



EXPERIMENTIER
TECHNIK

ELECTRONIC MESSTECHNIK

Anleitungsbuch Grundstufe G

SCHUCO EXPERIMENTIER-TECHNIK

© GEORG ADAM MANGOLD GMBH & CO. KG

Lange Straße 69–75 · 8510 Fürth/Bayern · Telefon (0911) 78 72-0
Telex 626 103

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.

Vorwort

Dieser Electronic Experimentierkasten

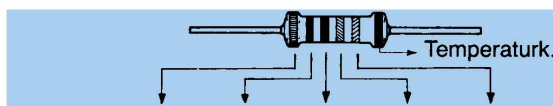
Messtechnik G

enthält zwei Anleitungsbücher. Der Aufbau der Experimentierbox wird ausführlich im Anleitungsbuch Electronic-Basis-Lab, Grundstufe B, im Kapitel **Ohne Vorbereitung geht es nicht** beschrieben.

Aus dem Buch B können die 175 mit einem B gekennzeichneten Experimente durchgeführt werden. Sie sind auf den Seiten 2 u. 3 aufgeführt.

Die weiteren 41 Experimente, die sich speziell mit der Messtechnik befassen, sind in diesem Anleitungsbuch G unter den Nummern 214 bis 254 beschrieben.

Der Electronic Experimentierkasten Messtechnik G enthält alle Bauteile, die im Anleitungsbuch B auf Seite 5 unter B genannt sind, zusätzlich die in diesem Buch G vorgestellten.



	1. Ring	2. Ring Ziffern	3. Ring	Multiplikator	Toleranz
schwarz	–	0	0	10^0	–
braun	1	1	1	10^1	$\pm 1\%$
rot	2	2	2	10^2	$\pm 2\%$
orange	3	3	3	10^3	–
gelb	4	4	4	10^4	–
grün	5	5	5	10^5	$\pm 0,5\%$
blau	6	6	6	10^6	$\pm 0,25\%$
violett	7	7	7	–	$\pm 0,1\%$
grau	8	8	8	–	–
weiß	9	9	9	–	–
silber	–	–	–	10^{-2}	$\pm 10\%$
gold	–	–	–	10^{-1}	$\pm 5\%$

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.

Technische Daten

Beispiele:

1. Farbring: gelb	4	1. Farbring: braun	1
2. Farbring: orange	3	2. Farbring: schwarz	0
3. Farbring: schwarz	0	3. Farbring: rot	2
430		102	
4. Farbring: braun	x 10	4. Farbring: rot	x 100
5. Farbring: braun	1%	5. Farbring: braun	1%
Ergebnis:	430 x 10 = 4.300 Ohm		Ergebnis: 102 x 100 = 10.200 Ohm

Widerstände (Ω)	Farbringe
4.300 Ohm	gelb-orange-schwarz-braun-braun-rot
10.200 Ohm	braun-schwarz-rot-rot-braun-rot
35.700 Ohm	orange-grün-violett-rot-braun-rot

Inhaltsverzeichnis

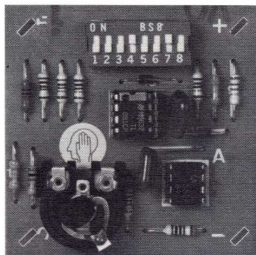
Experiment	Seite (Seite)	Bestell-Nr.	Bezeichnung	Menge
				G
Vorwort	2			
Inhaltsverzeichnis	3			
Ohne Vorbereitung geht es nicht	4			
Bauteile des Experimentierkastens	4	349.1004	Widerstand	
			2.200 Ohm (rot, rot, rot)	1
			22.000 Ohm (rot, rot, orange)	1
			1.000.000 Ohm (braun, schwarz, grün)	1
Experiment und Wirklichkeit				
Von Experten für Experten	6 (34)			
214 Schallmeßgerät	6 (34)	2504	Metallschichtwiderstand	
215 Schallpegel-Warngerät	7 (35)		4.300 Ohm (gelb, orange, schwarz, braun, braun, rot)	1
216 Meßgerät für Wasserhärte	8 (35)		10.200 Ohm (braun, schwarz, rot, rot, braun, rot)	1
217 Warngerät für Wasserverschmutzung	9 (36)		35.700 Ohm (orange, grün, violett, rot, braun, rot)	1
218 pH-Meßgerät	9 (36)			
219 pH-Warngerät	10 (37)			
220 Luxmeter	11 (38)	2603	Meßwerk	1
221 Dämmerungsschalter	12 (38)			
222 Hautwiderstands-Tester	13 (39)			
223 Feuchtigkeitswarner	13 (39)	2640	pnp-Transistor, blau	1
224 Trockenheitswarner	14 (40)			
225/226 Zimmerthermometer	15 (40)			
227/228 Grenzwertthermometer	16 (41)	2710	IC-Meßmodul	1
229 Heizungsthermometer	17 (42)			
230 Fieberthermometer	17 (42)			
231/232 Temperaturschalter	18 (43)	2711	Mikrofon-Modul	1
233 Kühltischthermostat	18 (43)			
234 Elektroskop	19 (44)			
235 Voltmeter	20 (44)	2712	Meßfühler Leitfähigkeit, gelb	1
236/237 Transistor-Tester	21 (45)			
238 Widerstands-Meßgerät	22 (46)			
239 Mikrofonverstärker	23 (46)	2713	Meßfühler Temperatur, schwarz	1
240 Lichtorgel	23 (47)			
241 Aussteuerungs-Anzeige	24 (47)	2714	Meßfühler pH-Wert, rot	1
Meßtechnik	25			
Das IC-Meßmodul	25	2715	Pultsockel	1
Das Mikrofonmodul	26			
Spannungsmessungen ...	27			
242 an der Batterie	27			
243/244 an Widerständen	28			
245 am Potentiometer	29			
246 am LDR	29	2707	Anleitungsbuch G	1
247/248 an der Diode	30			
249-252 Stromstärkemessungen	31-32			
253/254 Widerstandsmessungen	33			
Messen nichtelektrischer Größen	34			

Alle Bauteile kannst du bei deinem Fachhändler nachkaufen oder direkt bei der auf Seite 48 angegebenen Adresse bestellen.

Ohne Vorbereitung geht es nicht

Bauteile des Experimentierkastens G

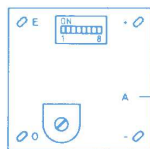
Durch die folgenden Fotos werden die Bauteile des Experimentierkastens G vorgestellt. Neben jedem Foto steht die symbolhafte Abbildung, die im Verdrahtungsplan verwendet wird.



IC-Meßmodul

Achtung:
Anschlüsse nicht vertauschen
Gabelkontakt aufstecken

349.2710



349.2711

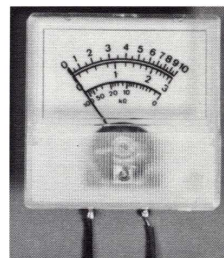


Mikrofonmodul

Achtung:
Richtig herum einsetzen

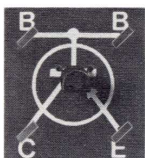


349.2603



Meßwerk

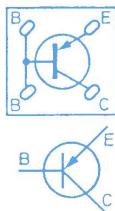
Achtung:
Anschlüsse nicht vertauschen



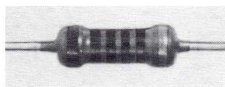
pnp-Transistor, blau

Achtung:
Anschlüsse nicht vertauschen

349.2640



349.2504



Metallschichtwiderstand

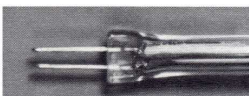
Achtung:
Mit sechs Farbringen



349.2715



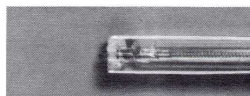
Pultsockel für Meßwerk



Meßfühler Leitfähigkeit, gelb (Sensor)

Anschlußdrähte in die
Außenanschlüsse 1 und 2

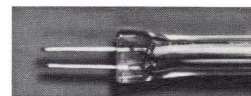
349.2712



Meßfühler Temperatur, schwarz (Sensor)

Anschlußdrähte in die
Außenanschlüsse 1 und 2
Achtung:
Anschlüsse nicht vertauschen

349.2713



Meßfühler pH-Wert, rot (Sensor)

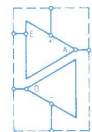
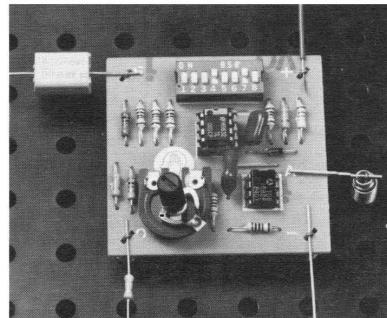
Anschlußdrähte in die
Außenanschlüsse 1 und 2
Achtung:
Anschlüsse nicht vertauschen

349.2714

Ohne Vorbereitung geht es nicht

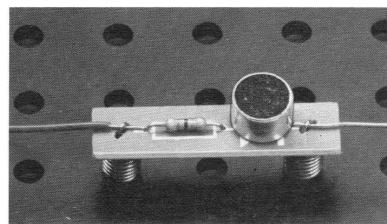
Das IC-Meßmodul

So viele Klemmen einsetzen wie Kreise auf dem Verdrahtungsplan angegeben sind.
Haarnadelfedern nach den Schlitzen in der Platine ausrichten.
Gabelkontakt auf den Anschluß A des IC-Meßmoduls schieben.
Zunächst den Gabelkontakt in die entsprechende Klemme schieben.
Dann die übrigen Kontakte befestigen.
Das IC-Meßmodul ist auf den Verdrahtungsplänen wie folgt gezeichnet:



Das Mikrofonmodul

Zwei Klemmen wie im Verdrahtungsplan angegeben einsetzen.
Haarnadelfedern nach den Schlitzen im Plättchen ausrichten.
Auf richtige Polung achten.
Dann die Kontakte befestigen.
Das Mikrofonmodul ist auf den Verdrahtungsplänen wie folgt gezeichnet:

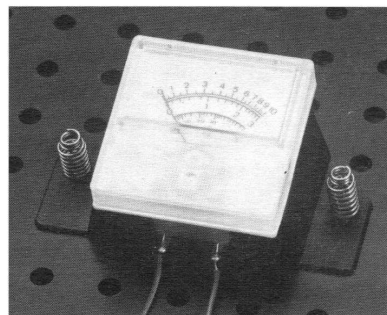


Das Anzeigeinstrument

Setzt sich zusammen aus dem Meßwerk und dem Pultsockel.
Es wird mit doppeltklebendem Klebeband oder einem Tropfenkleber auf dem Pultsockel festgeklebt.
Der Pultsockel wird mit 2 Klemmen auf der Grundplatte befestigt.
Der rote Anschlußdraht ist Plus, der dunkle Minus.

Achtung: Das Anzeigeinstrument niemals direkt an die Batterie anschließen.

Das Anzeigeinstrument ist auf den Verdrahtungsplänen wie folgt gezeichnet:



Experiment und Wirklichkeit

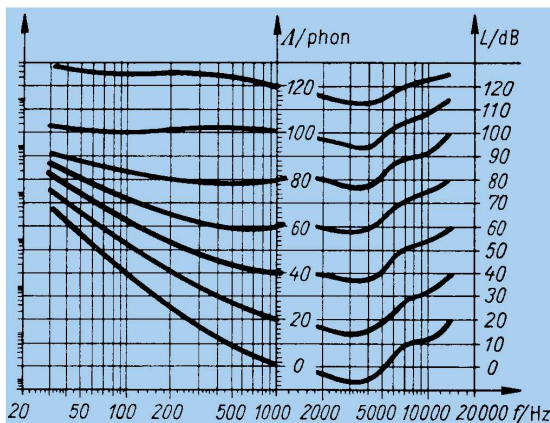
Schallmeßgerät

Teilbereiche des Umweltschutzes werden mit unterschiedlicher Heftigkeit in der Öffentlichkeit diskutiert, und dann verschwinden sie wieder aus dem Sichtbereich der Medien. Die Belästigung der Menschen durch Lärm ist nie so intensiv diskutiert worden, wie z. B. die Verschmutzung der Gewässer oder die der Luft. Und trotzdem ist sie, vor allem in Ballungsgebieten, für viele ein ständig wiederkehrendes Ärgernis. Für die Auseinandersetzung um die Lärmbelastigung braucht man ein zuverlässiges und allgemein anerkanntes Maß für den Lärm. Man benötigt unbedingt ein Meßgerät, das objektive Ergebnisse liefert, ein Schallmeßgerät.

Ein solches Schallmeßgerät mißt nicht die Lautstärke. Denn die Lautstärke – gemessen in phon – ist eine physiologische Größe, d. h., sie wird subjektiv empfunden und hängt vom Gehörsinn ab. Da er außerdem frequenzabhängig empfindet, ist er ein sehr unzuverlässiges Maß für exakte Aussagen.

Schallmeßgeräte messen den Schallpegel, eine objektive Größe, die die frequenzabhängige Empfindlichkeit des menschlichen Ohres unberücksichtigt läßt.

Der Schallpegel wird in dB (Dezibel) gemessen. Aus der Abbildung ist der Zusammenhang zwischen Lautstärke und Schallpegel zu entnehmen.



Das Schallpegelmeßgerät in Experiment 214 besitzt zwei Meßbereiche, und zwar einen für 70 bis 90 dB und einen für 85 bis 100 dB. Ist der gewünschte Meßbereich gewählt worden – Schalter 1,7 auf dem IC-Meßmodul auf ON – muß das Gerät geeicht werden. Dazu muß der Kondensator C1 herausgenommen werden, und mit dem Trimpoti auf dem IC-Meßmodul ist der Zeiger des Anzeigeinstruments auf 0 einzustellen (C1 wieder einsetzen). Zum Messen soll der Schall möglichst senkrecht auf das Mikrofon treffen. Der Ausschlag des Meßinstruments gibt den Schallpegel in dB an.

Meßbereich 70–90 dB Schalterstellung 1,7 auf ON	
70 dB	Skalenwert 1
75 dB	Skalenwert 2
80 dB	Skalenwert 5
85 dB	Skalenwert 8
90 dB	Skalenwert 10

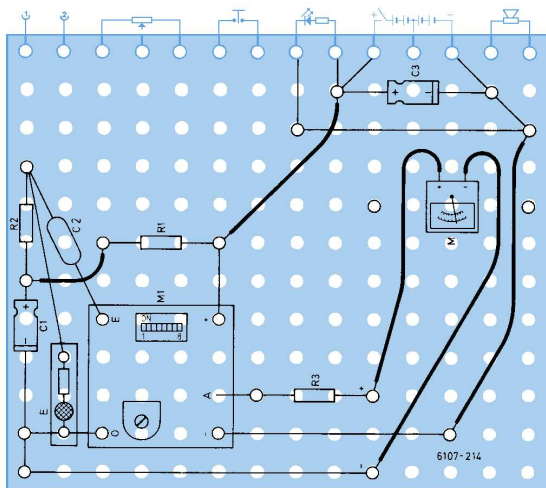
Meßbereich 85–100 dB Schalterstellung 2,7 auf ON	
80 dB	Skalenwert 1
85 dB	Skalenwert 1,5
90 dB	Skalenwert 3
95 dB	Skalenwert 6
100 dB	Skalenwert 10

Lautstärke	phon	Lautstärke	phon
Hörschwelle	0	Lauter Straßenlärm	70
Uhr ticken	10	Schreien	80
Flüstern	20	Druckluftbohrer	90
Stille Straße	30	Kesselschmiede	100
leise Unterhaltung	40	Niethammer	110
Unterhaltung	50	Flugzeugmotor in 4 m	120
Schreibmaschine	60	Schmerzgrenze	130

Schallpegel-Warngerät

Die Lärmschutzbestimmungen am Arbeitsplatz sind in den vergangenen Jahren verschärft worden, um Gehörschäden bei Arbeitnehmern zu vermeiden. Bei Arbeitsstätten mit unterschiedlichem Schallpegel ist es sinnvoll, Warneinrich-

Experiment und Wirklichkeit

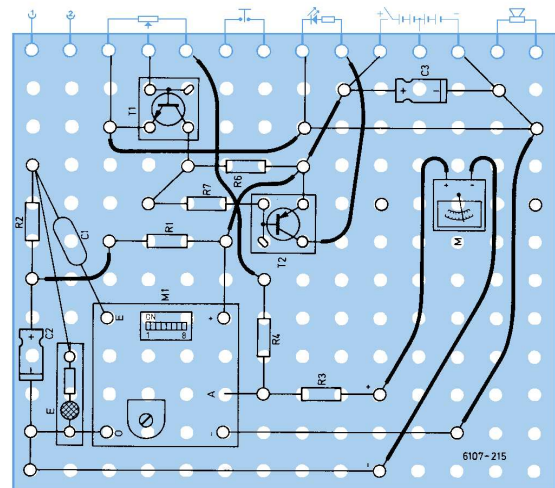


214

R1 = Widerstand 100 Ohm (braun, schwarz, braun)
 R2 = Widerstand 2.200 Ohm (rot, rot, rot)
 R3 = Metallschichtwiderstand 4.300 Ohm (gelb, orange, schw., braun, braun, rot)
 C1 = Elektrolyt-Kondensator 10 μ F
 C2 = Folien- Kondensator 0,22 μ F
 C3 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
 M1 = IC-Meßmodul (Schalterstellung: 1,7 auf ON)
 M = Meßwerk
 E = Mikrofon
 LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B

tungen zu installieren, die bei einem eingestellten Schallpegel ein Warnsignal geben.

Im Experiment **215** wird ein solches Gerät vorgestellt. Die Meßbereiche entsprechen denen aus Experiment 214. Der Abgleich des Gerätes wird vorgenommen, indem man den Widerstand R1 entfernt und mit dem Trimpoti auf dem IC-Meßmodul den Zeiger auf 0 abgleicht. Ist dann der Widerstand wieder eingesetzt, kann mit dem Poti im Bedienungs-



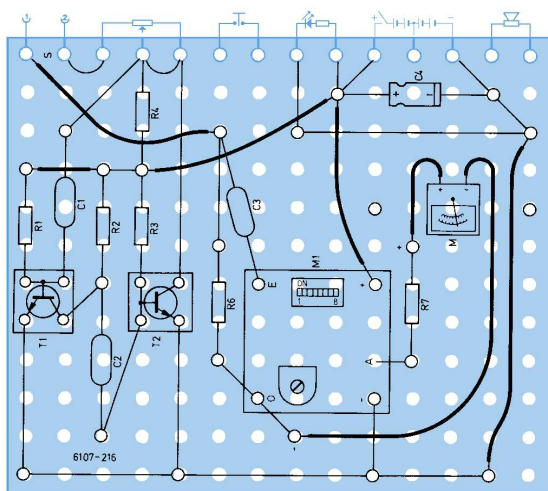
215

R1 = Widerstand 100 Ohm (braun, schwarz, braun)
 R2 = Widerstand 2.200 Ohm (rot, rot, rot)
 R3 = Metallschichtwiderstand 4.300 Ohm (gelb, orange, schw., braun, braun, rot)
 R4 = Widerstand 47.000 Ohm (gelb, violett, orange)
 R5 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
 R6 = Widerstand 22.000 Ohm (rot, rot, orange)
 R7 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)
 C1 = Folien- Kondensator 0,22 μ F
 C2 = Elektrolyt-Kondensator 4,7 μ F
 C3 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
 T1 = Transistor, weiß
 T2 = pnp-Transistor, blau
 M1 = IC-Meßmodul (Schalterstellung: 1,7 auf ON)
 E = Mikrofon
 M = Meßwerk
 LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B

pult die Ansprechschwelle eingestellt werden, bei der das Warnsignal erscheinen soll.

Wird der eingestellte Schallpegel überschritten, leuchtet die LED auf.

