



ELECTRONIC

Anleitungsbuch

Grundstufe B, C, D Teil 2

©GEORG ADAM MANGOLD GMBH & CO. KG
SCHUCO EXPERIMENTIER-TECHNIK

Lange Straße 69–75, 8510 Fürth/Bayern

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck und fotomechanische
Wiedergabe – auch auszugsweise – nicht gestattet.

Wir übernehmen keine Gewähr, daß die in diesem Buch
enthaltenen Angaben frei von Schutzrechten sind.

Technische Änderungen vorbehalten.

51

6102

Inhaltsverzeichnis

Da es in der Elektronik ständig neue Entwicklungen gibt, hat unser Forschungslabor wieder neue Schaltungen und Experimente ausgearbeitet, die in diesem zweiten Teil vorgestellt und erläutert werden. Es sind auch viele Anregungen aufgenommen worden, die ihr eingesandt habt.

Achtung: Wenn du erfolgreich mit diesem zweiten Teil arbeiten willst, mußt du erst einmal das Kapitel „Ohne Vorbereitung geht es nicht“ im Teil 1 lesen.

Für den Aufbau der Experimente steht dir im Teil 2 ein verkleinerter Verdrahtungsplan zur Verfügung, in dem die einzelnen Bauteile symbolhaft so eingezeichnet sind, wie sie auf dem Experimentierfeld mit den Klemmfedern aufgebaut werden.

In dem Kapitel „Den Elektronen auf der Spur“ lernst du viele neue Grundsaltungen kennen, besonders auch eine Einführung in Logik-Schaltungen, wie sie in jedem Computer verwendet werden.

Unter der Überschrift „Von Experten für Experten“ findest du neue interessante praxisbezogene Experimente.

Es stehen dir folgende neue Bauteile zur Verfügung:

Bestell-Nr.	Bezeichnung	Menge
349.1125	Diode	1
349.4072	Kupferblech	1
349.4371	Zinkblech	1

Inhaltsverzeichnis

Experiment	Seite	Experiment	Seite
Vorwort	2	176 Spannungswandler	26
Bauteile	2	178 Comparator	26
Inhaltsverzeichnis	3	Von Experten für Experten	
Den Elektronen auf der Spur		181 Spannung muß sein – Batterietester	28
Logik-Schaltungen		182 Umweltsünden aufgespürt – Wassertestgerät	29
Dioden-Transistor-Logik		Kontaktlos geschaltet – Sensortaster	30
143 Identität	5	186 Sensor-Einschalter	30
144 Inverter	5	187 Sensor-Ausschalter	31
145 AND	6	188 Sensor-Impulsgeber	31
146 NAND	7	Lange Leitung – Ein- und Ausschaltverzögerungen	33
147 OR	9	189 Einschaltverzögerung	33
148 NOR	9	190 Ausschaltverzögerung	34
149 Antivalenz	9	191 Ein- und Ausschaltverzögerung	34
Transistor-Transistor-Logik		Meßpraxis – Technik im Elektronik-Labor	35
150 Identität	11	193 Voltmeter	35
151 Inverter	11	194 Automatischer Diodentester	36
152 AND	11	195 Prüfgerät für den Verstärkungsfaktor von Transistoren	37
153 NAND	11	Hell oder dunkel – LDR-Schaltungen	38
154 OR	14	196 Luxmeter	38
155 NOR	14	197 Wechsellichtindikator	40
Funktionstabellen	15	Töne und Geräusche – Elektronische Tonerzeugung	41
Elektronische Grundsaltungen		198 Geräuschtongenerator	41
156 Gleichspannungswandler, negative Ausgangsspannung	16	201 Heultongenerator	42
157 Gleichspannungswandler, positive Ausgangsspannung	16	204 Oktavgenerator	43
158 Gleichspannungswandler, variable Ausgangsspannung	19	Mit Rechtecken messen – Rechteckgenerator	44
159 Astabiler Multivibrator	19	206 Sinus-Rechteckgenerator	44
163 Darlington-Schaltung	21	210 Mückenschreck – Elektronische Abwehr	45
164 Differenzverstärker	21	211 Elektronischer Polizist – Überwachungsschaltung	46
167 Konstantstromquelle	22	212 Kartoffelschmerz – Tonfolgegenerator	47
169 Spannungsverstärker für:	22	213 Zahl oder Adler – Elektronisches Los	48
170 Zink- und Kupferblech	23		
171 Eisen- und Kupferblech	23		
172 Eisen- und Zinkblech	23		
173 RC-Sinusgenerator	24		

Den Elektronen auf der Spur

Logik-Schaltungen

Logische Schaltungen bilden die Grundlage elektronischer Technik, die in Rechenanlagen, den Computern, ihre Anwendung findet.

Der Mensch denkt in Worten, Zahlen und Begriffen und kann seine Gedanken nicht nur durch die Sprache sondern auch durch Buchstaben, Ziffern, Zeichen und Bilder anderen übermitteln. Die elektrischen Schaltungen im Computer dagegen – die Transistoren, IC's, Gatter und Chips – kennen nur zwei Zustände: „Strom eingeschaltet“ und „Strom ausgeschaltet“. Diese beiden Schaltzustände **EIN** und **AUS** werden den beiden einzigen Ziffern des **dualen Zahlensystems** „1“ und „0“ zugeordnet.

Da ein Computer nur mit den Zuständen 0 und 1 arbeiten kann, müssen alle Eingaben – Buchstaben, Ziffern, Zeichen – in die einzige dem Computer verständliche Sprache übersetzt werden: in Kombinationen der Dualzahlen „1“ und „0“. oder – elektrisch ausgedrückt – in die Schaltzustände „EIN“ und „AUS“.

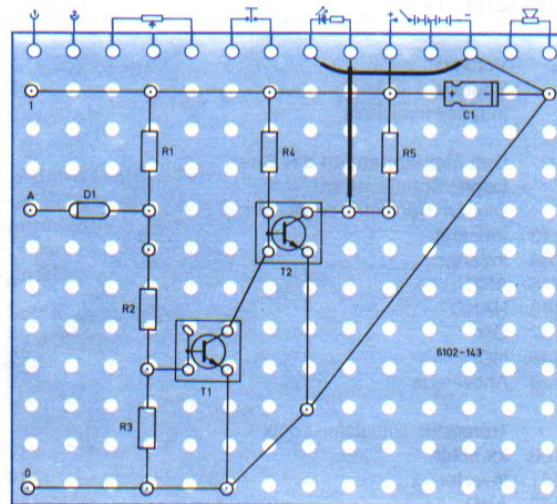
Der „Denkvorgang“ des Computers besteht aus der Kombination vieler Entscheidungen aus der logischen Verknüpfung mehrerer Eingangswerte.

Diese Verknüpfungen bezeichnet man als **Logik-Schaltungen**. Dabei sind alle logischen Entscheidungen mit wenigen **Grundverknüpfungen** zu erreichen, die sich schaltungstechnisch auf verschiedene Weise verwirklichen lassen.

In den folgenden Experimenten sollen zwei Ausführungsformen der Logik-Schaltungen, die **Dioden-Transistor-Logik** (DTL) und die **Transistor-Transistor-Logik** (TTL) näher untersucht werden.

Alle folgenden Logikschaltungen haben einen oder zwei Eingänge A und B, auf die die Eingangssignale gegeben werden. Je nach Art der Verknüpfung trifft die Schaltung eine Entscheidung, die am Ausgang Q mit 0 oder 1 angezeigt wird. Soll der Eingang ein 1-Signal erhalten, muß er mit der Plusklemme (+) verbunden, für ein 0-Signal muß der Eingang entsprechend mit der Minusklemme (-) verbunden werden.

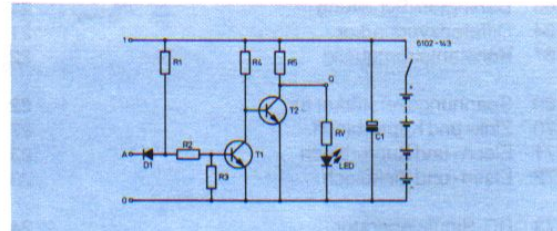
Ein 1-Signal am Ausgang ist immer dann gegeben, wenn die LED leuchtet. Bleibt sie dunkel, führt der Ausgang der Schaltung ein 0-Signal.



143

- R 1 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 2 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 3 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)
- R 4 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R 5 = Widerstand 470 Ω (gelb, violett, braun)
- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- D 1 = Diode

LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



Den Elektronen auf der Spur

Mit Experiment **143** wird eine einfache Dioden-Transistor-Logik (DTL) aufgebaut, bei der die Eingangsspannung an der Diode einen nachgeschalteten Transistor an seiner Basis steuert.

Bei dieser **Identitätsschaltung** entspricht das Ausgangssignal dem Eingangssignal, beide Signale sind identisch. Erhält also der Eingang A ein 1-Signal (Verbindung mit +), führt auch der Ausgang Q ein 1-Signal, und die LED leuchtet. Entsprechend gilt: 0 am Eingang (Verbindung mit -) bedeutet auch 0 am Ausgang, die LED leuchtet nicht.

Das erscheint dir vielleicht etwas unsinnig, aber die Identitätsschaltung erfüllt eine wichtige Funktion. Schwankt die Spannung der Eingangssignale sehr, könnten nachfolgende Schaltstufen beschädigt werden oder das Signal nicht richtig verarbeiten. Um das zu vermeiden, schaltet man die Identitätsschaltung als Puffer dazwischen. Die Ausgangssignale haben dann im Zustand „Ein“ immer die gleiche Spannung.

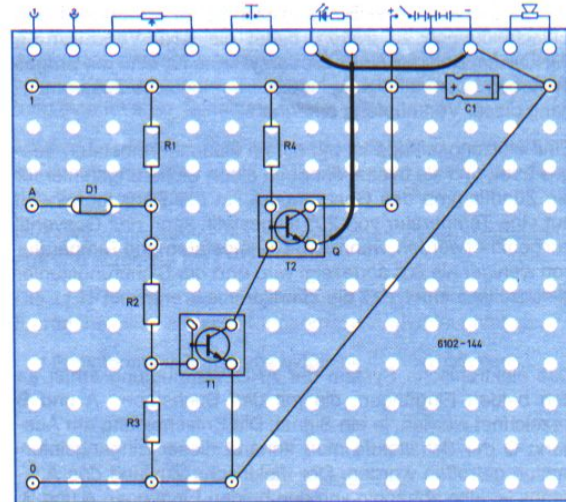
Die Abhängigkeit von Ausgang und Eingang in einer Logik-Schaltung stellt man in einer Funktionstabelle dar. Für die **Identitäts-** oder Pufferschaltung aus Experiment 143 gilt:

A	Q	LED	Identität
0	0	leuchtet nicht	
1	1	leuchtet	

Eine weitere Logik-Schaltung, die nur mit einem Eingang arbeitet, ist der **Inverter**, den du mit Experiment **144** aufbauen kannst. Es ist auch eine Dioden-Transistor-Logik, die genau umgekehrt arbeitet wie die Pufferschaltung aus Experiment 143. Ein 1-Signal (Verbindung mit +) hat am Ausgang ein 0-Signal zur Folge, die LED leuchtet nicht. 0-Signal am Eingang (Verbindung mit -) bewirkt 1-Signal am Ausgang, die LED leuchtet. Diese Wirkungsweise ist auch aus der Funktionstabelle für den Inverter zu entnehmen.

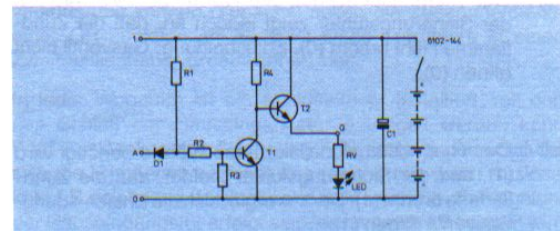
A	Q	LED	Inverter
0	1	leuchtet	
1	0	leuchtet nicht	

Eine mögliche Anwendung wird in Experiment 146 erklärt.



144

- R 1 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 2 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 3 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)
- R 4 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- D 1 = Diode
- LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



Den Elektronen auf der Spur

Die Möglichkeit, zwei Eingangssignale zu verarbeiten und Entscheidungen zu treffen, bietet die **AND-Verknüpfung** (UND). Am Beispiel eines Steuersystems für eine mit Erdgas betriebene Zentralheizung läßt sich der logische Zusammenhang dieser Verknüpfung erkennen.

Eine Heizungsanlage ist mit einem Raumthermostaten ausgestattet, und sie besitzt daneben einen Sicherungsfühler für die Zündflamme des Gasbrenners. Ist der Raumthermostat auf eine Temperatur von 20° eingestellt, kann das Gasventil nur geöffnet werden, wenn vom Thermostaten eine Temperatur von weniger als 20° angezeigt wird **und** der Sicherungsfühler gleichzeitig meldet, daß die Zündflamme brennt.

Das elektronische System der AND-Verknüpfung erhält an den beiden Eingängen, die mit den Buchstaben A und B bezeichnet werden, je ein Signal. Die Entscheidung am Ausgang Q der Schaltstufe muß anhand dieser Eingangsinformation getroffen werden. Der elektrische Zustand des Ausgangs ist also abhängig von den beiden Eingängen A und B.

Fall 1: Beide Eingangsfühler zeigen ein 0-Signal. Die Raumtemperatur (Eingang A) ist hoch genug (0), außerdem brennt die Zündflamme (Eingang B) nicht (0). Die Entscheidung: Gasventil (Ausgang Q) nicht öffnen (0).

Fall 2: Der Thermostat meldet keinen Wärmebedarf (0). Obwohl die Zündflamme brennt (1), kann die Entscheidung nur heißen: Gasventil nicht öffnen (0).

Fall 3: Der Thermostat meldet, daß Wärme benötigt wird (1), der Sicherungsfühler zeigt jedoch an, daß die Zündflamme nicht brennt (0). Entscheidung: Gasventil nicht öffnen (0).

Fall 4: Der Thermostat signalisiert, daß Wärme benötigt wird (1), und der Sicherungsfühler meldet, daß die Zündflamme brennt (1). Daraus ergibt sich die Entscheidung: Gasventil öffnen (1).

In Experiment **145** kannst du die Zusammenhänge einer AND-Funktion untersuchen. Verbinde dazu die Eingänge A und B nach der folgenden Tabelle mit der Plus- oder Minusklemme und achte auf die LED:

1. Eingang A mit 0, Eingang B mit 0
2. Eingang A mit 1, Eingang B mit 0
3. Eingang A mit 0, Eingang B mit 1
4. Eingang A mit 1, Eingang B mit 1

Nur wenn Eingang A **und** Eingang B ein 1-Signal erhalten, leuchtet die LED, d. h. dann führt auch der Ausgang Q ein 1-Signal. Die Funktionstabelle für die AND-Verknüpfung drückt diesen Sachverhalt aus:

A	B	Q	LED
0	0	0	leuchtet nicht
1	0	0	leuchtet nicht
0	1	0	leuchtet nicht
1	1	1	leuchtet

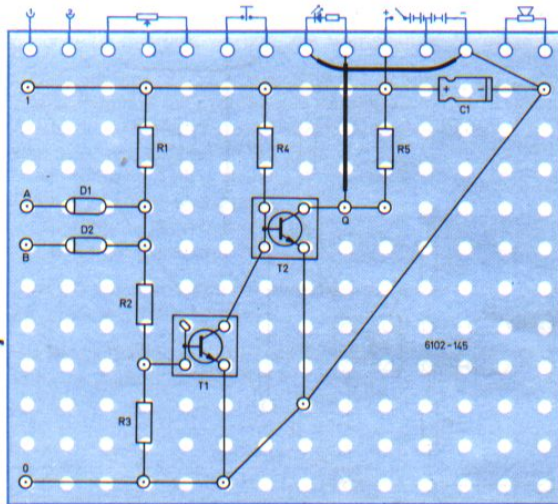
AND

Zum Verständnis der Schaltung nimm einmal an, daß beide Eingänge A und B mit 0 Volt verbunden sind. Da sich die Dioden D1 und D2 in einem Spannungsteiler mit R1 befinden, ist die Spannung an R2 und damit an der Basis des T1 so niedrig, daß der Transistor gesperrt ist. Seine hohe Kollektorspannung steuert T2 durch. Dann ist die Spannung Q klein, und die LED bleibt dunkel.

Wird eine der beiden Dioden D1 oder D2 mit der positiven Batteriespannung verbunden, während die andere an 0 Volt liegt, bleibt die Spannung an der Basis des T1 niedrig. Die mit dem Pluspol der Batterie verbundene Diode ist in Sperrichtung geschaltet und unwirksam. Weil sich die Spannungszustände in der Schaltung nicht ändern, leuchtet die LED auch jetzt nicht.

Sind beide Eingänge mit der positiven Batteriespannung verbunden, erhält T1 über R1 und R2 Basisspannung, so daß er durchschaltet. Die Spannung an seinem Kollektor ist so niedrig, daß T2 sperrt. Die LED erhält über R5 Spannung und leuchtet.

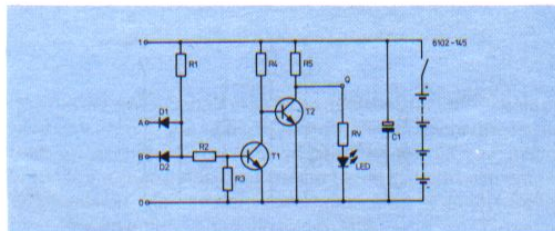
Den Elektronen auf der Spur



145

- R 1 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 2 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 3 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)
- R 4 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R 5 = Widerstand 470 Ω (gelb, violett, braun)
- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- D 1 = Diode
- D 2 = Diode

LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



Eine Umkehrung der AND-Funktion ist die **NAND-Schaltung**. Die Bezeichnung NAND ist aus den englischen Wörtern NOT AND zusammengezogen, was NICHT UND bedeutet. Eine NAND-Schaltung erreicht man, indem man einer AND-Schaltung eine Inverter-Schaltung folgen läßt.

Mit dem Experiment **146** kannst du eine NAND-Verknüpfung in Dioden-Transistor-Logik (DTL) aufbauen. Verwende dafür den Verdrahtungsplan 146.

Probiere dann wieder die vier möglichen Eingangszustände aus und achte auf die LED.

Die LED leuchtet nicht, wenn beide Eingänge ein 1-Signal führen, bei allen anderen Eingangszuständen leuchtet sie.

Die Funktionstabelle faßt die Möglichkeiten zusammen:

A	B	Q	LED
0	0	1	leuchtet
1	0	1	leuchtet
0	1	1	leuchtet
1	1	0	leuchtet nicht

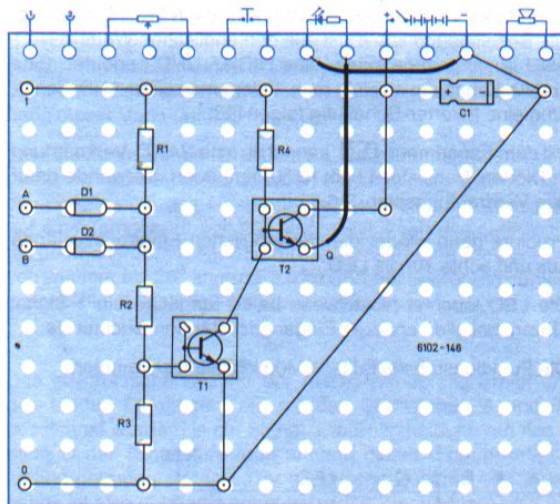
NAND

Die NAND- und AND-Schaltung unterscheiden sich in der Anordnung der Leuchtdiode. Sie befindet sich bei der NAND-Schaltung in der Emitterleitung. Die LED leuchtet jetzt, wenn der Transistor T2 leitet, also umgekehrt wie bei der AND-Schaltung.

Mit der **OR-Funktion** (ODER) lernst du noch eine Grundverknüpfung kennen. Zunächst sollen die Zusammenhänge einer OR-Funktion am Beispiel eines Türöffners in einem Zweifamilienhaus verdeutlicht werden.

In jeder Wohnung ist ein Auslöseknopf installiert, mit dem das Schloß der Hauseingangstür entriegelt werden kann. Wird Auslöseknopf A (Wohnung Erdgeschoß) gedrückt, läßt sich die Eingangstür öffnen; das gleiche gilt, wenn Auslöseknopf B (Wohnung 1. Stock) gedrückt wird. Die Entriegelung der Hauseingangstür erfolgt also, wenn A **oder** B betätigt wird.

