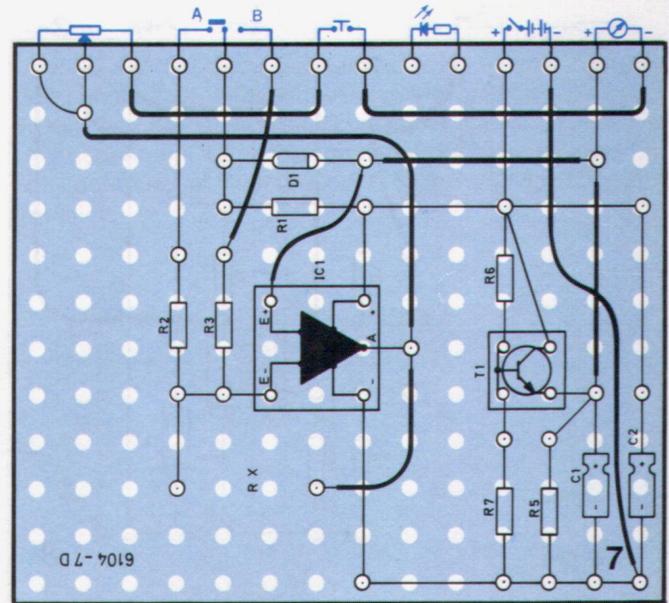


Lineares Ohmmeter

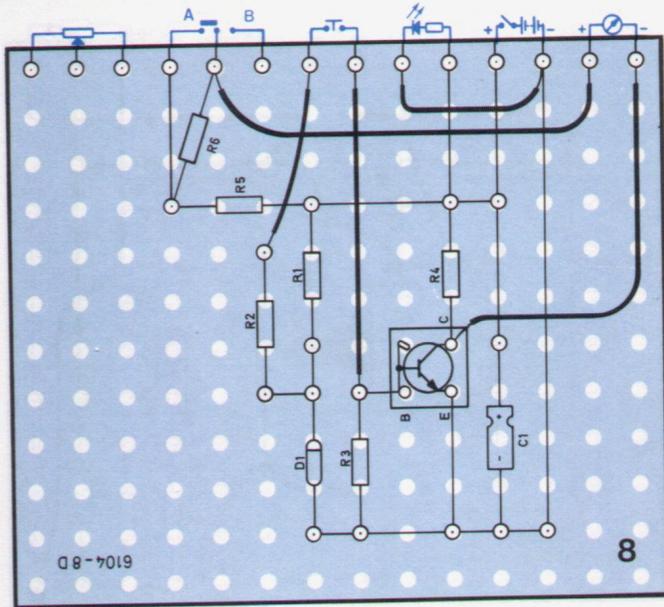
Die Schaltung des linearen Ohmmeters stellt einen Spannungsverstärker dar. Der Transistor T_1 ergänzt die Schaltung zu einer Brücke, in der sich das Meßgerät befindet. (Vergl. Experiment 2).

Im Gegensatz zu Ohmmetern, die den Widerstandswert über den Strom ermitteln, der durch den Widerstand fließt, wird hier die Spannungsverstärkung des Operationsverstärkers benutzt. Sie ist abhängig vom Spannungsteilverhältnis R_2/R_3 und R_x . Bei R_x wird der unbekannte Widerstand eingesetzt, dessen Wert ermittelt werden soll. Mit R_2 und R_3 , die wahlweise umgeschaltet werden können, ergeben sich zwei Meßbereiche.

Damit Spannungsschwankungen das Meßergebnis nicht verfälschen, ist zur Stabilisierung die Diode D_1 eingesetzt. Der entscheidende Vorteil, die Widerstandswerte über die Spannungsverstärkung zu ermitteln, ergibt sich aus der linearen Anzeige.



Von Experten für Experten



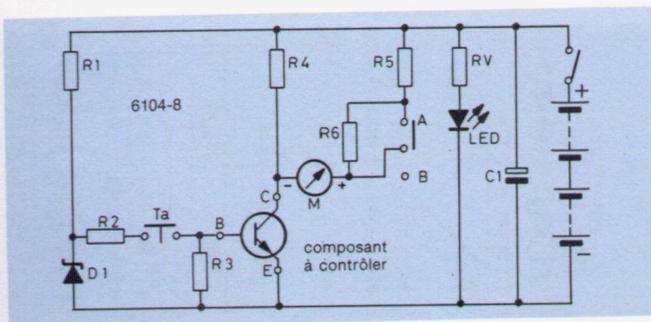
Transistor-Meßgerät

Im Transistor-Meßgerät wird mit R_1 und D_1 eine stabilisierte Spannung von 2,7 Volt erzeugt, die über den Widerstand R_2 und den Tastschalter auf die Transistorbasis gegeben werden kann. Dabei begrenzt der Widerstand R_2 den Strom.

Zieht man von der stabilisierten Spannung die Basis-Emitterspannung von 0,7 V ab, so verbleiben 2 V am Widerstand R_2 . Damit fließt ein Basisstrom von ca. 10 mA durch diesen Widerstand.

Zur Verstärkungsanzeige wird der Spannungsabfall am Kollektorwiderstand R_4 gemessen, der dem Kollektorstrom proportional ist.

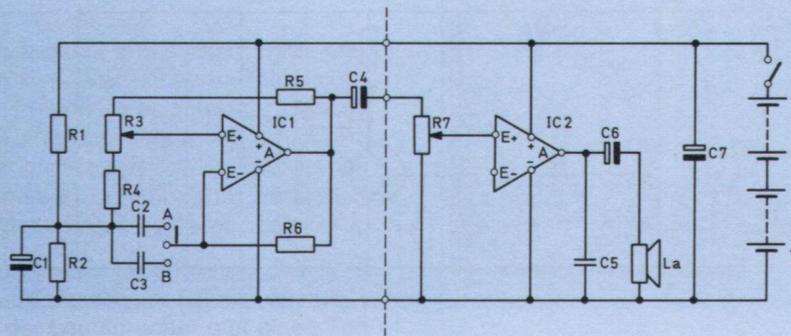
Da R_4 100Ω beträgt, ergibt sich beim Meßbereich 0,3 V (Bereichsschalter in Stellung A) ein Stromverstärkungsfaktor bis zu 300. Befindet sich der Bereichsschalter in Stellung B, wird mit dem Meßbereich 1 V ein Stromverstärkungsfaktor bis 1.000 erreicht.



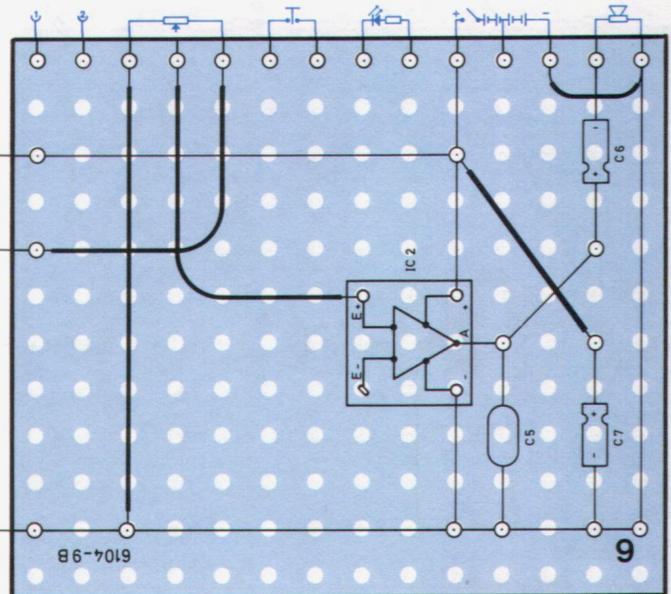
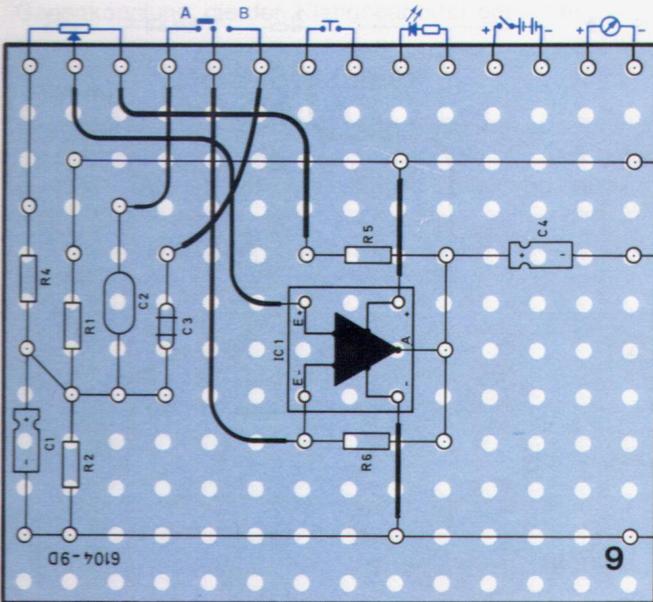
Tongenerator

Der Tongenerator setzt sich aus einem astabilen Multivibrator mit nachfolgendem Verstärker zusammen. Die frequenzbestimmenden Kondensatoren C_1 und C_2 sind wahlweise einzuschalten und legen einen Tonbereich fest. Innerhalb des Bereiches läßt sich mit dem Potentiometer R_3 eine Regelung der Tonhöhe vornehmen.

Über C_4 werden die erzeugten Tonschwingungen auf das Potentiometer R_7 gegeben. Mit ihm stellt man die Lautstärke ein. Das Signal wird im IC verstärkt und vom Lautsprecher abgestrahlt. C_6 verhindert dabei, daß Gleichstrom über den Lautsprecher fließt und die Arbeitsweise des IC beeinträchtigt.



6104-9



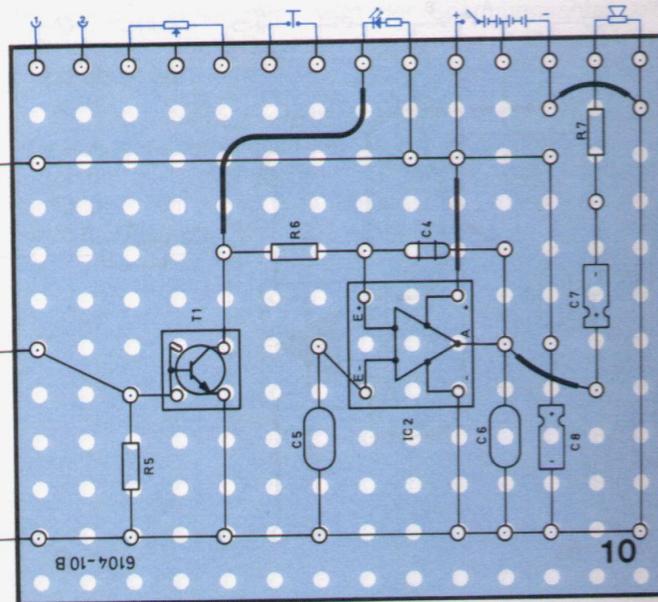
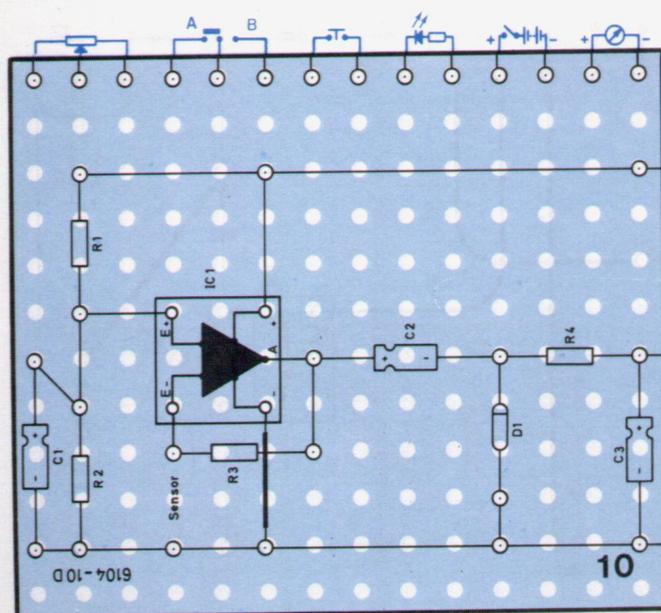
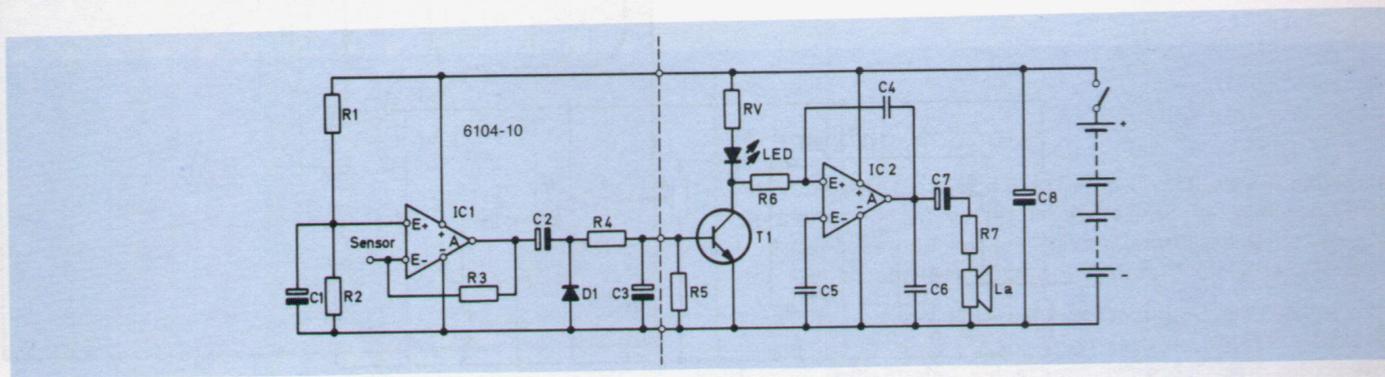
Von Experten für Experten

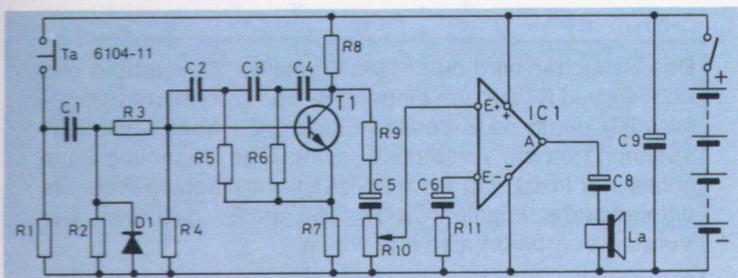
Elektronische Türglocke

Das Kernstück der elektronischen Türglocke ist der Tongenerator mit dem IC₂ und dem vorgeschalteten Verstärker. IC₁ stellt einen Sensorverstärker dar.