Experiment und Wirklichkeit



216

- R1 = Widerstand 47.000 Ohm (gelb, violett, orange)
 R2 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
 R3 = Widerstand 22.000 Ohm (rot, rot, orange)
 R4 = Widerstand 2.200 Ohm (rot, rot, rot)
 R5 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
 R6 = Widerstand 1.000 Ohm (braun, schwarz, rot)
 R7 = Metallschichtwiderstand 4.300 Ohm (gelb, orange, schw., braun, braun, rot)
 C1 = Folien- Kondensator 0,047 μ F
 C2 = Folien- Kondensator 0,1 μ F
 C3 = Folien- Kondensator 0,22 μ F
 C4 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
 T1 = Transistor, weiß
 T2 = Transistor, weiß
 M1 = IC-Meßmodul (Schalterstellung: 4,7 auf ON)
 S = Meßfühler Leitfähigkeit (Außenanschluß)
 M = Meßwerk
 LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B

Meßgerät für Wasserhärte

Bildet Wasser beim Waschen mit Seife viel Schaum, nennt man es weich; Wasser, das wenig Schaum entstehen läßt, nennt man hart. Die Wasserhärte wird vor allem durch Calcium-Ionen hervorgerufen, die in der chemischen Verbindung Calciumhydrogencarbonat gebunden sind. Die Calcium-Ionen bilden mit der Seife die unlösliche Kalkseife, und somit geht ein mehr oder weniger großer Teil der Seife für den Waschvorgang verloren. In modernen Waschmitteln ist bereits ein Wasserenthärter enthalten, der die Calcium-Ionen bindet. Solche Wasserenthärter enthalten aber häufig Phosphate, die zur Überdüngung der Gewässer beitragen. Deshalb ist es notwendig, beim Waschen nicht mehr Waschmittel als unbedingt notwendig zu verwenden. Am besten kann man das erreichen, wenn man die Wasserhärte kennt und die Menge des Waschmittels nach den Angaben des Herstellers dosiert.

In diesem Experiment **216** wird ein Meßgerät vorgestellt, das die Härte über die Leitfähigkeit des Wassers mißt. Denn je mehr Calcium-Ionen das Wasser enthält, desto besser ist seine Leitfähigkeit, und mit zunehmender Leitfähigkeit erhöht sich der Stromdurchgang durch das Wasser. Das gilt übrigens auch für viele andere Flüssigkeiten. Zur Eichung ist mit dem Poti auf dem IC-Meßmodul der Zeiger des Anzeigegeräts auf 0 einzustellen. Dann sind die Außenanschlüsse für den Sensor mit einem Draht zu überbrücken, und mit dem Poti im Bedienungspult wird auf Vollausschlag eingestellt. Schließt man dann den Sensor an und taucht ihn in Leitungswasser, zeigt das Instrument bei Wasser mittlerer Härte ca. 4 an. Gibt man wenig Kochsalz in ein Glas mit Wasser – damit wird härteres Wasser simuliert – dann schlägt der Zeiger weiter aus. In destilliertem Wasser erfolgt kein Zeigerausschlag, weil es keine Ionen enthält. Wird z. B. Zucker in destilliertem Wasser gelöst, erfolgt ebenfalls kein Ausschlag. Auch reiner Alkohol enthält keine Ionen, und deshalb leitet er den elektrischen Strom nicht.

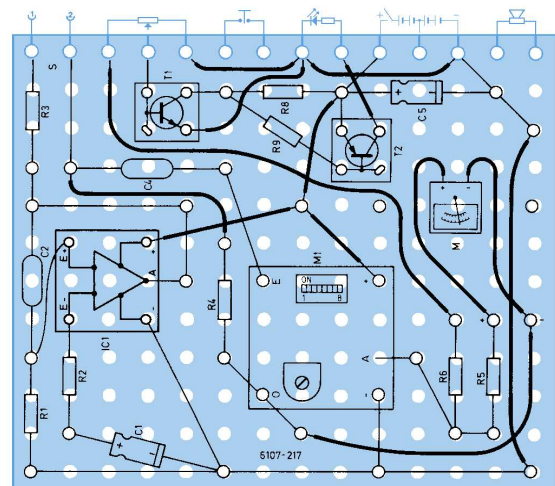
Warngerät für Wasserverschmutzung

Einen Grad für die Verschmutzung des Wassers stellt die elektrische Leitfähigkeit dar: Je stärker das Wasser mit Salzen verunreinigt ist, desto größer ist die Leitfähigkeit für den elektrischen Strom.

Experiment und Wirklichkeit

In diesem Experiment **217** wird ein Signal ausgelöst, wenn ein einmal eingestellter Wert für die Verschmutzung überschritten ist. Mit dem Trimpoti auf dem IC-Meßmodul wird das Anzeigeinstrument auf 0 eingestellt. Dann ist der Sensor mit einem Stück Draht zu überbrücken. Jetzt soll das Meßinstrument voll ausschlagen. Ist das nicht der Fall, muß bei zu großem Ausschlag der Widerstand R3 durch einen mit höherem Wert ersetzt werden, bei zu kleinem Ausschlag ist ein kleinerer Widerstand anstelle von R3 einzusetzen.

Nach erfolgreichem Abgleich ist mit dem Poti im Bedienungspult der Wert einzustellen, bei dem die LED als Warneinrichtung aufleuchten soll, wenn die Verschmutzung überschritten ist. Simulieren kann man das, indem man den Sensor in ein Glas mit Wasser taucht, dem nach und nach Kochsalz hinzugefügt wird.



pH-Meßgerät

Der saure Regen ist in aller Munde: Mit den Abgasen der Autos und der Kraftwerke werden große Mengen von chemischen Verbindungen in die Luft geblasen, die mit dem Regenwasser Säuren bilden. Zu diesen Verbindungen zählen Schwefeldioxid, Kohlendioxid und Stickstoffoxide. Der saure Regen greift die Gesteine der Bauwerke an, vor allem aber behindert er den Nährstofftransport in den Kapillaren der Bäume, so daß diese absterben.

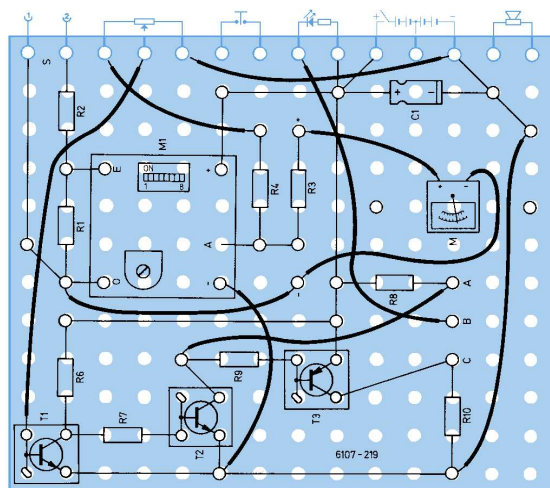
Zur Feststellung, wie sauer der Regen ist, bedient man sich eines pH-Meters wie in Experiment **218**. Reines neutrales Wasser hat den pH-Wert 7. Alle Säuren haben einen pH-Wert, der kleiner als 7 ist, und alle Basen (Laugen) besitzen einen pH-Wert, der größer als 7 ist.

Beim Anschluß des Sensors ist darauf zu achten, daß der rote Draht in den Außenanschluß 2 gesteckt wird. Vor jeder Messung sind die beiden Metallelektroden mit feinem Sandpapier zu schleifen, damit eine einwandfreie Messung erfolgen kann. Bevor man den Sensor in Flüssigkeiten taucht, wird mit dem Trimpoti auf dem IC-Meßmodul der Skalenwert 7 eingestellt. Nun können die Flüssigkeiten auf ihren pH-Wert untersucht werden.

217

R1 = Widerstand	10.000 Ohm	(braun, schwarz, orange)
R2 = Widerstand	47 Ohm	(gelb, violett, schwarz)
R3 = Widerstand	2.200 Ohm	(rot, rot, rot)
R4 = Widerstand	1.000 Ohm	(braun, schwarz, rot)
R5 = Metallschichtwiderstand	4.300 Ohm	(gelb, orange, schw., braun, braun, rot)
R6 = Widerstand	47.000 Ohm	(gelb, violett, orange)
R7 = Potentiometer im Bedienungspult B,	10 kOhm	
R8 = Widerstand	22.000 Ohm	(rot, rot, orange)
R9 = Widerstand	10.000 Ohm	(braun, schwarz, orange)
C1 = Elektrolyt-Kondensator	4,7 μ F	
C2 = Folien- Kondensator	0,047 μ F	
C4 = Folien- Kondensator	0,22 μ F	
C5 = Elektrolyt-Kondensator	100 μ F	
T1 = Transistor, weiß		
T2 = pnp-Transistor, blau		
IC1 = Integrierter Schaltkreis, weiß		
M1 = IC-Meßmodul (Schalterstellung: 4,7 auf ON)		
S = Meßfühler Leitfähigkeit (Außenanschluß)		
M = Meßwerk		
LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B		

Experiment und Wirklichkeit



219

R1 = Widerstand	2.200 Ohm	(rot, rot, rot)
R2 = Widerstand	10.000 Ohm	(braun, schwarz, orange)
R3 = Metallschichtwiderstand	4.300 Ohm	(gelb, orange, schw., braun, braun, rot)
R4 = Widerstand	22.000 Ohm	(rot, rot, orange)
R5 = Potentiometer im Bedienungspult B,	10 kOhm	
R6 = Widerstand	10.000 Ohm	(braun, schwarz, orange)
R7 = Widerstand	2.200 Ohm	(rot, rot, rot))
R8 = Widerstand	47.000 Ohm	(gelb, violett, orange)
R9 = Widerstand	1.000 Ohm	(braun, schwarz, rot)
R10 = Widerstand	470 Ohm	(gelb, violett, braun)
C1 = Elektrolyt-Kondensator	100	μF
T1 = Transistor, weiß		
T2 = Transistor, weiß		
T3 = pnp-Transistor, blau		
M1 = IC-Meßmodul (Schalterstellung: 3,5,8 auf ON)		
S = Meßfühler pH-Wert(Außenanschluß weiß = 1, rot = 2)		
M = Meßwerk		
LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B		
ABC = Klemmen für Bereichswahl		

Pulver, wie z. B. Reinigungsmittel, müssen natürlich in Wasser gelöst werden, bevor sie untersucht werden können.

Experiment und Wirklichkeit

pH-Warngerät

Ein sich ändernder pH-Wert bedeutet eine sich verändernde Verunreinigung des Wassers und damit u.U. eine Gefahr. Denn aus dieser Erscheinung kann der Schluß gezogen werden, daß Säuren oder Basen (Laugen) in das Wasser eingeleitet wurden.

Mit dem Gerät nach Experiment 219 kann sowohl ein steigender pH-Wert als auch ein fallender angezeigt werden.

Nach dem Aufbau ist das Gerät bei eingeschalteter Betriebsspannung mit dem Trimpoti des IC-Meßmoduls auf den Wert 7 abzugleichen. Soll ein sinkender Wert angezeigt werden, sind die Klemmen AB durch eine Drahtbrücke zu verbinden, andernfalls die Klemmen BC.

Soll die LED aufleuchten, wenn der pH-Wert unter den Wert 5 sinkt, wird mit dem Trimpoti auf dem IC-Meßmodul der Zeiger des Anzeigeinstruments auf 5 gestellt und mit dem Poti im Bedienungspult so geregelt, daß die LED gerade ausgeht. Vor der Messung ist mit dem Trimpoti auf dem IC-Meßmodul erst wieder auf 7 einzustellen. Steckt man dann den Sensor in ein Glas mit destilliertem Wasser und fügt langsam Essig hinzu, zeigt die LED durch Aufleuchten an, wenn der eingestellte pH-Wert unterschritten ist.

Für das Anzeigen des steigenden pH-Wertes (Klemmen BC) ist der Zeiger des Anzeigeinstruments mit dem Trimpoti des IC-Meßmoduls z. B. auf 8 einzustellen und das Poti im Bedienungspult so nachzuführen, daß die LED gerade erlischt. Vor der Messung ist mit dem Trimpoti auf dem IC-Meßmodul wieder auf 7 einzustellen.

Taucht man dann den Sensor in ein Glas mit destilliertem Wasser und fügt langsam z.B. Seifenlauge oder WC-Reiniger hinzu, leuchtet die LED, wenn der pH-Wert von 8 überschritten ist.

Luxmeter

Das Lux ist die Maßeinheit für die Beleuchtungsstärke. Unter der Beleuchtungsstärke versteht man das Verhältnis des senkrecht auftreffenden Lichtes zur beleuchteten Fläche. Die Beleuchtungsstärke nimmt z. B. erheblich ab, wenn die Lichtquelle vom Arbeitsplatz entfernt wird.

Während man die natürlichen Beleuchtungsstärken nicht beeinflussen kann, sind die Beleuchtungsstärken in Räumen den besonderen Gegebenheiten anzupassen.

Natürliche Beleuchtungsstärken		
Sonnenlicht im Sommer	100 000	lx
Sonnenlicht im Winter	10 000	lx
Bedeckter Himmel im Sommer	5 000 – 20 000	lx
Bedeckter Himmel im Winter	1 000 – 2 000	lx
Nachts bei Vollmond	0,2	lx
Mondlose klare Nacht	0,0003	lx

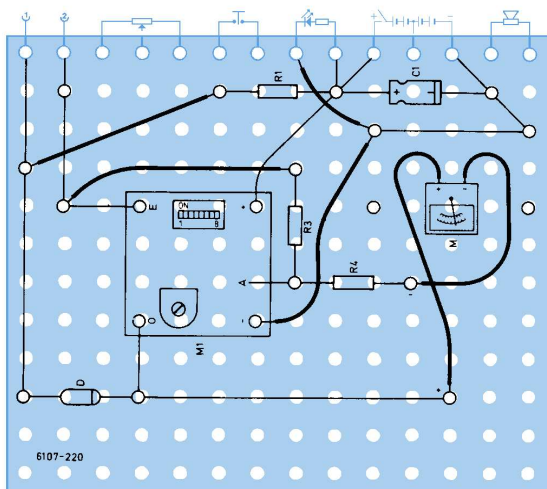
Normalbeleuchtungsstärken (lx)				
Ansprüche	niedrig	mittel	hoch	
Wohnräume				
Allgemeinbeleuchtung:	40	80	150	
Art der Arbeit	grob	mittel	fein	sehr fein
Arbeitsräume, Schulen:				
nur Allgem. Beleucht.	40	80	150	300
Allgem. Beleucht.	20	30	40	50
+ Arbeitsplatzbel.	100	300	1000	5000

Vor allem bei den Beleuchtungsstärken in der Wohnung und am Arbeitsplatz ist es wichtig, objektive Meßwerte zu bekommen, um eine Überbeanspruchung der Augen zu vermeiden. Mit dem Luxmeter nach diesem Experiment 220 lassen sich Beleuchtungsstärken im Bereich von 0 bis 30 lx objektiv feststellen.

Zum Abgleich ist der LDR R2 zu entfernen und mit dem Trimpoti des IC-Meßmoduls der Zeiger des Anzeigeinstruments auf 0 zu stellen. Auf dem Instrument kann nun die Beleuchtungsstärke direkt abgelesen werden.

Sollen größere Beleuchtungsstärken gemessen werden (0 bis 300 lx), sind die Widerstände R1 und R3 auszutauschen ($R1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R3 = 220 \Omega$). Der Abgleich erfolgt in der bekannten Weise.

Experiment und Wirklichkeit



220

R1 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
 R2 = LDR in den Außenanschlüssen
 R3 = Widerstand 2.200 Ohm (rot, rot, rot)
 R4 = Widerstand 2.200 Ohm (rot, rot, rot)
 C1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
 D1 = Diode
 M1 = IC-Meßmodul (Schalterstellung: 1,6,8 auf ON)
 M = Meßwerk
 LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B

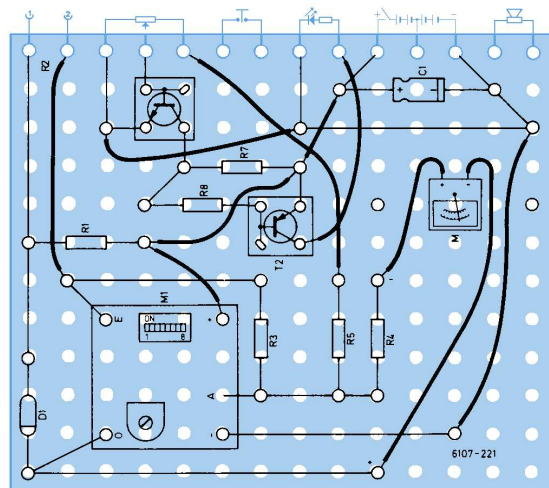
221

R1 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
 R2 = LDR in den Außenanschlüssen
 R3 = Widerstand 2.200 Ohm (rot, rot, rot)
 R4 = Widerstand 2.200 Ohm (rot, rot, rot)
 R5 = Widerstand 22.000 Ohm (rot, rot, orange)
 R6 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
 R7 = Widerstand 47.000 Ohm (gelb, violett, orange)

Dämmerungsschalter

Mit zunehmender Dämmerung nimmt natürlich auch die Raumhelligkeit ab. Warnen kann das Gerät nach Experiment 221, indem es bei zu geringer Beleuchtungsstärke die LED aufleuchten läßt.

Der Abgleich wird vorgenommen, indem man den LDR R2 entfernt und mit dem Trimpoti des IC-Meßmoduls den Zeiger auf 0 stellt. Das Poti im Bedienungspult dient zum Einstellen der Schwelle, bei der die LED aufleuchten soll.



R8 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)
 C1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
 D1 = Diode
 T1 = Transistor, weiß
 T2 = pnp-Transistor, blau
 M1 = IC-Meßmodul (Schalterstellung: 1,6,8 auf ON)
 M = Meßwerk
 LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B

Experiment und Wirklichkeit

222

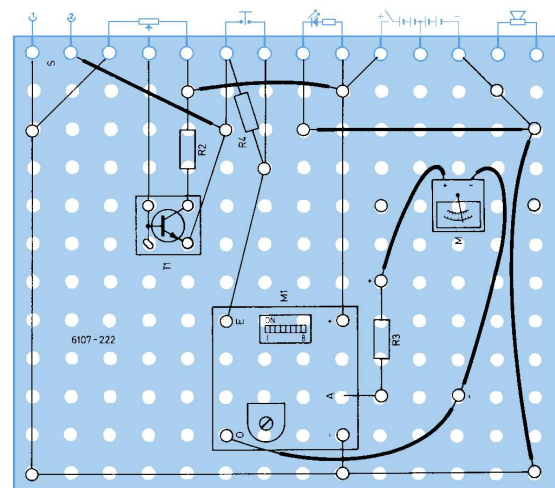
R1 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
 R2 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)
 R3 = Metallschichtwiderstand 4.300 Ohm (gelb, orange, schw., braun, braun, rot)
 R4 = Widerstand 470.000 Ohm (gelb, violett, gelb)
 T1 = pnp-Transistor, blau
 M1 = IC-Meßmodul (Schalterstellung: 2,5,8 auf ON)
 S = Meßfühler Leitfähigkeit (Außenanschluß)
 M = Meßwerk
 Ta = Taster im Bedienungspult B
 LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B

Hautwiderstands-Taster

Unter bestimmten Umständen ändert sich der Widerstand der menschlichen Haut: Alle wissen, daß man z. B. in Streßsituationen schwitzt, was sich besonders in den Achselhöhlen bemerkbar macht. Aber nicht nur dort erhöht sich die Schweißabsonderung, sondern auf der gesamten Hautoberfläche bildet sich mehr Feuchtigkeit.

Um diese erhöhte Feuchtigkeit messen zu können, braucht man ein sehr empfindliches Meßgerät, wie das nach Experiment 222. Nach dem Aufbau ist sehr sorgfältig abzugleichen. Zunächst wird mit dem Trimpoti des IC-Meßmoduls das Anzeigeinstrument auf 0 eingestellt. Dann nimmt man am besten die Spitze des Feuchtesensors zwischen zwei Finger, und nun muß erneut abgeglichen werden, und zwar wird mit dem Poti im Bedienungspult der Zeiger des Meßgerätes etwa auf Skalenmitte gestellt. Das muß sehr feinfühlig gemacht werden, weil das Gerät sehr empfindlich reagiert. Wenn man dann nur auf die Finger haucht, die den Sensor halten, merkt man schon eine beträchtliche Veränderung am Anzeigeinstrument. Die Empfindlichkeit kann durch Drücken des Tasters gesteigert werden.