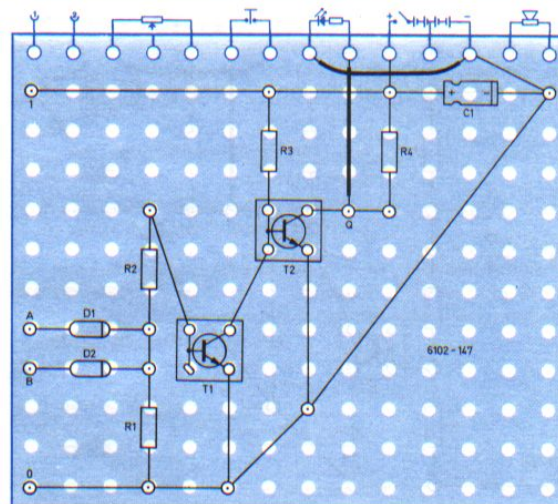
Den Elektronen auf der Spur



146

- R 1 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 2 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 3 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)
- R 4 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- D 1 = Diode
- D 2 = Diode

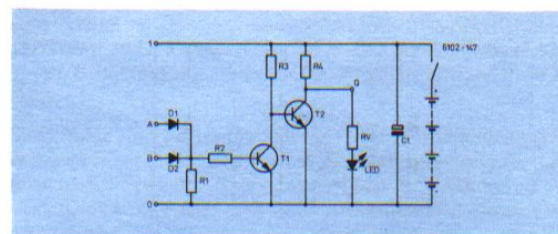
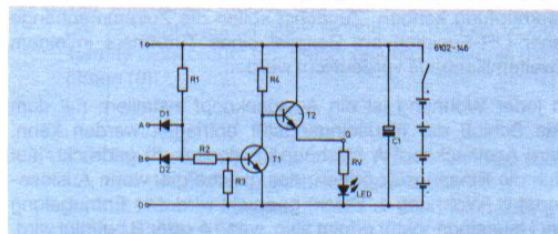
LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



147

- R 1 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 2 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 3 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R 4 = Widerstand 470 Ω (gelb, violett, braun)
- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- D 1 = Diode
- D 2 = Diode

LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



Den Elektronen auf der Spur

Natürlich wird auch in dem Ausnahmefall, daß beide Knöpfe gleichzeitig gedrückt werden, die Verriegelung freigegeben.

Mit Experiment **147** kannst du eine OR-Schaltung in Dioden-Transistor-Logik (DTL) aufbauen. Verbinde dann die Eingänge A und B nacheinander mit 0 (Minus клемme) bzw. 1 (Plus- клемme) nach folgendem Schema:

1. Eingang A an 0, B an 0
2. Eingang A an 1, B an 0
3. Eingang A an 0, B an 1
4. Eingang A an 1, B an 1

Die LED leuchtet, wenn der eine **oder** der andere **oder** beide Eingänge ein 1-Signal führen.

Die Möglichkeiten der OR-Funktion sind auch wieder aus der Funktionstabelle zu entnehmen.

A	B	Q	LED
0	0	0	leuchtet nicht
1	0	1	leuchtet
0	1	1	leuchtet
1	1	1	leuchtet

OR

Befindet sich in der OR-Schaltung ein 1-Signal an A und/oder B, fällt an R1 hohe Spannung ab. Sie steuert über R2 den Transistor T1 durch. Die jetzt niedrige Kollektorspannung sperrt T2, und die LED erhält über R4 Spannung.

Sind beide Dioden mit 0 Volt verbunden, gelangt keine Spannung an T1. Er sperrt, und die hohe Spannung an seinem Kollektor schaltet T2 durch. Die LED erhält nun keine Spannung und bleibt dunkel.

Wie bei der AND-Schaltung gibt es auch bei der OR-Schaltung eine Umkehrung, die **NOR-Funktion**. Die Bezeichnung ist aus dem Englischen NOT OR abgeleitet. Bei der NOR-Funktion verhalten sich die Ausgangszustände umgekehrt wie bei der OR-Funktion. Man erreicht das, indem man einer OR-Schaltung eine Inverter-Schaltung folgen läßt.

Für Experiment **148** -NOR-Funktion in Dioden-Transistor-Logik (DTL)- verwende den entsprechenden Verdrahtungsplan.

Verbinde wie bei Experiment 147 die Eingänge A und B mit der Minus- bzw. Plusklemme.

Die LED am Ausgang leuchtet nur, wenn beide Eingänge ein 0-Signal führen.

Funktionstabelle:

A	B	Q	LED
0	0	1	leuchtet
1	0	0	leuchtet nicht
0	1	0	leuchtet nicht
1	1	0	leuchtet nicht

NOR

Läßt man den Transistor T2 als Emitterfolger arbeiten, wird aus der OR-Schaltung eine NOR-Logik. Die Anzeige der LED erfolgt umgekehrt wie beim OR.

Eine spezielle OR-Schaltung in Dioden-Transistor-Logik kannst du mit Experiment **149** aufbauen. Im Gegensatz zur OR-Schaltung nach Experiment 147 führt hier der Ausgang nur dann 1-Signal, wenn an beiden Eingängen **unterschiedliche** Signale liegen. Man bezeichnet diese Schaltung deshalb als **Antivalenz-Logik** oder auch als Exklusiv-OR.

Verbinde wie bei Experiment 147 die Eingänge A und B mit der Minus- bzw. Plusklemme.

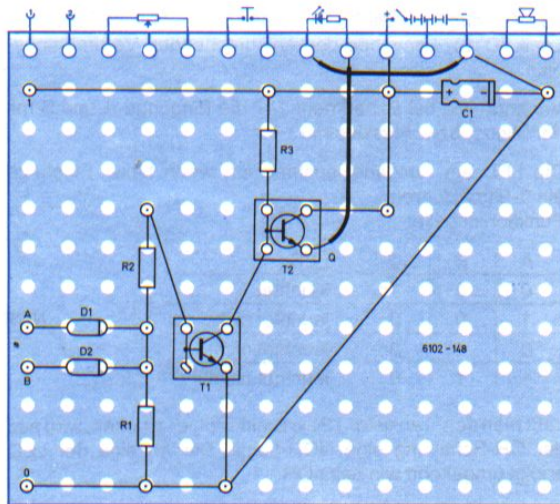
Nur wenn einer der beiden Eingänge ein 0-Signal und der andere ein 1-Signal führt, leuchtet die LED. Sind beide Eingänge 1, bleibt sie dunkel, ebenso wenn beide Eingänge ein 0-Signal führen.

Funktionstabelle:

A	B	Q	LED
0	0	0	leuchtet nicht
1	0	1	leuchtet
0	1	1	leuchtet
1	1	0	leuchtet nicht

Antivalenz
(Exklusiv-OR)

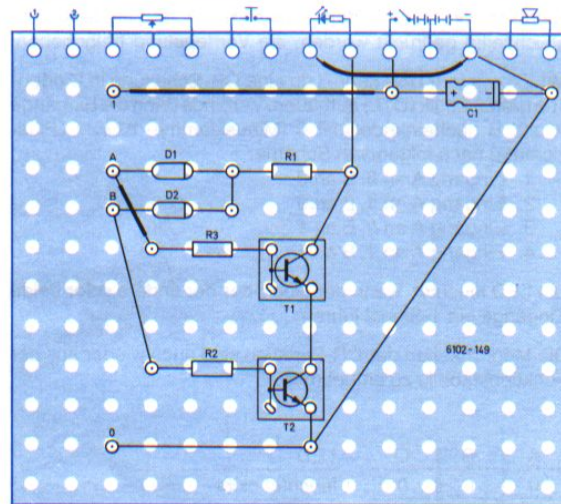
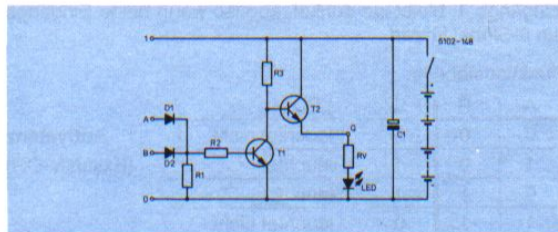
Den Elektronen auf der Spur



148

- R 1 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 2 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 3 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- D 1 = Diode
- D 2 = Diode

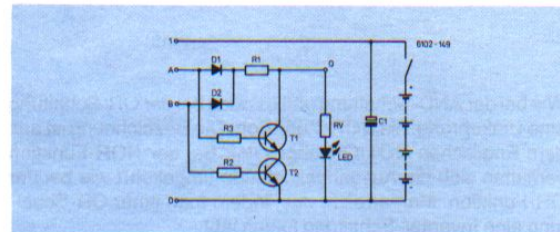
LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



149

- R 1 = Widerstand 470 Ω (gelb, violett, braun)
- R 2 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 3 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- D 1 = Diode
- D 2 = Diode

LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



Den Elektronen auf der Spur

Die in den Experimenten 143 – 149 beschriebenen Logikschaltungen in Dioden-Transistor-Logik lassen sich auch mit Transistor-Transistor-Logik (TTL) realisieren. Bei dieser Technik wird nicht die Basis, sondern der Emitter eines Transistors angesteuert.

Die Experimente 150 – 155 zeigen, daß die Ergebnisse der Schaltungen mit Transistor-Transistor-Logik (TTL) denen mit Dioden-Transistor-Logik (DTL) genau gleichen. Die Entscheidung, welche Technik eingesetzt werden soll, ist abhängig vom jeweiligen Anwendungsbereich.

150 Identität (Pufferschaltung) in Transistor-Transistor-Logik (TTL)

Das Ausgangssignal entspricht dem Eingangssignal. Die Schaltung wird deshalb auch Identitätsschaltung genannt. Die LED leuchtet nur, wenn der Eingang ein 1-Signal erhält.

Funktionstabelle:

A	Q	LED
0	0	leuchtet nicht
1	1	leuchtet

Identität

151 Inverterschaltung in Transistor-Transistor-Logik (TTL).

Das Signal am Ausgang ist dem am Eingang entgegengesetzt. Die LED leuchtet, wenn der Eingang ein 0-Signal erhält.

Funktionstabelle:

A	Q	LED
0	1	leuchtet
1	0	leuchtet nicht

Inverter

152 AND-Schaltung in Transistor-Transistor-Logik (TTL).

Verfahre nach folgender Anweisung: Verbinde

1. Eingang A mit 0, B mit 0
2. Eingang A mit 1, B mit 0
3. Eingang A mit 0, B mit 1
4. Eingang A mit 1, B mit 1

Die LED leuchtet nur, wenn beide Eingänge ein 1-Signal führen.

Funktionstabelle:

A	B	Q	LED
0	0	0	leuchtet nicht
1	0	0	leuchtet nicht
0	1	0	leuchtet nicht
1	1	1	leuchtet

AND

In der TTL-Technik verwendet man Transistoren mit zwei oder mehreren Emittern. Da unser Transistor jedoch nur einen Emitter besitzt, wird der Eingang mit zwei Dioden beschaltet. Sind bei der TTL-AND-Logik die Eingänge A und B mit 0 Volt verbunden, leitet T1. Seine niedrige Spannung am Kollektor sperrt T2, und die LED leuchtet nicht.

Ist einer der Eingänge mit 1, der andere mit 0 verbunden, ändern sich die Spannungszustände in der Schaltung nicht. Die mit 1 verbundene Diode sperrt und bleibt damit unwirksam.

Sind A und B mit 1 verbunden, sperrt T1, weil sein Emitter offen ist. T2 erhält nun über R2/R3 Spannung und schaltet durch. Die LED leuchtet.

153 NAND-Schaltung in Transistor-Transistor-Logik (TTL).

Beim Ausprobieren der Eingangszustände verfahre wie in Experiment 152.

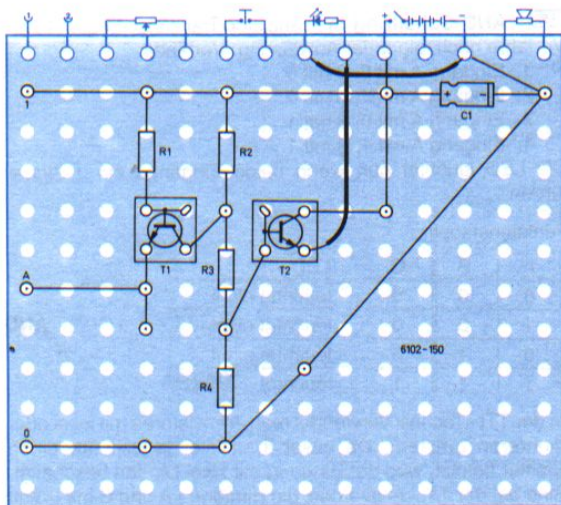
Die LED leuchtet nur dann nicht, wenn beide Eingänge ein 1-Signal führen, bei allen anderen Kombinationen leuchtet sie gleichbleibend.

Funktionstabelle:

A	B	Q	LED
0	0	1	leuchtet
1	0	1	leuchtet
0	1	1	leuchtet
1	1	0	leuchtet nicht

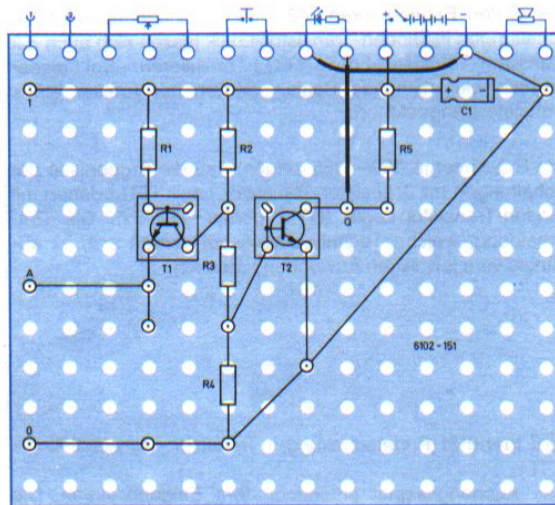
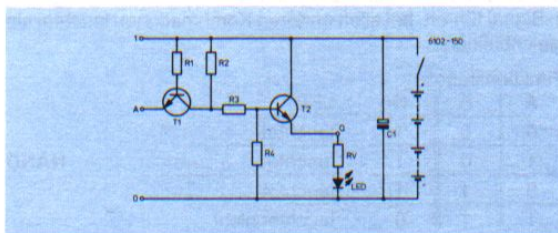
NAND

Den Elektronen auf der Spur



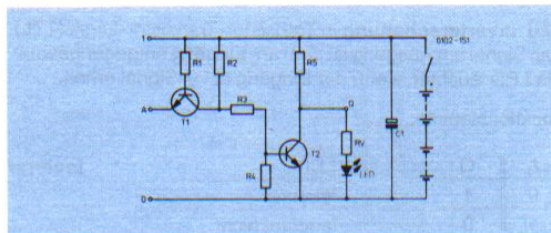
150

- R 1 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)
- R 2 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 3 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R 4 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)
- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult

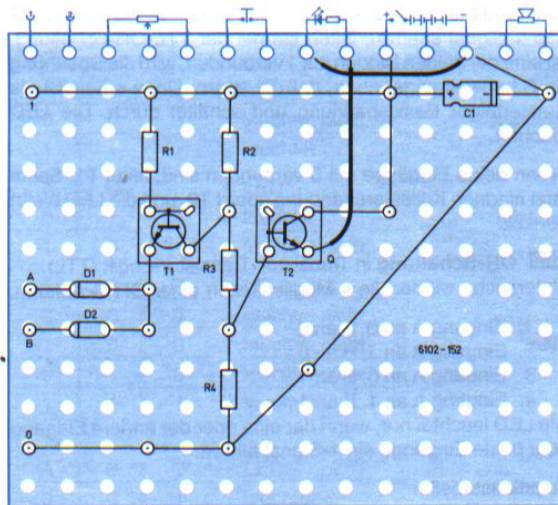


151

- R 1 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)
- R 2 = Widerstand 2.200 Ω (rot, rot, rot)
- R 3 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R 4 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 5 = Widerstand 470 Ω (gelb, violett, braun)
- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



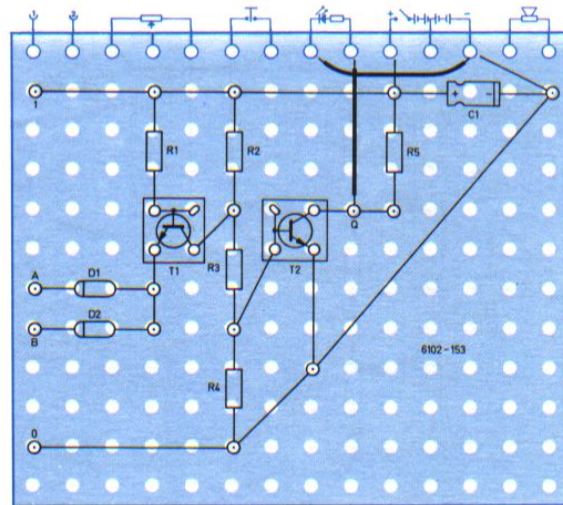
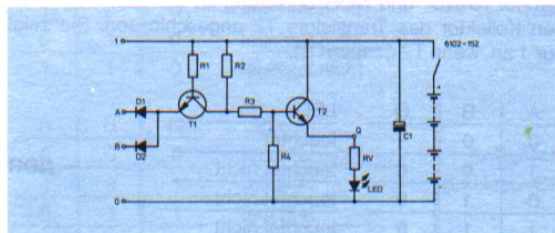
Den Elektronen auf der Spur



152

- R 1 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)
- R 2 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 3 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R 4 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)
- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- D 1 = Diode
- D 2 = Diode

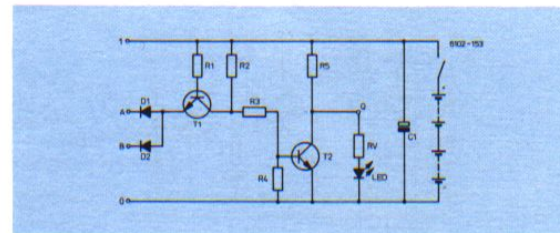
LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



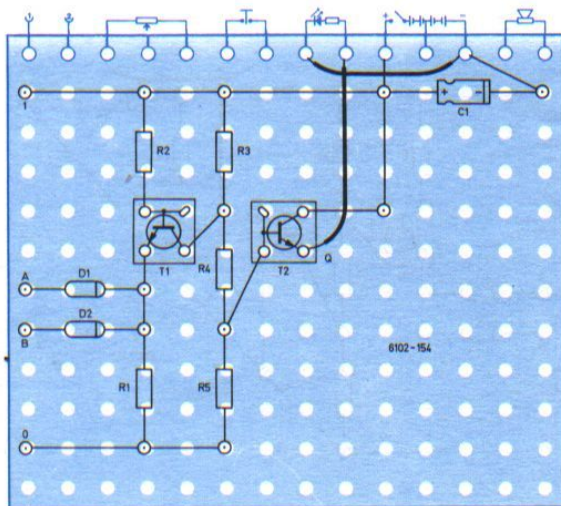
153

- R 1 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)
- R 2 = Widerstand 2.200 Ω (rot, rot, rot)
- R 3 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R 4 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 5 = Widerstand 470 Ω (gelb, violett, braun)
- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- D 1 = Diode
- D 2 = Diode

LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult

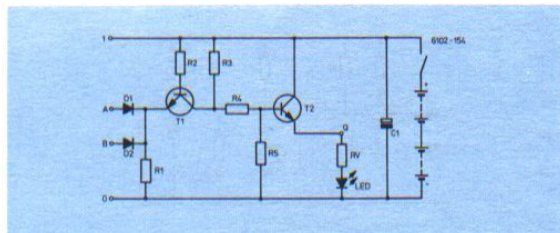


Den Elektronen auf der Spur



154

- R 1 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)
 R 2 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)
 R 3 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
 R 4 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
 R 5 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)
 C 1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
 T 1 = Transistor, weiß
 T 2 = Transistor, weiß
 D 1 = Diode
 D 2 = Diode
 LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



Während bei der TTL-AND-Schaltung die Dioden D1 und D2 das 1-Signal sperren, leiten sie bei der TTL-OR-Schaltung. Ist eine der beiden Dioden mit 1 verbunden, wird die Spannung an R1 soweit angehoben, daß T1 sperrt. Dann erhält T2 als Emitterfolger Basisspannung und schaltet durch. Die LED leuchtet.

Wenn beide Eingänge mit 0 verbunden sind, leitet T1. Seine jetzt niedrige Kollektorspannung sperrt T2, und die LED bleibt dunkel.

154 OR-Schaltung in Transistor-Transistor-Logik (TTL).

Untersuche wieder die 4 Möglichkeiten einer OR-Schaltung.

1. Eingang A an 0, B an 0
2. Eingang A an 1, B an 0
3. Eingang A an 0, B an 1
4. Eingang A an 1, B an 1

Die LED leuchtet nur, wenn der eine oder der andere Eingang oder beide Eingänge ein 1-Signal führen.

Funktionstabelle:

A	B	Q	LED
0	0	0	leuchtet nicht
1	0	1	leuchtet
0	1	1	leuchtet
1	1	1	leuchtet

OR

155 NOR-Schaltung in Transistor-Transistor-Logik (TTL)

Beim Ausprobieren der Eingangszustände verfahren wie in Experiment 154. Die LED leuchtet nur, wenn beide Eingänge 0 sind.