Der menschliche Körper nimmt durch Induktionsvorgänge aus der Umgebung Wechsellspannungen auf. Wird der Sensor berührt, erhält der Eingang E⁻ des Operationsver-

stärkers einen Teil dieser Wechsellspannung. Sie wird hoch verstärkt, durch die Diode D₁ gleichgerichtet und mit R₄ und C₃ geglättet. Die positive Gleichspannung schaltet den Transistor T₁ durch, so daß die LED leuchtet. Gleichzeitig erhält der Eingang E⁺ über R₆ und T₁ eine Verbindung zum Minuspol der Batterie. Der Multivibrator schwingt, und der Lautsprecher strahlt einen Ton ab.





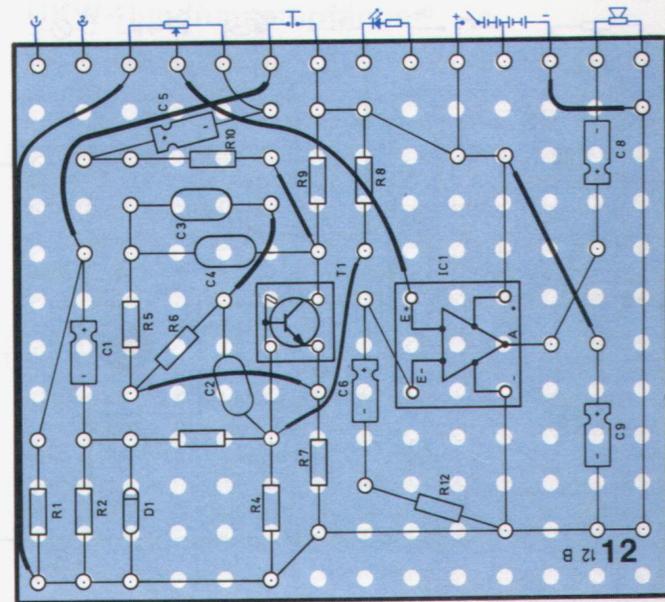
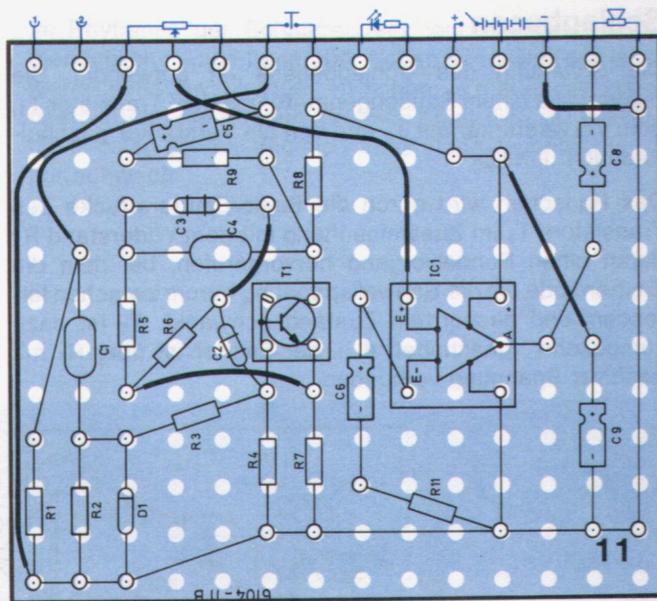
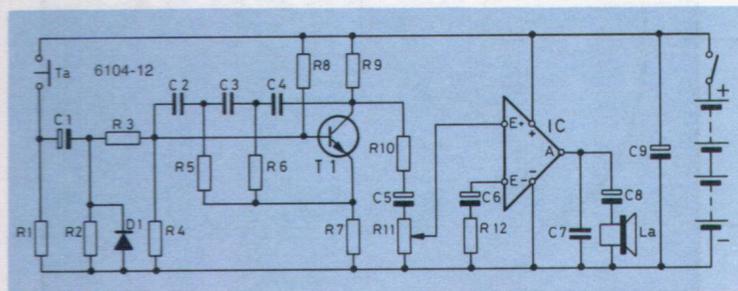
Bongo-Trommel

Die Schaltung des Bongos besteht aus einem Tongenerator mit dem Transistor T_1 , dem IC-Verstärker und einem Differenzierglied R_2/C_1 . Der Tongenerator schwingt solange nicht, wie der Transistor keine Basisspannung erhält. Sie wird erst als differenzierter Impuls erzeugt, wenn man den Tastschalter kurzzeitig betätigt. Die Diode D_1 verhindert einen negativen Spannungstoß beim Loslassen der Taste.

Der Tongenerator schwingt kurz an, und das Signal wird über R_9 und C_5 auf den Lautstärkereger R_{10} gegeben. IC_1 verstärkt das Signal, und der Lautsprecher gibt einen Ton wie bei einer Bongo-Trommel ab. C_6 und R_{11} bewirken eine Gegenkopplung, die den Klangcharakter bestimmt.

Elektronische Baßtrommel

Die Schaltung der elektronischen Baßtrommel entspricht der Bongo-Trommel im Experiment 11. Weil C_1 aber größer gewählt ist, dauert der Impuls länger. Er schaltet den Transistor durch, und der Generator schwingt an. Die Tonhöhe ist tiefer, da die frequenzbestimmenden Kondensatoren C_2 , C_3 und C_4 eine größere Kapazität besitzen.



Von Experten für Experten

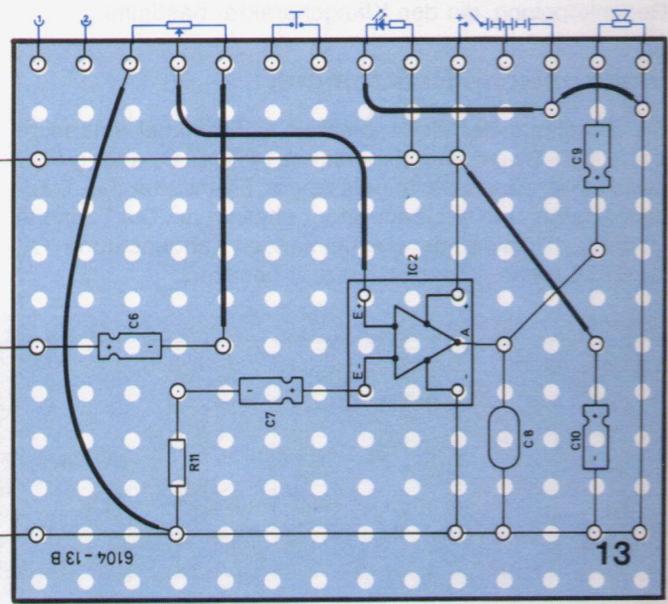
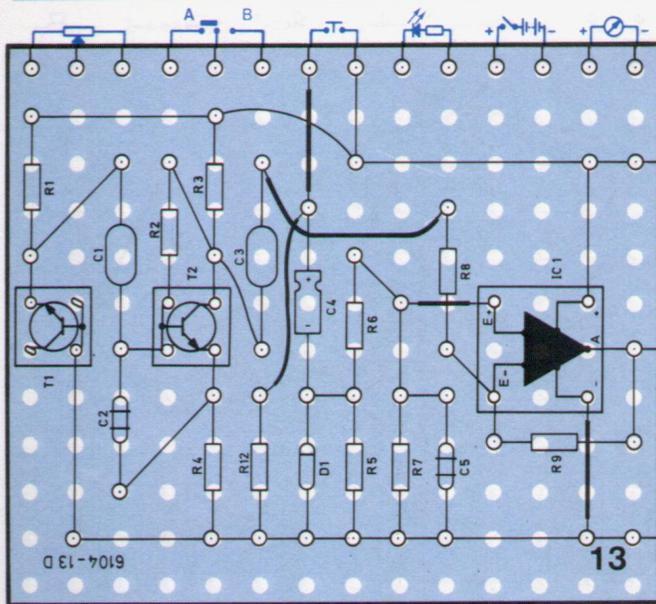
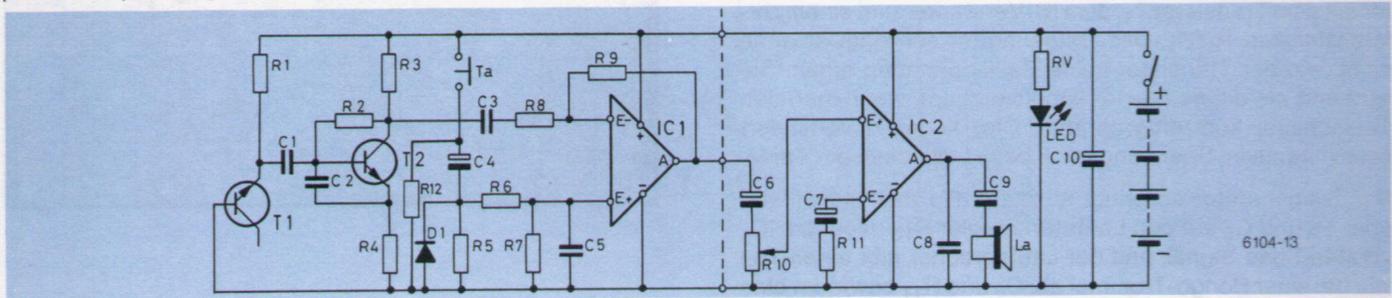
Schlagbesen

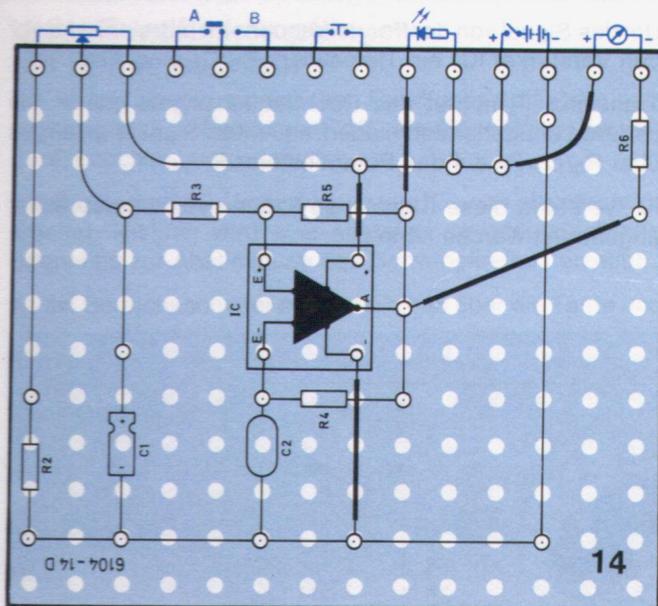
Die Schaltung des Schlagbesens ist aufwendig. Sie besteht aus einem Rauschgenerator mit dem Transistor T_1 , dem Vorverstärker mit T_2 und den als Verstärker geschalteten IC_1 und IC_2 .

Das Rauschen wird durch die Basis-Emitterstrecke des Transistors T_1 im Zusammenhang mit dem Widerstand R_1 durch einen Pendelvorgang hervorgerufen, bei dem die Emitterdiode um die Schwellspannung herum zwischen leitendem und gesperrtem Zustand schwankt. T_1 ist dazu „umgekehrt“ geschaltet, d. h. der Emitter ist über R_1 mit positiver Spannung verbunden.

Das Rauschen wird durch den Transistor T_2 verstärkt und über C_3 und R_8 auf den Eingang $E-$ des Operationsverstärkers IC_1 geführt. Da dessen Eingang $E+$ aber keine Vorspannung erhält, verstärkt er nicht. Eine Spannung kann immer nur kurzzeitig beim Drücken des Tastschalters als differenzierter Impuls (C_4 , R_5 , R_6) an $E+$ gelangen. Der Verstärker arbeitet also stoßweise.

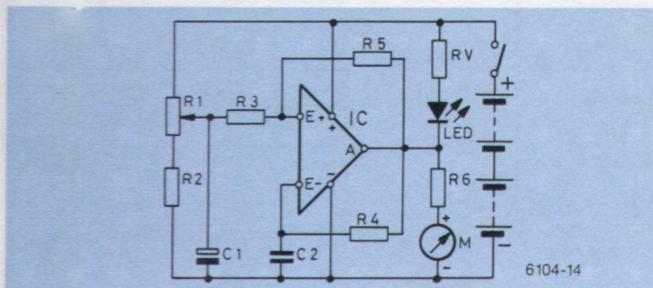
Das so erzeugte Signal wird über C_6 auf den Lautstärkeregler R_{10} geführt. IC_2 ist als Verstärker geschaltet. Aus dem Lautsprecher ertönt das Rauschsignal, das jedesmal abklingt und den Eindruck eines Schlagbesens erweckt.





Dimmer

In der Schaltung ist ein Operationsverstärker als astabiler Multivibrator eingesetzt. Mit dem Potentiometer R_1 regelt man die Spannung am Eingang $E+$ des Operationsverstärkers. Sie wird durch den Kondensator C_1 zusätzlich geglättet. Diese Spannung an $E+$ bestimmt die Art der Schwingung des Multivibrators. Sie besteht aus Rechteckimpulsen, die unterschiedlich breit sein können. Die Impulsbreite ist abhängig von der Spannung an $E+$, die Frequenz ist durch R_4 und den Kondensator C_2 bestimmt.



Im Rhythmus der Schaltfrequenz leuchtet die LED. Das menschliche Auge kann aber bei so schneller Impulsfolge keine Lichtschwankungen erkennen. Je breiter die Impulse, desto kürzer die Pausen. Dann leuchtet die LED hell. Sind die Impulse schmal und die Pausen lang, leuchtet die LED nur schwach.