Für längere Beobachtungen kann der Sensor auch mit Klebeband oder Heftpflaster auf die Hand geklebt werden.



Feuchtigkeitswarner

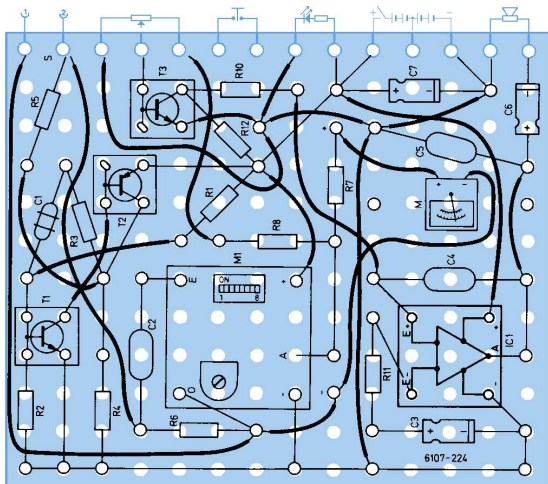
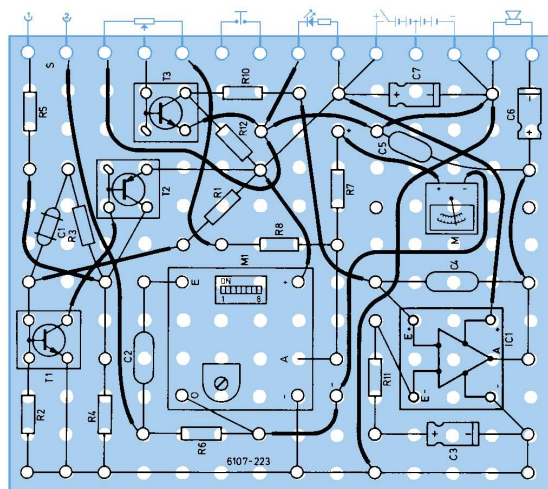
Der Feuchtigkeitswarner im Experiment 223, der sich natürlich auch als Regenmelder einsetzen läßt, gibt Alarm, wenn zuviel Feuchtigkeit am Sensor auftritt. Am einfachsten steckt man den Sensor nach der Fertigstellung in einen Topf mit trockenem Sand. Wird dann Wasser auf den Sand getropft, ertönt ein Alarmton, wenn der mit dem Poti im Bedienungspult eingestellte Wert überschritten wird.

Als Regenmelder ist die Spitze des Sensors in ein Blatt Filtrierpapier zu stecken. Wird es dann naß, tönt aus dem Lautsprecher der Alarm.

Experiment und Wirklichkeit

223

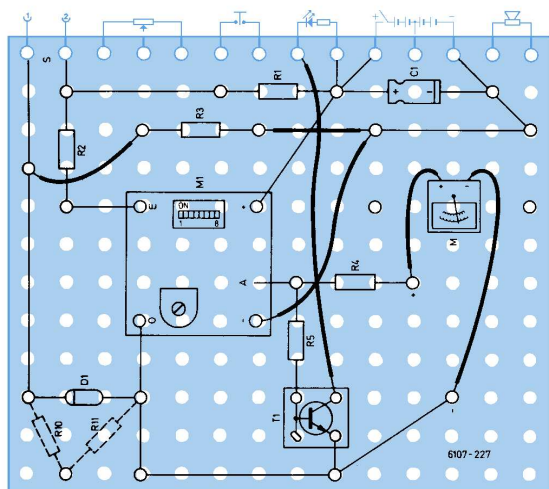
R1 = Widerstand	470.000 Ohm	(gelb, violett, gelb)
R2 = Widerstand	22.000 Ohm	(rot, rot, orange)
R3 = Widerstand	2.200 Ohm	(rot, rot, rot)
R4 = Widerstand	2.200 Ohm	(rot, rot, rot)
R5 = Widerstand	470 Ohm	(gelb, violett, braun)
R6 = Widerstand	1.000 Ohm	(braun, schwarz, rot)
R7 = Metallschichtwiderstand	4.300 Ohm	(gelb, orange, schw., braun, braun, rot)
R8 = Widerstand	47.000 Ohm	(gelb, violett, orange)
R9 = Potentiometer im Bedienungspult B	10 kOhm	
R10 = Widerstand	10.000 Ohm	(braun, schwarz, orange)
R11 = Widerstand	47 Ohm	(gelb, violett, schwarz)
R12 = Widerstand	4.700 Ohm	(gelb, violett, rot)
C1 = Keram.- Kondensator	10.000 pF	(braun, schwarz, orange)
C2 = Folien- Kondensator	0,22 μ F	
C3 = Elektrolyt-Kondensator	4,7 μ F	
C4 = Folien- Kondensator	0,047 μ F	
C5 = Folien- Kondensator	0,1 μ F	
C6 = Elektrolyt-Kondensator	100 μ F	
C7 = Elektrolyt-Kondensator	220 μ F	
T1 = Transistor, weiß		
T2 = pnp-Transistor, blau		
T3 = Transistor, weiß		
IC1 = Integrierter Schaltkreis, weiß		
M1 = IC-Meßmodul (Schalterstellung: 4,7 auf ON)		
S = Meßfühler Leitfähigkeit (Außenanschluß)		
M = Meßwerk		
La = Lautsprecher im Bedienungspult B		
LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B		



Trockenheitswarner

Umgekehrt warnt das Gerät nach Experiment **224**, wenn zuwenig Feuchtigkeit vorhanden ist. Für einen Schnelltest sind am besten zwei Gefäße mit Sand bereitzustellen, und zwar eines mit feuchtem Sand und eines mit trockenem. Steckt der Sensor in dem feuchten Sand, wird mit dem Poti im Bedienungspult so eingestellt, daß kein Alarmton ertönt. Steckt man dann den Sensor in den trockenen Sand, schallt aus dem Lautsprecher ein Ton.

Experiment und Wirklichkeit



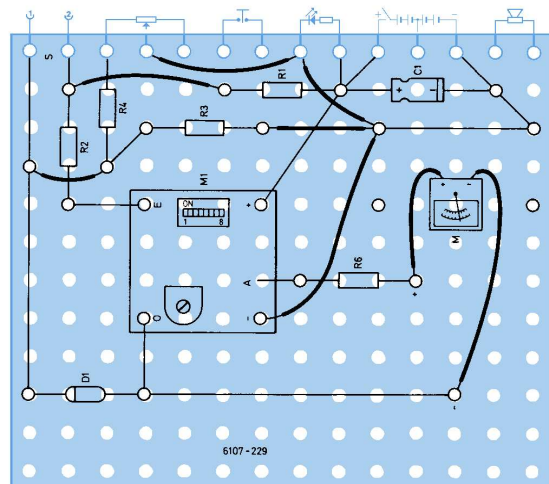
227

- R1 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)
- R2 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)
- R3 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
- R4 = Metallschichtwiderstand 4.300 Ohm (gelb, orange, schw., braun, braun, rot)
- R5 = Widerstand 1.000 Ohm (braun, schwarz, rot)
- C1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- D1 = Diode
- T1 = Transistor, weiß
- M1 = IC-Meßmodul (Schalterstellung: 2,6,8 auf ON)
- S = Meßfühler Temperatur (Außenanschluß weiß = 1, rot = 2)
- M = Meßwerk
- LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B

Grenzwertthermometer

Sollte der Temperaturbereich des Zimmerthermometers nicht ausreichen und der Anzeigebereich erheblich überschritten werden, besteht die Gefahr, daß das Anzeigeinstrument beschädigt wird. Das Gerät nach Experiment 227 enthält zusätzlich eine Warneinrichtung, wenn das Bereichsende überschritten wird. Nach der Fertigstellung ist wieder mit einem anderen Thermometer zu eichen. Wenn sich dann die Temperatur dem Grenzwert von ca. 30°C nähert, leuchtet die LED auf. Das kann man simulieren, indem man den Sensor in Wasser taucht und warmes hinzugießt.

Der Nachteil dieses Gerätes besteht wieder darin, daß man nicht die Temperatur des Raumes messen kann, in dem es sich befindet. Im Experiment 228 wird deshalb die Diode D1 ersetzt durch die Widerstände wie im Experiment 226.



Experiment und Wirklichkeit

Heizungsthermometer

Ein elektronisches Thermometer mit einem Meßbereich von 0°C bis 100°C stellt das Gerät nach Experiment **229** dar. Damit eignet es sich, z. B. Temperaturen in Warmwasserheizungen zu messen.

Die Eichung erfolgt wieder, indem man mit dem Trimpoti auf dem IC-Meßmodul die Temperatur einstellt, wie sie von einem anderen Thermometer angezeigt wird.

Fieberthermometer

Ein besonderes Thermometer stellt das Fieberthermometer dar. Es hat nämlich nur einen sehr engen Meßbereich, und in diesem Bereich muß es sehr genau anzeigen. In Krankenhäusern verwendet man kaum noch die herkömmlichen Quecksilberthermometer, weil sie zu langsam anzeigen. Stattdessen werden fast nur noch elektronische Thermometer eingesetzt, die in viel kürzerer Zeit häufig auch noch genauere Werte anzeigen.

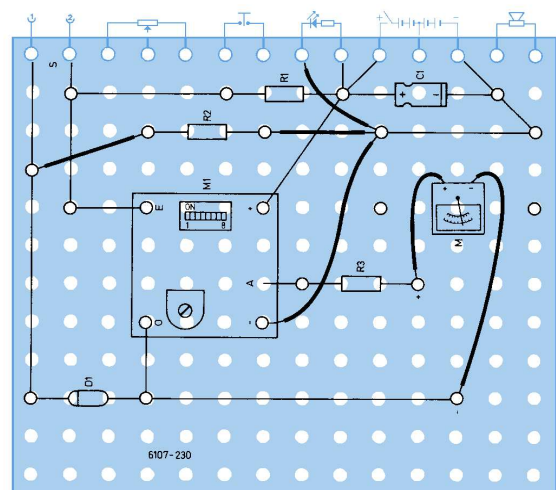
Das Fieberthermometer in Experiment **230** hat einen Meßbereich von 35°C bis 40°C, jeder Teilstrich auf der oberen Skala bedeutet also 0,25°C (d.h. 35°C = 0, 36°C = 2, 37°C = 4 usw.).

229

R1 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)
 R2 = Widerstand 100.000 Ohm (braun, schwarz, gelb)
 R3 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
 R4 = Widerstand 1.000 Ohm (braun, schwarz, rot)
 R5 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
 R6 = Metallschichtwiderstand 4.300 Ohm (gelb, orange, schw., braun, braun, rot)
 C1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
 D1 = Diode
 M1 = IC-Meßmodul (Schalterstellung 3,5,8 auf ON)
 S = Meßfühler Temperatur (Außenanschluß weiß = 1, rot = 2)
 M = Meßwerk
 LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B

Zur Eichung ist es am besten, wenn wieder mit einem anderen Thermometer die Körpertemperatur gemessen und das elektronische Fieberthermometer dann mit dem Trimpoti auf dem IC-Meßmodul auf diesen Wert eingestellt wird. Die Temperatur kann auch durch warmes Wasser simuliert werden.

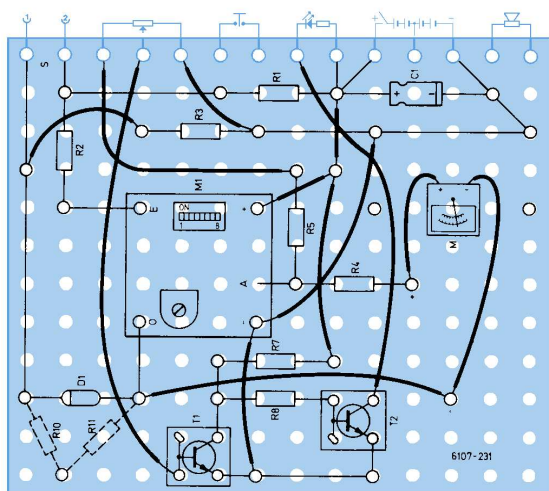
Hinweis: Aufgrund der Toleranzen der Werte der Bauteile eignet sich dieses Thermometer nicht zur Messung der tatsächlichen Körpertemperatur im Krankheitsfall!



230

R1 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)
 R2 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
 R3 = Metallschichtwiderstand 4.300 Ohm (gelb, orange, schw., braun, braun, rot)
 C1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
 D1 = Diode
 M1 = IC-Meßmodul (Schalterstellung: 2,5,8 auf ON)
 S = Meßfühler Temperatur (Außenanschluß weiß = 1, rot = 2)
 M = Meßwerk
 LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B

Experiment und Wirklichkeit



231

R1 = Widerstand	10.000 Ohm	(braun, schwarz, orange)
R2 = Widerstand	10.000 Ohm	(braun, schwarz, orange)
R3 = Widerstand	4.700 Ohm	(gelb, violett, rot)
R4 = Metallschichtwiderstand	4.300 Ohm	(gelb, orange, schw., braun, braun, rot)
R5 = Widerstand	47.000 Ohm	(gelb, violett, orange)
R6 = Potentiometer im Bedienungspult B	10 kOhm	
R7 = Widerstand	22.000 Ohm	(rot, rot, orange)
R8 = Widerstand	2.200 Ohm	(rot, rot, rot)
C1 = Elektrolyt-Kondensator	100	μ F
D1 = Diode		
T1 = Transistor	weiß	
T2 = Transistor	weiß	
M1 = IC-Meßmodul	(Schalterstellung: 2,6,8 auf ON)	
S = Meßfühler Temperatur	(Außenanschluß weiß = 1, rot = 2)	
M = Meßwerk		
LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand	im Bedienungspult B	

Temperaturschalter

Thermostate schalten u.a. Heizungen und Kühlschränke. Das bedeutet, daß sie die Temperatur messen, mit einem eingestellten Sollwert vergleichen, und wenn dieser Wert über- bzw. unterschritten ist, schalten sie ein Aggregat ein oder aus.

Ein solcher Thermostat kann mit dem Gerät nach Experiment 231 aufgebaut werden. Nach der Fertigstellung ist das Gerät mit dem Poti auf dem IC-Meßmodul auf die Raumtemperatur einzustellen.

Dann wird das Poti im Bedienungspult soweit gedreht, daß die LED gerade noch leuchtet. Steigt später die Temperatur an, wenn man den Sensor berührt oder in warmes Wasser taucht, erlischt die LED.

Auch in diesem Experiment 232 muß man die Diode D1 gegen die Widerstände wie in Experiment 226 beschrieben austauschen, wenn sich Sensor und Gerät im gleichen Raum befinden.

Kühlschrank-Thermostat

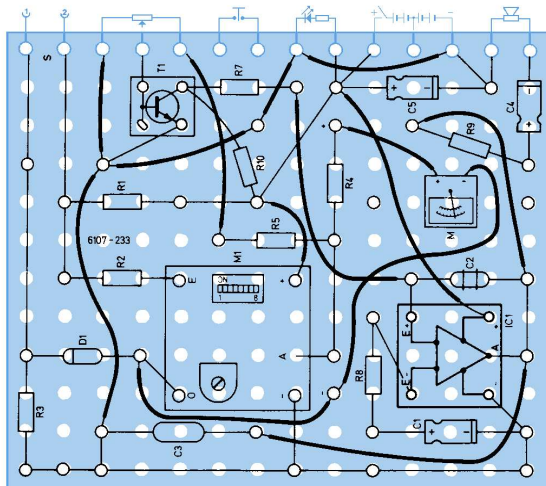
Steigende Temperaturen können z.B. in Kühlhäusern, Kühl-LKW's und Kühlschiffen Probleme bereiten, weil dann die transportierten Güter zu warm werden und verderben. Warneinrichtungen, wie die in Experiment 233, gehören selbstverständlich zum Ausstattungsstandard der genannten Transportmittel, ebenso wie bei Kühlhäusern.

Das Gerät arbeitet in einem Temperaturbereich von -10°C bis $+20^{\circ}\text{C}$. Am besten legt man nach dem Aufbau den Temperaturfühler in den Kühlschrank und stellt – bei geschlossener Tür – mit dem Trimpoti des IC-Meßmoduls auf die Kühlschranktemperatur ein.

Öffnet man dann für einen Augenblick die Kühlschranktür, wird nach kurzer Zeit der Warnton aus dem Lautsprecher ertönen.

Gut eignet sich auch ein Becher mit Eiswasser.

Experiment und Wirklichkeit



233

R1 = Widerstand	10.000 Ohm	(braun, schwarz, orange)
R2 = Widerstand	10.000 Ohm	(braun, schwarz, orange)
R3 = Widerstand	4.700 Ohm	(gelb, violett, rot)
R4 = Metallschichtwiderstand	4.300 Ohm	(gelb, orange, schw., braun, braun, rot)
R5 = Widerstand	22.000 Ohm	(rot, rot, orange)
R6 = Potentiometer im Bedienungspult B	10 kOhm	
R7 = Widerstand	22.000 Ohm	(rot, rot, orange)
R8 = Widerstand	47 Ohm	(gelb, violett, schwarz)
R9 = Widerstand	100 Ohm	(braun, schwarz, braun)
R10 = Widerstand	2.200 Ohm	(rot, rot, rot)
C1 = Elektrolyt-Kondensator	4,7 μ F	
C2 = Keram.- Kondensator	10.000 pF	(braun, schwarz, orange)
C3 = Folien- Kondensator	0,1 μ F	
C4 = Elektrolyt-Kondensator	100 μ F	
C5 = Elektrolyt-Kondensator	220 μ F	
D1 = Diode		
T1 = Transistor, weiß		
IC1 = Integrierter Schaltkreis, weiß		
M1 = IC-Meßmodul (Schalterstellung: 2,6,8 auf ON)		
S = Meßfühler Temperatur (Außenanschluß weiß = 1, rot = 2)		
M = Meßwerk		
La = Lautsprecher im Bedienungspult B		
LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B		

Elektroskop

Elektroskope sind Meßgeräte, die nicht den fließenden elektrischen Strom messen, sondern die statische (ruhende) Elektrizität. Statische Elektrizität entsteht z.B., wenn man über Teppichboden geht. Daß dabei etwas passiert ist, merkt man, wenn man anschließend einen Türgriff oder einen Wasserhahn berührt. Sie entsteht auch, wenn ein Kunststofflineal gerieben wird, das dann kleine Papierstückchen anziehen kann.

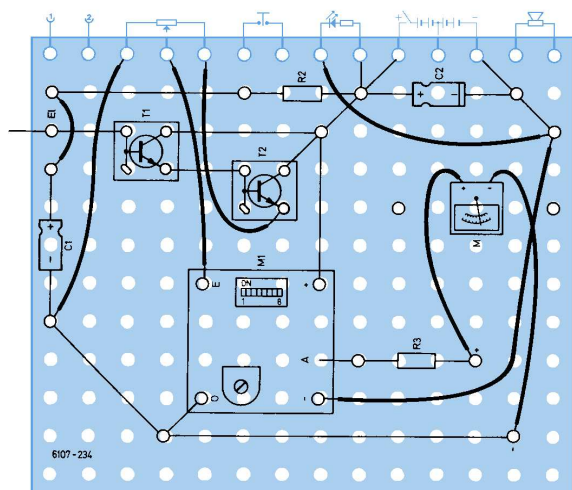
Durch das Reiben treten in einem Isolator Ladungsverschiebungen an der Oberfläche auf, die sich nicht wieder ausgleichen können. Da hier nun eine höhere elektrische Ladung als gegenüber der Umgebung herrscht, kann es zu einem plötzlichen Ladungsausgleich kommen, der manchmal für Menschen unangenehm ist. Sehr oft merkt man aber nichts von einer statischen Aufladung.

Das Elektroskop nach Experiment **234** kann solche elektrischen Ladungen anzeigen, da sie ein elektrisches Feld erzeugen, das um den aufgeladenen Gegenstand herum wirksam ist. Außerdem reagiert das Elektroskop auf ionisierte Luft, wie sie z. B. vor dem Bildschirm eines eingeschalteten Fernsehers festgestellt werden kann.