Funktionstabelle:

A	B	Q	LED
0	0	1	leuchtet
1	0	0	leuchtet nicht
0	1	0	leuchtet nicht
1	1	0	leuchtet nicht

NOR

Den Elektronen auf der Spur

Nachstehend noch einmal alle Funktionstabellen auf einen Blick:

A	Q	LED
0	0	leuchtet nicht
1	1	leuchtet

A	Q	LED
0	1	leuchtet
1	0	leuchtet nicht

A	B	Q	LED
0	0	0	leuchtet nicht
1	0	0	leuchtet nicht
0	1	0	leuchtet nicht
1	1	1	leuchtet

A	B	Q	LED
0	0	1	leuchtet
1	0	1	leuchtet
0	1	1	leuchtet
1	1	0	leuchtet nicht

A	B	Q	LED
0	0	0	leuchtet nicht
1	0	1	leuchtet
0	1	1	leuchtet
1	1	1	leuchtet

A	B	Q	LED
0	0	1	leuchtet
1	0	0	leuchtet nicht
0	1	0	leuchtet nicht
1	1	0	leuchtet nicht

A	B	Q	LED
0	0	0	leuchtet nicht
1	0	1	leuchtet
0	1	1	leuchtet
1	1	0	leuchtet nicht

Identität

Inverter

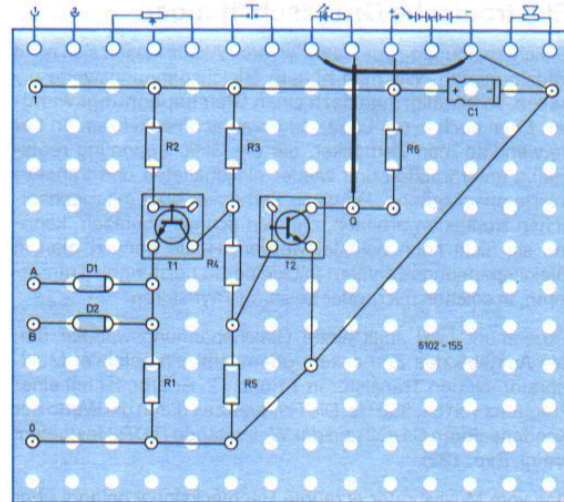
AND

NAND

OR

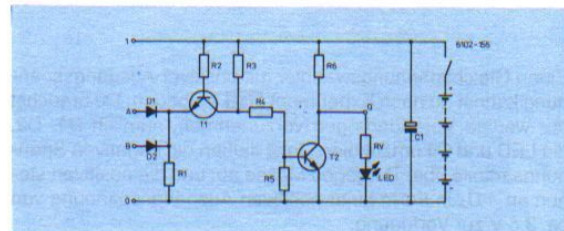
NOR

Antivalenz
(Exklusiv-OR)



155

- R 1 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)
- R 2 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)
- R 3 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 4 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R 5 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 6 = Widerstand 470 Ω (gelb, violett, braun)
- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- D 1 = Diode
- D 2 = Diode
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



Den Elektronen auf der Spur

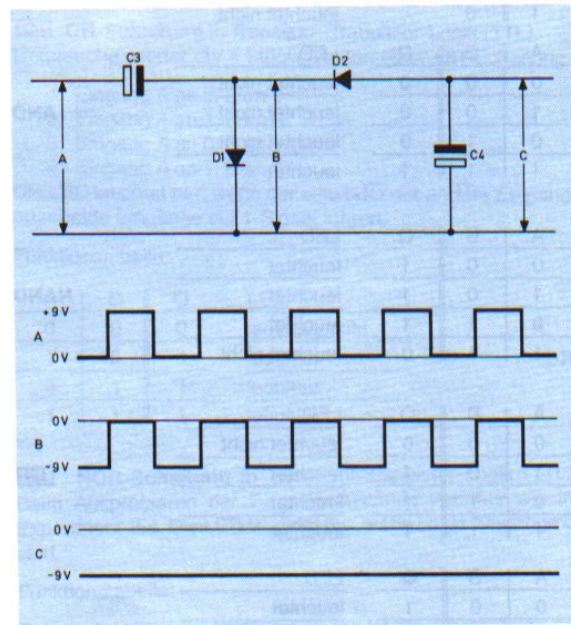
Elektronische Grundsaltungen

Gleichspannungen aus Batterien oder Akkus lassen sich nicht transformieren. Will man höhere Gleichspannungswerte erhalten, so benötigt man dazu einen **Gleichspannungswandler**. Er ist auch in der Lage, die Polarität umzukehren. Früher verwendete man Zehacker, die die Gleichspannung regelmäßig unterbrechen und wieder einschalteten und transformierte anschließend. Da diese Zehacker aber mit mechanischen Kontakten arbeiten, die sich schnell abnutzen, konnten sie nicht hoch belastet werden. Heute benutzt man in Gleichspannungswandlern mit kleineren Leistungen Transistoren, in solchen mit großer Leistung Thyristoren.

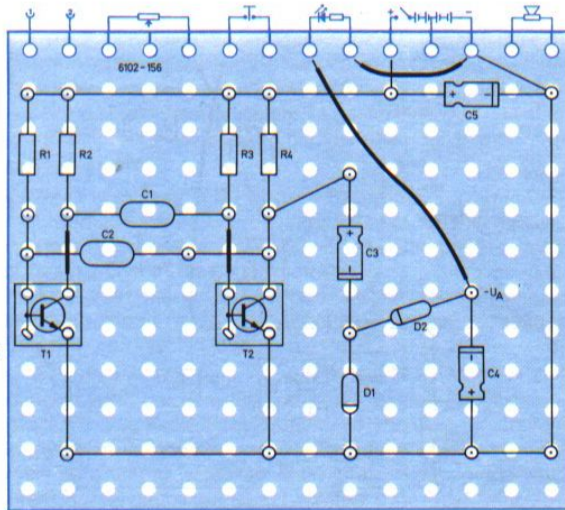
Experiment **156** stellt einen Gleichspannungswandler dar. Die Aufgabe des Zehackers übernimmt ein astabiler Multivibrator mit den Transistoren T1 und T2. Er arbeitet mit einer Frequenz von ca. 350 Hz. Die Frequenz ist durch die Werte der Kondensatoren C1/C2 und der Widerstände R1/R3 festgelegt (vergl. Exp. 122).

Das vom Multivibrator erzeugte Rechtecksignal gelangt über den Kondensator C3 auf die Dioden D1/D2. Die Spannungsverläufe sind in der Abbildung dargestellt. In der Phase 1 wird der Kondensator C3 über R4 positiv aufgeladen, weil D1 leitet. Die Diode D2 sperrt. Während der Phase 2 schaltet Transistor T2 durch und legt den positiven Pol des Kondensators C3 gegen 0. Dadurch entsteht am anderen Pol des Kondensators, gegen 0 betrachtet, eine negative Spannung. Sie kann nicht über D1, sondern nur über D2 abfließen und den Kondensator C4 negativ aufladen. Deshalb liegt am Punkt U_A eine negative Ausgangsspannung. Die Belastung durch die LED läßt die Spannung auf $-3,5\text{ V}$ absinken.

Einen Gleichspannungswandler mit positiver Ausgangsspannung kannst du nach Experiment **157** aufbauen. Du brauchst nur wenige Veränderungen vorzunehmen, nämlich D1, D2, die LED und C4 umzupolen. Jetzt fließen die negativen Spannungsanteile über D1 gegen Masse ab, und die positiven stehen an $+U_A$ in Form einer positiven Ausgangsspannung von ca. $3,5\text{ V}$ zur Verfügung.

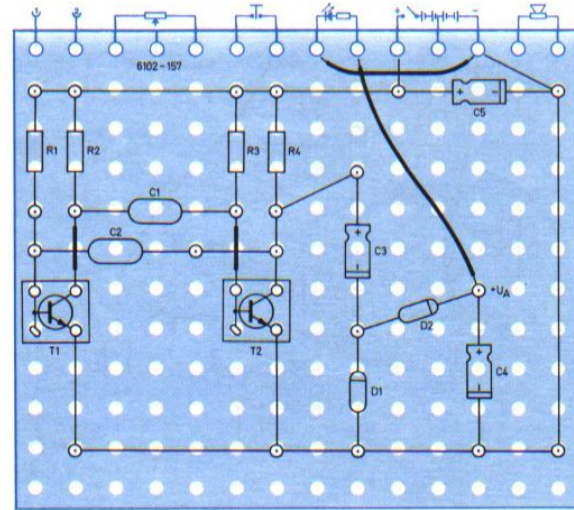
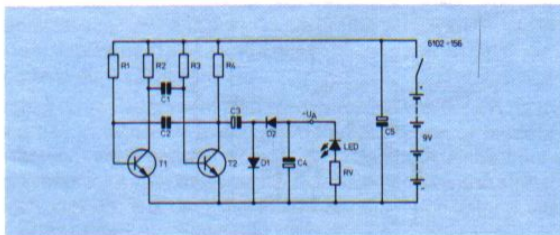


Den Elektronen auf der Spur



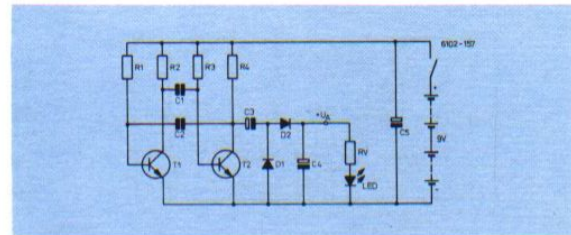
156

- R 1 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)
 - R 2 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)
 - R 3 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
 - R 4 = Widerstand 470 Ω (gelb, violett, braun)
 - C 1 = Folien-Kondensator 0,1 μF
 - C 2 = Folien-Kondensator 0,22 μF
 - C 3 = Elektrolyt-Kondensator 4,7 μF
 - C 4 = Elektrolyt-Kondensator 10 μF
 - C 5 = Elektrolyt-Kondensator 100 μF
 - T 1 = Transistor, weiß
 - T 2 = Transistor, weiß
 - D 1 = Diode
 - D 2 = Diode
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult

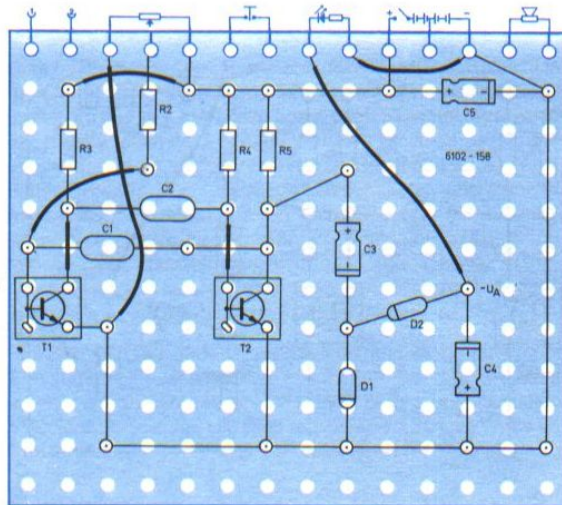


157

- R 1 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)
 - R 2 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)
 - R 3 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
 - R 4 = Widerstand 470 Ω (gelb, violett, braun)
 - C 1 = Folien-Kondensator 0,1 μF
 - C 2 = Folien-Kondensator 0,22 μF
 - C 3 = Elektrolyt-Kondensator 4,7 μF
 - C 4 = Elektrolyt-Kondensator 10 μF
 - C 5 = Elektrolyt-Kondensator 100 μF
 - T 1 = Transistor, weiß
 - T 2 = Transistor, weiß
 - D 1 = Diode
 - D 2 = Diode
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult

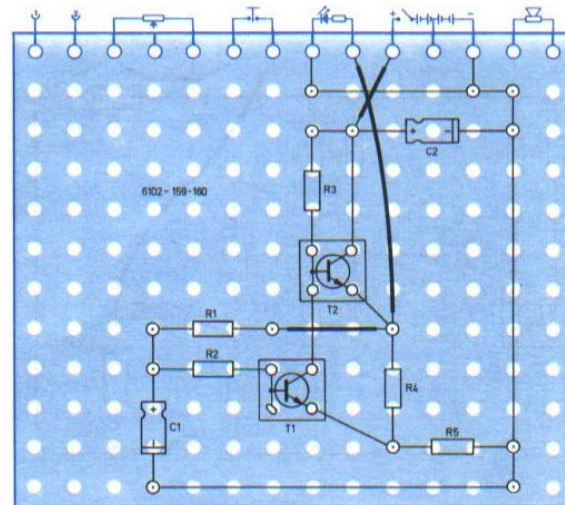
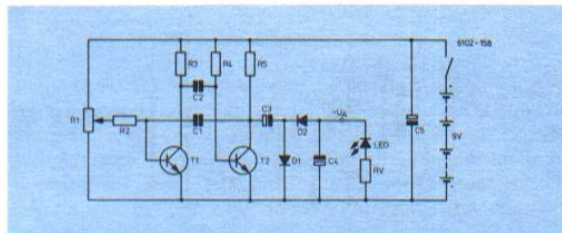


Den Elektronen auf der Spur



158

- R 1 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 k Ω
- R 2 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)
- R 3 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)
- R 4 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 5 = Widerstand 470 Ω (gelb, violett, braun)
- C 1 = Folien-Kondensator 0,1 μ F
- C 2 = Folien-Kondensator 0,22 μ F
- C 3 = Elektrolyt-Kondensator 4,7 μ F
- C 4 = Elektrolyt-Kondensator 10 μ F
- C 5 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- D 1 = Diode
- D 2 = Diode
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult

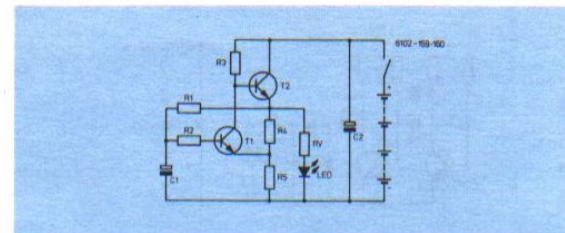


159

- R 1 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 2 = Widerstand 2.200 Ω (rot, rot, rot)
- R 3 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R 4 = Widerstand 470 Ω (gelb, violett, braun)
- R 5 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)
- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 10 μ F
- C 2 = Elektrolyt-Kondensator 220 μ F
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult

160

- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F



Den Elektronen auf der Spur

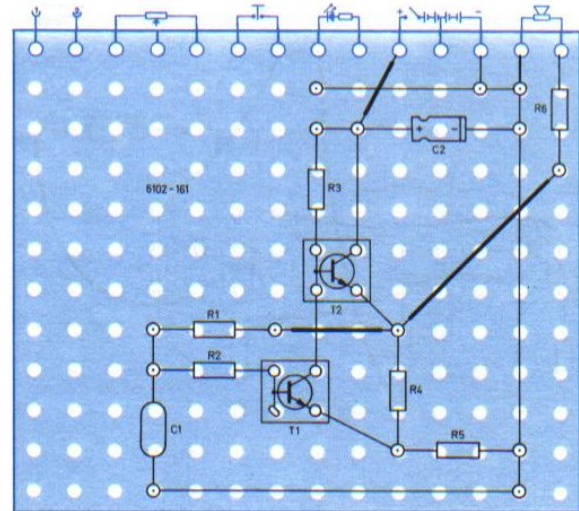
Die Höhe der Ausgangsspannung des Spannungswandlers kann im Experiment **15b** geregelt werden. Da es sich um eine negative Ausgangsspannung handelt, sind D1, D2, LED und C4 wieder umzupolen. Zusätzlich ist das Potentiometer in den Basisstromkreis des Transistors T1 geschaltet. Durch Drehen am Potentiometerknopf kann die Helligkeit der Leuchtdiode verändert werden.

Mit dem Potentiometer R1 wird der Basisstrom von T1 eingestellt. Dadurch ändert sich die Frequenz des astabilen Multivibrators zwischen 0 und ca. 350 Hz. Je höher die Frequenz ist, desto größer ist die negative Ausgangsspannung an $-U_A$. Sie kann maximal etwa 3,5 Volt betragen. Die Ausgangsspannung ändert sich mit der Frequenz, weil mit steigender Frequenz der Wechselstromwiderstand immer kleiner wird. Im Experiment 122 hast du einen astabilen Multivibrator kennengelernt, bei dem die Basen der beiden Transistoren jeweils mit dem Kollektor des anderen Transistors über einen Kondensator verbunden sind. Im Experiment 159 lernst du einen besonderen astabilen Multivibrator kennen, der mit **einem** Kondensator aufgebaut werden kann, und zwar zunächst mit einer Kapazität von $10\ \mu\text{F}$. Nach dem Einschalten blinkt die LED etwa 3 mal in einer Sekunde. Die Blinkfrequenz beträgt also 3 Hz.

Erheblich langsamer blinkt die LED im Experiment **160** wenn du den Kondensator C1 durch den mit einer Kapazität von $100\ \mu\text{F}$ austauscht.

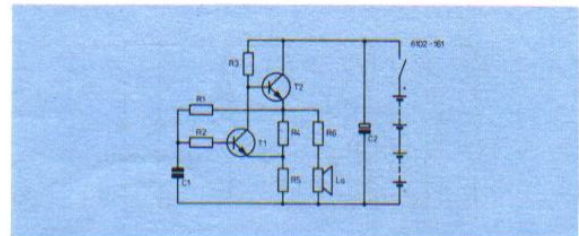
Beim Einschalten leitet zunächst Transistor T2. Vom Emittter dieses Transistors lädt sich der Kondensator C1 über R1 auf. Ist er weit genug aufgeladen, schaltet Transistor T1 durch. Da in diesem Augenblick die Spannung am Kollektor abfällt, erhält T2 keine Basisspannung mehr und sperrt. Über R2, T1 und R5 entlädt sich der Kondensator C1, und wenn er weit genug entladen ist, sperrt Transistor T1, und Transistor T2 leitet wieder. Diese Vorgänge wiederholen sich in Abhängigkeit von der Kapazität des Kondensators C1. Je größer sein Wert ist, desto länger dauern das Laden und Entladen, und damit ist die Blinkfrequenz der LED kleiner.

Wählst du im Experiment **161** eine Kapazität von $0,1 \mu\text{F}$, dann folgt das Umschalten so schnell, daß das Blinken nicht mehr wahrgenommen werden könnte. Die Membran eines Lautsprechers folgt aber den schnellen Schaltimpulsen und strahlt einen Ton ab. Bei dem gewählten Kondensator beträgt die Frequenz des Tones etwa 600 Hz.

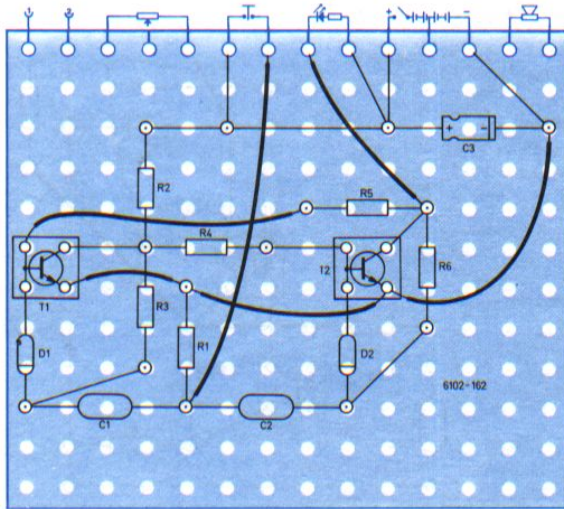


161

- R 1 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 2 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R 3 = Widerstand 2.200 Ω (rot, rot, rot)
- R 4 = Widerstand 470 Ω (gelb, violett, braun)
- R 5 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)
- R 6 = Widerstand 220 Ω (rot, rot, braun)
- C 1 = Folien-Kondensator 0,1 μF
- C 2 = Elektrolyt-Kondensator 100 μF
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- La = Lautsprecher im Bedienungspult

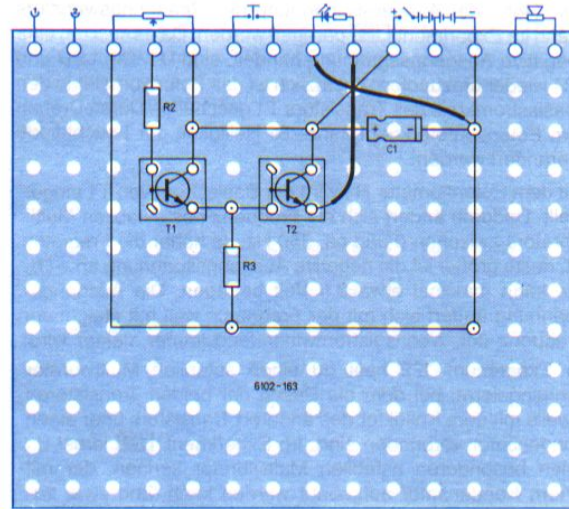
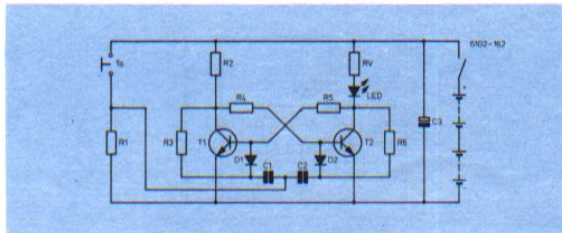


Den Elektronen auf der Spur



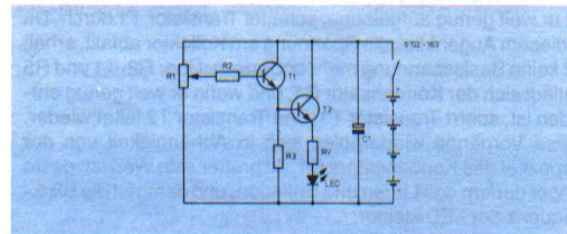
162

- R 1 = Widerstand 2.200 Ω (rot, rot, rot)
- R 2 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)
- R 3 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)
- R 4 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 5 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 6 = Widerstand 47.000 Ω (gelb, violett, orange)
- C 1 = Folien-Kondensator 0,047 μF
- C 2 = Folien-Kondensator 0,1 μF
- C 3 = Elektrolyt-Kondensator 100 μF
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- D 1 = Diode
- D 2 = Diode
- Ta = Taster im Bedienungspult
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



163

- R 1 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 k Ω
- R 2 = Widerstand 470.000 Ω (gelb, violett, gelb)
- R 3 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μF
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



Experiment **162** stellt einen **Frequenzteiler** dar. Wenn du nach dem Aufbau den Tastschalter mehrfach hintereinander drückst, wirst du feststellen, daß bei jedem zweiten Drücken die LED angeht. Zweimal Einschalten am Eingang schaltet

Den Elektronen auf der Spur

einmal die LED am Ausgang ein. Wenn man z. B. an den Eingang einen astabilen Multivibrator mit einer Frequenz von 200 Hz anschließt, dann beträgt die Blinkfrequenz der LED nur noch 100 Hz. Darum spricht man bei einer solchen Schaltung von einem Frequenzteiler.