UKW-Rundfunkempfänger

Im Rundfunkempfänger (siehe hierzu auch Anleitungsbuch B, Seite 122) ist der Transistor T_1 als Empfängerstufe und das IC als NF-Verstärker geschaltet. Der frequenzbestimmende Schwingkreis mit der Spule L , dem Kondensator C_2 und der Diode D_1 wird mit einer veränderbaren Spannung abgeglichen. Der sich ändernden Spannung folgt auch die Kapazität der Diode D_1 . Die Regelung erfolgt mit dem Potentiometer R_1 . Die auf dem Meßgerät angezeigte Spannung entspricht der eingestellten Frequenz und kann somit als Senderanzeige dienen.

Die Empfindlichkeit der Schaltung wird durch die Überlagerung der Empfangsfrequenz mit einer relativ langsamen Schwingung (ca. 50 kHz) bewirkt. Während der positiven Halbwelle dieser Schwingung arbeitet die Schaltung als Oszillator, während der negativen Halbwelle setzen die hochfrequenten Schwingungen aus. Die Stufe „pendelt“ also im Takt der Überlagerungsfrequenz zwischen dem schwingenden und nicht schwingenden Zustand hin und her.

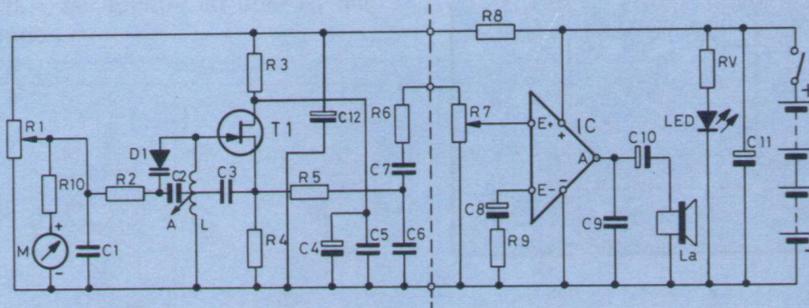
Von Experten für Experten

Dieses Verhalten entspricht dem eines entdämpften Schwingkreises und bewirkt die große Empfindlichkeit der Schaltung. Zugleich wird durch das Ein- und Aussetzen der Schwingungen eine Demodulation des hochfrequenten Signals vorgenommen, so daß am Schwingkreis gleich die Niederfrequenz anfällt. Die Pendelschwingung wird durch C_3/R_4 bestimmt, d. h. der Kondensator lädt und entlädt sich im Rhythmus der Pendelfrequenz über R_4 .

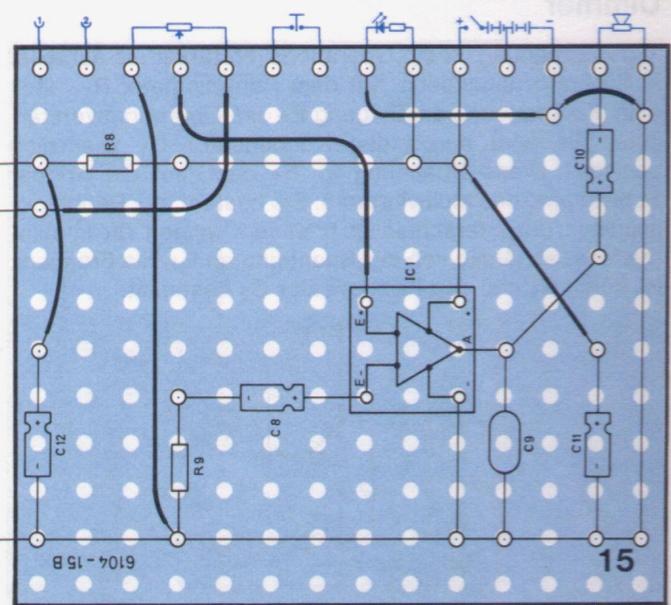
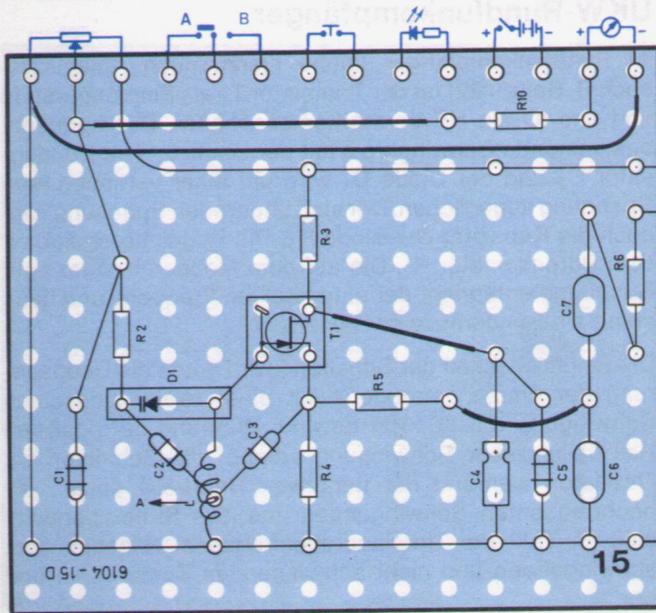
Um das Signal von der Pendelfrequenz zu befreien, wird vor den Verstärker IC_1 ein Tiefpaßfilter R_5/C_6 eingefügt.

Transistor T_1 richtet das Hochfrequenzsignal gleich. Die dadurch entstehenden niederfrequenten Signale gelangen über $R_5/C_7/R_6$ auf das Potentiometer R_7 .

IC_1 verstärkt diese Signale, so daß sie vom Lautsprecher abgestrahlt werden können.



6104-15



UKW-Rundfunkempfänger mit Sendersuchlauf

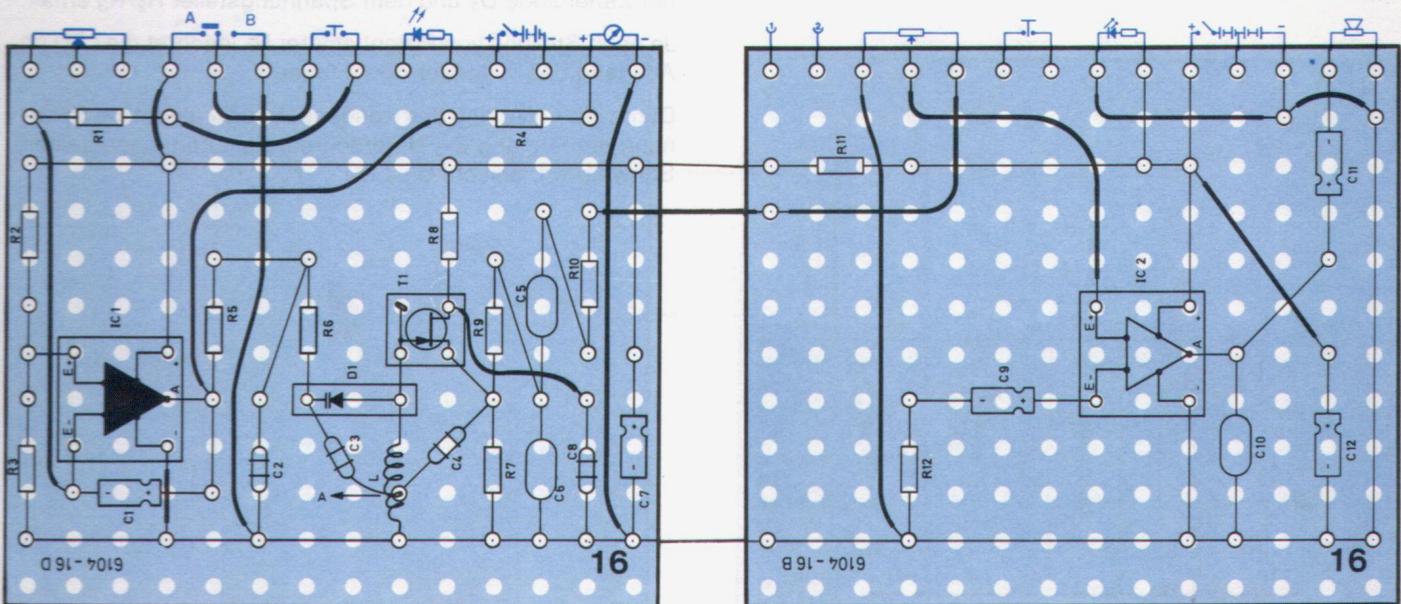
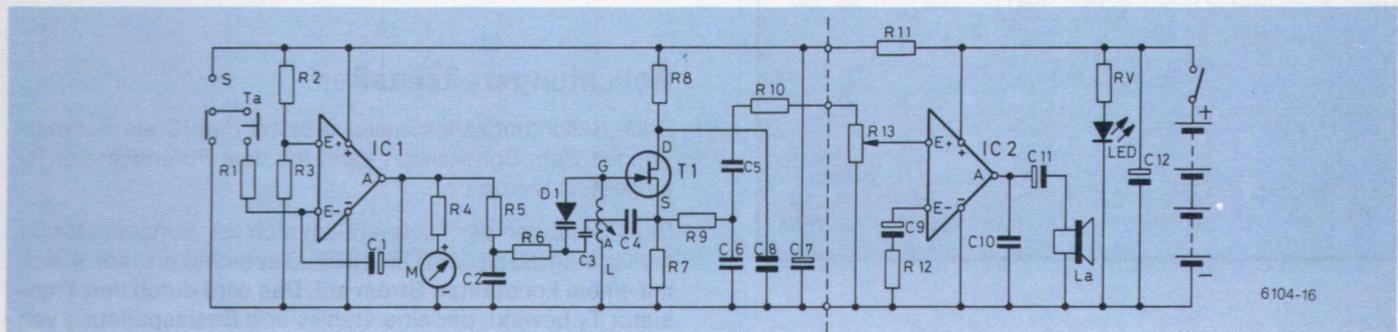
Die Schaltung des eigentlichen Rundfunkempfängers entspricht der aus Experiment 15. Als Erweiterung ist ein Sendersuchlauf vorgeschaltet.

Der Sendersuchlauf besteht aus dem IC₁, das als Integrator arbeitet. Mit ihm wird eine ansteigende oder abfallende Spannung zur Abstimmung des Schwingkreises erzeugt.

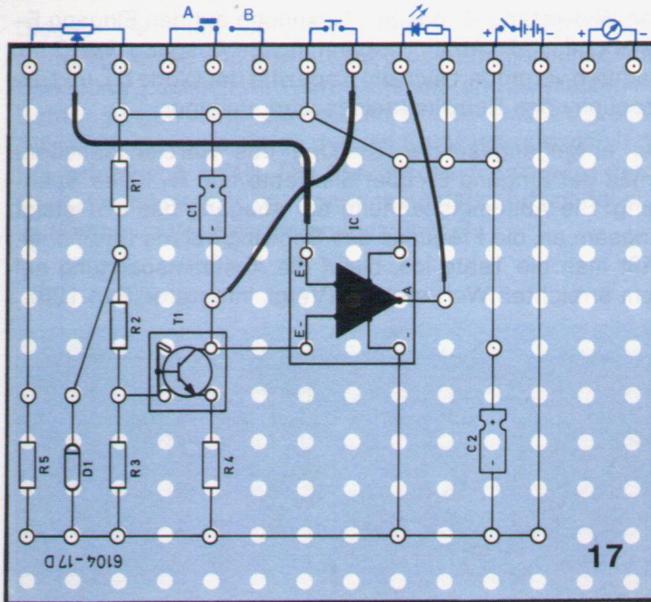
Ist der Bereichsschalter so gestellt, daß über die Taste und

den Widerstand R₁ positive Spannung auf den Eingang E₋ gelangt, fällt die Abstimmspannung am Ausgang des IC ab. Dadurch vergrößert sich die Kapazität der Diode D₁, und die Frequenz des Schwingkreises wird niedriger.

Bei entgegengesetzter Stellung des Bereichsschalters erhält der Eingang E₋ über die Taste und R₁ keine Spannung. Die Abstimmspannung am Ausgang des IC₁ steigt langsam an, die Frequenz des Schwingkreises wird höher. Läßt man die Taste los, bleibt die Abstimmspannung auf dem erreichten Wert stehen. (Vergl. Integrator, Exp. 128).



Von Experten für Experten



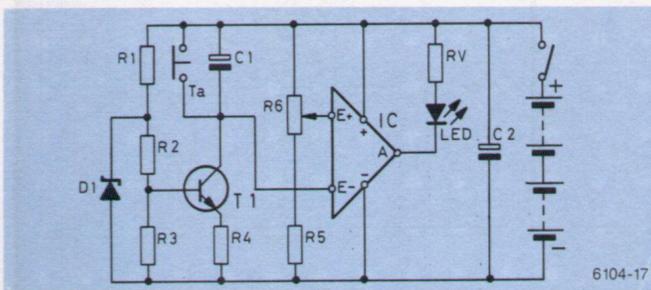
Belichtungszeitschalter

Beim Belichtungszeitschalter arbeitet das IC als Schmitt-Trigger. Sein Schwellwert kann mit dem Potentiometer R_6 eingestellt werden.

Beim Betätigen der Taste entlädt sich der Kondensator C_1 schlagartig. Nach dem Öffnen des Tastschalters lädt er sich mit einem konstanten Strom auf. Das wird durch den Transistor T_1 bewirkt, der eine stabilisierte Basisspannung von der Zenerdiode D_1 und dem Spannungsteiler R_2/R_3 erhält.

Je nach Stellung von Potentiometer R_6 leuchtet die LED im Ausgang des IC länger oder kürzer.

Durch die Aufladung des Kondensators C_1 gleitet die Spannung am Eingang E^- . Unterschreitet sie den eingestellten Schwellwert, erlischt die LED.