Als „Fühler“ dient ein Stück blanker Draht, der etwa 2 cm über den Rand der Experimentierbox hinausragt. Nach der Fertigstellung wird mit dem Trimpoti auf dem IC-Meßmodul der Zeiger des Meßwerks auf 0 abgeglichen. Mit dem Poti im Bedienungspult wird die Empfindlichkeit eingestellt. Sie nimmt von 0 bis 10 zu.

Nähert man anschließend z.B. ein geladenes Kunststofflineal dem Sensor, passiert nichts. Erst wenn man das Lineal entfernt, schlägt der Zeiger kräftig aus. Ein geriebener Glasstab dagegen erzeugt einen Ausschlag, wenn man ihn dem Fühler nähert. Diese unterschiedliche Wirkung entsteht deshalb, weil sich Glas und Kunststoff beim Reiben verschieden aufladen.

Experiment und Wirklichkeit



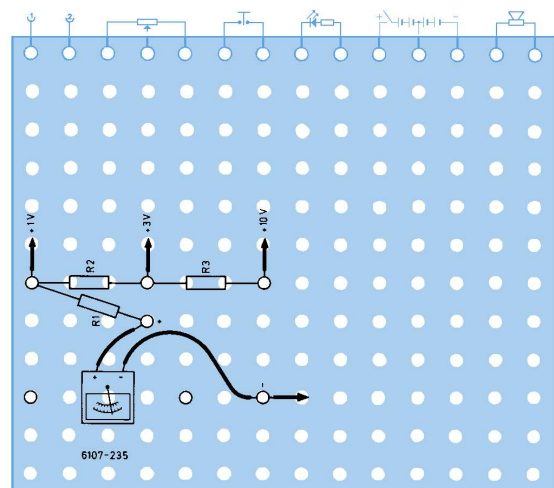
234

R1 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
 R2 = Widerstand 1.000 Ohm (braun, schwarz, rot)
 R3 = Metallschichtwiderstand 4.300 Ohm (gelb, orange, schw., braun, braun, rot)
 C1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
 C2 = Elektrolyt-Kondensator 220 μ F
 T1 = Transistor, weiß
 T2 = Transistor, weiß
 M1 = IC-Meßmodul (Schalterstellung: 2,5,8 auf ON)
 EI = Elektrode aus Draht
 M = Meßwerk
 LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B

20

Voltmeter

Ein Voltmeter mit drei verschiedenen Meßbereichen stellt das Gerät nach Experiment 235 dar. Es läßt sich für alle Schaltungen einsetzen, in denen Gleichspannungen gemessen werden. Beim Messen von unbekannten Spannungen empfiehlt sich, immer zunächst mit dem größten Meßbereich zu beginnen. Ist dann der Ausschlag so gering, daß keine Gefahr besteht, wenn der nächst kleinere Meßbereich gewählt wird, kann dieser gefahrlos gewählt werden. Weitere Experimente hierzu ab 242.



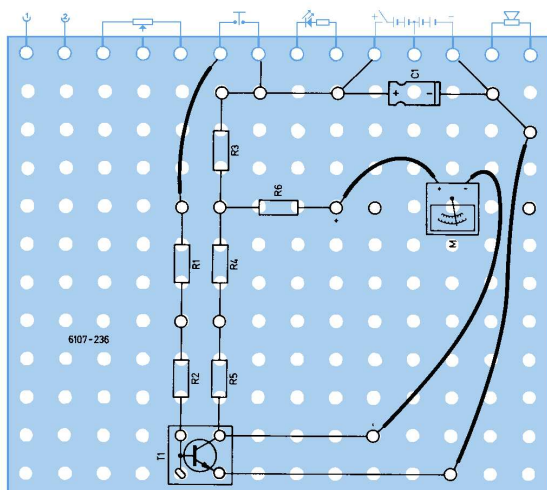
235

R1 = Metallschichtwiderstand 4.300 Ohm (gelb, orange, schw., braun, braun, rot)
 R2 = Metallschichtwiderstand 10.200 Ohm (braun, schwarz, rot, rot, braun, rot)
 R3 = Metallschichtwiderstand 35.700 Ohm (orange, grün, violett, rot, braun, rot)
 M = Meßwerk

Experiment und Wirklichkeit

Transistor-Tester

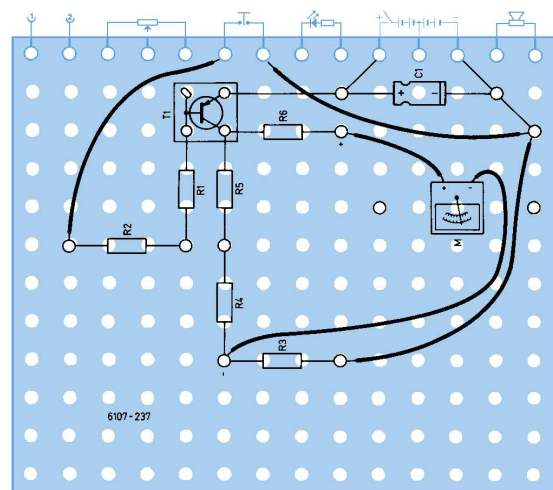
Der Stromverstärkungsfaktor eines Transistors kann innerhalb weiter Bereiche schwanken, ohne daß ein Fehler vorliegt. Mit dem Experiment **236** kann er für jeden npn-Transistor (weiß) bestimmt werden. Nach der Fertigstellung ist der zu prüfende Transistor in die Schaltung einzusetzen und der Taster im Bedienungspult zu drücken. Die Skala 0...10 zeigt den Stromverstärkungsfaktor an, es muß allerdings mit 100 multipliziert werden.



236

T1 = Prüfling npn-Transistor, weiß
 R1 = Widerstand 220.000 Ohm (rot, rot, gelb)
 R2 = Widerstand 1.000.000 Ohm (braun, schwarz, grün)
 R3 = Widerstand 1.000 Ohm (braun, schwarz, rot)
 R4 = Widerstand 100 Ohm (braun, schwarz, braun)
 R5 = Widerstand 57 Ohm (gelb, violett, schwarz)
 R6 = Metallschichtwiderstand 4.300 Ohm (gelb, orange, schw., braun, braun, rot)
 C1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
 M = Meßwerk
 Ta = Taster im Bedienungspult B

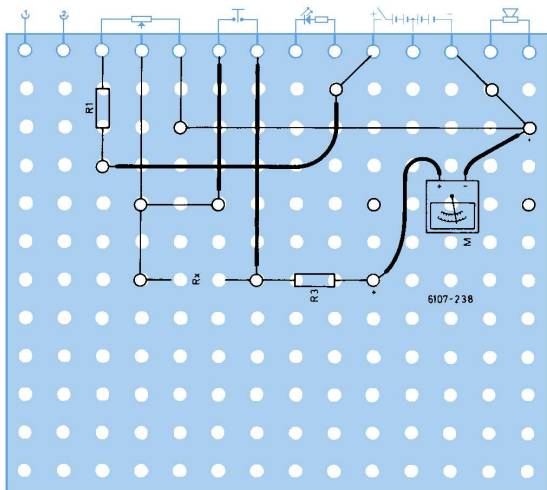
Den Stromverstärkungsfaktor für pnp-Transistoren (blau) kann man mit dem Gerät nach Experiment **237** bestimmen. Das Gerät funktioniert wie das vorige. Auch hier wird der Stromverstärkungsfaktor beim Drücken des Tasters direkt angezeigt, allerdings muß wieder mit 100 multipliziert werden.



237

T1 = Prüfling pnp-Transistor, blau
 R1 = Widerstand 220.000 Ohm (rot, rot, gelb)
 R2 = Widerstand 1.000.000 Ohm (braun, schwarz, grün)
 R3 = Widerstand 1.000 Ohm (braun, schwarz, rot)
 R4 = Widerstand 100 Ohm (braun, schwarz, braun)
 R5 = Widerstand 57 Ohm (gelb, violett, schwarz)
 R6 = Metallschichtwiderstand 4.300 Ohm (gelb, orange, schw., braun, braun, rot)
 C1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
 M = Meßwerk
 Ta = Taster im Bedienungspult B

Experiment und Wirklichkeit



238

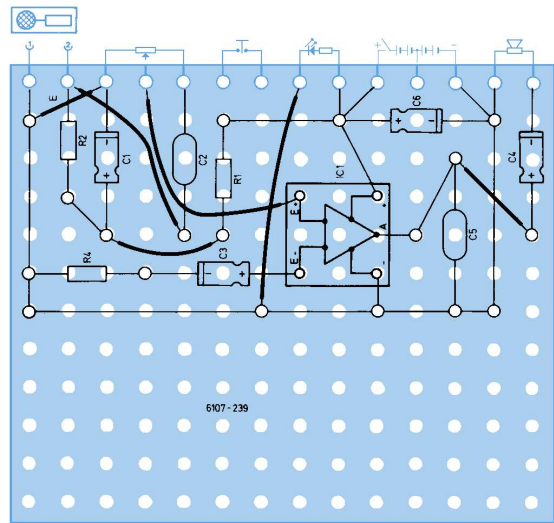
R1 = Widerstand 22.000 Ohm (rot, rot, orange)
 R2 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
 R3 = Metallschichtwiderstand 4.300 Ohm (gelb, orange, schw., braun, braun, rot)
 M = Meßwerk
 Ta = Taster im Bedienungspult B
 Eichen: siehe Seite 46.

Widerstands-Meßgerät

Ein Widerstands-Meßgerät stellt das Gerät nach Experiment 238 dar. Der zu prüfende Widerstand wird an den Klemmen Rx befestigt, und der Wert kann direkt auf der Ohmskala abgelesen werden. Das Gerät eignet sich neben dem Feststellen der Widerstandswerte auch zum Prüfen, ob elektrische Bauteile einwandfrei sind oder nicht.

Setzt man z. B. eine Diode zwischen die Klemmen Rx, ist der Widerstand in Durchlaßrichtung nahezu 0, in Sperrichtung dagegen unendlich groß. Ist das nicht der Fall, so ist die Diode zerstört. Auch Kondensatoren lassen sich prüfen: Da Kondensatoren für Gleichspannung eine Sperre darstellen, muß bei einwandfreien Kondensatoren der Widerstand ebenfalls unendlich groß sein.

Der veränderbare Widerstand eines LDR läßt sich gut ablesen, wenn der LDR als Prüfling eingesetzt wird. Bei heller Beleuchtung beträgt sein Widerstandswert ca. 500 Ω , bei Dunkelheit dagegen ein M Ω .



239

R1 = Widerstand 1.000 Ohm (braun, schwarz, rot)
 R2 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
 R3 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
 R4 = Widerstand 47 Ohm (gelb, violett, schwarz)
 C1 = Elektrolyt-Kondensator 10 μ F
 C2 = Folien-Kondensator 0,22 μ F
 C3 = Elektrolyt-Kondensator 4,7 μ F
 C4 = Elektrolyt-Kondensator 200 μ F
 C5 = Folien-Kondensator 0,1 μ F
 C6 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
 IC = Integrierter Schaltkreis, weiß
 E = Mikrofon
 La = Lautsprecher im Bedienungspult B
 LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B

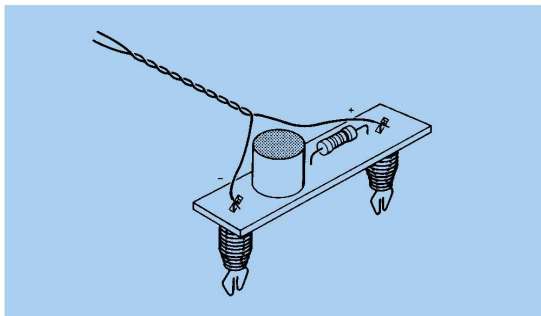
Experiment und Wirklichkeit

Mikrofonverstärker

Mikrofone lassen sich nicht direkt an Lautsprechern betreiben, sondern man muß das vom Mikrofon erzeugte Wechselspannungssignal erst verstärken. Einen Mikrofonverstärker stellt das Gerät nach Experiment **239** dar. Das Elektret-Mikrofon ist auf einem eigenen Modul mit dem zugehörigen Vorwiderstand festgelötet. Wichtig ist, daß die Polung beachtet wird. Die Kabel werden gem. der Abb. in die Außenanschlüsse 1 und 2 gesteckt. Da der Verstärker sehr empfindlich ist, sollte das Mikrofon mit einem längeren Kabel, das gut verdreht werden muß, möglichst in einem Nebenraum aufgestellt werden.

Sollte die Empfindlichkeit des Verstärkers zu groß sein, was sich durch ein verzerrtes Lautsprechersignal darstellt, so kann sie verringert werden, indem man für den Widerstand R4 einen mit größerem Wert einsetzt.

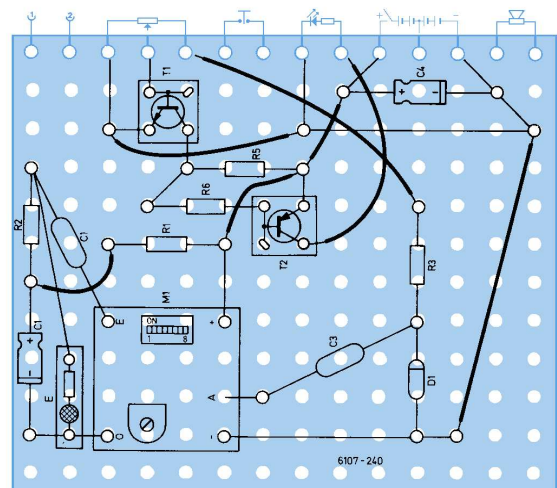
Falls nach dem Einschalten aus dem Lautsprecher ein Pfeifton zu hören ist, muß das Mikrofon weiter vom Lautsprecher entfernt befestigt werden.



Lichtorgel

Lichtorgeln sind nicht nur in jeder Disco heute eine Selbstverständlichkeit, viele Jugendliche besitzen auch eigene, mit denen die Musik des Plattenspielers oder des Kassettenrecorders in Lichteffekte umgewandelt werden.

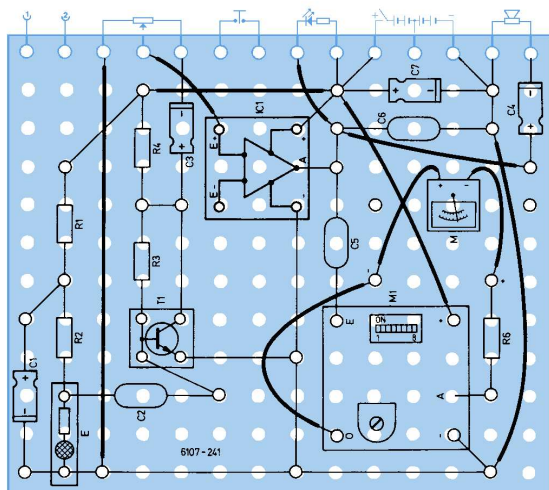
Mit dieser „Lichtorgel“ nach Experiment **240** läßt sich nicht nur Musik, sondern auch Sprache, die über das Mikrofon aufgenommen wurde, in Lichtimpulse umwandeln.



240

R1 = Widerstand	100 Ohm	(braun, schwarz, braun)
R2 = Widerstand	2.200 Ohm	(rot, rot, rot)
R3 = Widerstand	22.000 Ohm	(rot, rot, orange)
R4 = Potentiometer im Bedienungspult B	10 kOhm	
R5 = Widerstand	47.000 Ohm	(gelb, violett, orange)
R6 = Widerstand	4.700 Ohm	(gelb, violett, rot)
C1 = Elektrolyt-Kondensator	4,7 μ F	
C2 = Folien- Kondensator	0,1 μ F	
C3 = Folien- Kondensator	0,22 μ F	
C4 = Elektrolyt-Kondensator	100 μ F	
D1 = Diode		
T1 = Transistor, weiß		
T2 = pnp-Transistor, blau		
M1 = IC-Meßmodul (Schalterstellung: 2,5,8 auf ON)		
E = Mikrofon		
LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B		

Experiment und Wirklichkeit



Aussteuerungs-Anzeige

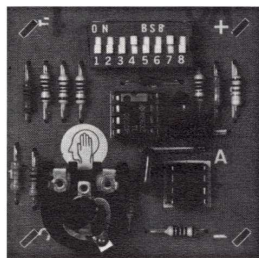
Aussteuerungs-Anzeigen, die früher unbedingt notwendig waren, um die Übersteuerung bei Tonbandaufnahmen zu vermeiden, sind heute kaum noch nötig, weil die Aufnahmen automatisch geregelt werden. Sie werden in modernen Geräten trotzdem noch eingesetzt, und zwar als Ausgangsanzeigen. Häufig benutzt man dafür LED, aber auch Zeigerinstrumente lassen sich einsetzen.

Eine solche Ausgangsanzeige stellt das Gerät nach Experiment 241 dar. Musik oder Sprache, die auf das Mikrofon treffen, lassen den Zeiger des Anzeigeinstruments je nach dem eingefallenen Signal unterschiedlich weit ausschlagen. Zum Einstellen kann man den Lautsprecher abklemmen. Besser ist es, das Mikrofon wie bei Experiment 239 außerhalb der Experimentier-Box aufzubauen.

Ist die Empfindlichkeit zu groß, was sich dadurch ausdrückt, daß der Zeiger zu weit ausschlägt, kann die durch einen in Reihe zum Widerstand R6 zu schaltenden Widerstand von 10 k Ω verringert werden.

241

- R1 = Widerstand 100 Ohm (braun, schwarz, braun)
- R2 = Widerstand 2.200 Ohm (rot, rot, rot)
- R3 = Widerstand 220.000 Ohm (rot, rot, gelb)
- R4 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
- R5 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
- R6 = Metallschichtwiderstand 4.300 Ohm (gelb, orange, schw., braun, braun, rot)
- C1 = Elektrolyt-Kondensator 10 μ F
- C2 = Folien- Kondensator 0,22 μ F
- C3 = Elektrolyt-Kondensator 4,7 μ F
- C4 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- C5 = Folien- Kondensator 0,1 μ F
- C6 = Folien- Kondensator 0,047 μ F
- C7 = Elektrolyt-Kondensator 220 μ F
- T1 = Transistor, weiß
- IC = Integrierter Schaltkreis, weiß
- M1 = IC-Meßmodul (Schalterstellung: 4,7 auf ON)
- E = Mikrofon
- M = Meßwerk
- La = Lautsprecher im Bedienungspult B
- LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B



Das IC-Meßmodul stellt eine komplette Einheit dar. Es hat 5 Anschlüsse, die über Klemmen nach außen geführt werden:

- E = Eingang
- A = Ausgang (am Gabelkontakt)
- + = + 9 V Batteriespannung (UB)
- = -Anschluß der Batterie
- 0 = Bezugspunkt 1/2 UB

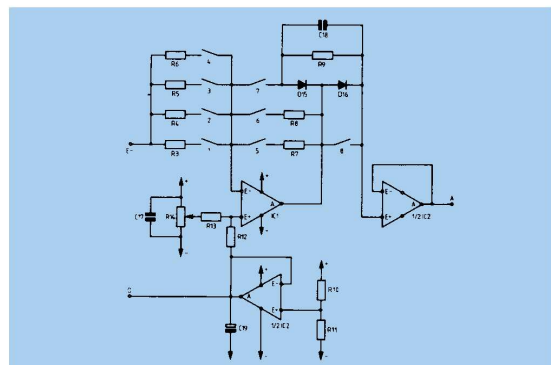
Das Trimpoti R14 auf dem IC-Meßmodul dient zum Nullpunktabgleich, die Einzelheiten des Abgleichs werden bei den Geräten beschrieben.

Die Programmschalter 1 bis 8 werden zur Wahl des Meßbereichs und der Spannungsart benötigt:

Gleichspannung		
Schalter auf ON	Endausschlag	Verstärkungsfaktor
1, 5, 8	1 mV	1000
2, 5, 8	10 mV	100
3, 5, 8	0,1 V	10
4, 5, 8	1 V	1
1, 6, 8	3 mV	300
2, 6, 8	30 mV	30
3, 6, 8	0,3 V	3
4, 6, 8	3 V	0,3

Wechselspannung		
Schalter auf ON	Endausschlag	Verstärkungsfaktor
1, 7	1 mV	1000
2, 7	10 mV	100
3, 7	0,1 V	10
4, 7	1 V	1

Das IC-Meßmodul



Die aktiven Bauelemente des IC-Meßmoduls sind zwei IC. Das IC1 ist ein Feldeffekt-Operationsverstärker, der als invertierender Verstärker geschaltet ist. Sein Eingang ist hochohmig. Die Schalter mit dem Widerstandsnetzwerk stellen die Gegenkopplung zu diesem IC dar.