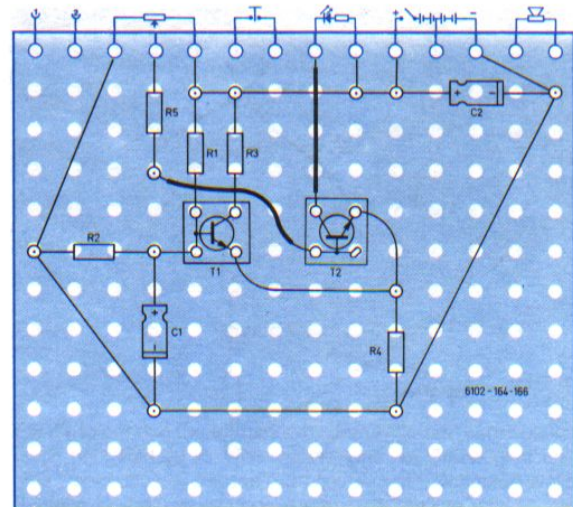
Die Schaltung besteht im wesentlichen aus einem bistabilen Multivibrator, den du bereits im Experiment 124 kennengelernt hast. Die Widerstände R3/R6 und die Kondensatoren C1/C2 stellen Differenzierglieder dar (vergl. Exp. 95). Durch sie werden beim Drücken des Tasters differenzierte negative Impulse erzeugt, die über D1 bzw. D2 den jeweils leitenden Transistor sperren.

Will man kleine Ströme sehr hoch verstärken, dann wendet man dafür eine spezielle Schaltung an, die **Darlington-Schaltung**, wie im Experiment 163. Mit dem Potentiometer läßt sich die Basissspannung des Transistors T1 einstellen. Der Wert des Widerstands R2 mit 470 k Ω läßt erkennen, daß nur ein sehr kleiner Strom durch die Basis von T1 fließt. Der dadurch hervorgerufene größere Emitterstrom ist gleichzeitig Basisstrom des Transistors T2 und wird dort noch einmal verstärkt. Man nennt eine solche Schaltung auch **Emitterfolger**.

Ähnlich wie der Emitterfolger verhält sich der **Differenzverstärker** im Experiment 164. Differenzverstärker bedeutet, daß eine Regelung durch Vergleich mit einer bestimmten Spannung erfolgt. In dieser Schaltung wird eine feste Bezugsspannung durch die Widerstände R1/R2 eingestellt. Durch Drehen am Potentiometer läßt sich die Basissspannung für den Transistor T2 verändern. Ist sie kleiner als die Basissspannung am T1, sperrt T2. Über den gemeinsamen Emittterwiderstand R4 wird nämlich eine Gegenkopplung erreicht.

Durch Austauschen des Widerstands R2 ändert sich das Verhältnis der Widerstände an der Basis von T1 und damit auch die Basissspannung. Im Experiment 165 ist das Verhältnis gleich, es steht also etwa die halbe Betriebsspannung zur Verfügung. Deshalb schaltet Transistor T2 durch, wenn am Potentiometer R6 etwa die halbe positive Spannung eingestellt wird.

Im Experiment 166 leuchtet die LED bei hoher positiver Spannung, weil durch den Widerstand R2 = 22 k Ω auch an der Basis des Transistors T1 eine hohe Spannung anliegt.



164

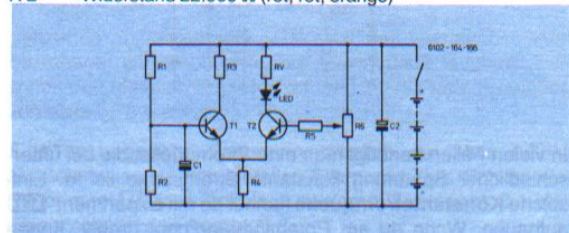
- R 1 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 2 = Widerstand 2.200 Ω (rot, rot, rot)
- R 3 = Widerstand 470 Ω (gelb, violett, braun)
- R 4 = Widerstand 220 Ω (rot, rot, braun)
- R 5 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)
- R 6 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 k Ω
- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 10 μ F
- C 2 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult

165

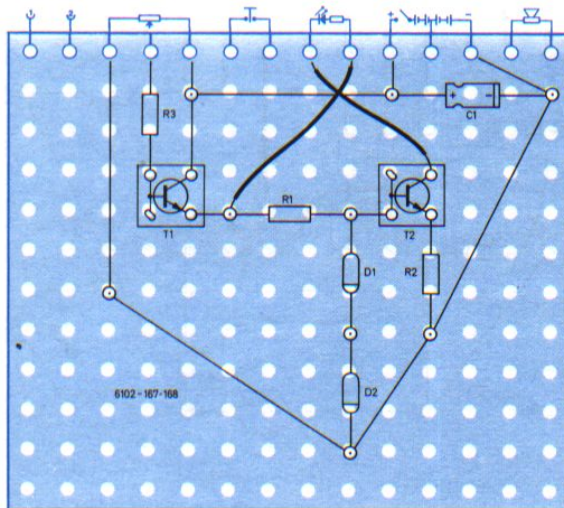
- R 2 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)

166

- R 2 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)



Den Elektronen auf der Spur



167

R 1 = Widerstand 2.200 Ω (rot, rot, rot)

R 2 = Widerstand 100 Ω (braun, schwarz, braun)

R 3 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)

R 4 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 kΩ

C 1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μF

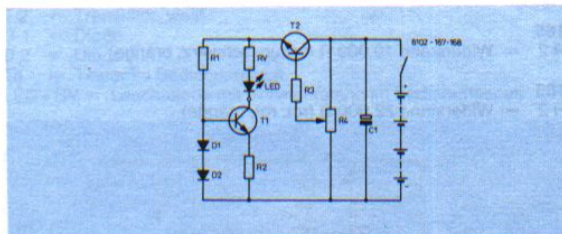
T 1 = Transistor, weiß

T 2 = Transistor, weiß

D 1 = Diode

D 2 = Diode

LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



In vielen Fällen benötigt man eine Stromquelle, die bei unterschiedlicher Spannung konstante Stromstärke liefert. Eine solche **Konstantstromquelle** kannst du mit Experiment **167** aufbauen. Wenn du am Potentiometerknopf drehst, ändert

sich die Helligkeit der Leuchtdiode nur etwa bis zur Stellung 5, dann nicht mehr, obwohl die Spannung noch weiter ansteigt. Die Konstantstromquelle wirkt erst ab einer gewissen Mindestspannung.

Der Transistor T2, der Widerstand R3 und das Potentiometer R4 stellen eine regelbare Spannungsquelle dar, mit der jede Spannung zwischen 0V und 9V eingestellt werden kann. Diese veränderbare Spannung gelangt über den Spannungsteiler R1 und D1/D2 auf die Basis des Transistors T1. Da die Dioden in Durchlaßrichtung geschaltet sind, fällt an jeder eine Schlei-
senspannung von 0,7V ab. An der Basis von T1 stehen also 1,4V zur Verfügung. Bei dieser Basisspannung fällt am Emittor eine Spannung von 0,7V ab. Da der Widerstand von R2 = 100 Ω beträgt, fließt durch ihn ein Strom von ca. 7mA. Er errechnet sich nach der Formel

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

$$I = \frac{0,7}{100}$$

$$I = 0,007$$

$$I = 7 \text{ mA}$$

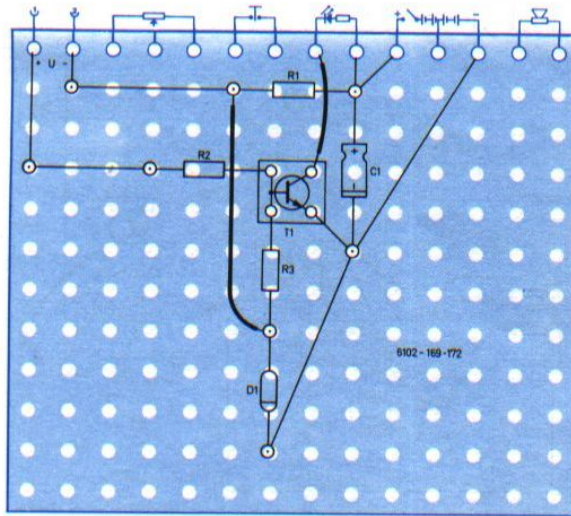
Der Strom am Kollektor ist annähernd so groß wie im Widerstand R2 und er bleibt es auch, wenn die Spannung mit R4 verändert wird.

Entfernst du im Experiment **168** die Diode D1 ersatzlos, ändert sich die Helligkeit der LED über den gesamten Einstellbereich. Denn jetzt ändert sich kontinuierlich die Spannung an der Basis des Transistors. Die Schaltung ist damit keine Konstantstromquelle mehr.

Moderne Siliziumtransistoren, wie sie in diesem Electronic-Lab verwendet werden, schalten erst ab einer Basisspannung von ca. 0,7V durch. Das liegt an dem Ausgangsmaterial Silizium. Sollen kleinere Spannungen nachgewiesen werden, benötigt man eine besondere Schaltung wie in Experiment **169**. Sie wird für die folgenden Experimente gebraucht.

Durch den Spannungsteiler aus D1 und R1 erhält die Basis von T1 eine Spannung von etwa 0,7V. Sie reicht noch nicht ganz aus, um den Transistor durchzuschalten. Wird aber über die Außenanschlüsse 1 und 2 eine sehr kleine zusätzliche Spannung auf die Basis gegeben, dann leitet er, und die LED leuchtet.

Den Elektronen auf der Spur



169

R 1 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)

R 2 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)

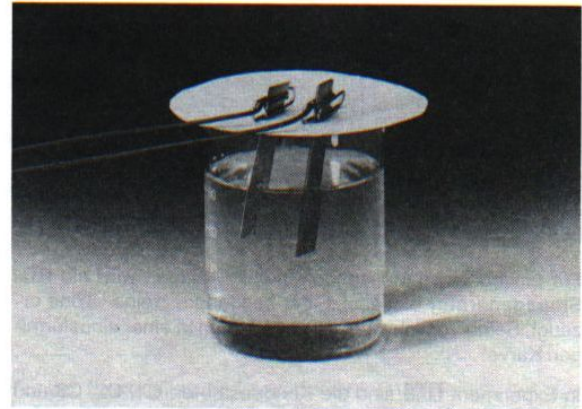
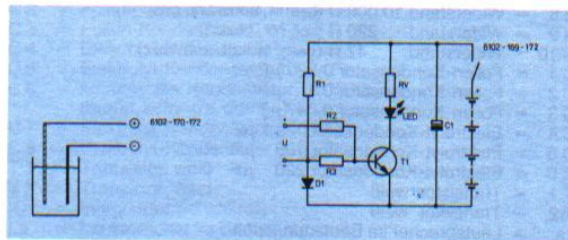
R 3 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)

C 1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F

T 1 = Transistor, weiß

D 1 = Diode

LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



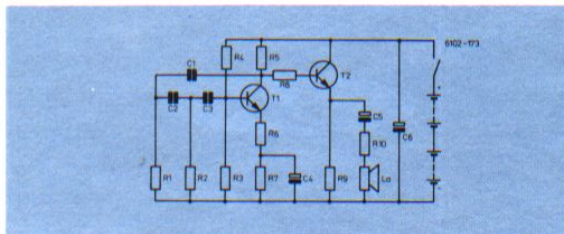
Für die folgenden Experimente mit dem Zink- und dem Kupferblech benötigst du ein Marmeladenglas voll Salzwasser und eine Pappscheibe, die das Glas gut bedeckt. Schneide in die Scheibe im Abstand von ca. 1 cm zwei Schlitzte von 2,5 cm Länge, durch die das Kupfer- und das Zinkblech gesteckt werden können. Damit die Bleche nicht durchrutschen, schiebe je eine Büroklammer an einem Ende darüber. An den Klammern werden auch die Drähte zu den Außenanschlüssen 1 und 2 befestigt. Verbinde im Experiment **170** das Kupferblech mit dem Anschluß 1, das Zinkblech mit dem Anschluß 2 der Schaltung 169 und schalte die Batteriespannung ein.

Obwohl keine weitere Spannungsquelle angeschlossen wurde, leuchtet jetzt die LED. Das wird allein durch die verschiedenen Bleche in der Salzlösung hervorgerufen. Taucht man nämlich Kupfer und Zink in eine solche Lösung, dann entsteht zwischen beiden Metallen eine Spannung, und zwar etwa 1,1 V. Diese zusätzliche Spannung am Eingang der Schaltung nach Experiment 169 läßt die LED leuchten.

Verwende im Experiment **171** statt des Zinkblechs einen Eisennagel und beobachte, die Leuchtdiode leuchtet. Zwischen den Metallen Kupfer und Eisen tritt nur eine Spannung von etwa 0,75 V auf.

Eine noch geringe Spannung, nämlich nur etwa 0,35 V, herrscht zwischen den Metallen Eisen und Zink. Schließe im Experiment **172** das Zinkblech an den Außenanschluß 1, den Eisennagel an den Anschluß 2.

Den Elektronen auf der Spur



Für elektronische Messungen in HiFi-Anlagen wird ein **RC-Sinusgenerator** eingesetzt, der besonders „reine“ Töne erzeugt. Seine Tonschwingungen verlaufen in einer sinusförmigen Kurve.

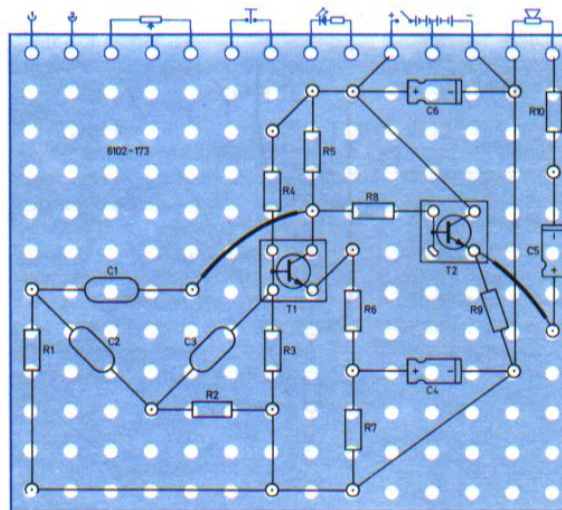
In Experiment **173** sind die Kondensatoren C1, C2, C3 und die Widerstände R1, R2, R3 zu einem Netzwerk verknüpft, das die Höhe der Töne bestimmt. T1 regt als rückgekoppelter Verstärker die Schaltung zum Schwingen an.

Damit die Frequenz der erzeugten Sinusschwingung nicht beeinflusst wird, nimmt man sie nicht direkt vom Netzwerk ab, sondern schaltet einen Emitterfolger nach. Vom Lautsprecher in der Emitterleitung des T2 wird dann der Ton abgestrahlt. Weil parallel zum Lautsprecher der Widerstand R9 liegt, fließt durch ihn der Gleichstrom, während der Kondensator C5 nur den Wechselstrom dem Lautsprecher zuführt. So werden Überlastungen des Transistors vermieden.

Dem Sinusgenerator kann im Experiment **174** ein IC-Verstärker nachgeschaltet werden. Man erhält dann eine lautere Tonwiedergabe. Durch Einfügen des Potentiometers R14 wird es auch möglich, die Phasenlage der Sinusschwingung umzukehren. Eine solche Phasenumkehrung erfolgt, wenn du das Potentiometer langsam vom einen zum anderen Anschlag drehst.

Zunächst hörst du einen Ton. Durchläuft der Schleifer die Mittenstellung, hörst du einen Augenblick nichts. Am anderen Anschlag ist der Ton wieder laut zu hören.

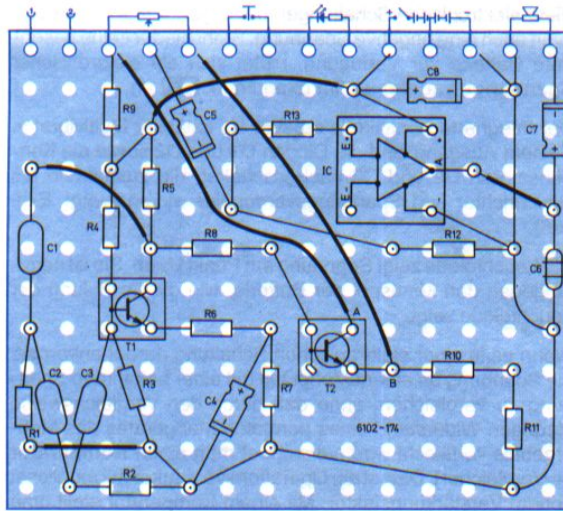
Bei einem sauberen Sinuston kannst du mit dem Gehör nicht unterscheiden, ob das Ausgangssignal des Verstärkers mit dem Eingangssignal „in Phase“ oder gegenphasig liegt. Man merkt aber bei einer Stereo-Anlage, ob beide Kanäle gleiche Phasenlage haben.



173

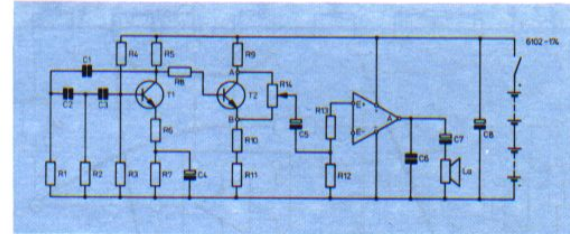
- R 1 = Widerstand 2.200 Ω (rot, rot, rot)
- R 2 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R 3 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)
- R 4 = Widerstand 47.000 Ω (gelb, violett, orange)
- R 5 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)
- R 6 = Widerstand 10 Ω (braun, schwarz, schwarz)
- R 7 = Widerstand 470 Ω (gelb, violett, braun)
- R 8 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 9 = Widerstand 220 Ω (rot, rot, braun)
- R 10 = Widerstand 47 Ω (gelb, violett, schwarz)
- C 1 = Folien-Kondensator 0,22 μF
- C 2 = Folien-Kondensator 0,1 μF
- C 3 = Folien-Kondensator 0,047 μF
- C 4 = Elektrolyt-Kondensator 4,7 μF
- C 5 = Elektrolyt-Kondensator 100 μF
- C 6 = Elektrolyt-Kondensator 220 μF
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- La = Lautsprecher im Bedienungspult

Den Elektronen auf der Spur

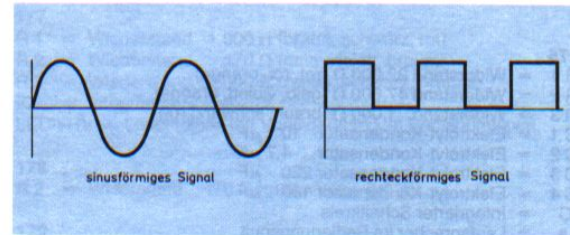


174

- R 1 = Widerstand 2.200 Ω (rot, rot, rot)
- R 2 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R 3 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)
- R 4 = Widerstand 47.000 Ω (gelb, violett, orange)
- R 5 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)
- R 6 = Widerstand 10 Ω (braun, schwarz, schwarz)
- R 7 = Widerstand 470 Ω (gelb, violett, braun)
- R 8 = Widerstand 220.000 Ω (rot, rot, gelb)
- R 9 = Widerstand 220 Ω (rot, rot, braun)
- R 10 = Widerstand 47 Ω (gelb, violett, braun)
- R 11 = Widerstand 100 Ω (braun, schwarz, braun)
- R 12 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 13 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 14 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 k Ω
- C 1 = Folien-Kondensator 0,22 μ F
- C 2 = Folien-Kondensator 0,1 μ F
- C 3 = Folien-Kondensator 0,047 μ F
- C 4 = Elektrolyt-Kondensator 4,7 μ F
- C 5 = Elektrolyt-Kondensator 10 μ F
- C 6 = keramischer Kondensator 10.000 pF (braun, schwarz, orange)
- C 7 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- C 8 = Elektrolyt-Kondensator 220 μ F
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- IC = Integrierter Schaltkreis
- La = Lautsprecher im Bedienungspult

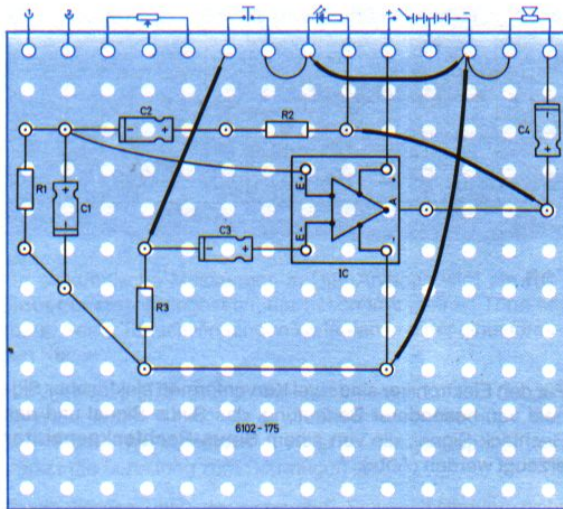


Für den Elektroniker sind zwei Kurvenformen elektrischer Signale von besonderer Bedeutung, das Sinus-Signal und das Rechteck-Signal, die von einem **Sinus-Rechteckgenerator** erzeugt werden (Abb.).