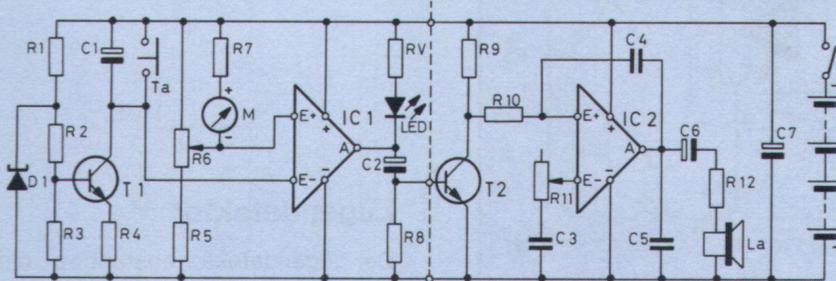


Belichtungszeitschalter mit akustischer Anzeige

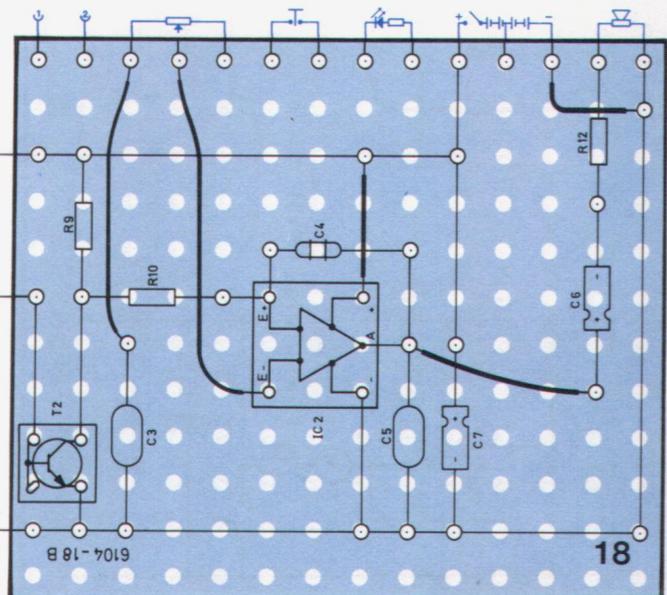
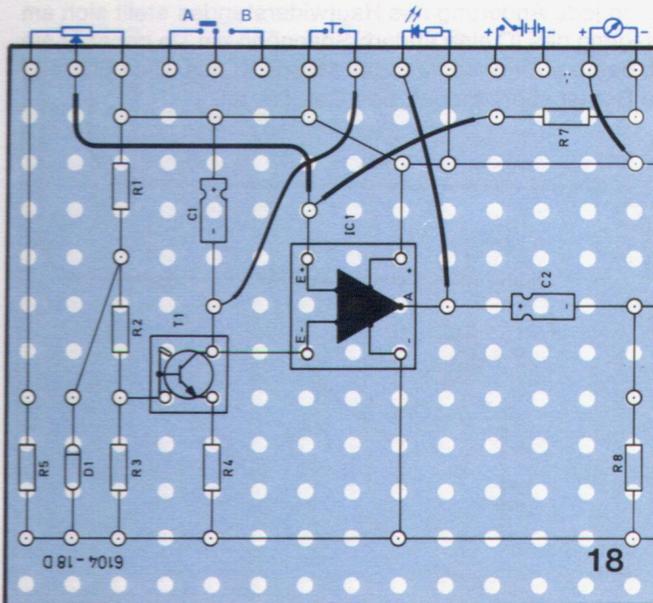
Diese Schaltung entspricht der aus Experiment 17. Sie ist allerdings um einen astabilen Multivibrator und das Meßgerät als Zeitanzeige erweitert.

Die mit dem Potentiometer R_6 eingestellte Schwell-

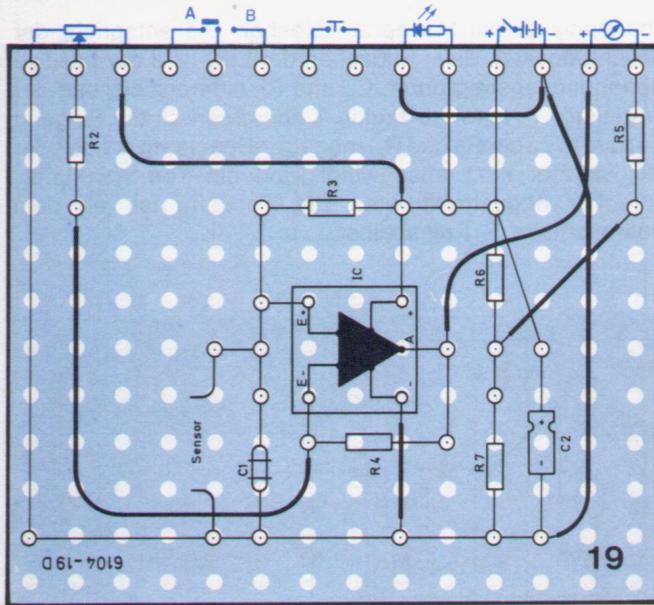
spannung ist am Meßgerät ablesbar. Sie entspricht der Belichtungszeit. Beim Erlöschen der LED wird der positive Spannungsanstieg durch C_2 und R_8 differenziert, und der Transistor T_2 leitet kurzzeitig. Dadurch erhält der Eingang E_+ des IC_2 über R_9 und R_{10} negative Spannung, so daß der Multivibrator kurz anschwingt, und ein Ton vom Lautsprecher abgestrahlt wird. Die Tonhöhe ist mit dem Potentiometer R_{11} einstellbar.



6104-18



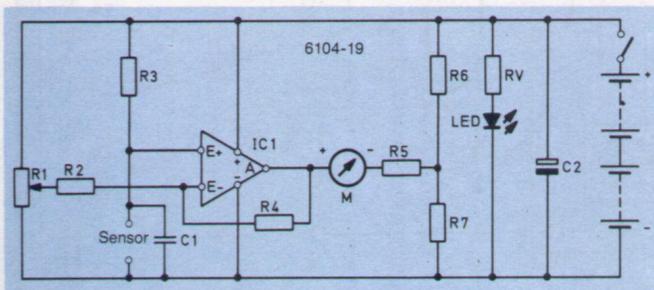
Von Experten für Experten



Lügendetektor

Der Lügendetektor besteht aus einem Verstärker mit dem IC. Ändert sich beim Berühren des Sensors mit feuchter Hand der Widerstand, verringert sich die positive Spannung am Eingang E+ und auch am Ausgang.

Durch jede Änderung des Hautwiderstandes stellt sich am Ausgang des IC eine andere Spannung ein. Je geringer sie ist, desto stärker schlägt das Meßgerät aus. Die LED zeigt die Betriebsbereitschaft des Gerätes an.



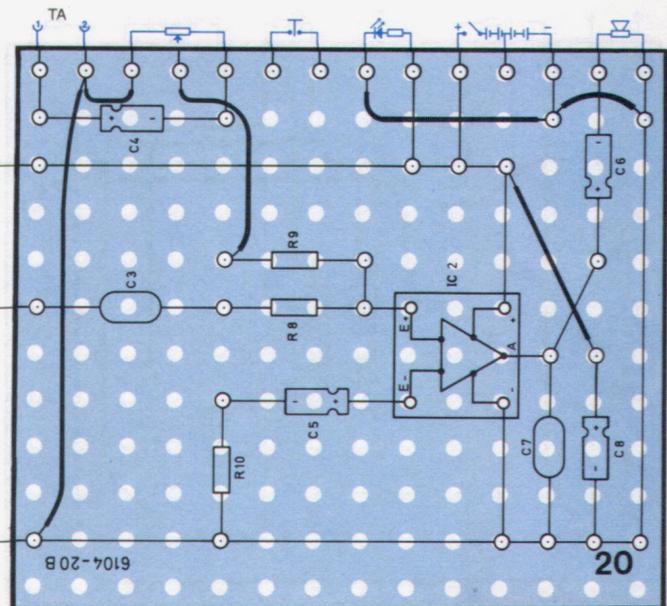
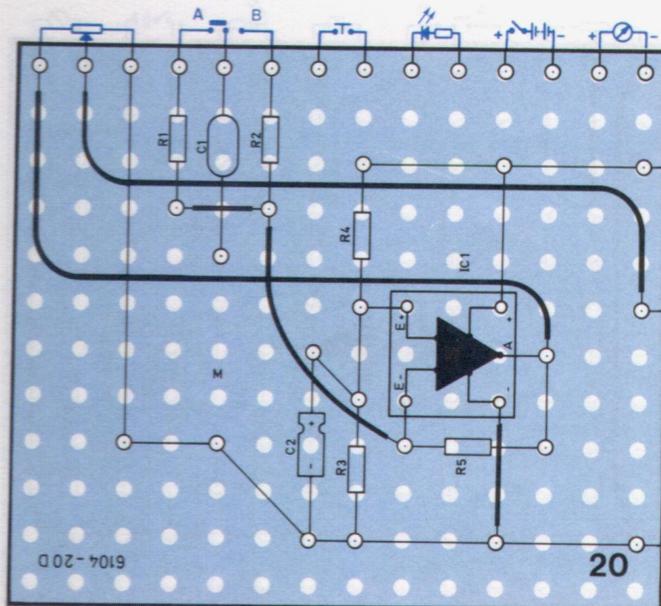
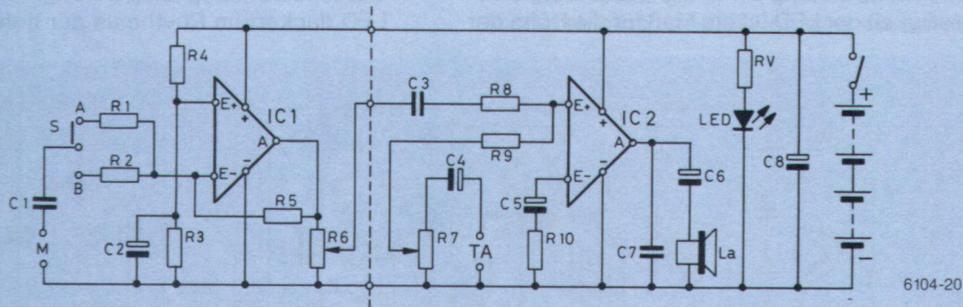
Von Experten für Experten

Mischpult

Das Mischpult besteht aus zwei IC-Verstärkern. Es besitzt zwei Eingänge. Das Signal vom Mikrofoneingang (M) wird in beiden IC nacheinander verstärkt. Das ist notwendig, weil die Spannung vom Mikrofon nur klein ist.

Plattenspieler und Tonbandgeräte liefern größere Spannungen, die deshalb nur einmal verstärkt werden müssen. Der Eingang TA ist darum nur an den Eingang E+ des IC₂ angeschlossen.

Eine Mischung der beiden Signale wird mit den Potentiometern R₆ und R₇ vorgenommen.



Von Experten für Experten

Zwei-Kanal-Lichtorgel

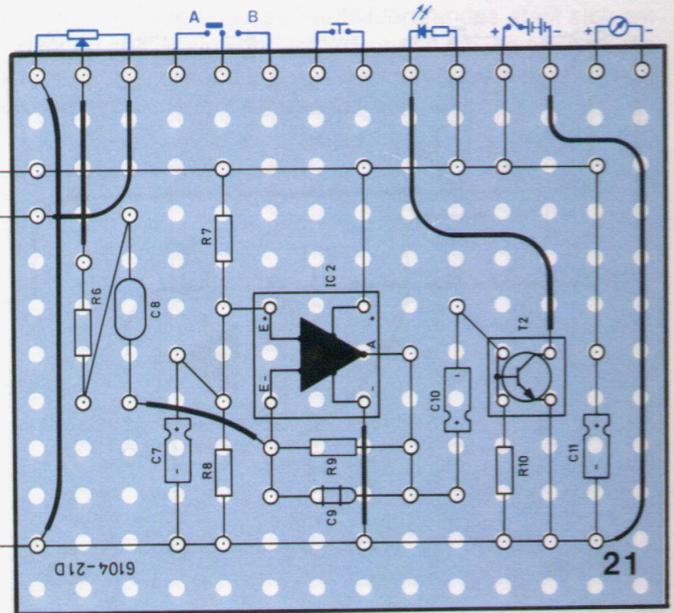
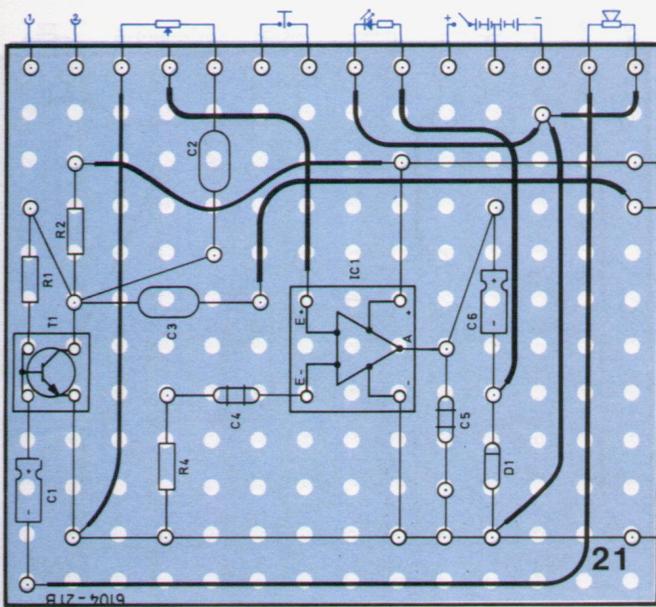
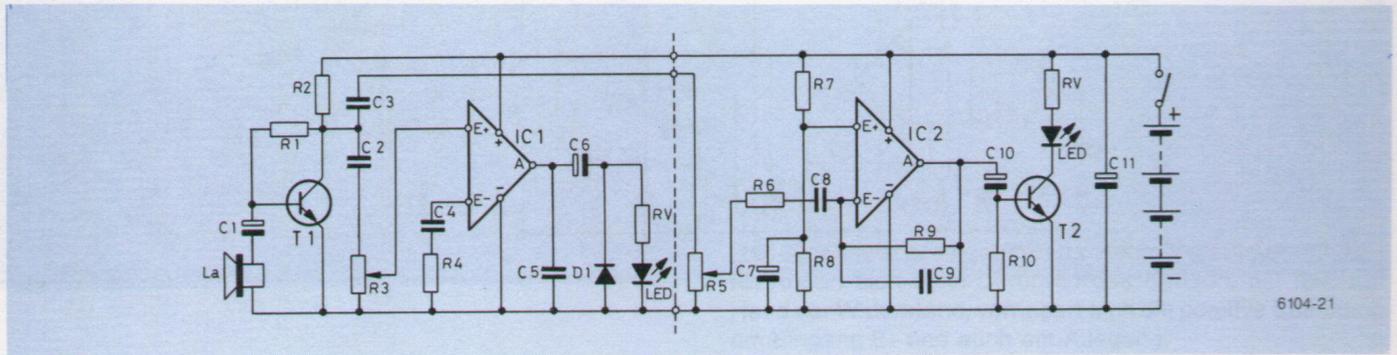
Die Schaltung besteht aus vier Teilen. Nach dem Vorverstärker mit dem Transistor T_1 wird das Signal auf die Eingänge beider IC gegeben.