Die Eingangswiderstände R3 bis R6 bestimmen mit R7 und R8 den Verstärkungsfaktor. Er ist 1000-fach, wenn die Schalter 1, 5 und 8 auf ON gestellt werden und damit R3 im Eingangsstromkreis liegt. Ist R4 eingeschaltet, beträgt die Verstärkung 100, bei R5 ist sie 10fach bei R6 nur noch einfach.

Werden die Schalter 1 und 7 auf ON gestellt, erfolgt eine Gleichrichtung bei Wechselspannung.

In dieser Funktion wirkt er als Meßgleichrichter. Der Kondensator C18 dient zur Glättung der gleichgerichteten Spannung.

Die eine Hälfte des IC2 dient als Spannungsquelle zur Festlegung eines künstlichen Nullpunktes von +4,5 V (= 1/2 UB). Die Spannung wird erzeugt durch Teilung der Betriebsspannung und liegt am Anschluß 0 an.

Die zweite Hälfte des IC2 stellt einen Impedanzwandler dar. Er hat einen Verstärkungsfaktor von 1, und an seinem Ausgang liegt das Signal ohne Phasendrehung vor. Ein am Eingang E liegendes Signal liegt damit am Ausgang A des Moduls mit entgegengesetzter Polarität (invertiert) vor.

Meßtechnik

Das Mikrofonmodul



Das Mikrofonmodul enthält ein Elektret-Mikrofon mit dem zugehörigen Vorwiderstand. Die Polung für die Versorgungsspannung ist auf der Platine angegeben.

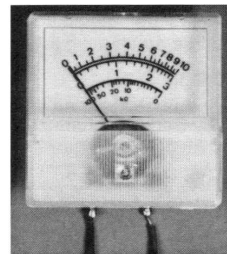
Elektret-Mikrofone sind erst seit einigen Jahren in Gebrauch. Kern eines solchen Mikrofons sind Elektrete. Das sind bestimmte Harze, die in geschmolzenem Zustand einem elektrischen Feld ausgesetzt werden. Die in den Harzen enthaltenen elektrischen Dipole richten sich nach diesem Feld aus, und nach dem Erkalten bleiben sie in dieser Ausrichtung erhalten.

Es geht von den Elektreten ein elektrisches Feld aus, das mit dem Magnetfeld eines Magneten zu vergleichen ist. Die Membran des Mikrofons wird aus diesem Material hergestellt, und zusammen mit einer Metallplatte bildet sie einen Kondensator. Wird die Membran durch auftreffende Schallwellen in Schwingungen versetzt, ändert sich die Kapazität und damit die Ladung des Kondensators, und an den Elektroden kann eine Wechselspannung abgenommen werden.

Meßtechnik

In elektrischen oder elektronischen Schaltungen lassen sich die Vorgänge nicht direkt beobachten, sondern nur indirekt verfolgen, z.B. mit einem Meßgerät. Man schaltet dazu das Meßgerät in den Stromkreis und macht die Größe des elektrischen Stroms auf dem Anzeigeinstrument sichtbar.

Der Meßvorgang selbst liefert die Meßzahl, und aus dem Produkt der Meßzahl und der Maßeinheit ergibt sich die physikalische Größe.



Als Instrumente verwendet man oft Drehspulinstrumente, bei denen der Zeigerausschlag auf der Ablenkung einer Drehspule des Meßwerks beruht. Bei der Benutzung dieser Geräte muß man einige Besonderheiten beachten: Jedes Meßgerät besitzt eine bestimmte Toleranz, d.h., der angezeigte Wert kann um die angegebene Toleranz schwanken. Ein Beispiel: Ein Meßgerät hat eine Toleranz von 5%. Diese Toleranz bezieht sich dann auf den Skalenendwert. Beträgt z.B. der Meßbereich 10 V, dann ist die Abweichung 5% von 10 V = 0,5 V. Bei einer gemessenen Spannung von 10 V kann sie zwischen 9,5 V und 10,5 V liegen.

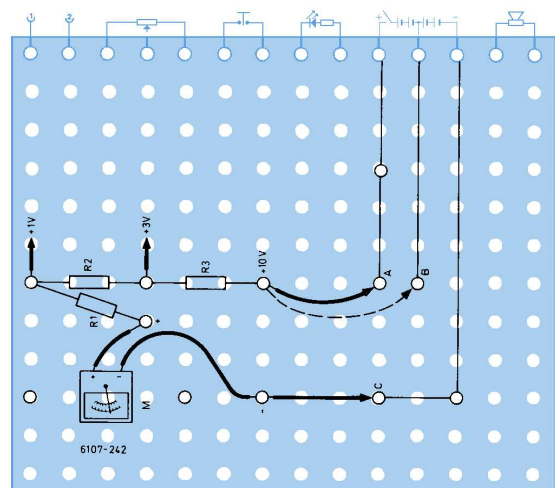
Dieselbe Abweichung kann aber auch auftreten bei einer gemessenen Spannung von 1 V, und zwar liegt der Wert dann zwischen 0,5 V und 1,5 V. Aus diesem Beispiel wird deutlich, daß man möglichst immer am Skalenende mißt und nicht am Anfang.

Man beginnt bei Messungen unbekannter Größen allerdings immer mit dem größten Meßbereich, um Beschädigungen zu vermeiden. Denn prallte der Zeiger mit großer Geschwindigkeit gegen den Anschlag, könnte er verbiegen oder, im schlimmsten Fall, würde das Gerät zerstört werden.

Spannungsmessungen

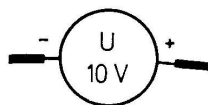
Mit dem Experiment 235 lassen sich Spannungsmessungen durchführen. Dabei ist zu beachten, daß ein Spannungsmeßgerät – auch Voltmeter genannt – immer parallel zum Stromkreis an die Punkte gelegt werden muß, zwischen denen die Spannung gemessen werden soll.

Am einfachsten läßt sich das mit Experiment **242** durchführen. Der rote Draht des Meßwerks wird in die Klemme + und der dunkle Draht in die Klemme – gesteckt. Verbindet man dann die Minusklemme mit Minus der Batterie (Klemme C) und Plus 10 V mit Klemme A oder B, zeigt das Instrument 4,5 V bzw. 9 V an, wenn Batterien verwendet werden. Beim Netzadapter schlägt es nur bei Punkt A aus. Auch zwischen den Klemmen A und B – es muß umgepolt werden – zeigt das Instrument 4,5 V Spannung an, wenn Batterien benutzt werden.



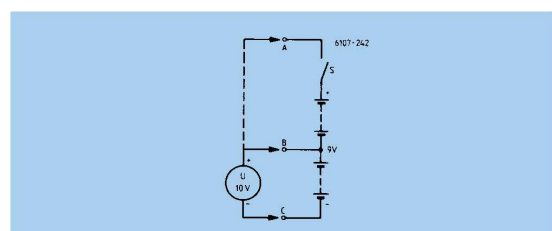
Anstelle des kompletten Verdrahtungsplans (wie 235) wird bei den folgenden Experimenten das vollständige Spannungsmeßgerät – einschließlich der Vorwiderstände – nur noch durch das Schaltsymbol dargestellt:

Schaltsymbol Spannungsmeßgerät
(Meßbereich 10 V)



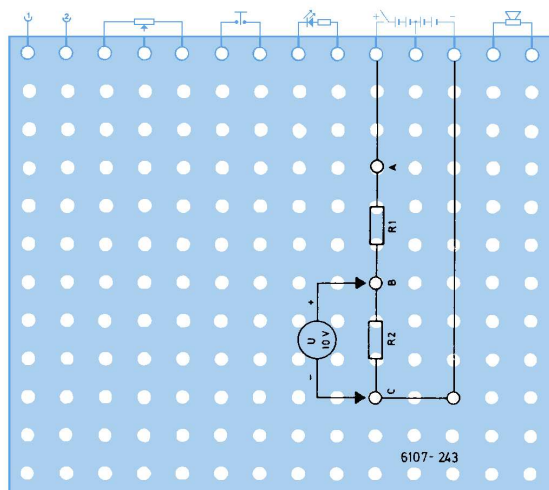
Im Schaltsymbol ist der zu benutzende Meßbereich eingetragen. Das heißt, man verbindet Minus mit Minus und Plus mit Plus (10 V, 3 V oder 1 V) des angegebenen Meßbereichs.

242 Voltmeter 235, 10 V



Meßtechnik

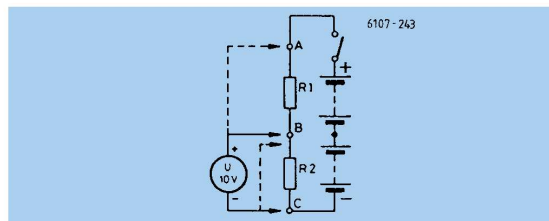
Im Experiment **243** ist eine Reihenschaltung von Widerständen dargestellt. Die theoretisch zu errechnenden Werte von 2,8 V an R1 (Minus an B, + 10 V an A) und 6,2 V an R2 (Minus an C, + 10 V an B) lassen sich mit dem Spannungsmessgerät (Exp. 235) nachprüfen, ebenso wie die Gesamtspannung von 9 V zwischen A und C zu messen ist.



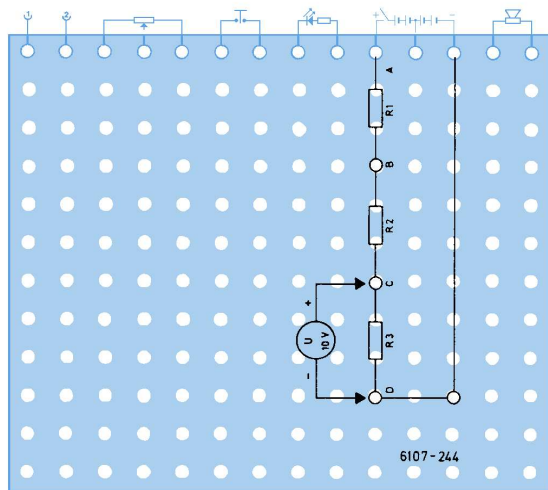
243

Voltmeter 235, 10 V

R1 = Widerstand 1.000 Ohm (braun, schwarz, rot)
R2 = Widerstand 2.200 Ohm (rot, rot, rot)



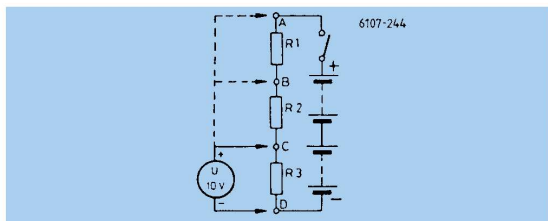
Die Gesamtspannung wird im Experiment **244** in drei Teilspannungen aufgeteilt. Wird nacheinander mit dem Voltmeter nach Exp. 235 zwischen den Klemmen AB, BC und CD gemessen, ist der Nachweis erbracht, daß die Summe dieser drei Teilspannungen der Gesamtspannung 9 V zwischen A und D entspricht.



244

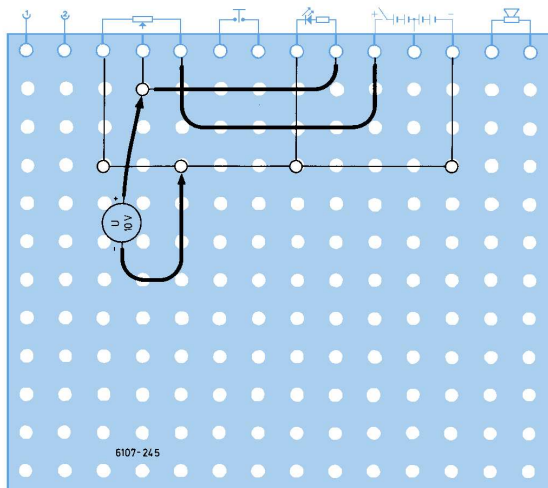
Voltmeter 235, 10 V

R1 = Widerstand 1.000 Ohm (braun, schwarz, rot)
R2 = Widerstand 2.200 Ohm (rot, rot, rot)
R3 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)



Meßtechnik

Die Spannungsteilung am Potentiometer kann im Experiment **245** mit dem Meßgerät (Exp. 235) überprüft werden. Dazu schließt man das Meßgerät parallel zur LED an und betätigt den Drehknopf des Potis.

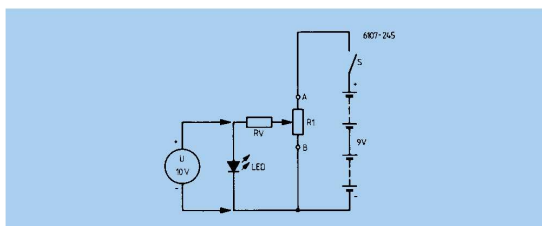


245

Voltmeter 235, 10 V

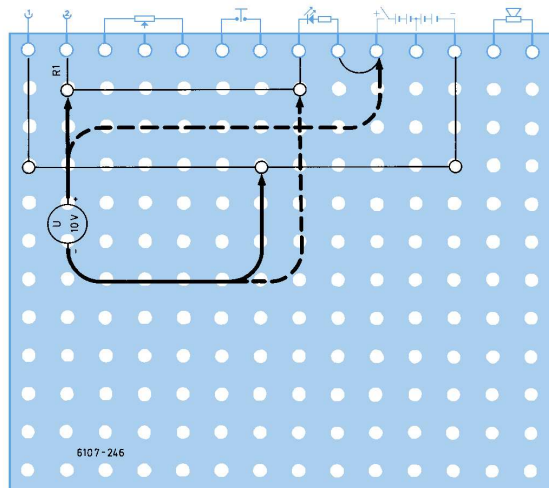
R1 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 k Ω m

LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B



Spannungsmessungen am LDR lassen sich nach Experiment **246** durchführen, indem man das Instrument (Exp. 235) parallel zum LDR an den beiden Klemmen auf der Grundplatte anschließt.

Mißt man auch noch die Spannung, die über der LED abfällt, ergeben beide Teilspannungen wieder die Gesamtspannung.

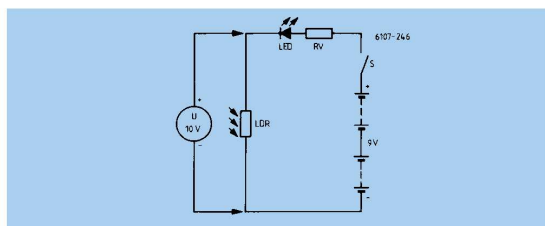


246

Voltmeter 235, 10 V

R1 = LDR in den Außenanschlüssen

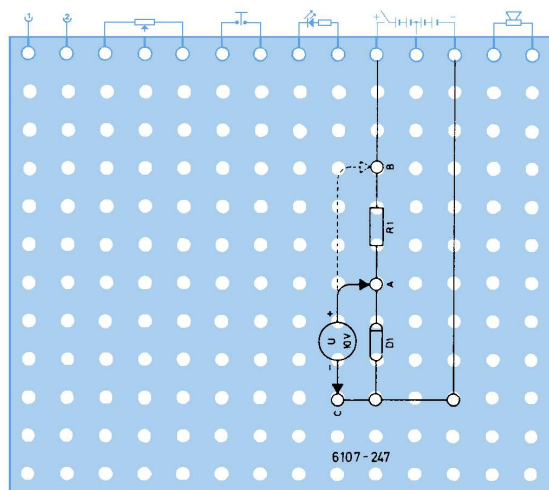
LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B



Meßtechnik

An einer Diode können Spannungsmessungen mit den folgenden Experimenten durchgeführt werden. Ist die Diode wie im Experiment **247** in Sperrichtung geschaltet, fällt sowohl am Meßpunkt A als auch an B die volle Betriebsspannung ab.

In Durchlaßrichtung geschaltet wie im Experiment **248** mißt man direkt über der Diode (Meßpunkt A) 0,7 V, am Punkt B eine Spannung von 9 V. Die 0,7 V bezeichnet man als Antidiffusionsspannung, und sie ist bestimmt durch das Halbleitermaterial Silizium, aus dem die Diode hergestellt wurde.



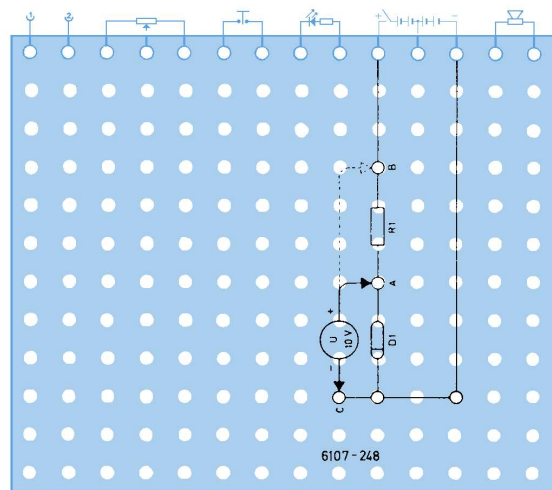
247

Voltmeter 235, 10 V

R1 = Widerstand

470 Ohm (gelb, violett, braun)

D1 = Diode



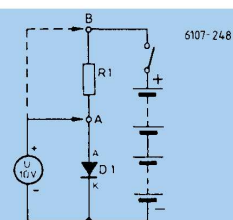
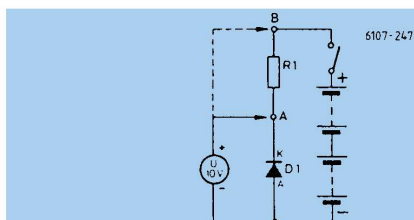
248

Voltmeter 235, 10 V

R1 = Widerstand

470 Ohm (gelb, violett, braun)

D1 = Diode



Es lassen sich übrigens in jedem Experiment Spannungsmessungen durchführen. Zu beachten ist nur folgendes: Die drei Widerstände für die drei Meßbereiche (wie in Experiment 235) müssen neben den Experimenten auf der Grundplatte aufgebaut werden. Das Anzeigeinstrument dagegen muß nicht unbedingt mit auf der Grundplatte befestigt sein.

Es sollte immer mit dem Meßbereich 10 V begonnen werden, und es ist immer die Polung des Meßgeräts zu berücksichtigen.

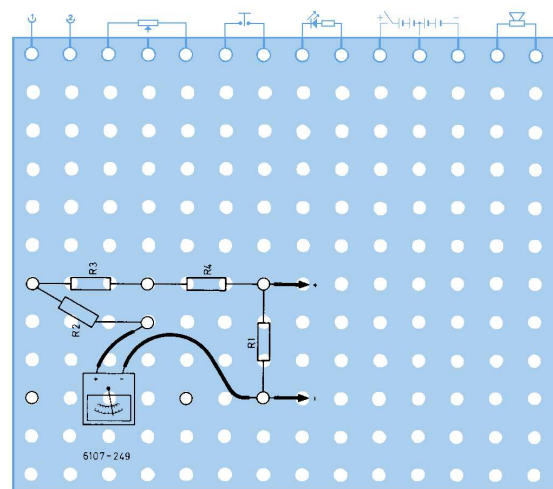
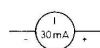
Stromstärkemessungen

Um die Stärke des elektrischen Stroms zu messen, muß durch das Meßgerät immer derselbe Strom fließen, der auch im Stromkreis fließt. Deshalb ist ein Stromstärkemeßgerät – auch Amperemeter genannt – immer in Reihe in den Stromkreis zu schalten. Es wird in Experiment **249** aufgebaut.

Da durch das Meßwerk ohne Vorwiderstände bei Vollauschlag $150\ \mu\text{A}$ fließen, darf dieser Wert bei keiner Stromstärkemessung überschritten werden. Das erreicht man, indem man durch das Meßwerk diesen maximalen Strom fließen läßt und den Rest durch einen Parallelwiderstand, den Shunt. Dieser Shunt bestimmt also den Meßbereich.