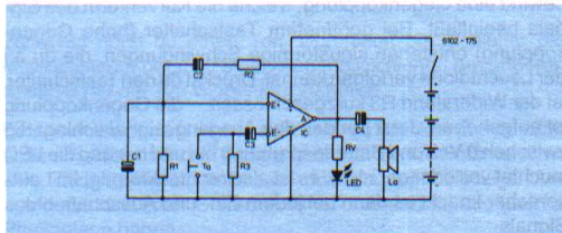
In Experiment **175** ist das IC als langsamer Multivibrator geschaltet. Dabei bestimmen C2/R2 und C1/R1 die Frequenz. R3 bewirkt eine Gegenkopplung, welche die Kurvenform des Signals beeinflusst. Bei geöffnetem Tastschalter (hohe Gegenkopplung) entstehen sinusförmige Schwingungen, die du an der Leuchtdiode verfolgen kannst. Drückst du den Tastschalter, ist der Widerstand R3 kurzgeschlossen – die Gegenkopplung ist aufgehoben. Jetzt pendelt das Ausgangssignal schlagartig zwischen 0 Volt und Batteriespannung hin und her und die LED leuchtet voll oder gar nicht, es ist also rechteckförmig. Im Lautsprecher knackt es dann bei jedem Ein- und Ausschalten des Signals.

Den Elektronen auf der Spur



175

- R1 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)
- R2 = Widerstand 47.000 Ω (gelb, violett, orange)
- R3 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)
- C1 = Elektrolyt-Kondensator 10 μF
- C2 = Elektrolyt-Kondensator 4,7 μF
- C3 = Elektrolyt-Kondensator 220 μF
- C4 = Elektrolyt-Kondensator 100 μF
- IC = Integrierter Schaltkreis
- La = Lautsprecher im Bedienungspult
- Ta = Taster im Bedienungspult
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



Viele elektronische Schaltungen benötigen außer einer positiven auch eine negative Spannung. Steht hierfür keine besondere Batterie zur Verfügung, bietet sich ein elektronischer **Spannungswandler** wie im Experiment **176** an.

Der Integrierte Schaltkreis arbeitet als astabiler Multivibrator. Seinem Ausgang sind die Dioden D1 und D2 sowie die Kondensatoren C2 und C3 nachgeschaltet, die zusammen als Gleichrichter und Spannungsverdoppler wirken (vergl. Exp. 156).

Die Leuchtdiode zeigt Spannung am Punkt U_x an. Sie ist negativ gegen den Minuspol der Batterie, wie dir die Polung der Leuchtdiode zeigt.

Wenn es in einer elektronischen Schaltung darauf ankommt, die Spannung an einem Meßpunkt mit einer bekannten Spannung zu vergleichen, ohne daß durch den vergleichsweise niedrigen Widerstand eines normalen Meßgerätes das Meßergebnis verfälscht wird, verwendet man einen **Komparator** (= Vergleich). Das ist ein Operationsverstärker mit möglichst hohem Verstärkungsfaktor. Mit einem Komparator stellt man fest, ob die Spannung U_x höher oder niedriger ist als die bekannte Bezugsspannung. Im Experiment **177** befindet sich die unbekannte Spannung am Eingang E- des Operationsverstärkers. Ihre Höhe ist durch R2 festgelegt.

Setze als R2 zunächst den Widerstand 470 Ω ein. Verbinde R3 (Klemme A) mit 0 Volt (Klemme D). Leuchtet die Leuchtdiode?

Verbinde im Experiment **178** R3 (Klemme A) mit Klemme C (4,5 Volt). Achte auf die LED.

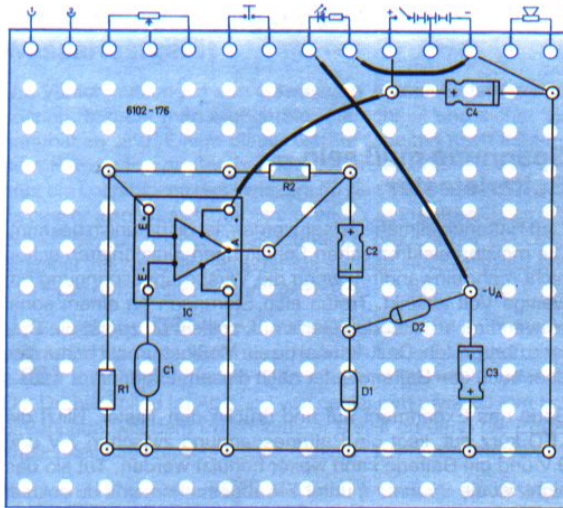
Tausche im Experiment **179** den Widerstand R2 = 470 Ω gegen einen von 2,2 k Ω aus. Verbinde Klemme A mit Klemme D (0 Volt). Zeigt die LED Spannung an?

Verbinde im Experiment **180** Widerstand R3 (Klemme A) mit Klemme C (4,5 Volt) und dann mit Klemme D (9 Volt). Leuchtet die LED?

Bei R2 = 470 Ω beträgt U_x = 3 Volt. Die LED leuchtet, wenn die Bezugsspannung darüber liegt, also z. B. 4,5 Volt (Klemme C) beträgt. Hast du als R2 = 2,2 k Ω eingesetzt, beträgt U_x etwa 6 Volt. Darum leuchtet die LED nur, wenn R3 an 9 Volt (Klemme B) gelegt ist.

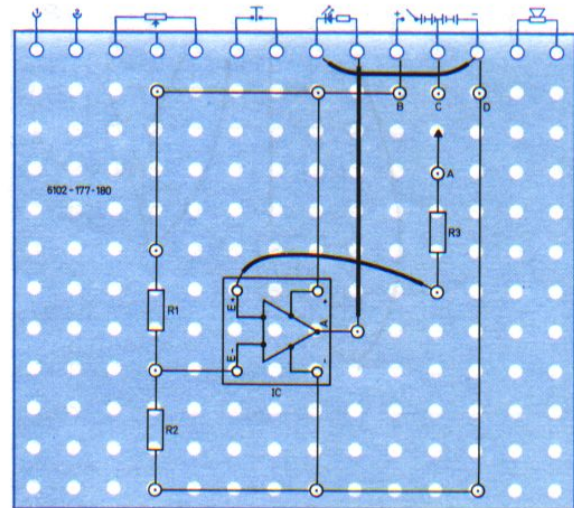
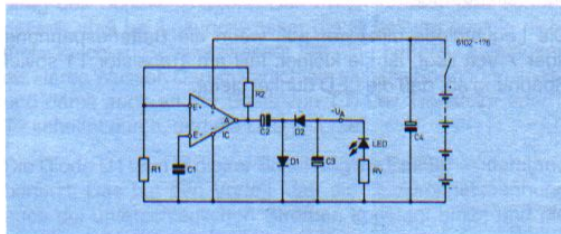
Die Leuchtdiode leuchtet, wenn die unbekannte Spannung U_x am Eingang E- des IC kleiner ist als die Spannung an R3.

Den Elektronen auf der Spur



176

- R 1 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R 2 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)
- C 1 = Folien-Kondensator 0,1 μF
- C 2 = Elektrolyt-Kondensator 4,7 μF
- C 3 = Elektrolyt-Kondensator 10 μF
- C 4 = Elektrolyt-Kondensator 100 μF
- D 1 = Diode
- D 2 = Diode
- IC = Integrierter Schaltkreis
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



177

- R 1 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)
- R 2 = Widerstand 470 Ω (gelb, violett, braun)
- R 3 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- IC = Integrierter Schaltkreis
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult

178

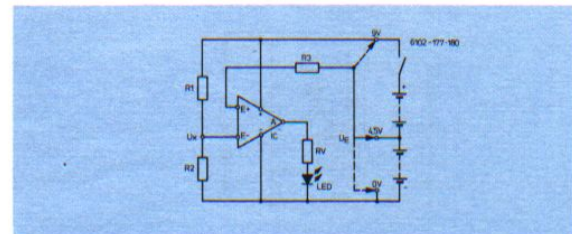
- R 2 = Widerstand 470 Ω (gelb, violett, braun)

179

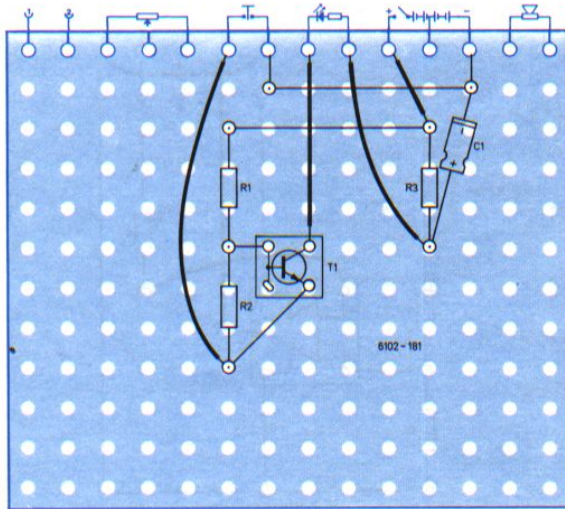
- R 2 = Widerstand 2.200 Ω (rot, rot rot)

180

- R 2 = Widerstand 2.200 Ω (rot, rot, rot)

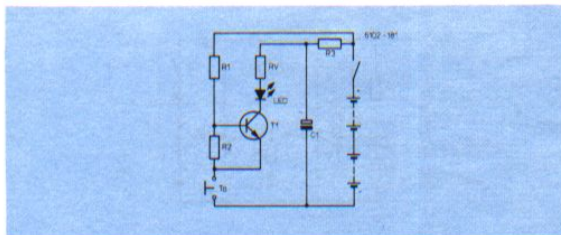


Von Experten für Experten



181

- R 1 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 2 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)
- R 3 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)
- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 220 μF
- T 1 = Transistor, weiß
- Ta = Taster im Bedienungspult
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



Spannung muß sein – Batterietester

Daß Batterien allmählich leer werden, ist dir natürlich bekannt. Die meisten elektronischen Schaltungen funktionieren schon nicht mehr einwandfrei, wenn die Versorgungsspannung um wenige Volt absinkt. Treten also Störungen an einem sonst einwandfrei arbeitenden Gerät auf, solltest du zuerst die Batterie überprüfen. Dazu kannst du ein Meßinstrument benutzen, aber auch den Batterietester nach diesem Experiment **181**.

Baue das Experiment auf und drücke den Taster. Blitzt die LED kurz auf, liegt die Batteriespannung zwischen 7 V und 9 V und die Batterie kann weiter benutzt werden. Tut sie das nicht, ist die Spannung unter 7V abgesunken, und du solltest die Batterie möglichst bald auswechseln.

Legst du die Versorgungsspannung von – (Klemme 12) auf 4,5 Volt (Klemme 11) blitzt die LED nicht mehr auf.

Die Funktion des Batterietesters beruht auf den Lade- und Entladevorgängen des Kondensators C1. Nach dem Einschalten lädt sich C1, über den hochohmigen Widerstand R3 langsam auf. Dabei steigt die Spannung an ihm bis auf die Batteriespannung an. Wird nun der Tastschalter gedrückt, fließt kurzzeitig durch T1 der Entladestrom des Kondensators C1. Dabei bestimmt der Spannungsteiler R1/R2, der die Basisspannung festlegt, die Stromstärke. Die Spannung wird an ihm im Verhältnis 1:10 geteilt. Da der Transistor erst ab 0,7 Volt leitet, wird also mindestens die zehnfache Spannung zum Durchschalten benötigt.

Die Leuchtdiode blitzt nur auf, wenn die Batteriespannung über 7 Volt liegt. Ist sie kleiner, fällt am Transistor T1 soviel Spannung ab, daß die LED dunkel bleibt.

Von Experten für Experten

Umweltsünden aufgespürt – Wassertestgerät

Um Verschmutzungen von Gewässern schnell feststellen zu können, braucht man Meßgeräte, die schnell und sicher zu handhaben sind. Einige dieser Geräte arbeiten nach folgendem Prinzip: Ein großer Teil der verunreinigenden Stoffe erhöht die Leitfähigkeit des Wassers für den elektrischen Strom. Je besser also Wasser den Strom leitet, desto stärker ist es mit diesen Stoffen belastet. Das Meßgerät braucht nur die Leitfähigkeit festzustellen, und daraus können Rückschlüsse auf den Grad der Verschmutzung gezogen werden.

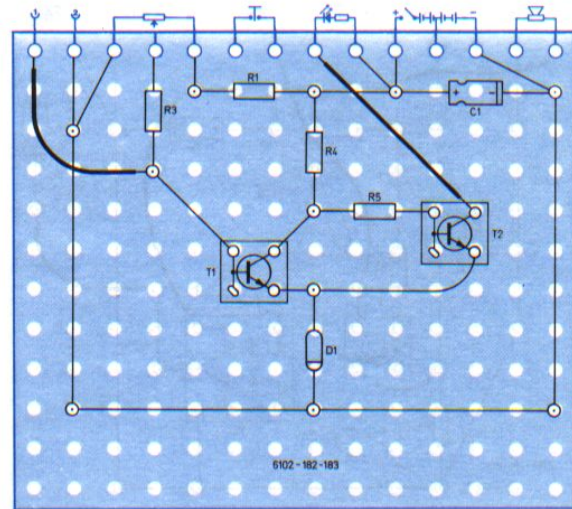
Mit Experiment **182** kannst du einen solchen Wassertester aufbauen. Von den Außenanschlüssen 1 und 2 werden zwei blanke Schaltdrähte in ein Glas mit Leitungswasser geführt. Die Drähte sollen im Abstand von ca. 15 mm etwa 20 mm tief eintauchen. Mit dem Potentiometer stellst du dann die Empfindlichkeit des Gerätes so ein, daß die LED gerade erlischt.

Ersetze im Experiment **183** das Leitungswasser durch Wasser, das mit Waschmittel „verunreinigt“ wurde. Du mußt den Inhalt des Glases kräftig umrühren. Stelle anschließend wieder mit dem Potentiometer so ein, daß die LED gerade erlischt. Wenn du nun Salzwasser verwendest, kannst du erkennen, daß die LED wieder leuchtet: Es leitet also am besten.

Der Wassertester verwendet die Schaltung des Schwellwertschalters oder Schmitt-Triggers, den du im Experiment 125 bereits kennengelernt hast. Mit dem Potentiometer R3 wird die Spannung eingestellt, bei der die Schaltung umkippt, d. h. am Ausgang von AUS auf EIN springt.

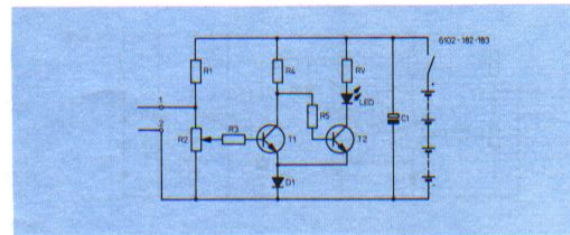
Die an den Klemmen 1 und 2 befindlichen Fühler tauchen in Wasser unterschiedlicher Qualität. Sein elektrischer Widerstand liegt parallel zu R2 und beeinflusst die Schwellwertspannung des Schmitt-Triggers. Das Potentiometer wird so eingestellt, daß bei Leitungswasser die Schaltung gerade nicht mehr leuchtet. Schmutzwasser hat eine höhere Leitfähigkeit als klares Wasser. Darum verschiebt sich die Spannung an R2 und damit auch an der Basis von T1. Der Transistor sperrt, T2 schaltet durch, und die LED leuchtet.

Die Diode D1 wird in dieser Schaltung als Emitter-Widerstand benutzt. Das hat den Vorteil, daß die Rückkoppelspannung auch bei unterschiedlichen Strömen konstant bleibt und die Hysteresis klein ist.

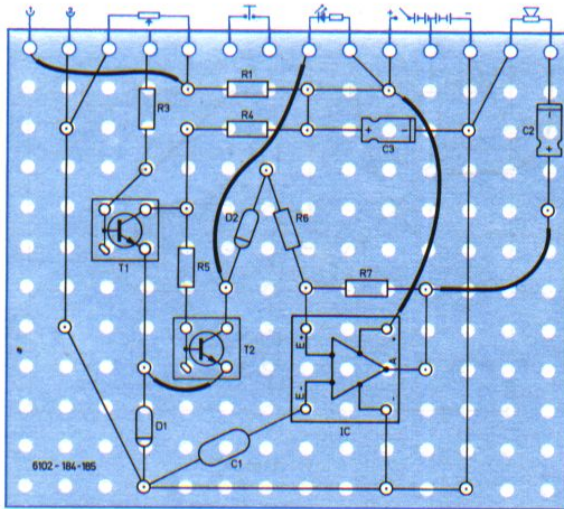


182

- R 1 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 2 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 k Ω
- R 3 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 4 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R 5 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)
- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- D 1 = Diode
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult

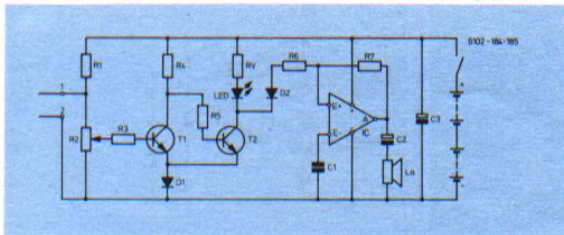


Von Experten für Experten



184

- R 1 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 2 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 k Ω
- R 3 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 4 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R 5 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)
- R 6 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)
- R 7 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)
- C 1 = Folien-Kondensator 0,22 μ F
- C 2 = Elektrolyt-Kondensator 10 μ F
- C 3 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- IC = Integrierter Schaltkreis
- La = Lautsprecher im Bedienungspult
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult
- D 1 = Diode
- D 2 = Diode



Im Experiment **184** ertönt zusätzlich ein Warnton, wenn die LED aufleuchtet. Verwende wieder Leitungswasser und verführe wie im Experiment 182.

Zur Prüfung von Waschlauge und Salzwasser verführe im Experiment **185** wieder wie in Experiment 183.

Die Schaltung des Verunreinigungs-Alarmgebers (Experiment 184/185) besteht aus zwei Teilen. Ein Schwellwertschalter (vergl. Experiment 125) steuert einen Tongenerator nach Experiment 141.

Der Tongenerator schwingt nur, wenn R6 einseitig mit dem Minuspol der Batterie oder zumindest mit einer Spannung nahe 0 Volt verbunden ist. Das ist dann der Fall, wenn T2 durchgeschaltet ist. Die Diode D2 verhindert, daß positive Spannung an R6 und den Eingang E+ des IC gelangt. Nur eine niedrige Kollektorspannung an T2 kann sich auswirken.

Der Schwellwertschalter spricht an, wenn der elektrische Widerstand zwischen den Fühlern die Spannung unter den Schwellwert hinabdrückt.

Kontaktlos geschaltet – Sensortaster

Moderne Fernsehempfänger, Videorecorder und Rundfunkgeräte, aber auch Fahrstuhlsteuerungen, werden häufig nicht mehr mit üblichen Schaltern geschaltet, sondern man verwendet Sensortaster. Sie besitzen eine Kontaktfläche, die nur mit dem Finger zu berühren ist.

Mit Experiment **186** läßt sich ein Sensor-Einschalter aufbauen. Wenn du den Kontakt S mit dem Finger berührst, leuchtet die LED.

Von Experten für Experten

Im Sensortaster erzeugt ein Wechselspannungsverstärker, der im Experiment 142 beschrieben ist, eine hohe Spannung an seinem Ausgang, wenn der Sensor berührt wird. Die Spannung wird mit einer Verdopplerschaltung nach Experiment 176 gleichgerichtet und steuert den Transistor T1.

Die Schaltung nutzt die Tatsache aus, daß unsere Umgebung von elektrischen und magnetischen Wechselfeldern durchsetzt ist. Das ist besonders in Gebäuden, weniger im Freien der Fall. Dadurch wird im menschlichen Körper eine – wenn auch sehr kleine – elektrische Spannung induziert.