Über C_2 und das Potentiometer R_3 wird das Signal in das IC_1 geführt, das als Hochtonverstärker geschaltet ist. R_4 und C_4 bestimmen dabei die Frequenz. Am Ausgang des IC_1 wird die Wechselspannung durch die Diode D_1 gleichgerichtet. Die Helligkeit der LED ist ein Maß für die Höhe der

Gleichspannung. Sie flackert im Rhythmus der hohen Ton-Frequenzen.

Über C_3 und Potentiometer R_5 wird das Signal gleichzeitig in den Tieftonkanal mit dem IC_2 geleitet. R_9/C_9 stellen eine Gegenkopplung dar, die tiefe Frequenzen bevorzugt und die hohen schwächt.

Im Ruhezustand ist der Transistor T_2 gesperrt. Er leitet nur, wenn positive Signalspannung an seine Basis gelangt. Die LED flackert im Rhythmus der tiefen Ton-Frequenzen.



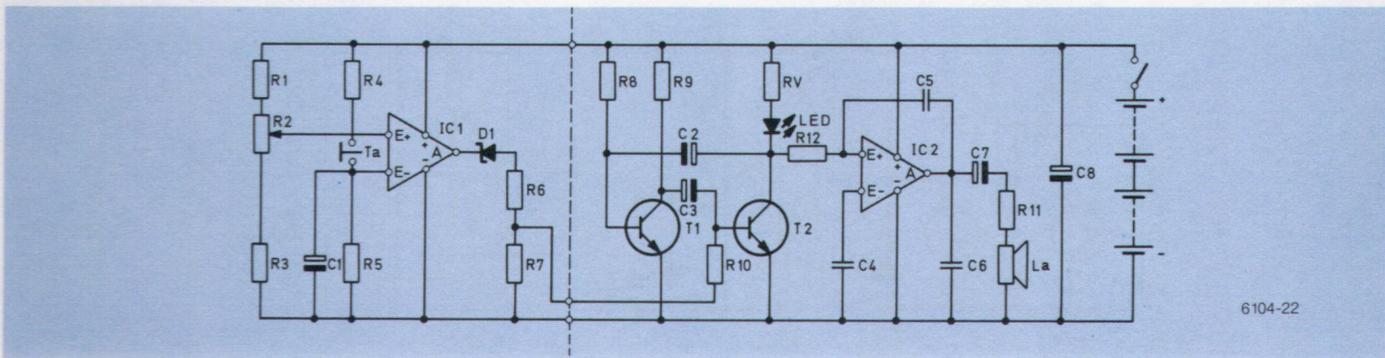
Elektronische Eieruhr

Ist der Tastschalter nicht gedrückt, befindet sich am Eingang E- des IC₁ keine Spannung, am Ausgang dagegen positive Spannung. Sie gelangt über die Diode D₁ und den Spannungsteiler R₆/R₇ an den astabilen Multivibrator mit T₁/T₂, so daß er schwingt.

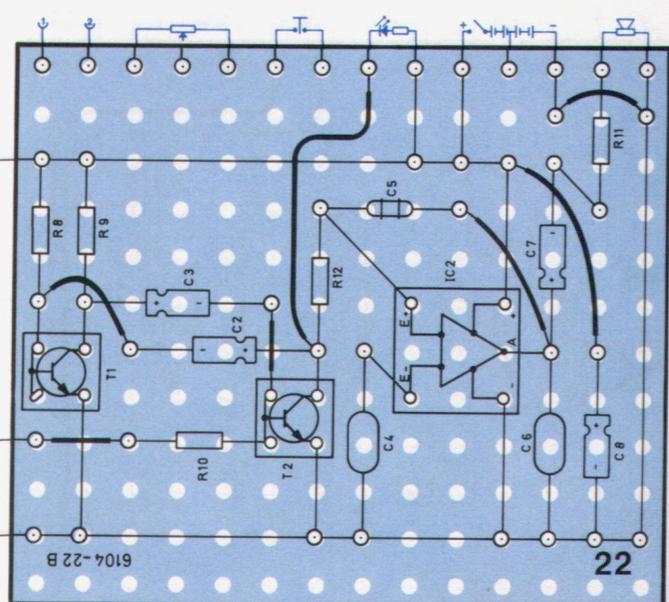
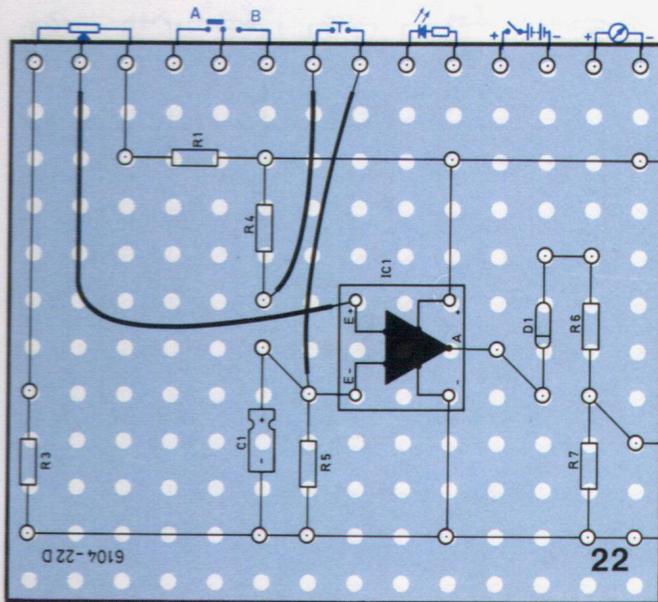
Dieser langsame Multivibrator steuert den Tongenerator mit IC₂, so daß der Lautsprecher einen periodisch unterbrochenen Ton abstrahlt.

Wird der Tastschalter betätigt, lädt sich der Kondensator C₁ auf. Die Spannung an E- ist dann höher als an E+. Dadurch liegt am Ausgang keine Spannung, und der Multivibrator T₁/T₂ kann nicht schwingen.

Der Kondensator C₁ entlädt sich aber über R₅. Sobald die Spannung an E- unter den Wert von E+ abgesunken ist, führt der Ausgang von IC₁ wieder Spannung, und die Multivibratoren arbeiten. Der Ton wird wieder abgestrahlt.



6104-22



Von Experten für Experten

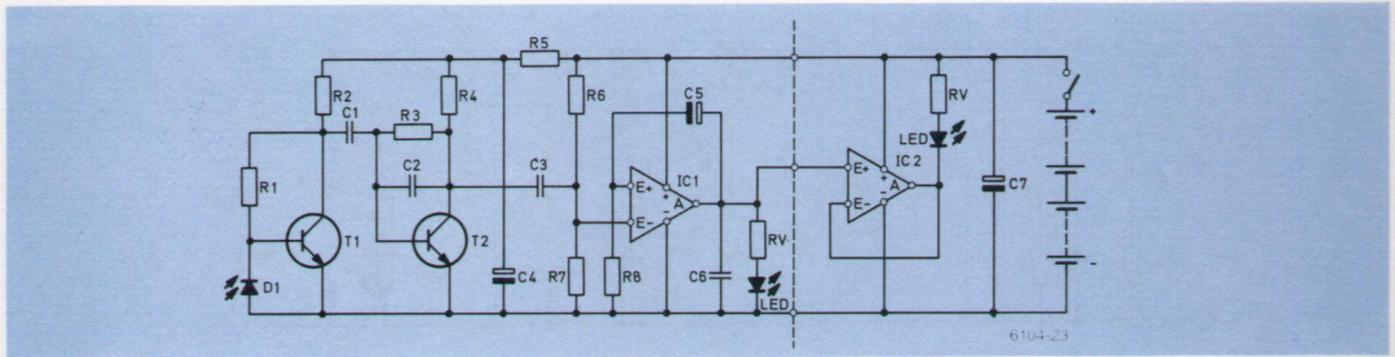
Drahtlose Baustellenampel

Bei der Schaltung der Baustellenampel leitet die Diode D_1 , wenn infrarotes Licht darauf fällt. Der Transistor T_1 sperrt dann. Der Spannungsanstieg an seinem Kollektor wird als positiver Impuls über den Kondensator C_1 auf die Basis von T_2 übertragen. Dieser Transistor schaltet durch, und die Spannung an seinem Kollektor sinkt. Sie wird als negativer Impuls auf den Eingang E^- des IC_1 gegeben, das als mono-

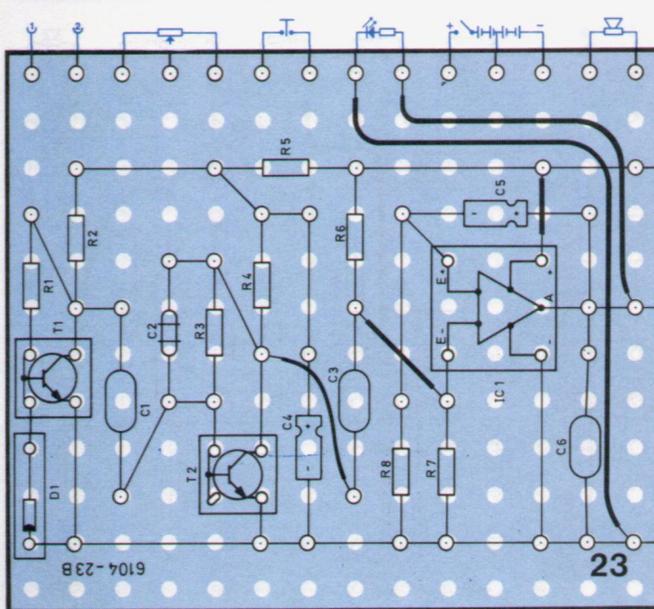
stabiler Multivibrator arbeitet und nun umschaltet. C_5 und R_8 sind so bemessen, daß die LED ca. 20 Sekunden leuchten.

Befindet sich positive Spannung am Ausgang des IC_1 , erhält auch der Eingang E^+ des IC_2 positive Spannung, die dann auch an seinem Ausgang liegt. Die LED bleibt dunkel.

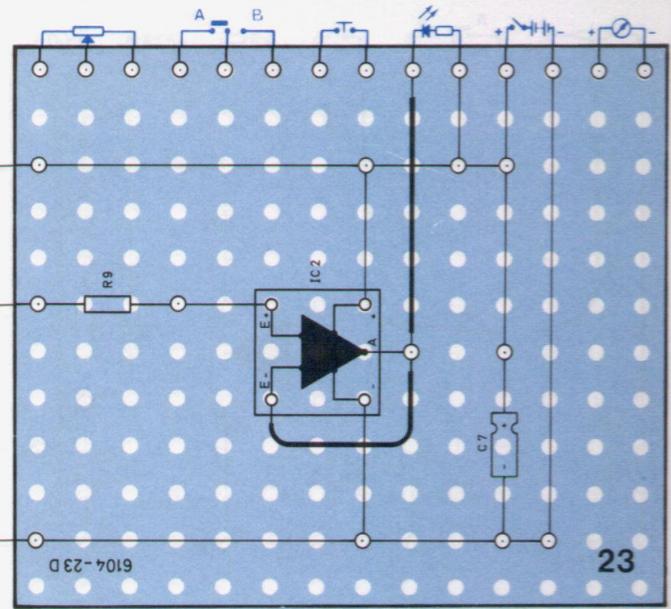
Springt die Spannung am Ausgang des IC_1 um, wenn sich der Kondensator C_2 entladen hat, erlischt die LED im Ausgang des IC_1 , die LED im Ausgang des IC_2 leuchtet auf.



6104-23



23



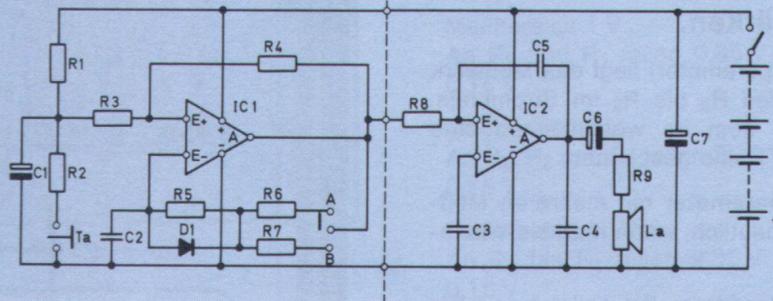
6104-23 D

23

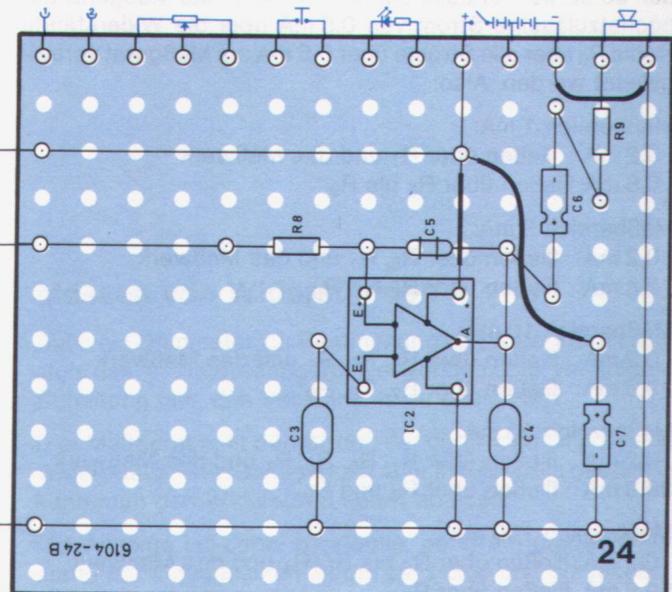
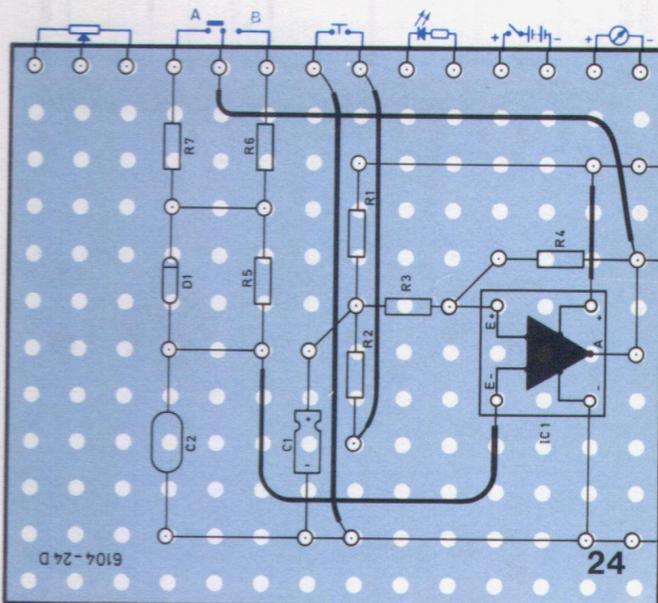
Halbautomatische Morsetaste

In dieser Schaltung wird der Ton durch den astabilen Multivibrator IC₂ erzeugt. Er wird durch einen weiteren astabilen Multivibrator IC₁ gesteuert, der im Rhythmus der Morsezeichen arbeitet.