Anstelle des kompletten Amperemeters wird bei den folgenden Experimenten das vollständige Stromstärkemeßgerät einschließlich der Vorwiderstände und des Shunts nur noch durch das Schaltsymbol dargestellt. Im Schaltsymbol steht der Meßbereich 30 mA. Abzulesen auf der mittleren Skala. Der Wert ist mit 10 zu multiplizieren.

Schaltsymbol Stromstärkemeßgerät
(Meßbereich 30 mA)



249

R1 = Widerstand

R2 = Widerstand

R3 = Widerstand

R4 = Widerstand

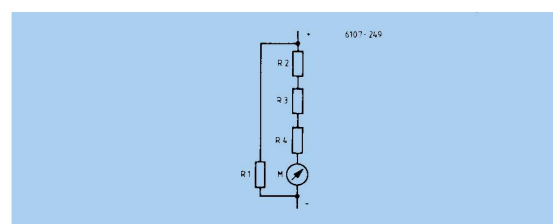
M = Meßwerk

10 Ohm (braun, schwarz, schwarz)

100 Ohm (braun, schwarz, braun)

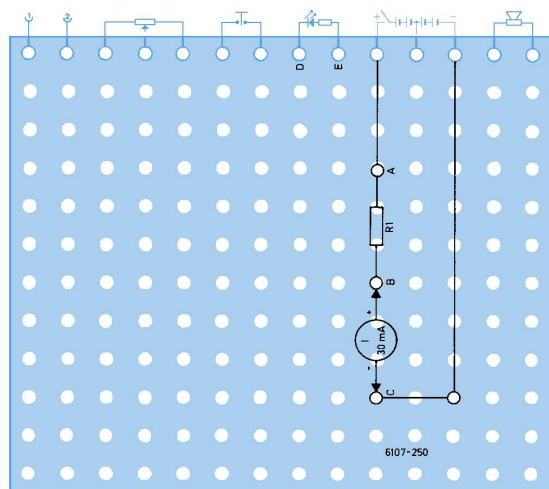
220 Ohm (rot, rot, braun)

470 Ohm (gelb, violett, braun)



Meßtechnik

Im Experiment **250** wird der Strom gemessen, der durch einen Widerstand von $1\text{ k}\Omega$ fließt. Er beträgt ca. 9 mA .

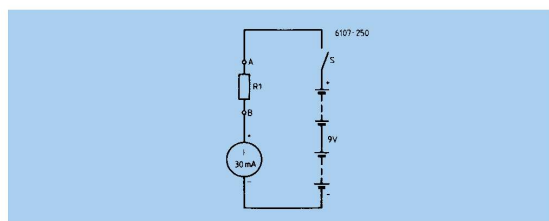


250

Amperemeter 249, 30 mA

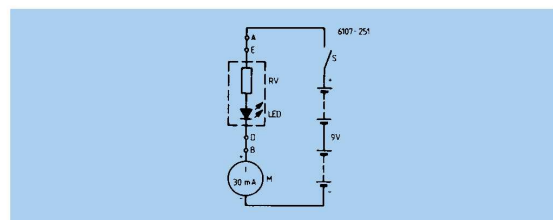
R1 = Widerstand 1.000 Ohm (braun, schwarz, rot)

LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B

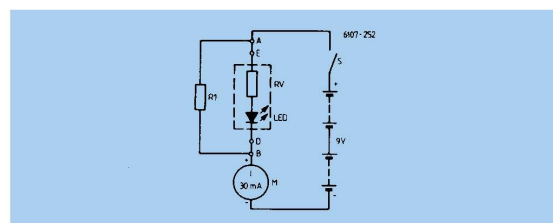


Der durch die LED fließende Strom wird im Experiment **251** gemessen.

Dazu entfernt man den Widerstand R1 und verbindet A mit E und B mit D. Die Stromstärke beträgt etwa 15 mA .



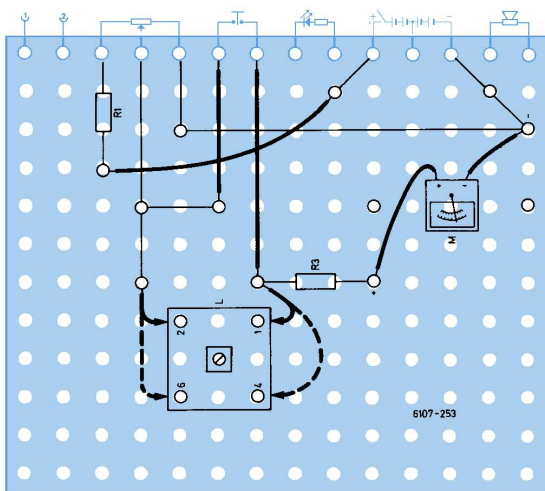
Fließt der Strom durch zwei parallele Widerstände, so addieren sich die Teilströme ($9 + 15 = 24\text{ mA}$). Das wird im Experiment **252** nachgewiesen wenn der Widerstand R1 wieder zwischen A und B eingesetzt wird und damit parallel zur LED liegt.



Widerstandsmessungen

Mit dem Gerät nach Experiment 238 wurden bereits einige Widerstandsmessungen durchgeführt. Weitere lassen sich im Experiment **253** an der Spule (rot) vornehmen.

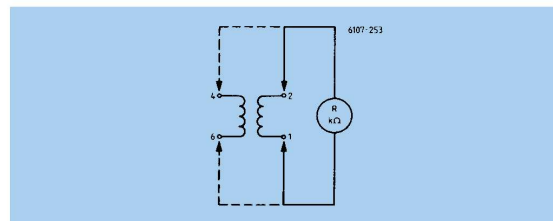
Es kann zwischen den Anschlüssen 1 und 2 bzw. 4 und 6 ein sehr kleiner Widerstand gemessen werden (untere Skala). Zwischen 1 und 4 bzw. 2 und 6 dagegen ist der Widerstand unendlich groß, woraus man den Beweis ableiten kann, daß die beiden Wicklungen gegeneinander isoliert sind.



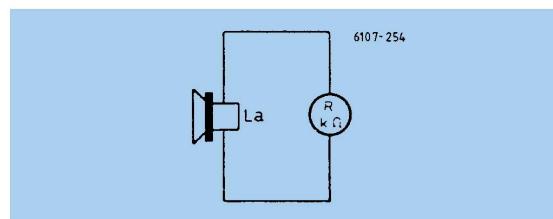
253

Widerstands-Meßgerät 238

L = Spule, rot



Mißt man im Experiment **254** den Widerstand der Spule im Lautsprecher (dazu muß er übrigens nicht ausgebaut werden, sondern man mißt direkt an der Klemmenleiste auf dem Bedienungspult), so stellt man einen sehr kleinen Widerstand fest. Er entspricht nicht dem auf dem Lautsprecher angegebenen Wert von $8\ \Omega$. Denn bei diesem handelt es sich um einen Wechselstromwiderstand, der nicht so ohne weiteres mit dem Instrument erfaßt werden kann.



254

Widerstands-Meßgerät 238

La = Lautsprecher im Bedienungspult B

Von Experten für Experten

Messen nichtelektrischer Größen

Bei den Messungen, die im Abschnitt Meßtechnik vorgenommen wurden, handelte es sich um elektrische Größen. Sie konnten direkt auf dem Anzeigeinstrument dargestellt werden. Viele der Messungen mit den Sensoren in den Experimenten 214 bis 241 aber mußten auf andere Art durchgeführt werden: Es waren nichtelektrische Größen erst in elektrische umzuwandeln, und danach ließen sie sich auf dem Anzeigeinstrument sichtbar machen.

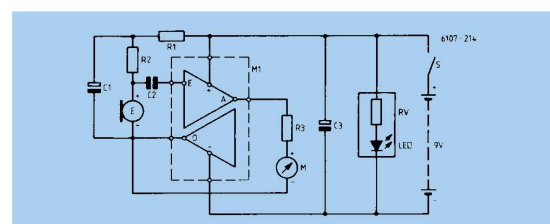
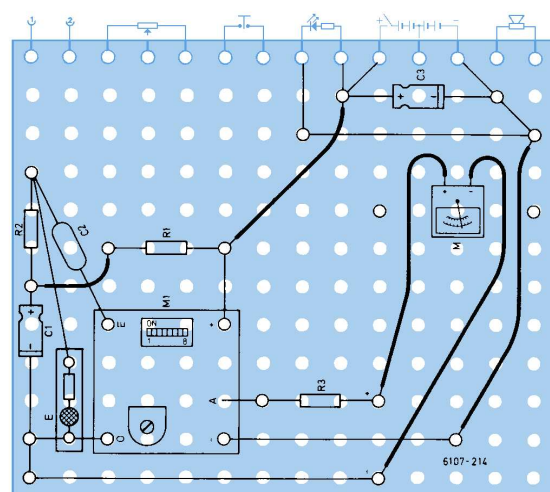
Bei Temperaturmessungen z. B. ist man daran gewöhnt, daß sich Temperaturveränderungen auf ein Quecksilber- bzw. Alkoholvolumen auswirken und eine Volumensänderung hervorrufen. Sie kann dann auf der Skala abgelesen werden. Mißt man mit einem elektronischen Gerät, muß mit einem geeigneten Fühler die Temperaturänderung in eine elektrische Größe umgewandelt werden, und erst diese läßt sich dann digital oder analog darstellen.

Schallwellen treffen auf ein Mikrofon und rufen dort durch Druckschwankungen Spannungsänderungen hervor. Sie sind ohne weiteres auf einem Instrument anzuzeigen. Lichtschwankungen rufen am LDR Widerstandsänderungen hervor, und über den sich ändernden Widerstand fallen am LDR unterschiedliche Spannungen ab, die sich auch wieder auf dem Instrument sichtbar machen lassen.

So wie an diesen Beispielen aufgezeigt wurde, lassen sich nichtelektrische Größen umwandeln und als elektrische darstellen, sofern man einen geeigneten Fühler besitzt.

214 Schallmeßgerät

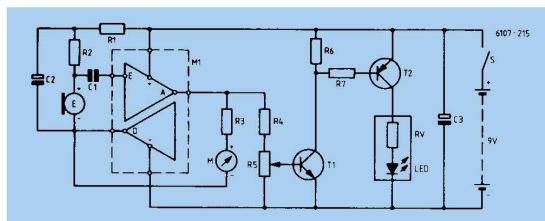
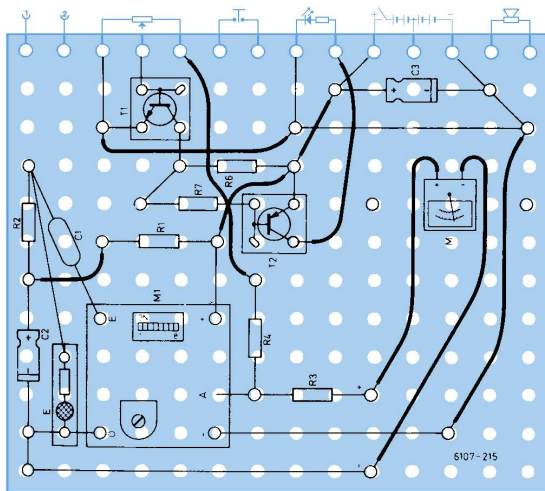
Die auf das Elektret-Mikrofon treffenden Schallwellen erzeugen eine Wechselspannung, die über C2 dem Eingang E des IC-Meßmoduls M1 zugeführt wird. Das IC ist als Wechselspannungsverstärker geschaltet. Das vom Mikrofon kommende Signal wird verstärkt, gleichgerichtet und dann dem Anzeigeinstrument zugeführt.



215 Schallpegel-Warngerät

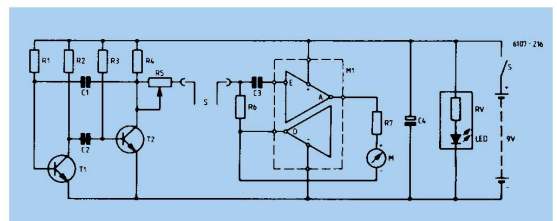
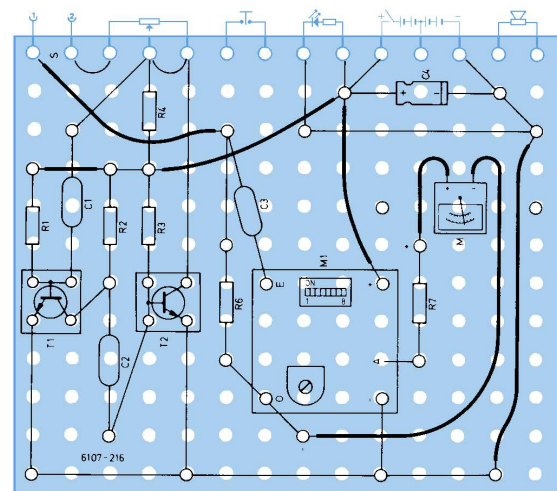
Die vom Elektret-Mikrofon kommende Wechselspannung gelangt über den Kondensator C1 auf den Eingang des IC-Meßmoduls M1. Sie wird gleichgerichtet und dem Anzeigeelement zuggeführt.

Mit dem Poti R5 läßt sich die Basisspannung für T1 einstellen: Liegt an der Basis eine Spannung von ca. 0,7 V, leitet T1, und T2 erhält über T1/R7 ebenfalls Basisspannung. Er leitet, und die LED leuchtet.



216 Meßgerät für Wasserhärte

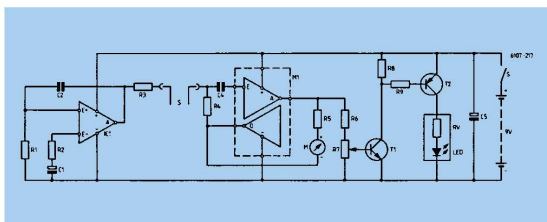
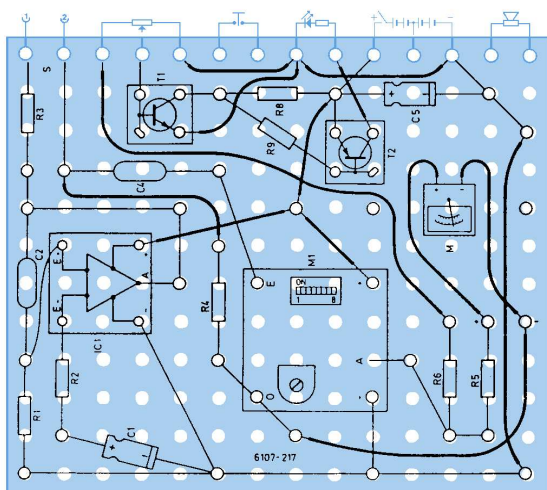
Die Transistoren T1 und T2 stellen einen astabilen Multivibrator dar, der mit einer Frequenz von ca. 300 Hz schwingt. Diese Wechselspannung gelangt über den Sensor in Abhängigkeit von der Leitfähigkeit mehr oder weniger stark zum Widerstand R6, wo sie einen mehr oder weniger großen Spannungsabfall hervorruft. Diese Spannung gelangt auf das als Wechselspannungsverstärker geschaltete IC-Meßmodul M1, wo sie gleichgerichtet und am Ausgang dem Anzeigeelement zuggeführt wird.



Von Experten für Experten

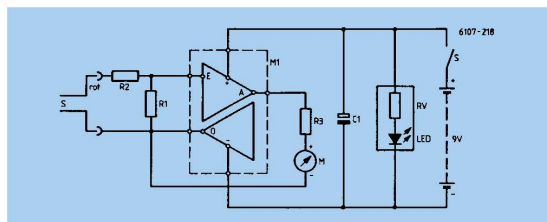
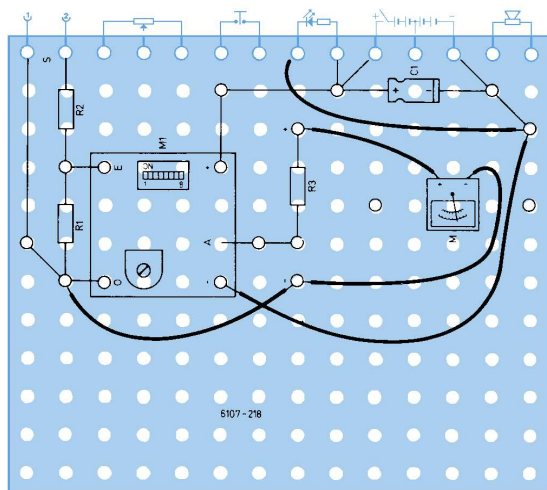
217 Warngerät für Wasserverschmutzung

Das IC1 stellt einen astabilen Multivibrator dar. Die von ihm erzeugte Wechselspannung gelangt über R3 zum Sensor. Mit zunehmender Leitfähigkeit der Flüssigkeit steigt der Spannungsabfall an R4. Diese Spannung gelangt über C4 auf das als Meßgleichrichter geschaltete IC-Meßmodul M1. An seinem Ausgang liegt das Poti R7, mit dem die Basisvorspannung für T1 eingestellt wird. Ist sie erreicht (0,7 V), leitet T1 und damit erhält auch T2 Basisspannung, und die LED leuchtet.



218 pH-Meßgerät

Das pH-Meßgerät ist aus einem Gleichspannungsverstärker (IC-Meßmodul M1) aufgebaut, an dessen Eingängen E und O der Sensor, und an dessen Ausgang das Anzeigeinstrument liegt.



Von Experten für Experten

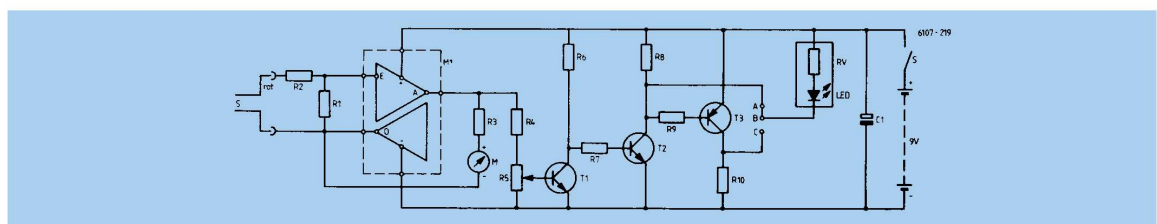
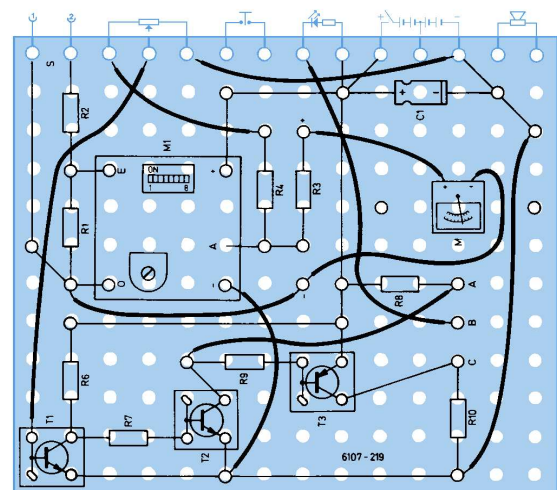
Mit dem Trimpoti auf dem IC-Meßmodul wird der Nullpunkt auf Stellung 7 des Anzeigeinstruments eingestellt. Daß der Zeiger bei den Messungen in Abhängigkeit vom pH-Wert um diesen Nullpunkt herum anzeigt, liegt an den beiden Metallen, die für die Fühler verwendet wurden: Eines der Metalle für den Sensor ist Aluminium, das andere Zink. Aluminium ist ein chemisches Element, das amphoter reagiert, d. h., es verhält sich sowohl wie ein Metall, als auch wie ein Nichtmetall. Da Metalle und Nichtmetalle unterschiedlich mit Säuren und Basen reagieren, schlägt der Zeiger des Anzeigeinstruments nach verschiedenen Seiten aus.