Berührst du mit dem Finger den Eingang des hochempfindlichen Verstärker-IC, so entsteht an seinem Ausgang eine wesentlich höhere Wechselspannung, die gleichgerichtet und verdoppelt wird. Die entstehende Gleichspannung reicht dann aus, den Transistor T1 durchzusteuern und die LED zum Leuchten zu bringen.

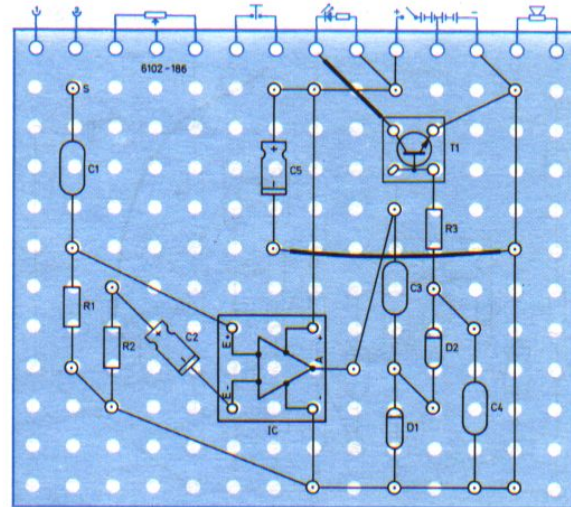
Umgekehrte Wirkung erzielst du mit Experiment 187. Die LED erlischt, wenn du die Kontaktfläche S berührst.

Beim Sensortaster AUS sind Wechselspannungsverstärker (Experiment 142), Spannungsverdoppler (Experiment 176) und ein zweistufiger Verstärker zusammengeschaltet.

Im Ruhezustand leuchtet die LED. Beim Berühren des Sensors wird die aufgenommene Wechselspannung verstärkt, gleichgerichtet und verdoppelt und dem Transistor T1 zugeführt. Er schaltet durch, und seine jetzt niedrige Kollektorspannung sperrt T2. Die LED erlischt.

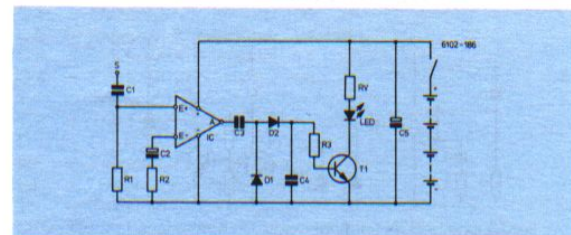
Im Experiment 198 blitzt die LED für einen Augenblick auf, wenn der Kontakt S berührt wird.

Die Schaltung des Impulsgebers besteht aus vier Stufen. Ein Wechselspannungsverstärker nach Experiment 142 verstärkt die am Sensor S aufgenommene Wechselspannung. Sie wird gleichgerichtet und verdoppelt, wie im Experiment 176 beschrieben. Eine Differenzierstufe, deren Funktion du im Experiment 95 kennengelernt hast, formt beim Tasten einen kurzen positiven Impuls. Er wird durch T2 verstärkt und läßt die Leuchtdiode aufblitzen, wenn der Sensor berührt wird. Die Dauer des Leuchtimpulses ist unabhängig von der Dauer des Berührens.

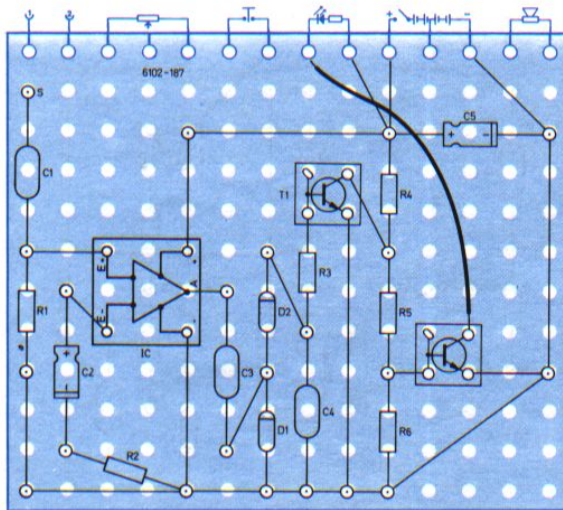


186

- R 1 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)
- R 2 = Widerstand 10 Ω (braun, schwarz, schwarz)
- R 3 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- C 1 = Folien-Kondensator 0,047 μF
- C 2 = Elektrolyt-Kondensator 10 μF
- C 3 = Folien-Kondensator 0,1 μF
- C 4 = Folien-Kondensator 0,22 μF
- C 5 = Elektrolyt-Kondensator 220 μF
- T 1 = Transistor, weiß
- D 1 = Diode
- D 2 = Diode
- IC = Integrierter Schaltkreis
- LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



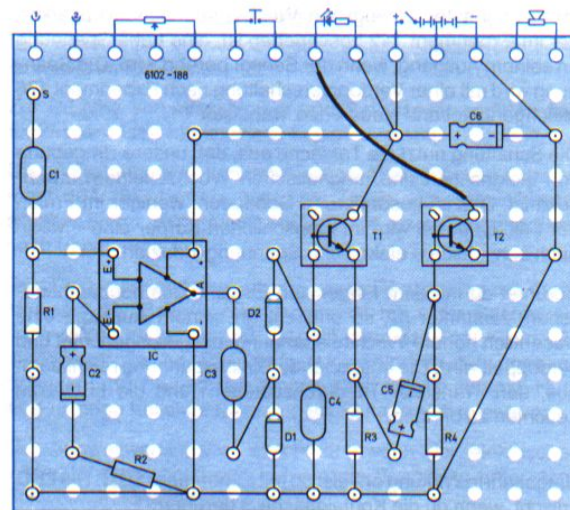
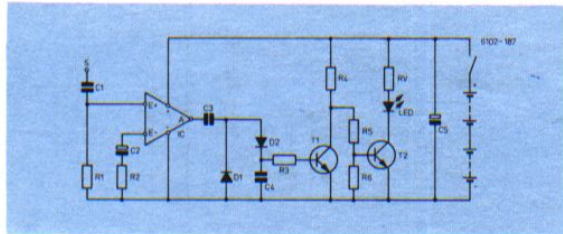
Von Experten für Experten



187

- R 1 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)
 R 2 = Widerstand 10 Ω (braun, schwarz, schwarz)
 R 3 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
 R 4 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
 R 5 = Widerstand 2.200 Ω (rot, rot, rot)
 R 6 = Widerstand 47.000 Ω (gelb, violett, orange)
 C 1 = Folien-Kondensator 0,047 μF
 C 2 = Elektrolyt-Kondensator 10 μF
 C 3 = Folien-Kondensator 0,1 μF
 C 4 = Folien-Kondensator 0,22 μF
 C 5 = Elektrolyt-Kondensator 220 μF
 T 1 = Transistor, weiß
 T 2 = Transistor, weiß
 IC = Integrierter Schaltkreis
 D 1 = Diode
 D 2 = Diode

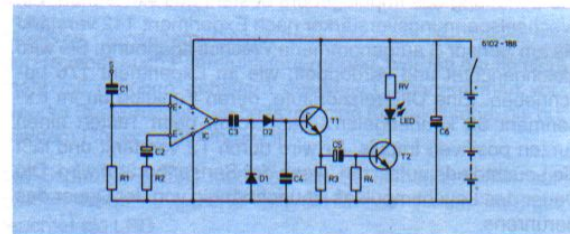
LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



188

- R 1 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)
 R 2 = Widerstand 10 Ω (braun, schwarz, schwarz)
 R 3 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
 R 4 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)
 C 1 = Folien-Kondensator 0,047 μF
 C 2 = Elektrolyt-Kondensator 4,7 μF
 C 3 = Folien-Kondensator 0,1 μF
 C 4 = Folien-Kondensator 0,22 μF
 C 5 = Elektrolyt-Kondensator 10 μF
 C 6 = Elektrolyt-Kondensator 220 μF
 T 1 = Transistor, weiß
 T 2 = Transistor, weiß
 IC = Integrierter Schaltkreis
 D 1 = Diode
 D 2 = Diode

LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



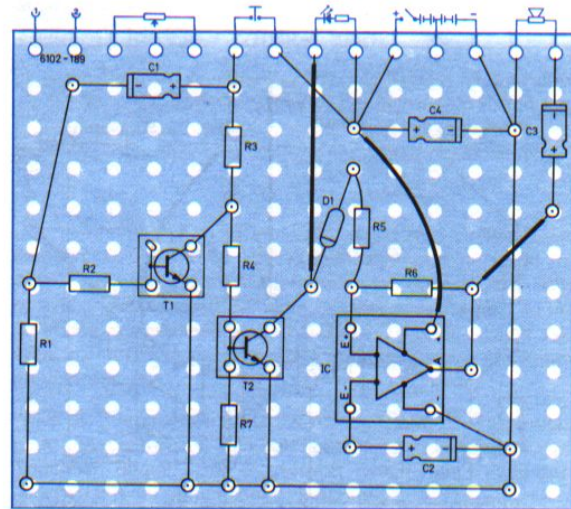
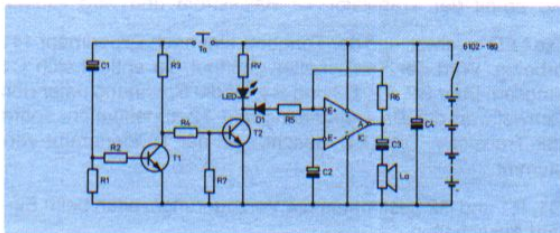
Lange Leitung – Ein- und Ausschaltverzögerungen

In einigen Kraftfahrzeugen ist die Innenbeleuchtung mit einer Schaltung gekoppelt, die das Licht erst mehrere Sekunden nach dem Schließen der Autotür verlöschen läßt.

Mit der Schaltung nach Experiment **189** läßt sich eine Einschaltverzögerung aufbauen. Die LED leuchtet nach dem Drücken des Tasters mit einigen Sekunden Verzögerung auf, und aus dem Lautsprecher ertönt ein motorähnliches Geräusch.

Du mußt beim ersten Mal die Taste etwa 15 Sekunden gedrückt halten. Bei weiterem Einschalten verkürzt sich diese Zeit. Nach dem Loslassen des Tastschalters setzt das Motorgeräusch sofort aus, und die LED erlischt.

Beim Schließen des Tasters Ta lädt sich der Kondensator C1 über den Widerstand R1 auf. Die Spannung an R1 nimmt mit zunehmender Ladung von C1 ab. Zunächst steuert die noch hohe Spannung an R1 einen zweistufigen Verstärker gemäß Experiment 120. Transistor T1 ist durchgeschaltet, T2 sperrt, die Leuchtdiode ist dunkel. Der nachgeschaltete Tongenerator nach Experiment 141 arbeitet nicht, weil an E+ eine hohe Spannung liegt. Beim Aufladen des Kondensators C1 unterschreitet die Spannung an R1 schließlich den Schwellwert des Transistors T1. Er sperrt, und seine hohe Kollektorspannung steuert über R4 den Transistor T2 durch. Die LED leuchtet, und die Spannung am Kollektor ist nun niedrig genug, um den Tongenerator anschwingen zu lassen.



189

- R 1 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)
- R 2 = Widerstand 47.000 Ω (gelb, violett, orange)
- R 3 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R 4 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 5 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)
- R 6 = Widerstand 220.000 Ω (rot, rot, gelb)
- R 7 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)

- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μF
- C 2 = Elektrolyt-Kondensator 4,7 μF
- C 3 = Elektrolyt-Kondensator 10 μF
- C 4 = Elektrolyt-Kondensator 220 μF

T 1 = Transistor, weiß

T 2 = Transistor, weiß

D 1 = Diode

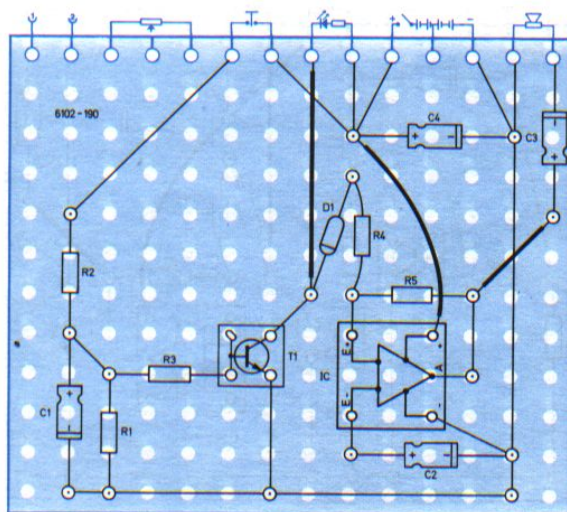
IC = Integrierter Schaltkreis

La = Lautsprecher im Bedienungspult

Ta = Taster im Bedienungspult

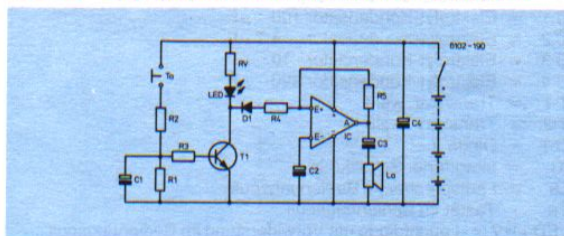
LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult

Von Experten für Experten



190

- R1 = Widerstand 470.000 Ω (gelb, violett, gelb)
- R2 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)
- R3 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R4 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)
- R5 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)
- C1 = Elektrolyt-Kondensator 220 μF
- C2 = Elektrolyt-Kondensator 4,7 μF
- C3 = Elektrolyt-Kondensator 10 μF
- C4 = Elektrolyt-Kondensator 100 μF
- T1 = Transistor, weiß
- IC = Integrierter Schaltkreis
- La = Lautsprecher im Bedienungspult
- Ta = Taster im Bedienungspult
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



Verzögert ausschalten kannst du mit Experiment **190**. Die LED leuchtet beim Drücken sofort, und auch das Motorgeschall setzt gleich ein. Läßt du aber die Taste los, werden die LED und das Geräusch mit Verzögerung ausgeschaltet.

Beim Niederdrücken des Tastschalters wird C1 über R1 rasch geladen. T1 schaltet durch, die LED leuchtet, und der Tongenerator nach Experiment 141 erzeugt einen Ton.

Beim Öffnen des Tastschalters entlädt sich C1 langsam über R1. Erst wenn die Spannung an ihm den Schwellwert der Basisspannung an T1 unterschreitet, sperrt der Transistor. Die LED erlischt, und der Ton verstummt. Die Kapazität von C1 und die Größe von R1 bestimmen die Länge der Verzögerung.

Mit Experiment **191** ist eine kombinierte Ein- und Ausschaltverzögerung aufzubauen.

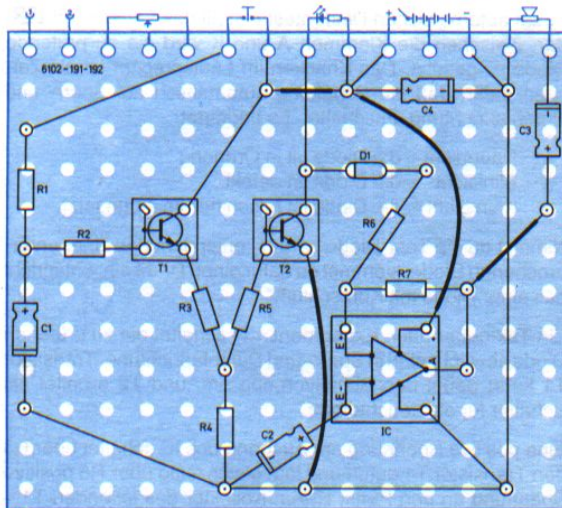
Wenn du anstelle des Motorengeräusches einen höheren Ton hören möchtest, tausche in Experiment **192** den Kondensator C2 aus und setze dafür den mit 0,22 μF ein.

Lade- und Entladevorgänge beim Kondensator C1 rufen die Ein- und Ausschaltverzögerung hervor. Bei geschlossenem Tastschalter lädt sich C1 langsam über R1 auf. Entsprechend der Ladung steigt an ihm die Spannung. Erst wenn der Schwellwert der Basisspannung überschritten wird liegt am Emitter eine Spannung an, die um 0,7 Volt geringer als die Basisspannung ist. Die Spannungsteiler R3/R4 reduzieren die Ermittlerspannung auf ca. $\frac{1}{3}$ des ursprünglichen Wertes. Über R5 erhält der Transistor T2 Basisstrom und wird leitend.

Die LED leuchtet, und der Tongenerator nach Experiment 141 arbeitet. Wird der Tastschalter geöffnet, so entlädt sich C1 langsam über R2, T2, R3 und R4. Ist die Spannung unter den Schwellwert der Basisspannung von T2 abgesunken, sperrt der Transistor. Die LED erlischt, und der Tongenerator verstummt.

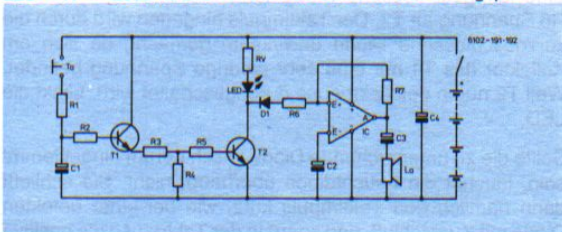
C1, R1 und R2 bestimmen die Verzögerungszeiten beim Ein- und Ausschalten.

Von Experten für Experten



191

- R1 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)
- R2 = Widerstand 47.000 Ω (gelb, violett, orange)
- R3 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R4 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R5 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R6 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)
- R7 = Widerstand 220.000 Ω (rot, rot, gelb)
- C1 = Elektrolyt-Kondensator 4,7 μF
- C2 = Elektrolyt-Kondensator 10 μF
- C3 = Elektrolyt-Kondensator 100 μF
- C4 = Elektrolyt-Kondensator 220 μF
- T1 = Transistor, weiß
- T2 = Transistor, weiß
- La = Lautsprecher im Bedienungspult
- Ta = Taster im Bedienungspult
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult
- D1 = Diode
- IC = Integrierter Schaltkreis



Meßpraxis – Technik im Elektronik-Labor

Jedes Elektronik-Labor benötigt eine Reihe von Meßgeräten, um Schaltungen oder elektronische Bauteile testen zu können. In den folgenden Experimenten findest du einige Geräte, mit denen auch du deine Ausstattung vervollständigen kannst.

Das Voltmeter im Experiment **193** besitzt zwei Meßbereiche, und zwar 0–5 V und 0–10 V. Zum Messen verbindest du zusätzlich den Pluspol der Batterie mit +U_x, der Minuspol ist ja bereits angeschlossen. Mit dem Potentiometer regelst du bei gedrücktem Tastschalter so, daß die LED gerade erlischt. Der Wert auf der Potentiometerskala entspricht dann der Spannung in Volt.

Willst du Spannungen unter 5 V messen, wird die Taste nicht gedrückt, wenn du mit dem Potentiometer die LED gerade zum Erlöschen bringst. Der Skalenwert geteilt durch zwei entspricht dann der gemessenen Spannung.

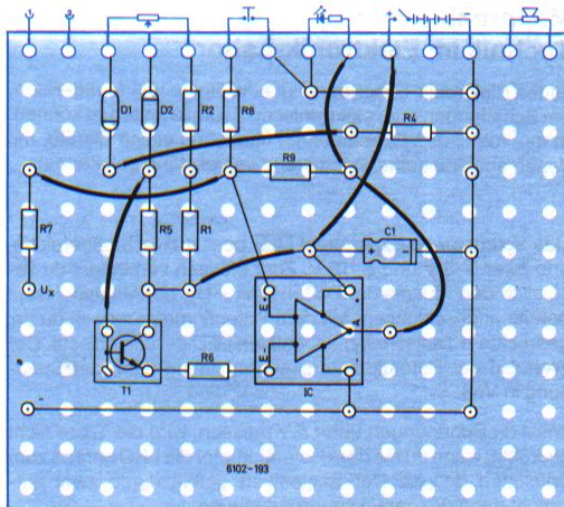
Im Voltmeter wird die zu messende Spannung mit einer Bezugsspannung verglichen, die mit dem Potentiometer eingestellt wird. Als Vergleichs (Komparator) ist das IC geschaltet. In den Experimenten 177 bis 180 hast du das bereits kennengelernt.

Die Widerstände R1, R2, R4, die Diode D1 und das Potentiometer R3 bilden einen Spannungsteiler, der die Betriebsspannung teilt. Beim Meßvorgang wird an R3 die Vergleichsspannung abgegriffen und über D2 und den Emitterfolger T1 sowie R6 an den Komparator gegeben. Die unbekannte Spannung liegt über R7 an E+ des IC.

Am Ausgang des Komparators leuchtet die LED so lange, wie die Spannung an E– unter der an E+ liegt. Im Augenblick des Umschaltens führen E– und E+ nahezu gleiche Spannungen. Die Potentiometer-Einstellung kann so in Volt geeicht werden und die Spannungen an U_x anzeigen.