Die kurzen bzw. langen Signale werden durch Umschalten der zeitbestimmenden Widerstände R₆, R₇ erzeugt.



6104-24



Vielfach-Meßgerät

Mit dem Vielfach-Meßgerät lassen sich Stromstärken von 1 mA bis 100 mA in fünf Stufen – Schiebeschalter in Stellung B – und Spannungen von 0,3 V bis 10 V in vier Stufen – Schiebeschalter in Stellung A – messen. Ferner lassen sich Widerstände im Kiloohm-Bereich recht genau bestimmen.

Messen von Stromstärken.

Als Strommeßgerät (Milliamperemeter) liegt das Meßwerk parallel zu den Widerständen R_5 bis R_9 im Stromkreis. Außerdem ist es mit R_1 , dem im wesentlichen eine Schutzfunktion zukommt, in Reihe geschaltet.

Die Schaltung als **Milliamperemeter** mit mehreren Meßbereichen wird am besten deutlich, wenn man sie vereinfacht darstellt.

Im Punkt A verzweigt sich der Strom. Die Teilströme müssen so berechnet sein, daß über R_1 und das Meßwerk der höchstzulässige Strom von 0,5 mA über die Widerstände R_5 bis R_9 aber alle Ströme über 0,5 mA am Meßgerät vorbeigeleitet werden. Also:

Meßbereich 1 mA:

- 0,2 mA fließen über R_1 und das Meßwerk
- 0,8 mA fließen über R_5 bis R_9

Meßbereich 3 mA:

- 0,2 mA fließen über R_5 , R_1 und das Meßwerk
- 2,8 mA fließen über R_6 bis R_9

Meßbereich 10 mA:

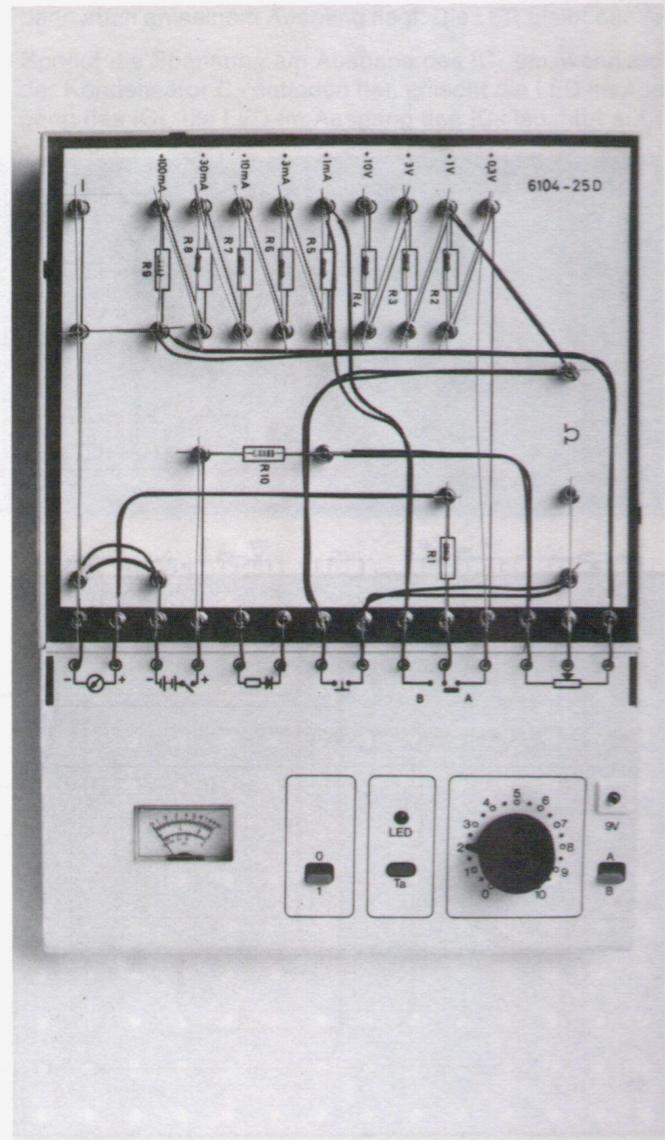
- 0,2 mA fließen über R_6 , R_5 , R_1 und das Meßwerk
- 9,8 mA fließen über R_7 , R_8 , R_9

Meßbereich 30 mA:

- 0,2 mA fließen über R_7 , R_6 , R_5 , R_1 und das Meßwerk
- 29,8 mA fließen über R_8 und R_9

Meßbereich 100 mA:

- 0,2 mA fließen über R_8 bis R_5 , R_1 und das Meßwerk
- 99,8 mA fließen über R_9



Messen von Spannungen

Um das Meßgerät als **Voltmeter** mit mehreren Bereichen zu verwenden, muß der Schiebeschalter auf der Frontplatte in Stellung A stehen. Mit dem Meßgerät in Reihe sind die Widerstände R_2 bis R_4 und R_1 geschaltet. Das Schaltbild veranschaulicht den Meßvorgang.

Da das Meßgerät allein nur etwa 0,15 V verträgt, müssen alle Spannungen, die höher sind, an vorgeschalteten Widerständen abfallen:

Meßbereich 0,3 V:

An R_1 fallen 0,15 V ab, am Meßwerk verbleiben 0,15 V

Meßbereich 1 V:

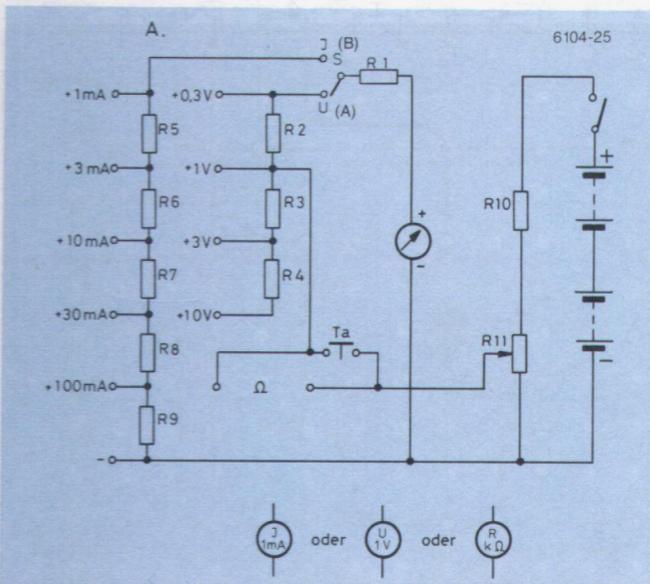
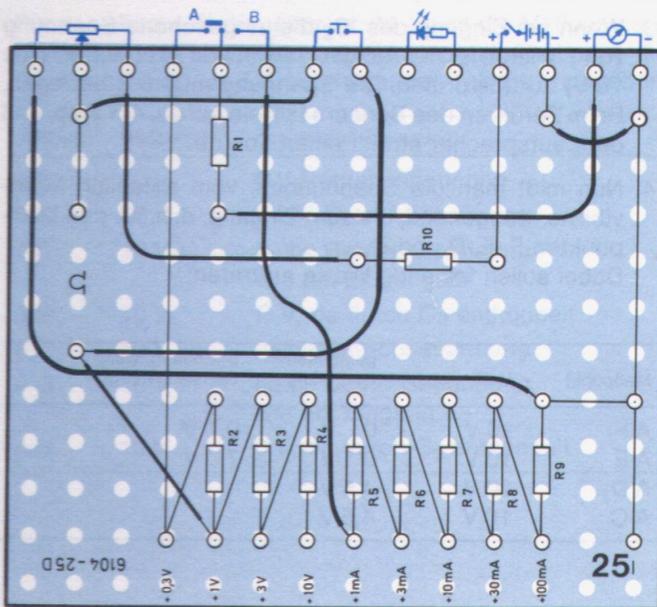
An R_2 und R_1 fallen 0,85 V ab, am Meßwerk verbleiben 0,15 V

Meßbereich 3 V:

An R_3 , R_2 und R_1 fallen 2,85 V ab, am Meßwerk verbleiben 0,15 V

Meßbereich 10 V:

An R_4 bis R_1 fallen 9,85 V ab, am Meßwerk verbleiben 0,15 V



Messen von Widerständen

Auch als Ohmmeter zur Bestimmung von Widerständen läßt sich das Vielfach-Meßgerät verwenden. Die vereinfachte Schaltung hilft, das Verständnis zu erleichtern.

Das Meßgerät mißt den Strom, der durch den zu prüfenden Widerstand fließt. Da die Skala aber in Kilo-Ohm geeicht ist, kann man den Widerstand sofort ablesen.

Die Anzeige ist dabei rückläufig, denn ein großer Widerstand hat einen kleinen Strom zur Folge und umgekehrt.

Meßpraxis

Um in defekten elektronischen Geräten den Fehler zu suchen, benötigt man Spannungs- und Stromwerte, die an dem funktionstüchtigen Gerät gemessen werden. So liefern z. B. die Hersteller von Rundfunk- und Fernsehempfängern Schaltbilder mit eingezeichneten Meßpunkten und die Werte für die an diesem Punkt abgegriffenen Spannungen bzw. Stromstärken. Dadurch ist es dem Fachmann möglich, einen Fehler „einzukreisen“ und schließlich zu beheben.

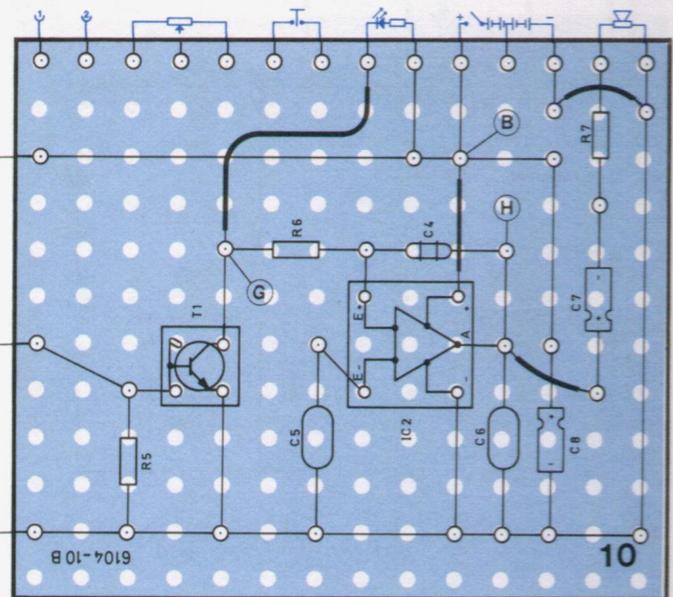
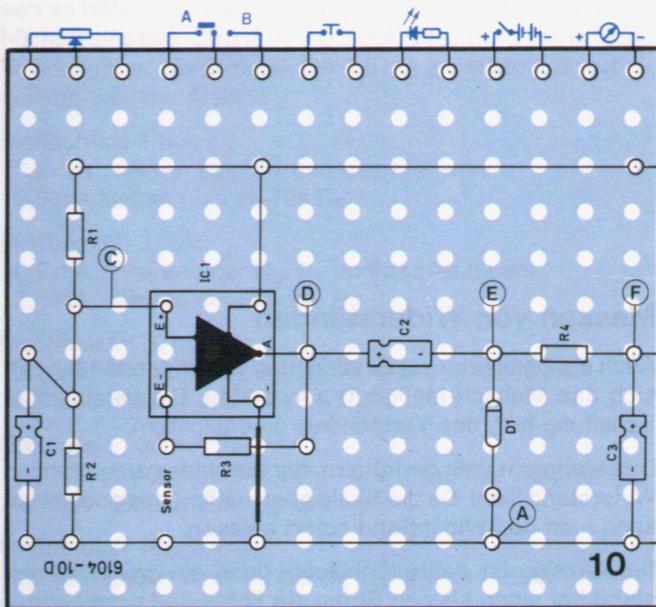
Als ein Beispiel dafür sind in dem Verdrahtungsplan der elektronischen Türglocke (Experiment 10) 8 Meßpunkte (B bis I) angegeben, der Meßpunkt A wird bei allen Messungen mit dem Minusanschluß des Meßgeräts verbunden.

1. Zunächst ermittelt man zwischen den Meßpunkten AB (Meßbereich 10 V), ob die Speisespannung vorhanden ist. Sie sollte ca. 9 V betragen.
2. Bei diesem Experiment ist dann zu prüfen, ob das Kernstück, der astabile Multivibrator, arbeitet. Das ist der Fall, wenn zwischen AG (Meßbereich 10 V) etwa 7 V anliegen. Dann muß auch die LED leuchten. Beim Berühren des Sensors muß die Spannung auf 0 V abfallen.