Soll ein ansteigender pH-Wert angezeigt werden, wird mit dem Poti R5 so eingestellt, daß die Basisvorspannung für T1 unterschritten ist. Steigt der pH-Wert, steigt die Basisvorspannung an T1, er leitet und T2 sperrt. Wenn T2 gesperrt ist, leitet auch T3 nicht, und die LED liegt über BC und R10 an Masse.

219 pH-Warngerät

Das pH-Warngerät besteht aus einem Gleichspannungsverstärker (IC-Meßmodul M1). Ihm nachgeschaltet sind die Transistoren T1 bis T3, die die Überschreitung bzw. Unterschreitung des eingestellten pH-Werts durch die LED anzeigen lassen sollen.

Mit dem Poti R5 wird die Basisvorspannung des Transistors T1 eingestellt. Nimmt man einmal an, daß ein fallender pH-Wert angezeigt werden soll (Klemmen AB verbunden), dann leitet zunächst T1, und T2 ist gesperrt. Wird mit sinkendem pH-Wert die Basisvorspannung an T1 kleiner, sperrt T1 schließlich. Nun leitet T2, und die LED erhält über die Klemmen AB und T2 Masse, so daß sie leuchtet.



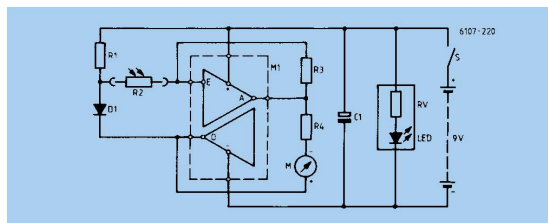
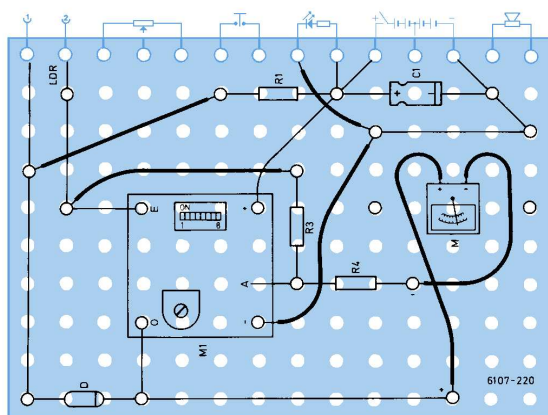
Von Experten für Experten

220 Luxmeter

In der Schaltung des Luxmeters wird die Tatsache ausgenutzt, daß sich die Widerstandsänderung an einem LDR proportional zur Helligkeitsänderung verhält.

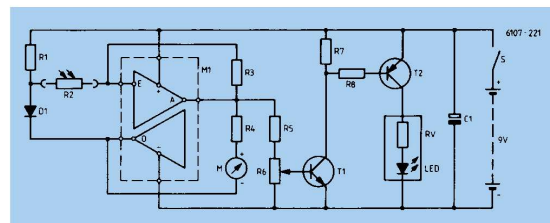
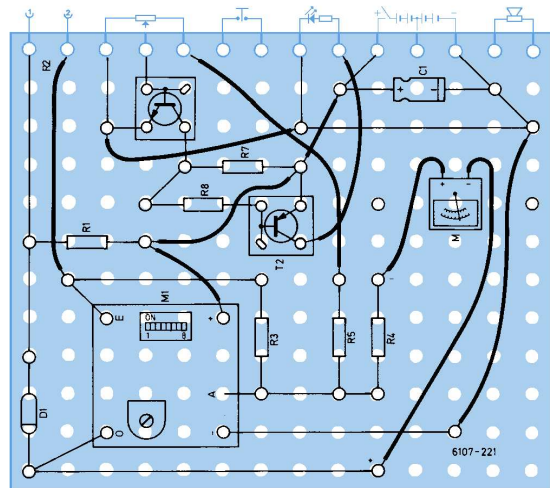
Die Diode D1 liefert eine Spannung von 0,7 V am Eingang E. Über eine externe Gegenkopplung vom Eingang E zum Ausgang wird erreicht, daß eine Widerstandsänderung am LDR eine entsprechende Spannungsänderung am Eingang des IC-Meßmoduls M1 hervorruft.

Bei ca. 30 Lux hat der LDR einen Widerstand von etwa 2 k Ω , und bei diesem Widerstand ist die am LDR erzeugte Spannung so groß, daß das Anzeigeinstrument voll ausschlägt. Fällt die Helligkeit ab, steigt der Widerstand des LDR, und die Spannung am Eingang sinkt, was einen geringeren Ausschlag am Instrument nach sich zieht.



221 Dämmerungsschalter

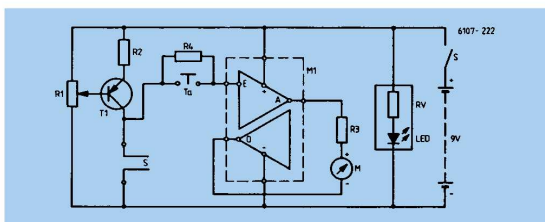
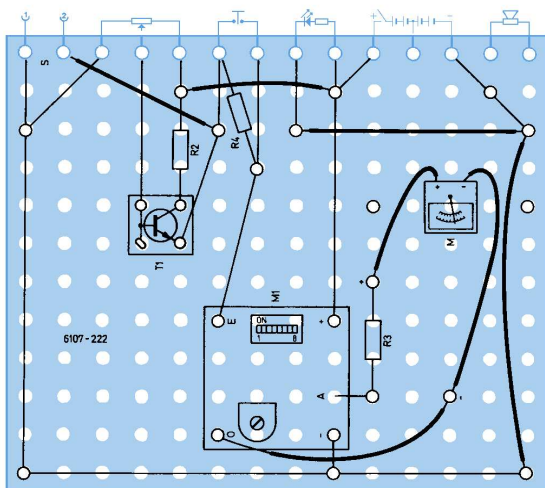
Der Dämmerungsschalter enthält Schaltungselemente des Luxmeters. Zusätzlich aber ist dem IC-Meßmodul M1 eine Schaltstufe nachgeschaltet, mit der die LED bei sinkender Helligkeit eingeschaltet wird. Wenn bei abnehmender Helligkeit die Spannung am Ausgang A des IC-Meßmoduls ansteigt und die mit dem Poti R6 eingestellte Schaltschwelle überschritten wird, leitet T1. Dann leitet auch T2, und die LED leuchtet.



222 Hautwiderstands-Tester

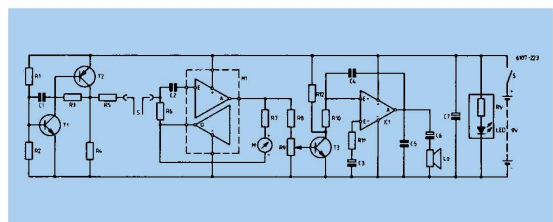
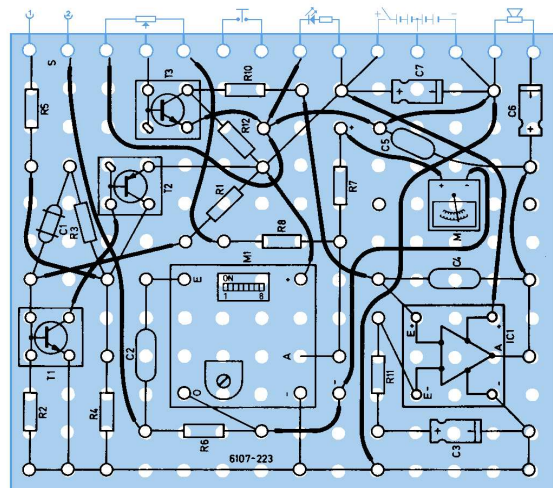
Beim Hautwiderstands-Tester wird über das Poti R1 und den Transistor T1 ein fester Strom eingestellt (Konstantstromquelle). Am Sensor fällt über den Hautwiderstand eine Spannung ab. Wird der Hautwiderstand kleiner (feuchte Haut), sinkt die Spannung, und über den invertierenden Meßverstärker M1 zeigt das Meßgerät einen höheren Wert an. Bei trockener Haut ist die vom Meßgerät angezeigte Spannung geringer.

Mit dem Taster Ta läßt sich die Empfindlichkeit erhöhen, weil der Widerstand R4 überbrückt wird.



223 Feuchtigkeitswarner

Die Transistoren T1 und T2 stellen einen astabilen Multivibrator dar, der mit einer Frequenz von ca. 300 Hz schwingt. Ist die Feuchtigkeit groß genug, gelangt eine hohe Wechselspannung auf den Eingang des IC-Meßmoduls M1. Übersteigt die am Ausgang des Moduls entstehende positive Spannung die am Poti R3 eingestellte Basisvorspannung für T3, leitet er. Nun liegt der Eingang E+ des IC1 an Masse, und das als astabiler Multivibrator geschaltete IC1 beginnt zu schwingen. Der Lautsprecher strahlt den Warnton ab.

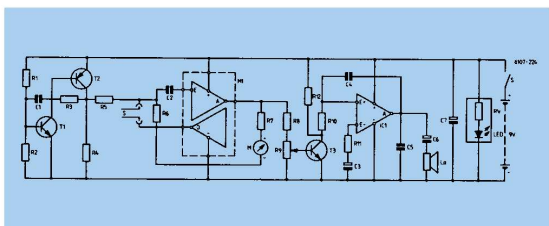
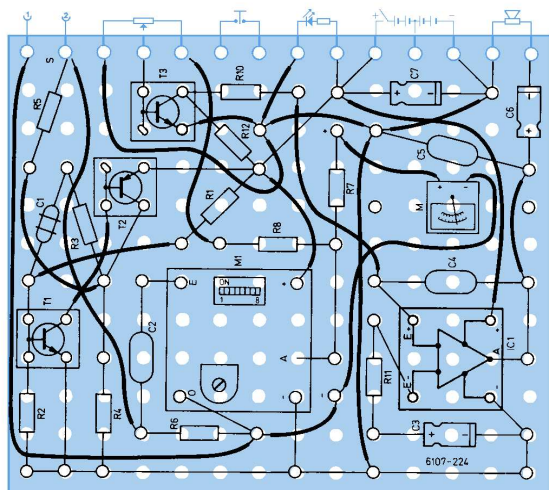


Von Experten für Experten

224 Trockenheitswarner

Die beiden Transistoren T1 und T2 stellen einen astabilen Multivibrator dar. Ist der Sensor von großer Feuchtigkeit umgeben, wird der Widerstand R6 nahezu kurzgeschlossen, und am Eingang E des IC-Meßmoduls M1 liegt eine niedrige Wechselfspannung. Je geringer die Feuchtigkeit am Sensor

ist, desto größer wird die Spannung, die über R5 dem Eingang zugeführt wird. Diese Spannung wird verstärkt, gleichgerichtet und am Ausgang A abgenommen. Ist sie so groß, daß der mit dem Poti R9 eingestellte Wert überschritten wird, leitet T3. Nun liegt der Eingang E+ des IC1 an Masse, und das als astabiler Multivibrator geschaltete IC1 beginnt zu schwingen. Der Ton wird vom Lautsprecher abgestrahlt.



225/226 Zimmerthermometer

Jede Diode, die in Durchlaßrichtung betrieben wird, hat einen Temperaturgang. Das bedeutet, daß die Durchlaßspannung je °C um einen bestimmten Wert abnimmt, bei dieser Diode um ca. 2 mV/°C. Dieser Effekt wird im Temperatur-Meßfühler (S) ausgenutzt, der in der Spitze eine Diode enthält.

Die Diode D1 dient zur Erzeugung einer Referenzspannung, d. h. einer Vergleichsspannung. Da auch diese Diode einen Temperaturgang besitzt, muß ihre Temperatur konstant bleiben.

Kühlt die Diode im Sensor ab, steigt die dem Eingang des IC-Meßmoduls M1 zugeführte Spannung. Gleichzeitig sinkt die Spannung am Ausgang, und die Anzeige fällt.

Der Nachteil dieses Experiments besteht darin, daß sich die Referenzdiode im gleichen Maße abkühlt wie die Sensordiode, wenn beide im gleichen Raum sind. Das führt dazu, daß keine Anzeige erfolgen kann.

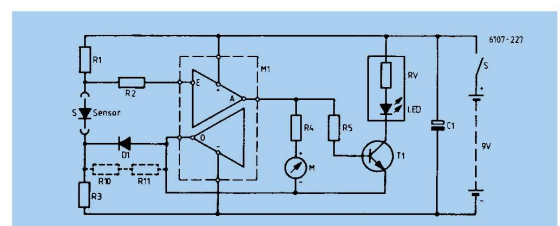
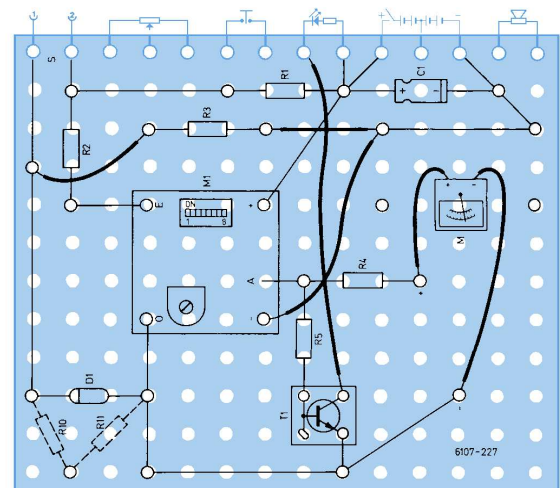
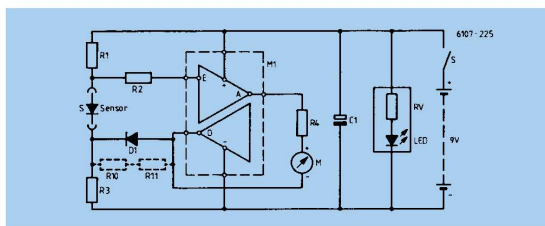
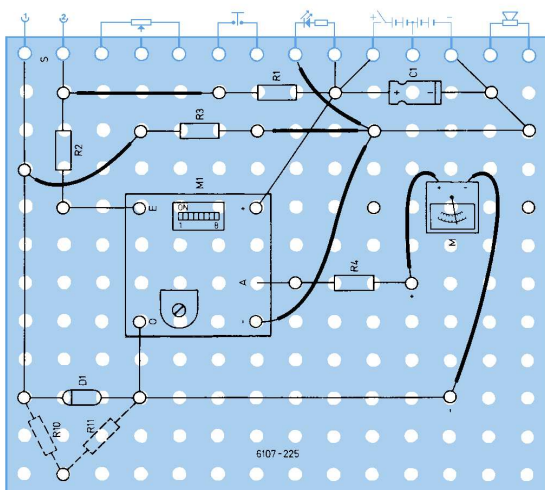
Durch den Austausch der Diode D1 im Experiment 226 gegen einen Widerstand wird das Zimmerthermometer unempfindlich gegen Temperaturschwankungen. Dafür tritt allerdings ein anderer Nachteil auf: Änderungen der Betriebsspannung verändern auch die Referenzspannung und verfälschen somit das Meßergebnis.

Von Experten für Experten

227/228 Grenzwertthermometer

Dieses Thermometer enthält Schaltungselemente des Zimmerthermometers aus Experiment 225/226. Darüberhinaus ist dem IC-Meßmodul M1 ein Schalttransistor nachgefügt. Bei Vollausschlag des Meßinstruments liegen zwischen den Anschlüssen A und O etwa 1 V. Diese Spannung läßt den Transistor leitend werden, und die LED leuchtet.

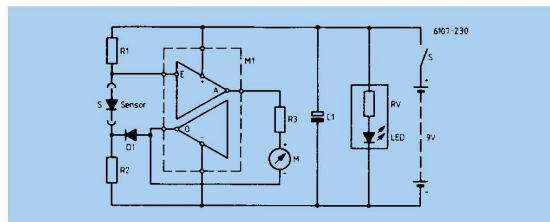
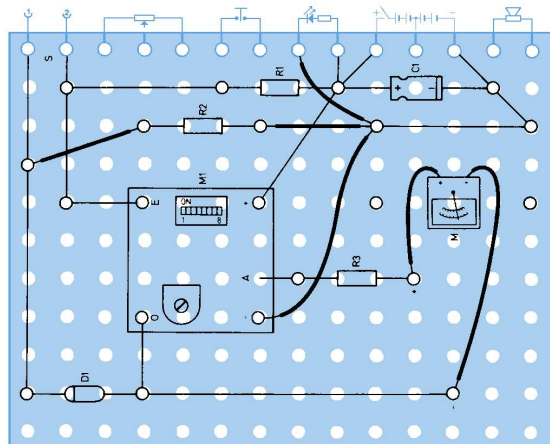
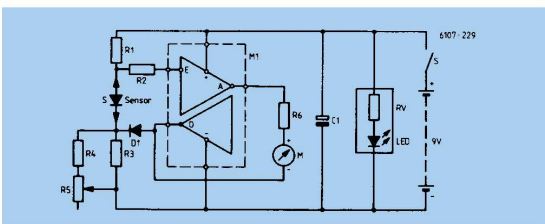
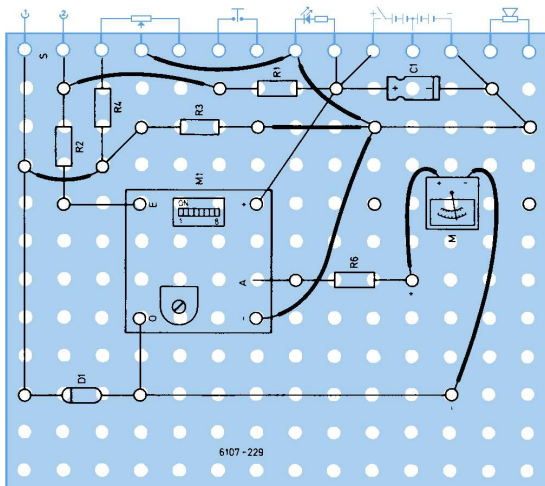
Ist wieder die Diode D1 durch den Widerstand ersetzt, erfolgt keine Verfälschung des Meßergebnisses bei Änderungen der Temperatur an der Referenzdiode.



Von Experten für Experten

229 Heizungsthermometer

Die Schaltung dieses Thermometers ähnelt der des Zimmerthermometers. Allerdings wird zum Abgleich das Trimpoti auf dem IC-Meßmodul M1 und nicht das Poti im Bedienungspult benötigt. Der größere Meßbereich wird dadurch eingestellt, daß der Verstärkungsfaktor des IC auf dem IC-Meßmodul herabgesetzt ist. Er ist nur noch 10fach, und damit liegen bei Vollausschlag des Anzeigeelements 0,1 V am Ausgang A des IC-Meßmoduls.



230 Fieberthermometer

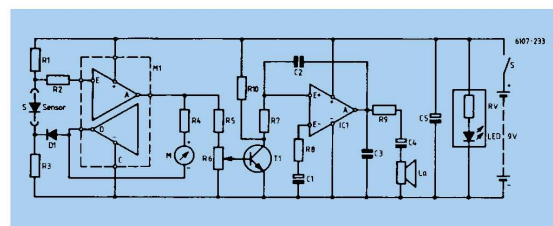
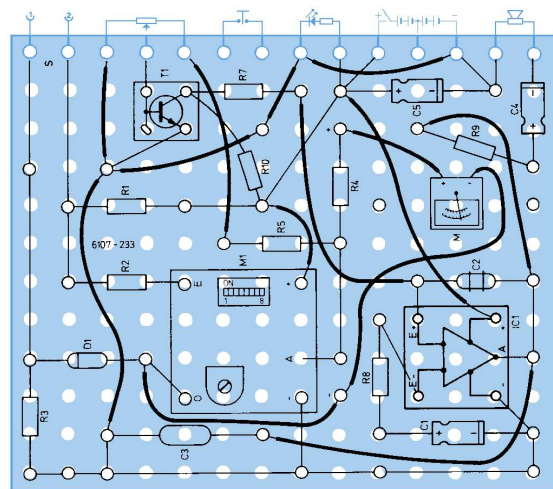
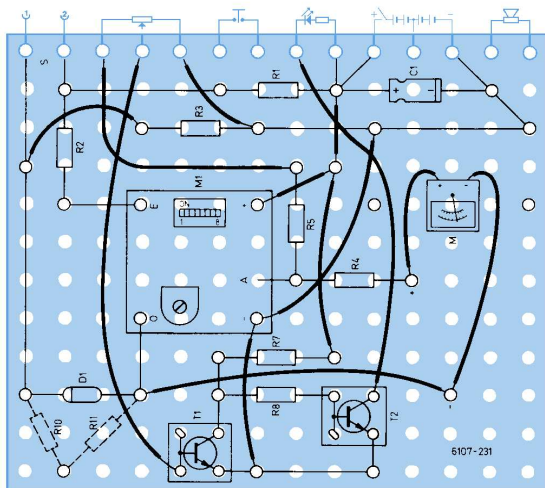
Die Schaltung des Fieberthermometers ähnelt der des Zimmerthermometers. Da hier aber in einem sehr engen Temperaturbereich gemessen werden soll, müssen kleine Temperaturänderungen einen großen Ausschlag am Anzeigeelement hervorrufen. Das wird dadurch erreicht, daß der Sensor S direkt am Eingang E des IC-Meßmoduls M1 liegt und es auf den Verstärkungsfaktor 100 eingestellt ist. Die Diode D1 dient wieder als Referenzdiode, ist also Bezugspunkt für die Spannungsänderungen, die an der Sensordiode auftreten. Da die Körpertemperatur um eine Normaltemperatur herum schwankt, wird mit dem Trimpoti auf dem IC-Meßmodul der Zeiger bei Normaltemperatur auf Skalenmitte eingestellt.