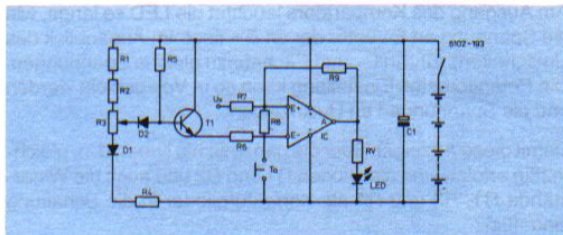
Damit diese Anzeigen über die ganze Skale linear, d. h. gleichmäßig erfolgt, sind die Dioden D1 und D2 und auch die Widerstände R1, R2 und R4 als Korrekturglieder in die Schaltung eingefügt.

Von Experten für Experten



193

- R 1 = Widerstand 2.200 Ω (rot, rot, rot)
- R 2 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R 3 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 k Ω
- R 4 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)
- R 5 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)
- R 6 = Widerstand 220 Ω (rot, rot, braun)
- R 7 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 8 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 9 = Widerstand 470.000 Ω (gelb, violett, gelb)
- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 220 μ F
- D 1 = Diode
- D 2 = Diode
- T 1 = Transistor, weiß
- IC = Integrierter Schaltkreis
- Ta = Taster im Bedienungspult
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



Einen automatischen Diodentester stellt das Experiment 194 dar. Zwischen die Klemmen A und K wird die zu prüfende Diode eingesetzt. Das Knacken im Lautsprecher ist ein Zeichen dafür, daß die Schaltung automatisch auf Sperr- und Durchlaßrichtung umschaltet. Es bedeutet:

- Dauerlicht – die Diode ist in Ordnung
- Blinklicht – die Diode ist defekt
- Kein Licht – die Diode ist falsch herum eingesetzt.

Nimmst du die Test-Diode heraus, entspricht das einer unterbrochenen Diode, klemmst du dafür einen Draht ein, entspricht das einer Diode mit Kurzschluß.

Ein Taktgeber nach Experiment 134 schaltet die zu prüfende Diode abwechselnd in Sperr- und Durchlaßrichtung. Transistor T1 kehrt dabei den Schaltvorgang um, und T2 arbeitet als Schalter für die Leuchtdiode.

Eine positive Spannung am Ausgang des IC schaltet über R3 den Transistor T1 durch und legt gleichzeitig über R5 positive Spannung an den Punkt K. Am Kollektor des leitenden T1 – und damit an Punkt A – befindet sich dann niedrige Spannung, so daß sie sperrt. Die positive Spannung an Punkt K steuert gleichzeitig über R6 den Transistor T2 durch. Die LED leuchtet.

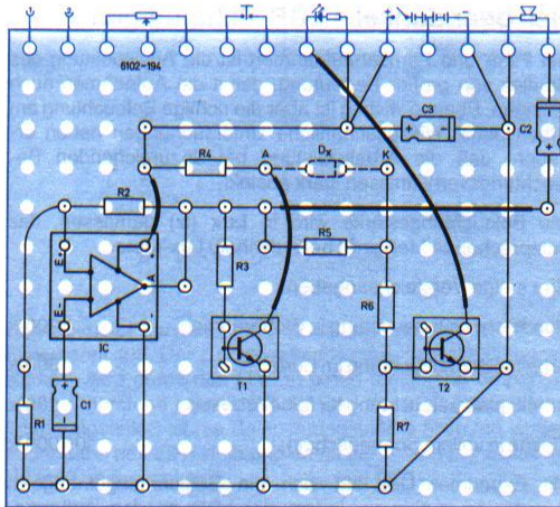
Befindet sich am Ausgang des IC in der Taktpause 0 Volt, so ist T1 gesperrt. Hohe Spannung an seinem Kollektor wirkt über die zu prüfende Diode, die sich jetzt in Durchlaßrichtung befindet, über R6 auf T2. Der Transistor bleibt durchgeschaltet, und die Leuchtdiode leuchtet auch jetzt. Eine einwandfreie Diode wird also durch Dauerlicht angezeigt.

Ist die Prüfdiode unterbrochen, gelangt in der Taktpause keine Spannung an T2, sondern nur beim positiven Impuls. Die LED blinkt.

Eine kurzgeschlossene Diode führt in der Taktpause über R6 Spannung an T2. Der Taktimpuls hingegen wird durch die kurzgeschlossene Diode unwirksam gemacht, da sich am Kollektor des T1 nur eine sehr niedrige Spannung befindet. Weil T2 nur in der Taktpause durchgeschaltet wird, blinkt die LED.

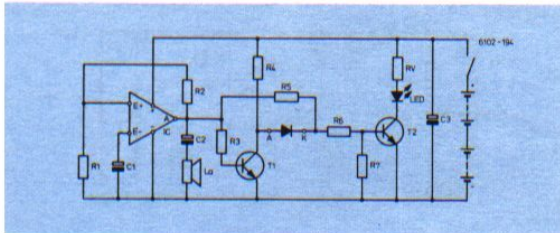
Sollte die zu untersuchende Diode falsch herum eingeklemmt sein, leuchtet die Leuchtdiode überhaupt nicht. Sie schließt dann nämlich den Taktimpuls kurz, wie bei einer defekten Diode mit Kurzschluß, und sperrt in der Taktpause die positive

Von Experten für Experten



194

- R 1 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)
- R 2 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)
- R 3 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 4 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R 5 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 6 = Widerstand 47.000 Ω (gelb, violett, orange)
- R 7 = Widerstand 470.000 Ω (gelb, violett, gelb)
- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- C 2 = Elektrolyt-Kondensator 10 μ F
- C 3 = Elektrolyt-Kondensator 220 μ F
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- IC = Integrierter Schaltkreis
- La = Lautsprecher im Bedienungspult
- LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



Spannung am Kollektor des T1 wie eine defekte offene Diode.

Der Verstärkungsfaktor von Transistoren kann mit Experiment 195 bestimmt werden. Zwischen den Klemmen B, C und E wird der zu prüfende Transistor eingesetzt, wobei zu beachten ist, daß seine Basis an Klemme B, der Kollektor an C und der Emitter an E liegt.

Bei nicht gedrücktem Tastschalter leuchtet die LED, und sie geht erst aus, wenn der Potentiometerknopf in Stellung 0 steht. Drückst du den Taster, kannst du mit dem Potentiometer einstellen, daß die LED gerade erlischt. An der Stellung des Potentiometers läßt sich der Kollektorstrom und damit der Verstärkungsfaktor ablesen.

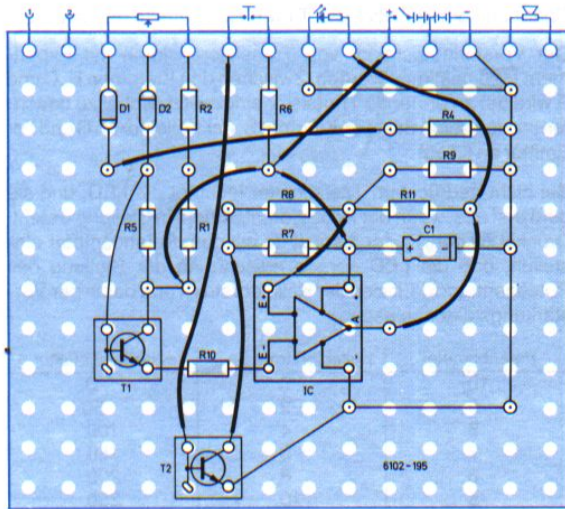
Potentiometer	Kollektorstrom (mA)	Verstärkungsfaktor β
10	0	0
9	2	50
8	4	100
7	6	150
6	8	200
5	10	250
4	12	300
3	14	350
2	16	400
1	18	450
0	20	500 u. größer

Der Schaltung des Transistor-Testgeräts liegt das in Experiment 193 beschriebene Voltmeter zugrunde. Die Spannung am Kollektor des zu prüfenden Transistors dient als Maß für den Stromverstärkungsfaktor β .

Der Prüftransistor bildet mit R7 einen Spannungsteiler. Je höher die Leitfähigkeit des Transistors bei einem bestimmten Basisstrom ist, desto größer ist der Kollektorstrom und damit auch der Spannungsabfall an R7. Die verbleibende Kollektorspannung ist entsprechend gering. Der Basisstrom ist durch R6 festgelegt und beträgt ca. 40 μ A.

Dieser fest eingestellte Basisstrom bewirkt bei verschiedenen Transistoren unterschiedliche Kollektorströme. Die am Kollektor auftretende Spannung wird mit der am Potentiometer eingestellten Vergleichsspannung verglichen. Das IC dient als Komparator. Dabei verläuft die Skala umgekehrt, weil ein hoher Kollektorstrom eine niedrige Kollektorspannung hervorruft und umgekehrt.

Von Experten für Experten



Hell oder dunkel – LDR-Schaltungen

Bei Film- und Fernsehaufnahmen ist die Ausleuchtung des Studios von großer Bedeutung, damit die Aufnahmen auch gelingen. Ebenso wichtig ist aber die richtige Beleuchtung am Arbeitsplatz. Wissenschaftliche Untersuchungen haben ergeben, daß die Arbeitsleistung bei unzureichenden Beleuchtungsverhältnissen stark absinkt.

Die Beleuchtungsstärke wird in **Lux (lx)** gemessen, das entsprechende Meßgerät heißt deshalb **Lux-Meter**.

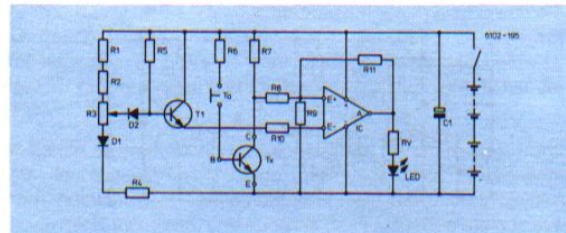
Hier einige Vergleichsangaben:

Durchschnittsbeleuchtung in Wohnräumen	200 lx
Arbeitsplatzbeleuchtung im Büro:	300 lx
Arbeitsplatzbeleuchtung für feine Arbeiten:	900 lx
Fläche in vollem Sonnenschein:	100 000 lx

Mit Experiment **196** läßt sich ein Beleuchtungsmeßgerät (Lux-Meter) aufbauen, indem der LDR an den Außenanschlüssen 1 und 2 als Lichtmeßfühler arbeitet. Nach dem Einschalten mußst du das Potentiometer R2 so einstellen, daß die LED gerade leuchtet. Dann kannst du aus der folgenden Tabelle die entsprechenden Beleuchtungsstärken in Lux entnehmen.

195

- R 1 = Widerstand 2.200 Ω (rot, rot, rot)
- R 2 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R 3 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 k Ω
- R 4 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)
- R 5 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)
- R 6 = Widerstand 220.000 Ω (rot, rot, gelb)
- R 7 = Widerstand 470 Ω (gelb, violett, braun)
- R 8 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 9 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 10 = Widerstand 220.000 Ω (rot, rot, gelb)
- R 11 = Widerstand 470.000 Ω (gelb, violett, gelb)
- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- T 1 = Transistor, weiß
- Tx = Prüfling (NPN-Transistor)
- D 1 = Diode
- D 2 = Diode
- IC = Integrierter Schaltkreis
- Ta = Taster im Bedienungspult
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult

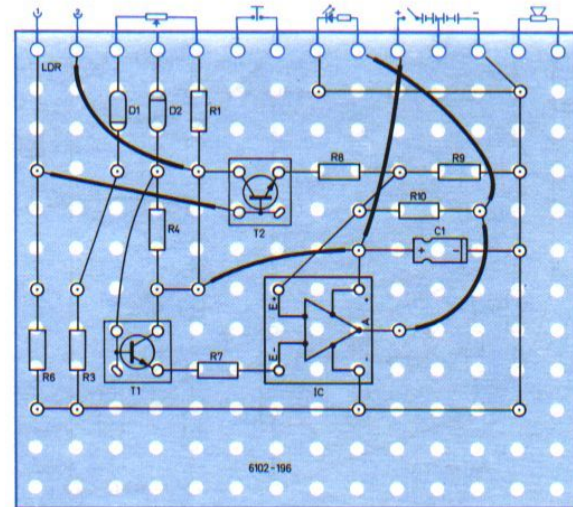
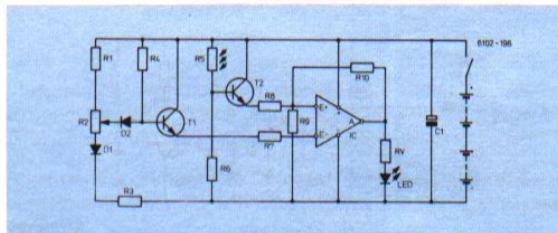


Von Experten für Experten

Potistellung	Beleuchtungsstärke in Lux
0	unter 5
1	8
2	15
3	30
4	45
5	60
6	120
7	300
8	1500

Das Luxmeter verwendet die Schaltung des Voltmeters aus Experiment 193. Der zu messende Wert – die Beleuchtungsstärke – wird durch den LDR in einen umgekehrt proportionalen Widerstand verwandelt. R6 und der LDR bilden einen Spannungsteiler. Ist die Beleuchtungsstärke hoch, so ist der Widerstand des LDR klein und damit der Spannungsabfall an R6 groß und umgekehrt.

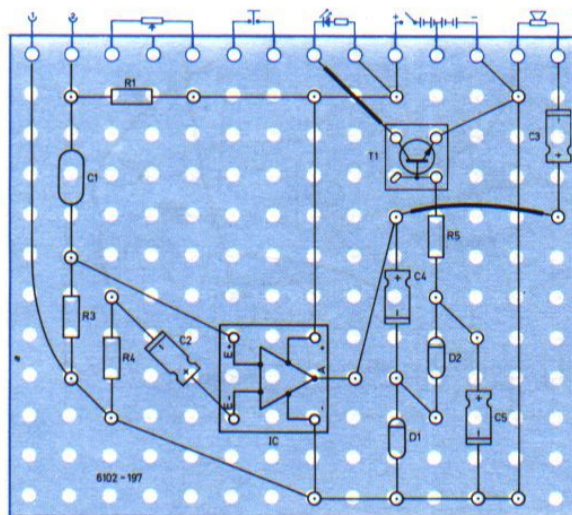
Dieser Spannungsabfall wird an den Emitterfolger T2 gelegt. Die Spannung an der Basis von T2, der als Trennstufe arbeitet, liegt über der von R8 an E+ des Vergleichers-IC. Die mit dem Potentiometer R2 eingestellte und durch T1 erzeugte Vergleichsspannung liegt an E– (siehe Exp. 193).



196

- R 1 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R 2 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 k Ω
- R 3 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)
- R 4 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)
- R 5 = LDR in den Außenanschlüssen 1 und 2
- R 6 = Widerstand 2.200 Ω (rot, rot, rot)
- R 7 = Widerstand 220 Ω (rot, rot, braun)
- R 8 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 9 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 10 = Widerstand 470.000 Ω (gelb, violett, gelb)
- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- D 1 = Diode
- D 2 = Diode
- IC = Integrierter Schaltkreis
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult

Von Experten für Experten



197

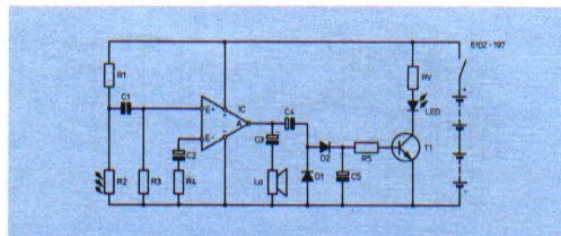
- R 1 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)
- R 2 = LDR in den Außenanschlüssen 1 und 2
- R 3 = Widerstand 47.000 Ω (gelb, violett, orange)
- R 4 = Widerstand 10 Ω (braun, schwarz, schwarz)
- R 5 = Widerstand 2.000 Ω (rot, rot, rot)
- C 1 = Folien-Kondensator 0,22 μF
- C 2 = Elektrolyt-Kondensator 4,7 μF
- C 3 = Elektrolyt-Kondensator 220 μF
- C 4 = Elektrolyt-Kondensator 10 μF
- C 5 = Elektrolyt-Kondensator 100 μF
- T 1 = Transistor, weiß
- D 1 = Diode
- D 2 = Diode
- IC = Integrierter Schaltkreis
- La = Lautsprecher im Bedienungspult
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult

Ein sehr spezielles Meßgerät für Licht ist der Wechsellichtindikator in Experiment **197**. Er ist so geschaltet, daß der LDR als Meßfühler nur auf Wechsellicht anspricht. Das bedeutet, er reagiert nur auf Lichtquellen, die mit Wechselspannung betrieben werden, wie Glühlampen oder Leuchtstoffröhren im Haushaltsstromnetz. Nach dem Einschalten einer Wechsellichtquelle strahlt der Lautsprecher einen Brummtönen ab und die LED leuchtet.

Auf Sonnenlicht und Licht aus Taschenlampen reagiert die Schaltung nicht – kein Brummen, LED leuchtet nicht – da dieses Licht keine Wechsellichtanteile enthält.

Die Schaltung des Wechsellichtindikators verwendet das IC als Wechselspannungsverstärker (vgl. Experiment 142), dem ein Spannungsverkoppler (Experiment 142) und ein Schalttransistor zum Betrieb der Leuchtdiode nachgeschaltet sind. Licht, das in einer Lampe mit Wechselstrom erzeugt wird, leuchtet nicht gleichmäßig hell, sondern flackert schnell. In einem LDR bewirkt es ein Pendeln zwischen zwei Widerstandswerten. Liegt nun der LDR in einem Spannungsteiler, so wird an ihm Wechselspannung erzeugt. R1 und der LDR bilden den Spannungsteiler. Die Wechselspannung wird über C1 dem Verstärker zugeführt und aufbereitet, wie in Exp. 186 beschrieben.

Mit Gleichstrom erzeugtes Licht ruft keine Widerstandsänderung des LDR hervor. Es entsteht dann auch keine Wechselspannung an C1. Da Kondensatoren Gleichstrom sperren, spricht die Schaltung nicht an.



Von Experten für Experten

Töne und Geräusche – Elektronische Tonerzeugung

Mit Musikinstrumenten lassen sich Töne durch Zupfen an einer Saite oder Anschlagen einer Taste erzeugen. Diese Töne oder Tonkombinationen empfinden wir im allgemeinen als angenehm. Es gibt aber auch Schallformen, die wir als nicht so angenehm empfinden. Dazu gehört z. B. das Rasseln eines Weckers oder das Knattern eines Mopeds. Wir sprechen dann von Geräuschen oder gar von Lärm.

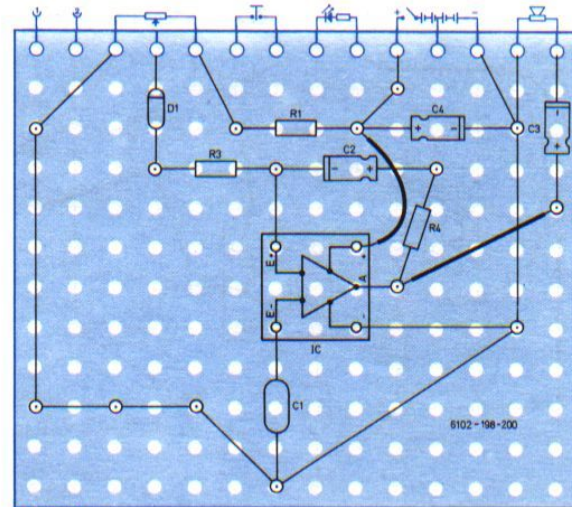
Zur Erzeugung von Schall müssen an der Schallquelle Schwingungen erzeugt werden, wobei die Tonhöhe von der Anzahl der Schwingungen abhängt. Mechanische Schallquellen können heute durch elektronische Tonerzeuger ersetzt werden. Elektronische Schaltungen, mit denen man Töne erzeugen kann, bezeichnet man allgemein als Tongeneratoren. Sie werden z. B. in elektronischen Orgeln oder Synthesizern verwendet.

Mit Experiment **198** läßt sich ein Tongenerator aufbauen, mit dem sich verschiedene Geräusche unterschiedlicher Tonhöhe erzeugen lassen. Nach dem Einschalten strahlt der Lautsprecher mit Unterbrechungen eine gleichmäßig wiederkehrende Geräuschfolge ab. Mit dem Potentiometer R2 lassen sich Tonhöhe und Geräuschfolge gemeinsam verändern.

In Experiment **199** ändert sich die Tonhöhe, weil für C1 ein Kondensator mit dem Wert $0,1 \mu\text{F}$ eingesetzt wird. Bei gleichzeitigem Austausch $C2 = 0,22 \mu\text{F}$ verändert sich auch die Frequenz der Unterbrechungen.

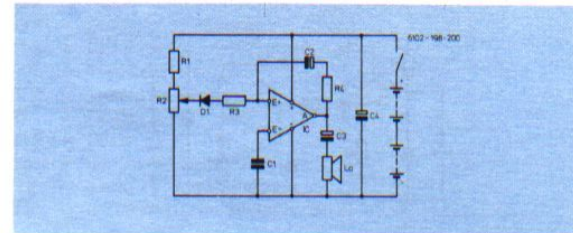
Eine weitere Veränderung dieser Geräuschfolgen ist mit Experiment **200** möglich. Für Kondensator C1 muß der Wert $0,22 \mu\text{F}$ und für C2 ein Wert von $4,7 \mu\text{F}$ gewählt werden.