3. Wenn am Eingang des IC₂ die vorgesehene Spannung von 7 V liegt, ist der Ausgang zwischen AH (Meßbereich 10 V) zu überprüfen. Die Spannung muß 8 V betragen. Beim Berühren des Sensors fällt sie auf ca. 4,5 V ab, und der Lautsprecher strahlt einen Ton ab.

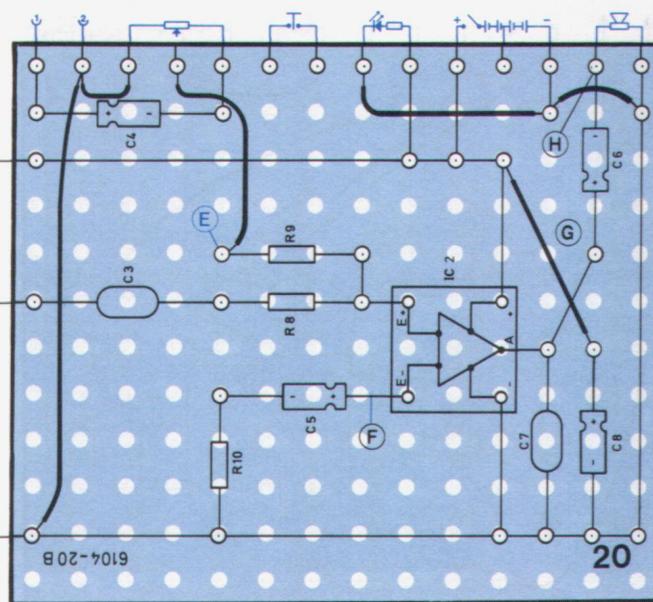
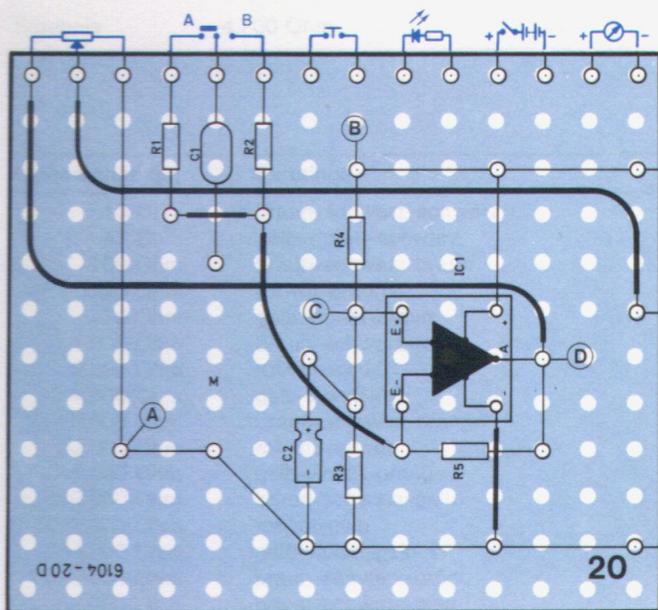
4. Nun mißt man die Spannungen, vom astabilen Multivibrator ausgehend, bis zum Eingang, d. h. an den Meßpunkten F, E, D und C. Dabei sollen folgende Werte auftreten:

Meßpunkt	Meßbereich	gemessene Spannung	Spannung, wenn Sensor betätigt
A F	10 V	0 V	0,7 V
A E	10 V	0 V	7 V
A D	10 V	4,5 V	-
A C	10 V	4,5 V	-



Für das Mischpult (Experiment 20) sind die Meßpunkte B bis H in dem Verdrahtungsplan eingezeichnet und die Spannungswerte in der nachfolgenden Tabelle angegeben.

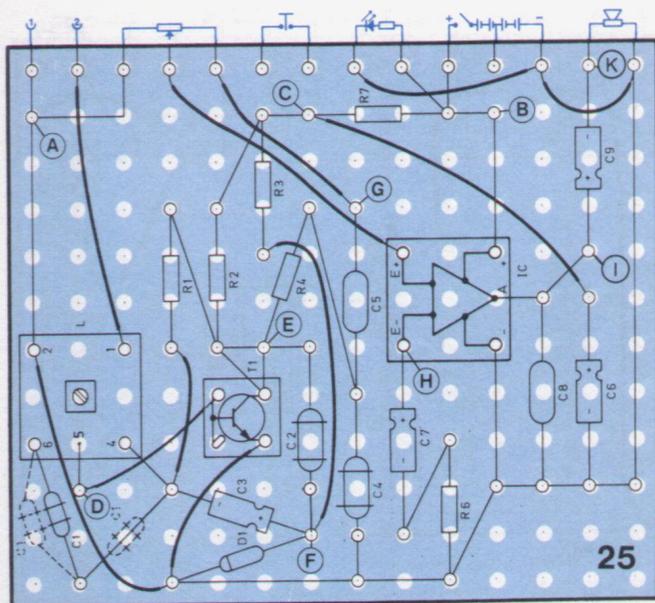
Meßpunkt	Meßbereich	gemessene Spannung
AB	10 V	9 V Betriebsspannung
AC	10 V	halbe Betriebsspannung
AD	10 V	halbe Betriebsspannung wie am Eingang E+
AE	10 V	0 V, da durch C ₃ entkoppelt
AF	10 V	halbe Betriebsspannung
AG	10 V	halbe Betriebsspannung wie am Eingang E-
AH	10 V	0 V, da durch C ₆ entkoppelt



Meßpraxis

Für den Mittelwellen-Empfänger (Experiment **25** aus dem Anleitungsbuch B) sind die Werte an den einzelnen Meßpunkten ebenfalls der folgenden Aufstellung zu entnehmen.

Meßpunkt	Meßbereich	gemessene Spannung
AB	10 V	9 V
AC	10 V	9 V Betriebsspannung durch C6 zwischengesiebt
AD	10 V	0,7 V Basisvorspannung für T ₁
AE	10 V	3,8 V Ausgang von T ₁
AF	10 V	0,7 V Vorspannung für D ₁
AG	10 V	0 V
AH	10 V	halbe Betriebsspannung
AI	10 V	halbe Betriebsspannung wie am Eingang E-
AK	10 V	0 V entkoppeltes Signal



Technische Daten

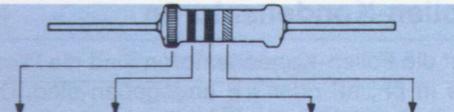
Widerstände

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 $\pm 5\%$ und der silberne Ring eine von $\pm 10\%$ hat.

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 $10\text{ Ohm} + 10\% = 11\text{ Ohm}$ haben. Ein 12-Ohm-Widerstand kann auch 10% weniger sein: $12\text{ Ohm} - 10\% = 10,8\text{ Ohm}$. Wenn ein Widerstand mehr als 10% abweicht, fällt er automatisch unter eine andere Wertbezeichnung und wird natürlich entsprechend benannt.

Technische Daten

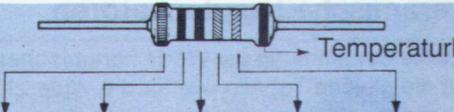


Farbe	Erster Farbring	Zweiter Farbring	Dritter Farbring	Toleranz
schwarz	0	0	-	
braun	1	1	0	
rot	2	2	00	
orange	3	3	000	
gelb	4	4	0 000	rot 2 %
grün	5	5	00 000	gold 5 %
blau	6	6	000 000	silber 10 %
lila	7	7		
grau	8	8		
weiß	9	9		

Man lege einen Widerstand so vor sich hin, daß der goldene oder silberne Farbring rechts liegt, z. B. gelb, violett, rot (gold). Nun liest man von links ab:

	1. Beispiel	2. Beispiel
1. Farbring:	gelb 4	braun 1
2. Farbring:	violett 7	rot 2
3. Farbring:	rot 00	schwarz -
	4.700	12
Ergebnis	4.700 Ohm	12 Ohm

Widerstände (Ω)	Farbringe
10 Ohm	braun-schwarz-schwarz
47 Ohm	gelb-violett-schwarz
100 Ohm	braun-schwarz-braun
220 Ohm	rot-rot-braun
470 Ohm	gelb-violett-braun
1.000 Ohm	braun-schwarz-rot
2.200 Ohm	rot-rot-rot
4.700 Ohm	gelb-violett-rot
10.000 Ohm	braun-schwarz-orange
22.000 Ohm	rot-rot-orange
47.000 Ohm	gelb-violett-orange
100.000 Ohm	braun-schwarz-gelb
220.000 Ohm	rot-rot-gelb
470.000 Ohm	gelb-violett-gelb
1.000.000 Ohm	braun-schwarz-grün
10.000.000 Ohm	braun-schwarz-blau



	1. Ring	2. Ring Ziffern	3. Ring	Multiplikator	Toleranz
schwarz	-	0	0	10 ⁰	-
braun	1	1	1	10 ¹	± 1%
rot	2	2	2	10 ²	± 2%
orange	3	3	3	10 ³	-
gelb	4	4	4	10 ⁴	-
grün	5	5	5	10 ⁵	± 0,5%
blau	6	6	6	10 ⁶	± 0,25%
violett	7	7	7	-	± 0,1%
grau	8	8	8	-	-
weiß	9	9	9	-	-
silber	-	-	-	10 ⁻²	± 10%
gold	-	-	-	10 ⁻¹	± 5%

Metallschicht-Widerstände

Dieser Widerstands-Typ ist mit sechs Farbringen gekennzeichnet. Die Farben stellen Werte dar, die der Tabelle entsprechen.

Die einzelnen Ringe von links nach rechts gelesen haben folgende Bedeutung:

Die Ringe 1, 2 und 3 geben die Ziffer an.

Der 4. Ring ist der Multiplikator.

Der 5. Ring zeigt die Toleranz an.

Der 6. Ring gibt den Temperaturkoeffizienten an.

Beispiele:

1. Farbring: orange 3	1. Farbring: rot 2
2. Farbring: schwarz 0	2. Farbring: schwarz 0
3. Farbring: braun 1	3. Farbring: schwarz 0
301	200
4. Farbring: silber x 0,01	4. Farbring: gold x 0,1
5. Farbring: braun 1 %	5. Farbring: braun 1 %
Ergebnis: 301 x 0,01 = 3,01 Ohm	Ergebnis: 200 x 0,1 = 20 Ohm

Widerstände (Ω)	Farbringe
3,01 Ohm	orange-schwarz-braun-silber-braun-rot
6,98 Ohm	blau-weiß-grau-silber-braun-rot
20 Ohm	rot-schwarz-schwarz-gold-braun-rot
76,8 Ohm	violett-blau-grau-gold-braun-rot
267 Ohm	rot-blau-violett-schwarz-braun-rot
787 Ohm	violett-grau-violett-schwarz-braun-rot
3.570 Ohm	orange-grün-violett-braun-braun-rot
10.200 Ohm	braun-schwarz-rot-rot-braun-rot
35.700 Ohm	orange-grün-violett-rot-braun-rot

Technische Daten

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 oder fünften Farbring tragen.

Der keramische Kondensator hat zwei Drahtanschlüsse. Wenn man genau hinsieht, kann man 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 legt man immer nach links. Dann kann man 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 rechten Farbringe läßt man unberücksichtigt, die drei linken 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:

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			
22 pF	rot-rot-schwarz	22	22 p		
27 pF	rot-violett-schwarz	27	27 p		
47 pF	gelb-violett-schwarz	47	47 p		
100 pF	braun-schw.-braun	100	100 p		
1.000 pF	braun-schwarz-rot	1.000	1.000 p	1 k	1 n
10.000 pF	braun-schw.-orange	10.000	10.000 p	10 k	10 n

Folien-Kondensatoren

Auf die Folien-Kondensatoren sind die Werte aufgedruckt, die in pF, nF oder μF angegeben sind. Die Umrechnung kann man folgender Aufstellung entnehmen:

Aufschrift

47.000 pF =	47 nF =	0,047 μF
100.000 pF =	100 nF =	0,1 μF
220.000 pF =	220 nF =	0,22 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 $^{\circ}C$ gekennzeichnet sind.

Aufschrift

4,7 μF =	4,7 /
10 μF =	10 /
100 μF =	100 /
220 μF =	220 /

NTC

Celsius	Ohm
0	7.000
10	3.500
20	1.800
30	950
40	550
50	300

LDR

Beleuchtungsstärke in Lux	Widerstandswert in Ohm
10.000	12
1.000	110
100	900
10	9.000
dunkel	ca. 10 Mega Ohm

Spule rot

Anschlüsse	Windungen
1 - 2	8
4 - 6	98
5 - 6	3

Lautsprecher 15 bzw. 18 Ohm Impedanz 1 Watt Leistung

Diode

Sperrspannung	30 V
Durchlaßstrom	100 mA
Durchlaßspannung bei 10 mA	0,7 V

Kapazitätsdiode

Sperrspannung	30 V
Kapazität bei 1 V Sperrspannung	50 pF
Kapazität bei 9 V Sperrspannung	15 pF
Kapazität bei 30 V Sperrspannung	11 pF

Leuchtdiode LED

Sperrspannung	5 V
Durchlaßstrom	20 mA
Durchlaßspannung bei 20 mA	1,6 V
Lichtausbeute bei 20 mA	1,5 mCd

Zenerdiode

Durchlaßspannung bei 10 mA	0,7 V
Zenerspannung bei 5 mA	2,5-2,9 V
max. Zenerstrom	100 mA

Transistor

weiß

Maximaler Basisstrom	100 mA
Maximaler Kollektorstrom	100 mA
Maximale Verlustleistung	200 mW
Maximale Kollektor-Emitterspannung	15 V
Stromverstärkungsfaktor	100 - 900
Anwendungsgebiet	NF- und Gleichspannungs-Verstärkung

FET-Transistor

gelb

Maximale Betriebsspannung	20 V
Drain-Source Kurzschlußstrom	2 - 6 mA
Maximale Verlustleistung	150 mW
Maximaler Drainstrom	10 mA
Anwendungsgebiet	HF-Verstärkung

Integrierter Schaltkreis

weiß

Speisespannung	3 - 15 V
Ruhestrom	10 mA
Eingangsstrom	0,1 mA
Eingangswiderstand	5 MOhm
Ausgangsleistung	max. 0,8 Watt
Verstärkungsfaktor	20-400fach
Frequenzbereich	0 - 20 kHz

FET-OP-Verstärker

gelb

Speisespannung	3 - 30 V
Ruhestrom	3 mA
Eingangsstrom	200 pA
Eingangswiderstand	10 ¹² Ohm
Verstärkungsfaktor	100.000fach
Frequenzbereich	0 - 3 MHz
Ausgangsstrom max.	20 mA

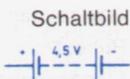
Technische Daten

Morsealphabet

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

Schaltysymbole

Batterie



Verbindungsleitung



Leitungen mit Verbindung



Ein- und Ausschalter



Tastschalter



Umschalter



Meßgerät



Widerstand

Schaltbild



Lichtempfindlicher Widerstand LDR



Temperaturabhängiger Widerstand NTC



Potentiometer



Keramischer Kondensator



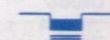
Folien-Kondensator



Elektrolyt-Kondensator



Spule



Transformator



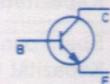
Diode



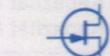
Zenerdiode



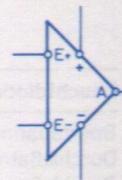
Transistor npn



Feldeffekt-Transistor FET



Integrierter Schaltkreis



Kapazitätsdiode



Leuchtdiode



Fotodiode



Lautsprecher



Sicher haben dir doch die Experimente gefallen und ganz nebenbei wirst du auch noch viel über die Elektronik gelernt haben.