Von Experten für Experten

231/232 Temperaturschalter

Die Schaltung des Temperaturschalters besteht aus der des Zimmerthermometers mit einem nachgeschalteten Schaltverstärker.

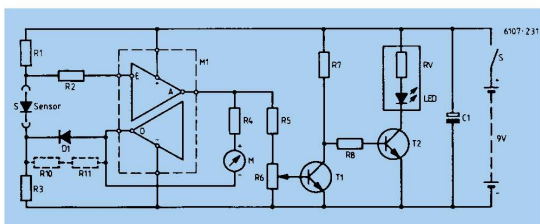
Sinkt die Temperatur an der Sensordiode, steigt die positive Spannung am Ausgang A des IC-Meßmoduls M1. Über das Poti, das als Spannungsteiler der Basis von T1 eine positive Spannung zuführt, leitet der Transistor T1, wenn 0,7 V überschritten sind. Gleichzeitig sperrt T2, und die LED erlischt.



233 Kühlschrankthermostat

Der Thermostat besteht aus einem Thermometer mit einem nachgeschalteten Schalttransistor und einem astabilen Multivibrator.

Mit dem Poti R6 wird die Basisvorspannung für T1 eingestellt. Steigt die Temperatur, erhöht sich die positive Spannung an der Basis von T1, und er schaltet schließlich durch. Dann liegt der Eingang E+ des IC1 über R7 an Masse, und der astabile Multivibrator beginnt zu schwingen, was durch den Lautsprecher angezeigt wird.

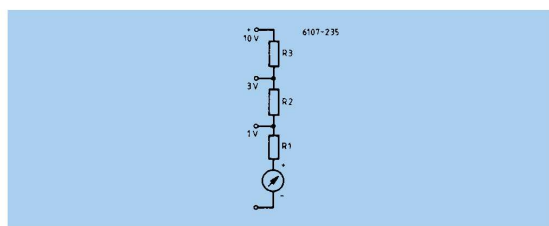
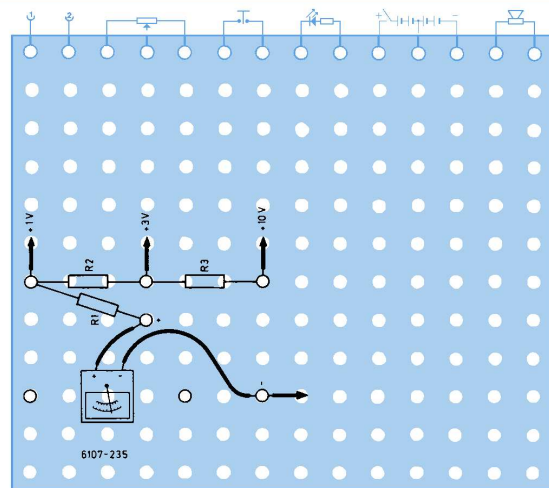
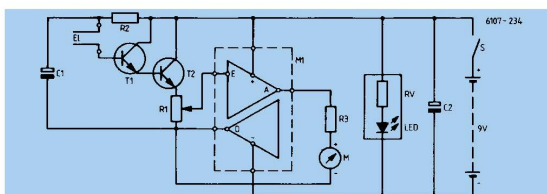
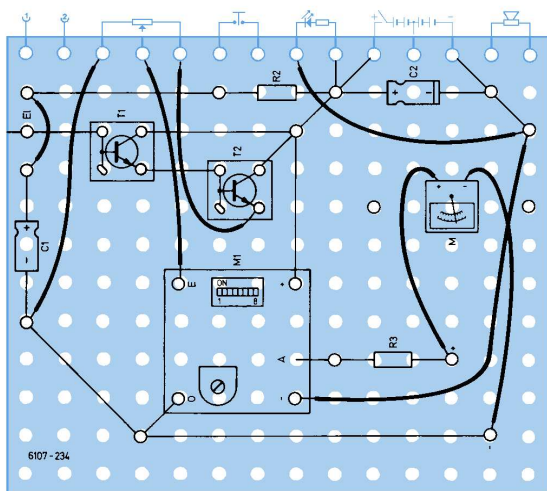


Von Experten für Experten

234 Elektroskop

Um elektrische Felder nachzuweisen, bedarf es eines Verstärkers mit besonders großer Verstärkung und einem hohen Eingangswiderstand. Deshalb wurde ein Darlington-Verstärker mit den Transistoren T1 und T2 aufgebaut.

Mit dem Fühler wird der Basisstrom des Transistors T1 gesteuert, und der Emittterstrom von T1 ist gleichzeitig der Basisstrom von T2. Deshalb rufen elektrische Felder am Sensor auch sehr große Spannungsänderungen am Emittter von T2 hervor, die auf den Eingang des IC-Meßmoduls M1 über das Poti R1 als Spannungsteiler gegeben werden. Das IC-Meßmodul ist als Gleichspannungsverstärker geschaltet, an dessen Ausgang das Anzeigeinstrument liegt.



235 Voltmeter

Die Schaltung des Voltmeters besteht aus dem Anzeigeinstrument mit drei Vorwiderständen für die drei Meßbereiche.

Das Meßwerk allein besitzt einen Innenwiderstand von 750Ω und eine Stromaufnahme von $150 \mu A$ bei Vollauschlag des Instruments. Damit es bei Messungen durch größere Spannungen nicht zerstört wird, sind die Vorwiderstände notwendig.

Von Experten für Experten

236/237 Transistor-Tester

Das Prinzip dieser Transistor-Tester beruht darauf, daß ein Strom bekannter Größe in die Basis eines zu testenden Transistors gegeben wird und der verstärkte Strom am Kollektor gemessen werden kann. Beim Drücken des Tasters fließt durch die Basis ein Strom, der sich wie folgt errechnet:

$$I_B = \frac{9\text{ V} - U_{\text{Basis}}}{R_1 + R_2} = \frac{9 - 0,7}{1 + 0,22} = \frac{8,3}{1,22} = 6,8\text{ }\mu\text{A}$$

Da das Meßgerät einen maximalen Verstärkungsfaktor von

In Verbindung mit R6 bewirkt dieser Wert am Meßwerk Vollausschlag. Skalenstrich 10 entspricht dem 1000fachen Strom, d.h., die Skala zeigt den Stromverstärkungsfaktor an ($\cdot 100$).

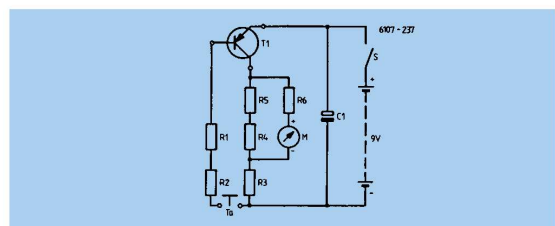
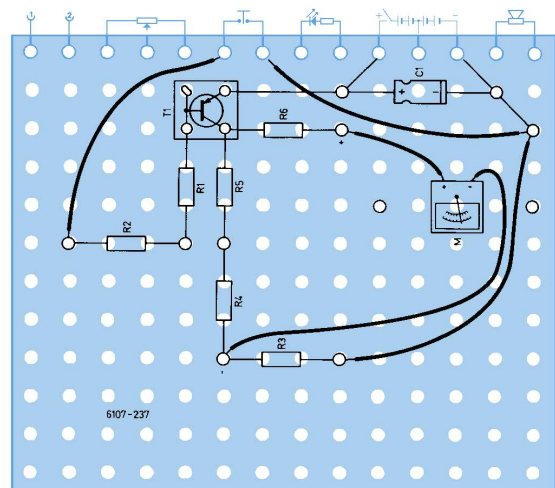
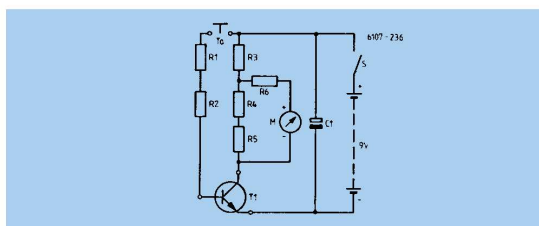
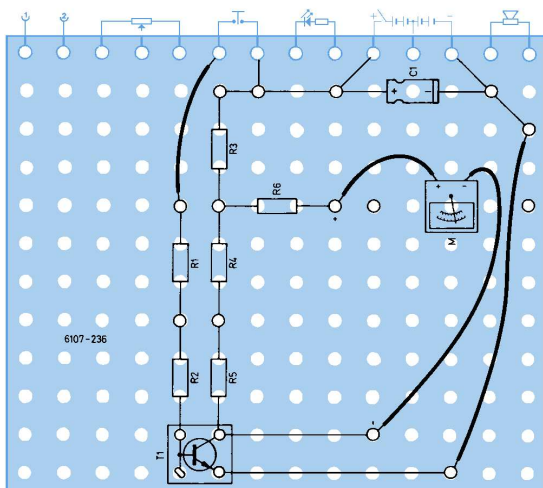
$$U_{\text{an R4/R5}} = (R_4 + R_5) \cdot I$$

$$U = 0,147 \cdot 6,8$$

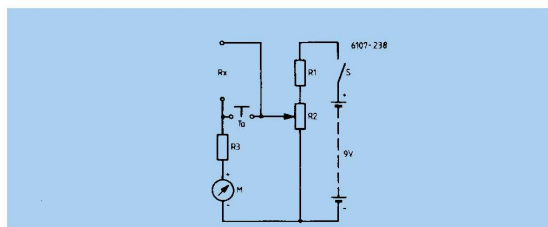
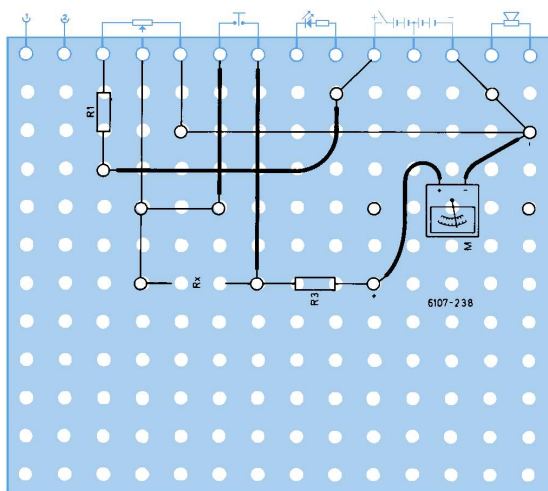
$$U = 1\text{ V}$$

1000 anzeigen soll, müssen am Kollektor $6,8\text{ }\mu\text{A} \cdot 1000 = 6,8\text{ mA}$ fließen.

Die Widerstände R4 und R5 sind so gewählt, daß bei diesem Kollektorstrom 1 V abfällt.



Von Experten für Experten

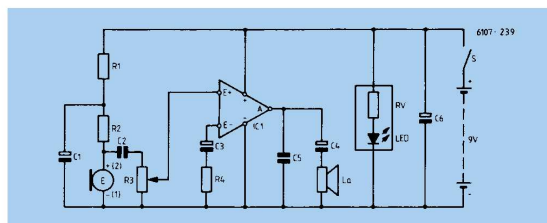
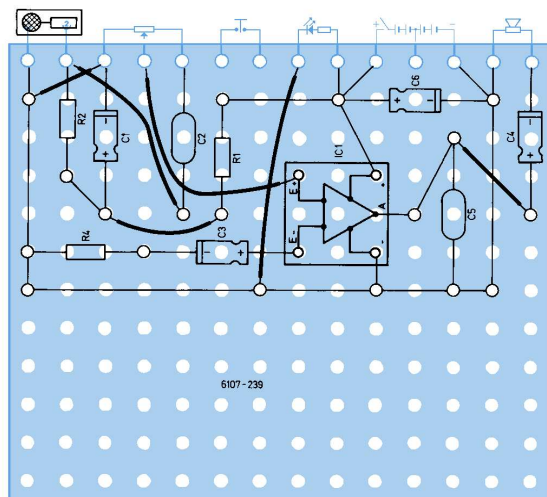


238 Widerstands-Meßgerät

Beim Eichen wird mit dem Poti R2 die Spannung so eingestellt, daß bei Vollausschlag 1 V durch das Instrument fließt. Diese Spannung tritt aber nur bei gedrücktem Taster auf. Wenn dann ein zu messender Widerstand an die Klemmen Rx angeschlossen wird, fällt daran eine Spannung ab, die sich proportional zu diesem Widerstand verhält. Das Instrument zeigt dann diese geringere Spannung an. Abgelesen wird allerdings auf der Ohmskala.

239 Mikrofonverstärker

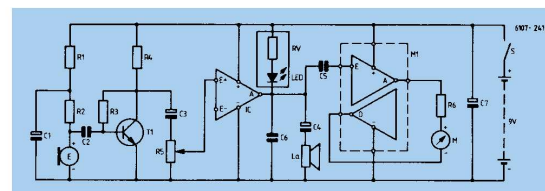
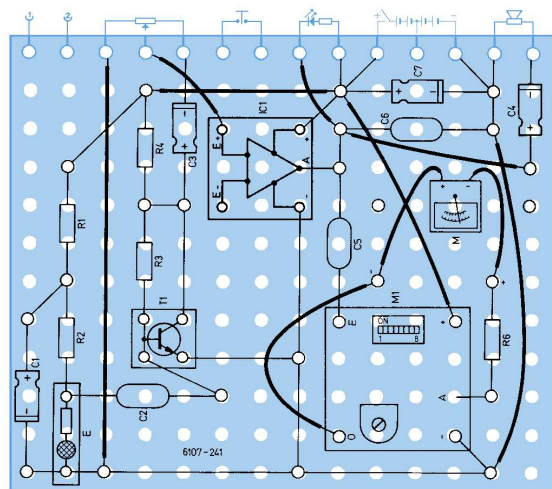
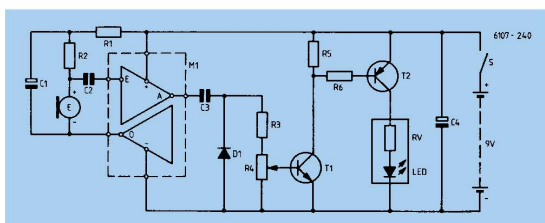
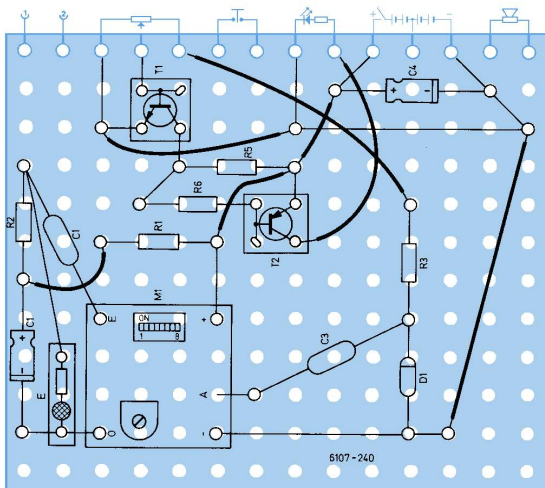
Das vom Elektret-Mikrofon abgegebene Wechselspannungssignal gelangt über den Kondensator C2 und das Poti R3 auf den Eingang E+ des IC. C3 wirkt auf die interne Gegenkopplung im IC. Da der Widerstand R4 einen sehr kleinen Wert hat, wird die durch die Gegenkopplung hervorgerufene Abschwächung des Signals vom Kondensator weitgehend aufgehoben. Das verstärkte Signal erscheint am Ausgang A und wird vom Lautsprecher abgestrahlt.



Von Experten für Experten

240 Lichtorgel

In dieser Schaltung der Lichtorgel ist das IC-Meßmodul M1 als Wechselspannungsverstärker geschaltet. Das Elektret-Mikrofon erzeugt eine Wechselspannung, die im IC-Meßmodul um den Faktor 100 verstärkt wird. Die verstärkte Spannung wird am Kondensator C3 ausgekoppelt. Die Diode D1 verschiebt das Signal zum positiven Wert. Die danach auftretenden Spannungsspitzen gelangen über R3/R4 auf die Basis von T1. Sind sie so groß, daß er leitet, schaltet auch T2 durch, und die LED leuchtet.



241 Aussteuerungsanzeige

Das vom Elektret-Mikrofon kommende Signal gelangt über C2 auf die Basis des Transistors T1, der eine Gegenkopplung über R3 besitzt. Er verstärkt das Wechselspannungssignal, und über C3/R5 gelangt es auf den Eingang des IC. Der fehlende Anschluß an E- läßt erkennen, daß das IC sehr stark gegengekoppelt ist. Dadurch verringert sich zwar die Verstärkung, doch das wird durch die Verstärkung mit T1 ausgeglichen. Am Ausgang vom IC liegt die LED, die im Rhythmus des einfallenden Signals aufleuchtet. Das Anzeigeelement wird mit dem IC-Meßmodul M1 betrieben, an dessen Ausgang es liegt.

Ist der Ausschlag zu groß, darf in Reihe zu R6 ein Widerstand von maximal 10 kΩ geschaltet werden.



Experimentier-Labors

ELECTRONIC UKW/STEREO LAB Zusatzstufe für A, B, C, D, G		ELECTRONIC DIGITAL LAB Zusatzstufe für B, C, D, G		ELECTRONIC GLASFASER-TECHNIK Zusatzstufe für A, B, C, D, G		
ELECTRONIC AUFBAU LAB Aufbaustufe C → D				ELECTRONIC PROFI LAB Grundstufe D		
ELECTRONIC AUFBAU LAB Aufbaustufe B → C						
ELECTRONIC AUFBAU LAB Aufbaustufe A → B		ELECTRONIC BASIS LAB Grundstufe B	ELECTRONIC MESS TECHNIK Grundstufe G			ELECTRONIC EXPERT LAB Grundstufe C
ELECTRONIC ERSTKONTAKT Grundstufe A						
				ELECTRONIC FERNSEH LAB Aufbaustufe E → F		
				ELECTRONIC OSZILLOSKOP LAB Grundstufe E		

Aus der Grafik ersieht man, daß dieser Electronic Experimentierkasten Messtechnik G ein Grundkasten ist. Er kann erweitert werden mit dem Electronic-Aufbau-Lab, Ausbaustufe B C und dann mit C D oder auch mit den Zusatzstufen UKW/Stereo-Lab, Digital-Lab und Glasfaser-Technik.

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

in Deutschland:

SCHUCO
EXPERIMENTIER-TECHNIK
Hauptstraße 28 · Tel. (09107) 244
8501 Trautskirchen

in Österreich:

Spiel-Sport-Stadlbauer
Ges.m.b.H.
Postfach 83
5027 Salzburg

in der Schweiz:

Witeco AG
Postfach 373
Mühlemattstr. 23
4104 Oberwil/BL