Mit welchen Kästen du dein Hobby ausbauen kannst, zeigt dir die Grafik vorne im Buch.

UKW/Stereo

Best.-Nr. 6301

mit einem voll funktionsfähigen UKW-Modul, das sofort trennscharfen Empfang bietet.

Digital-Lab

Best.-Nr. 6302

mit einem Modul, das zwei 7-Segment-Anzeigen enthält und weiteren fünf Modulen, die neben interessanten Experimenten auch den fundierten Einstieg in diese zukunftsweisende Technik ermöglichen.

Glasfaser-Technik

Best.-Nr. 6303

Thema Verkabelung: „Der Draht aus dem die Zukunft kommt“ wird durch diesen hochaktuellen Kasten vorgestellt und mit Experimenten erklärt. Ein Sendemodul mit eingebautem Mikrofon und ein Empfangsmodul übertragen gleichzeitig Sprache oder Musik und Informationen durch ein Zwei-Kanal-System.

Besonders empfehlen möchten wir das

Oszilloskop-Lab

Best.-Nr. 6105

Einmal, weil nur so die Elektronen sichtbar gemacht werden können und damit die Erklärungen plastisch vor Augen geführt werden – und zum anderen, weil es durch das

TV-Zusatz-Lab

Best.-Nr. 6205

zum Fernsehempfänger ausgebaut werden kann . . . Und das bietet nur das Schuco-Experimentiertechnik-Programm. Siehe bitte die Beschreibung und das Foto auf Seite 120.

Da sich die Technik ständig weiter entwickelt, haben wir das ELECTRONIC-Ergänzungs-Set-Programm geschaffen. Moderne Bauelemente werden mit jeweils 20 Experimenten vorgestellt und bis ins Detail erklärt.

Zweifarbigen-Leuchtdiode

Best.-Nr. 349.6361

Beispiele für das neueste Leuchtdiodensystem: Zwei verschiedenfarbige Leuchtdioden in einem Gehäuse können getrennt oder auch gemeinsam angesteuert werden, so ergeben sich immer wieder neue Farbspiele zwischen rot, orange, gelb und grün.

Hier einige der insgesamt 20 Experimente aus der modernen Indikatortechnik:

Automatische Farbumschaltung

Energiesparthermostat

Stufenlose Farbumschaltung

Polaritäts-Tester

Rot-Grün-Blinker

Warn-Wechselblinker

Thyristor

Best.-Nr. 349.6362

Beispiele der modernen Schaltelektronik: Ein Thyristor schaltet mit geringem Steuerstrom hohe Lastströme. Er löst das Relais ab, das wegen seiner mechanischen Kontakte zu langsam und sehr störanfällig war.

Hier einige der insgesamt 20 Experimente:

Überstromschalter

Blitzlicht

Alarmanlage mit Warnton

Grenzwertmelder

Tongenerator

Akustischer Schalter

PNP-Transistor

Best.-Nr. 349.6363

Beispiele zur Abrundung der kompletten Transistortechnik: Arbeitet im Gegensatz zum NPN-Transistor mit negativer Basis-Vorspannung. Dadurch ergeben sich beim Zusammenschalten dieser beiden Typen viele neue Möglichkeiten.

Hier einige der insgesamt 20 Experimente:

Indikator für Lichtstärkeschwankungen

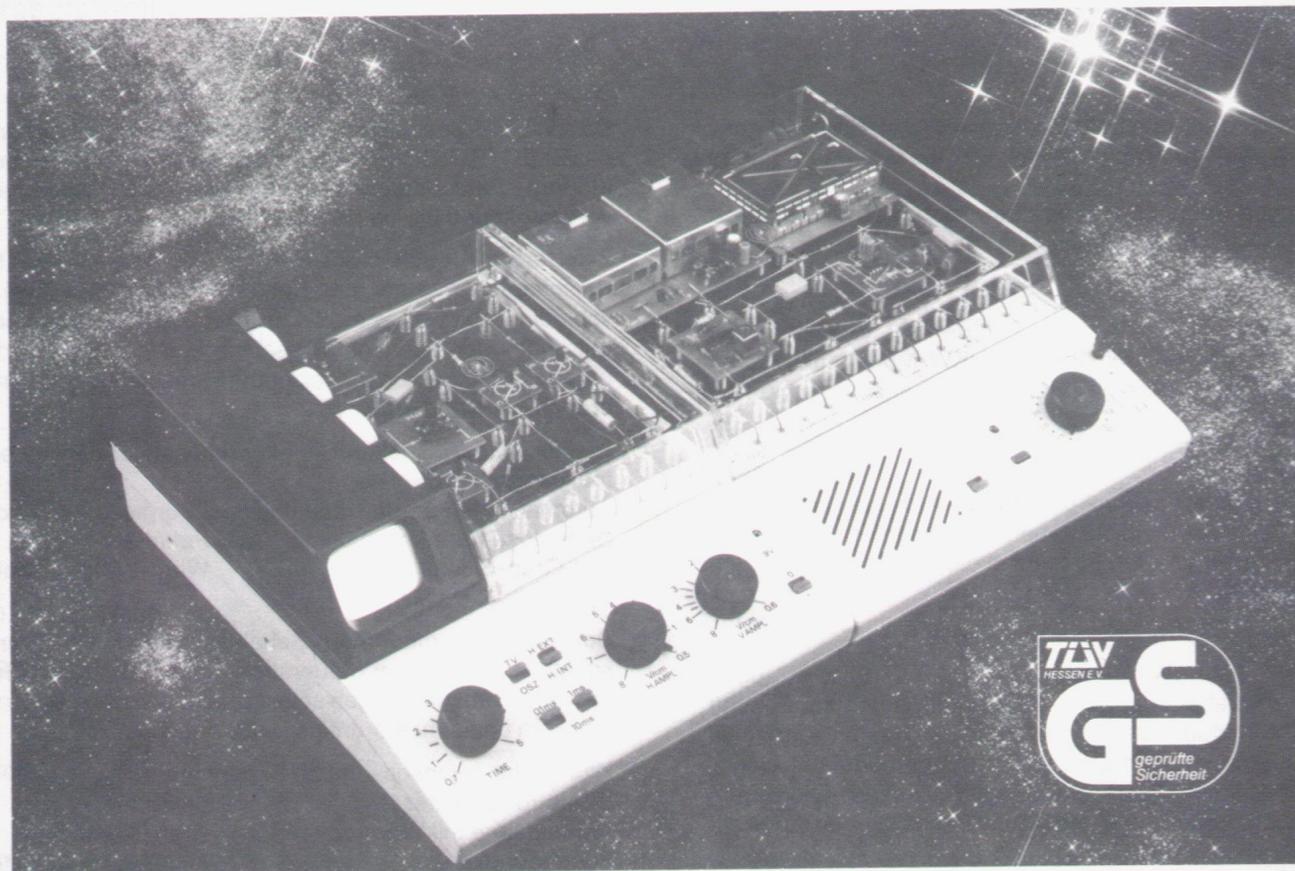
Sirene

Gegentakt-Endstufe

Sensor-Taste

Automatischer dämmerungsgesteuerter Baustellenblinker

Diese ELECTRONIC-Ergänzungs-Sets passen zu allen Grundkästen ab Basis-Lab B. Sie können direkt bei der auf der ersten Seite angegebenen Adresse bestellt werden.



Electronic Oszilloskop-Lab

Grundstufe E

Bestell-Nr. 6105

ab 14 Jahren

Ein außergewöhnliches Elektronik-Labor: Ein universell verwendbares Oszilloskop, aufgebaut mit einem Experimentier-Kasten. Damit gefahrlos experimentiert werden kann, sind die komplette Bildrohreinheit und die spannungsführenden Module bereits nach VDE-Vorschrift berührungssicher eingebaut. So kann nach wenigen Handgriffen mit dem Experimentieren begonnen werden. Von Grund auf an und ohne Vorkenntnisse, wer-

den elektrische Vorgänge auf dem weiß-leuchtenden Bildschirm sichtbar gemacht. Es erscheinen Sinus-Rechteck- und Sägezahnkurven erzeugt durch Generatoren, LC- und RC-Oszillatoren.

So schön diese Bildschirm-Grafiken auch aussehen, den Sinn erkennt man erst, wenn man weiß, was sie bedeuten, wo sie in den verschiedenen Schaltungen und Geräten vorkommen und wie sie auf dem Bildschirm entstehen. Dies erklärt ausführlich das reich illustrierte Anleitungsbuch mit vielen Experimenten, zu denen die Verdrahtungspläne, farbig unterlegt, abgebildet sind. Dazu gehört selbstverständlich eine Darstellung der jeweiligen Schalterstellungen. Bei vielen Versuchsreihen sind die verschiedenen Kurvenverläufe als Fotos abgedruckt.

Electronic TV-Zusatz-Lab

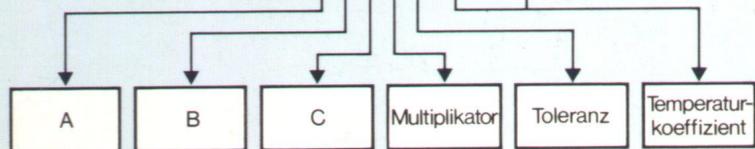
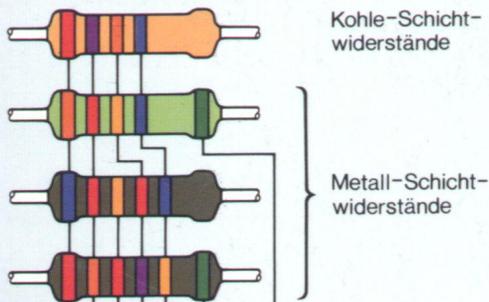
Aufbaustufe E – F zur Grundstufe E

Bestell-Nr. 6205

ab 14 Jahren

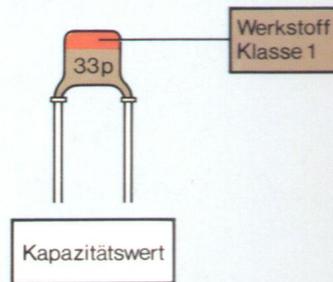
Ein richtiger kleiner Schwarz/Weiß-Empfänger, selbstgebaut, ohne Abstimmprobleme, das ist der Stolz eines jeden Hobby-Bastlers. Original-Industrie-Teile, zusammengesetzt mit dem bewährten Klemmfeder-System nach Verdrahtungsplänen, auf denen alle Teile übersichtlich angeordnet sind, ermöglichen den problemlosen Aufbau. Electronic bis zur Vollendung – das bietet nur unser System!

Widerstände



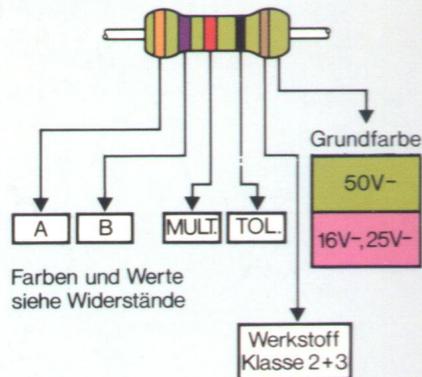
A	B	C	Multiplikator	Toleranz	Temperaturkoeffizient
			× 0,01 Ω × 0,01 pF	± 10%	
			× 0,1 Ω × 0,1 pF	± 5%	
	0	0	× 1 Ω × 1 pF	± 20%	± 250·10 ⁻⁶ /K
1	1	1	× 10 Ω × 10 pF	± 1%	± 100·10 ⁻⁶ /K
2	2	2	× 100 Ω × 100 pF	± 2%	± 50·10 ⁻⁶ /K
3	3	3	× 1 kΩ × 1 nF		± 15·10 ⁻⁶ /K
4	4	4	× 10 kΩ × 10 nF	± 20% für Widerstände ohne Toleranz- farbstreifen	± 25·10 ⁻⁶ /K
5	5	5	× 100 kΩ		± 20·10 ⁻⁶ /K
6	6	6	× 1 MΩ		± 10·10 ⁻⁶ /K
7	7	7	× 10 MΩ		± 5·10 ⁻⁶ /K
8	8	8	× 100 MΩ	± 30%	± 1·10 ⁻⁶ /K
9	9	9			

Keramik- Scheibenkondensatoren



p33	0,33 pF
3p3	3,3 pF
33p	33 pF
n33	330 pF
3n3	3,3 nF
33n	33 nF
μ33	0,33 μF

Axiale Keramik- kondensatoren



Farben und Werte
siehe Widerstände

Werkstoff
Klasse 2+3