Auch bei Experiment 199 und 200 kann man zusätzlich mit dem Potentiometer R2 Tonhöhe und Unterbrechungsfrequenz variieren.

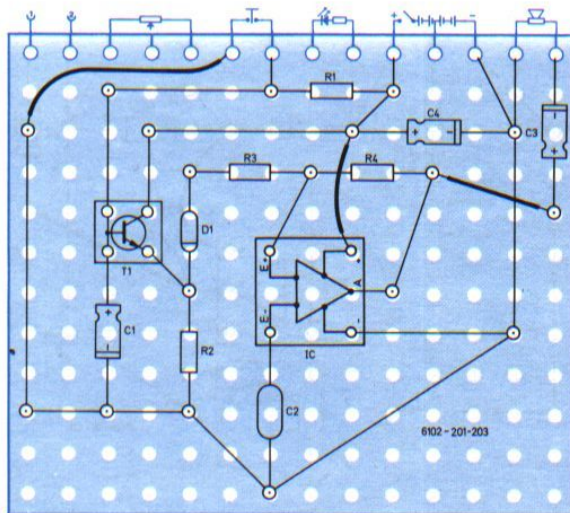


198 – 200

- R 1 = Widerstand 22.000Ω (rot, rot, orange)
- R 2 = Potentiometer im Bedienungspult, $10 \text{ k}\Omega$
- R 3 = Widerstand 4.700Ω (gelb, violett, rot)
- R 4 = Widerstand 100.000Ω (braun, schwarz, gelb)
- C 1 = Folien-Kondensator $0,047 \mu\text{F}$
- Folien-Kondensator $0,1 \mu\text{F}$
- Folien-Kondensator $0,22 \mu\text{F}$
- C 2 = Folien-Kondensator $0,1 \mu\text{F}$
- Folien-Kondensator $0,22 \mu\text{F}$
- Elektrolyt-Kondensator $4,7 \mu\text{F}$
- C 3 = Elektrolyt-Kondensator $10 \mu\text{F}$
- C 4 = Elektrolyt-Kondensator $220 \mu\text{F}$
- D 1 = Diode
- IC = Integrierter Schaltkreis
- La = Lautsprecher im Bedienungspult



Von Experten für Experten



Ein Multivibrator, der in Experiment 134 beschrieben ist, bildet die Grundlage dieser Schaltung. Hinzugefügt sind R1 und C2, die bei einer bestimmten Spannung an E+ ein langsames Pendeln zwischen aus und ein bewirken. Die Spannung, die Lade- und Entladevorgänge am Kondensator C2 hervorruft, wird mit dem Potentiometer R2 eingestellt und über D1 und R3 an E+ gelegt. Die Diode sperrt den Kippvorgang vom Spannungsteiler ab, so daß die Schwingungen ungestört erfolgen können.

In Verbindung mit den internen Widerständen im IC bestimmt C1 die Tonhöhe, und C2 die Frequenz des rhythmischen Aus- und Einschaltens.

Im Experiment **201** wird ein weiterer Tonerzeuger, ein sog. Heultongenerator, vorgestellt.

Beim Betätigen des Tastschalters strahlt der Lautsprecher zunächst einen hohen Heulton ab. Läßt du den Tastschalter los, nimmt die Tonhöhe laufend ab, bis die Tonerzeugung ganz aussetzt.

Du kannst die Dauer des Heultons verändern, wenn du im Experiment **202** für den Kondensator C1 einen mit einem Wert von 100 μF einsetzt.

Die Dauer des Heultons kann in Experiment **203** noch einmal verlängert werden, wenn für den Kondensator C1 = 220 μF und für C4 = 100 μF eingesetzt wird.

Im Heultongenerator sind ein Tongenerator (vergl. Experiment 141) und ein Kondensator mit einer Trennstufe zusammengeschaltet.

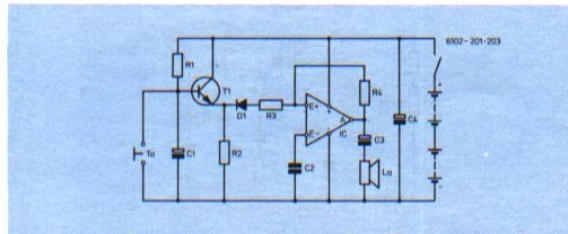
Beim Einschalten lädt sich der Kondensator C1 über R1 auf. Drückst du kurz den Tastschalter, so entlädt sich C1. T1 sperrt, und an R2 liegt keine Spannung. Der Tongenerator schwingt mit einem hohen Ton an.

Bei geöffnetem Tastschalter lädt C1 wieder auf. Die dabei entstehende Ladespannung steuert langsam T1 durch und ruft eine aufwärtsgleitende Spannung an R2 hervor.

Der Tongenerator schwingt immer langsamer, bis er schließlich aussetzt.

201

- R1 = Widerstand 470.000 Ω (gelb, violett, gelb)
- R2 = Widerstand 2.200 Ω (rot, rot, rot)
- R3 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R4 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)
- C1 = Elektrolyt-Kondensator 10 μF
- C2 = Folien-Kondensator 0,047 μF
- C3 = Elektrolyt-Kondensator 4,7 μF
- C4 = Elektrolyt-Kondensator 220 μF
- T1 = Transistor, weiß
- D1 = Diode
- IC = Integrierter Schaltkreis
- Ta = Taster im Bedienungspult
- La = Lautsprecher im Bedienungspult



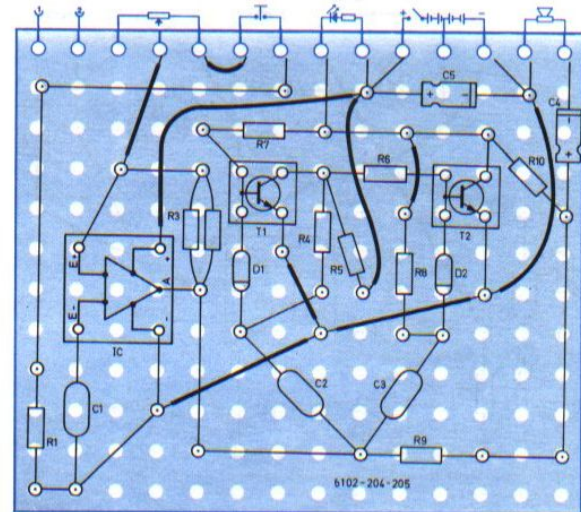
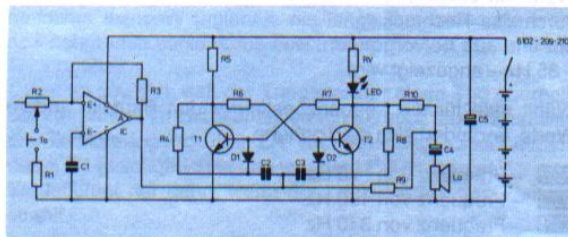
Von Experten für Experten

Einen Tongenerator, wie er in elektronischen Musikinstrumenten, z. B. Orgeln, Verwendung findet, kannst du mit Experiment **204** aufbauen. Drückst du den Tastschalter, erzeugt der Tongenerator gleichzeitig eine hohe und eine tiefe Frequenz im Abstand einer Oktave. Die Tonhöhe kann mit dem Potentiometer R2 verändert werden.

Entfernst du in Experiment **205** den Widerstand R9, hörst du nur den tiefen Ton. Der hohe Ton allein wird abgestrahlt, wenn du den Widerstand R10 aus der Schaltung nimmst, R9 aber wieder einsetzt.

Zwei Schaltungsteile setzen den Oktavgenerator zusammen: Ein Tongenerator (vergl. Experiment 141) führt Tonwechselspannung außer dem Lautsprecher auch einem bistabilen Multivibrator oder Flip-Flop zur Frequenzteilung zu. Im Lautsprecher ertönt ein Zweiklang, wobei der tiefe Ton die halbe Schwingzahl des hohen Tones aufweist.

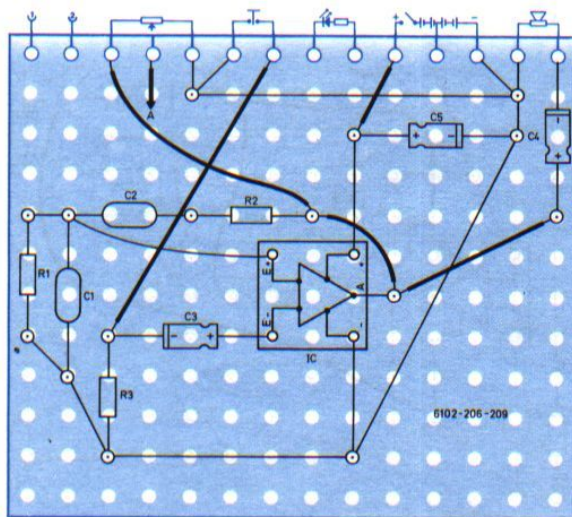
Entfernst du R9, so ist der Leitungsweg vom Ausgang des Tongenerators zum Lautsprecher unterbrochen. Du hörst dann nur den tiefen Ton. Nimmst du aber R10 aus der Schaltung heraus, so kann kein Signal vom Frequenzteiler an den Lautsprecher gelangen, und du hörst allein den hohen Ton.



204

- R 1 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)
- R 2 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 k Ω
- R 3 = Widerstand 220.000 Ω (rot, rot, gelb) und Widerstand 470.000 Ω (gelb, violett, gelb) parallel
- R 4 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)
- R 5 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)
- R 6 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 7 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 8 = Widerstand 47.000 Ω (gelb, violett, orange)
- R 9 = Widerstand 470 Ω (gelb, violett, braun)
- R 10 = Widerstand 220 Ω (rot, rot, braun)
- C 1 = Folien-Kondensator 0,22 μ F
- C 2 = Folien-Kondensator 0,047 μ F
- C 3 = Folien-Kondensator 0,1 μ F
- C 4 = Elektrolyt-Kondensator 4,7 μ F
- C 5 = Elektrolyt-Kondensator 220 μ F
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- D 1 = Diode
- D 2 = Diode
- IC = Integrierter Schaltkreis
- Ta = Taster im Bedienungspult
- La = Lautsprecher im Bedienungspult

Von Experten für Experten



206

- R 1 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)
- R 2 = Widerstand 47.000 Ω (gelb, violett, orange)
- R 3 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)
- R 4 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 k Ω
- C 1 = Folien-Kondensator 0,22 μ F
- C 2 = Folien-Kondensator 0,1 μ F
- C 3 = Elektrolyt-Kondensator 10 μ F
- C 4 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- C 5 = Elektrolyt-Kondensator 220 μ F
- IC = Integrierter Schaltkreis
- Ta = Taster im Bedienungspult
- La = Lautsprecher im Bedienungspult

207

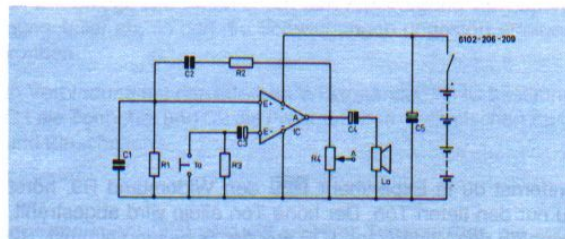
- R 1 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 2 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)
- C 1 = Folien-Kondensator 0,22 μ F
- C 2 = Folien-Kondensator 0,1 μ F

208

- R 1 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R 2 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- C 1 = Folien-Kondensator 0,22 μ F
- C 2 = Folien-Kondensator 0,1 μ F

209

- R 1 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R 2 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- C 1 = Folien-Kondensator 0,1 μ F
- C 2 = Folien-Kondensator 0,047 μ F



Mit Rechtecken messen – Rechteckgenerator

Zum Aufspüren von Fehlerquellen oder fehlerhaften Bauteilen muß der Fernsehtechniker den Weg einzelner Signale oder deren Kurvenverlauf überprüfen. Dabei nutzt er sinus- und rechteckförmige Signale (vergl. Exp. 175).

Die Rechtecksignale können Steuerungsabläufe auslösen, Daten übertragen oder zum Durchmessen elektronischer Schaltungen eingesetzt werden. Ein Sinus-Rechteckgenerator ist also ein wichtiges Hilfsmittel, wenn man Übertragungswege in einer Anlage untersucht.

Mit Experiment **206** kannst du einen Sinus-Rechteckgenerator aufbauen, der mit einer Frequenz von 35 Hz arbeitet.

Wenn du einschaltest und den Tastschalter betätigst, wird durch das Rechtecksignal ein ständiger Wechsel zwischen **ein** und **aus** hervorgerufen, was durch einen sehr tiefen Ton – 35 Hz – angezeigt wird.

Wählt man für die frequenzbestimmenden Bauteile andere Werte, verändert sich die Tonhöhe.

207 – Frequenz von 70 Hz

208 – Frequenz von 160 Hz

209 – Frequenz von 340 Hz

Von Experten für Experten

Die Funktion des Sinus-Rechteckgenerators ist im Experiment 175 ausführlich dargestellt. Durch Austauschen der frequenzbestimmenden Teile (R1/C1 und R2/C2) kannst du verschieden hohe Frequenzen erhalten.

Um die Signalspannung für den gewünschten Zweck in der richtigen Größe verfügbar zu haben, befindet sich am Ausgang des IC das Potentiometer R4. An ihm wird das Signal abgegriffen.

Mückenschreck – Elektronische Abwehr

Neben vielen anderen lästigen Insekten können Mücken besonders deshalb zur Plage werden, weil sie uns nicht nur durch ihr Summen verärgern, sondern mit ihren Stichen unangenehme Hautreizungen verursachen. Manch lauer Sommerabend im Freien wurde auf diese Weise empfindlich gestört.

Zur Abwehr helfen in begrenztem Umfang Mittel zum Einreiben, durch deren Geruch die Insekten vertrieben werden.

Inzwischen hat man aber herausgefunden, daß Mücken einen Dauerton mit sehr hoher Frequenz nicht vertragen und die Umgebung eines solchen Tonerzeugers meiden.

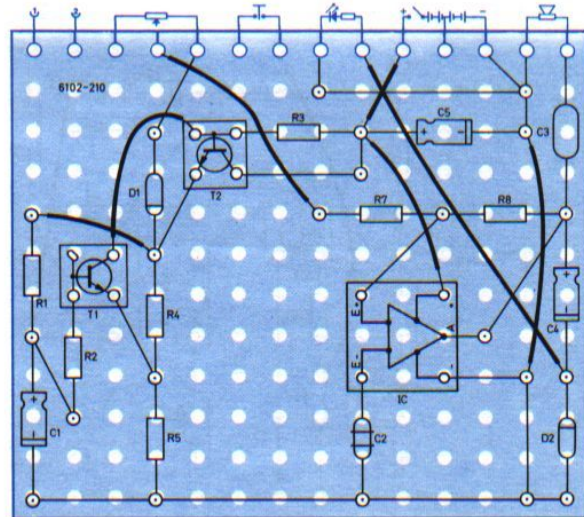
Ein elektronischer Tongenerator wie in Experiment **210** erzeugt diesen Dauerton, der für das menschliche Ohr kaum noch wahrnehmbar ist. Er kann deshalb gut als „Mückenscheuche“ eingesetzt werden. Die LED zeigt an, ob der Generator in Betrieb ist.

Die Mückenscheuche enthält einen astabilen Multivibrator als Taktgeber, so wie du ihn im Experiment 159 beschrieben findest, und einen Tongenerator nach Experiment 141.

Der Taktgeber schaltet im langsamen Rhythmus den Tongenerator aus und ein. Damit nur die niedrige Spannung in der Taktpause auf den Eingang E+ und des IC wirkt, ist die Diode D1 eingefügt.

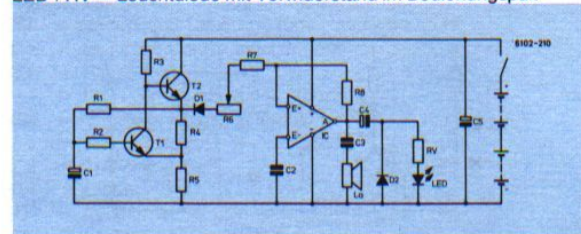
C2 ist so gewählt, daß der Tongenerator einen Ton oberhalb der Hörbarkeit im Ultraschallbereich erzeugt. Zusätzlich wird die Tonschwingung über C4 vom Ausgang abgenommen, durch D1 gleichgerichtet und von der LED angezeigt.

Sie leuchtet nur dann, wenn der Lautsprecher den Ton abstrahlt.

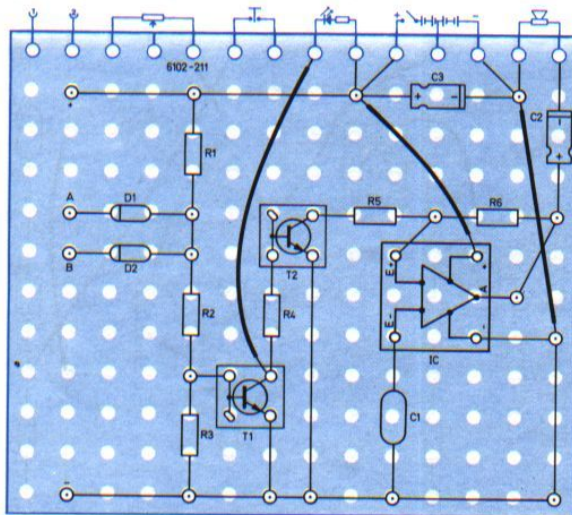


210

- R 1 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 2 = Widerstand 2.200 Ω (rot, rot, rot)
- R 3 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R 4 = Widerstand 470 Ω (gelb, violett, braun)
- R 5 = Widerstand 220 Ω (rot, rot, braun)
- R 6 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 k Ω
- R 7 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 8 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)
- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 220 μ F
- C 2 = keram. Kondensator 10.000 pF (braun, schwarz, orange)
- C 3 = Folien-Kondensator 0,22 μ F
- C 4 = Elektrolyt-Kondensator 4,7 μ F
- C 5 = Elektrolyt-Kondensator 100 μ F
- IC = Integrierter Schaltkreis
- La = Lautsprecher im Bedienungspult
- LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult
- D 1 = Diode
- D 2 = Diode
- T 1 = Transistor weiß
- T 2 = Transistor, weiß



Von Experten für Experten



211

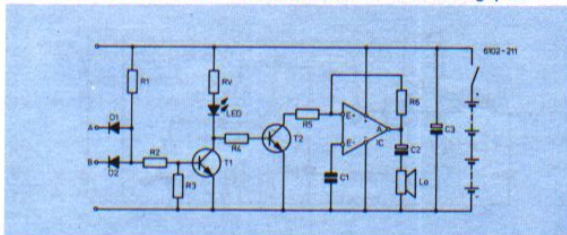
- R 1 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 2 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 3 = Widerstand 220.000 Ω (rot, rot, gelb)
- R 4 = Widerstand 47.000 Ω (gelb, violett, orange)
- R 5 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)
- R 6 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)

- C 1 = Folien-Kondensator 0,22 μ F
- C 2 = Elektrolyt-Kondensator 10 μ F
- C 3 = Elektrolyt-Kondensator 220 μ F

- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- IC = Integrierter Schaltkreis

- La = Lautsprecher im Bedienungspult

- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



Elektronischer Polizist – Überwachungsschaltung

Im Zuge fortschreitender Rationalisierung übernehmen Maschinen in immer größerem Umfang Funktionen, die bisher von Menschen ausgeübt wurden.

„Mechanische Arbeiter“ – auch Roboter genannt – führen an Fertigungsstraßen Arbeiten aus, ohne daß ein Mensch für die Bedienung gebraucht wird. Darüber hinaus wird immer häufiger auch die Steuerung und Kontrolle dieser Fertigungsstraßen von elektronischen Schaltungen übernommen.

Die Überwachungsschaltung in Experiment **211** bietet die Möglichkeit einer elektronischen Kontrolle. Als Prüfeingänge dienen die Klemmen A und B, an die verschiedene Fühler angeschlossen werden können.

Wenn an die beiden Prüfeingänge nichts angeschlossen ist, oder sie mit der Plusklemme verbunden sind, und die LED leuchtet, wird dadurch die Betriebsbereitschaft angezeigt.

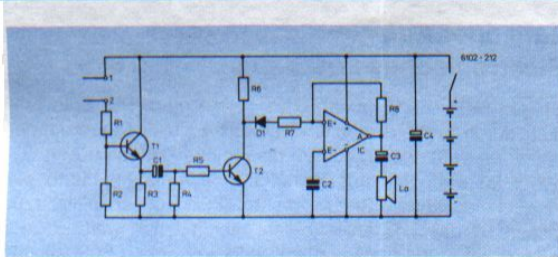
Verbindest du nun eine der beiden Klemmen A oder B mit der Klemme Minus – das entspricht einem Fehler in der zu überwachenden Anlage – erlischt die LED und der Lautsprecher strahlt ein Alarmsignal ab.

Die Überwachungsschaltung besteht aus zwei Baugruppen: Einer OR-Schaltung in Dioden-Transistor-Logik mit der du in Experiment 147 gearbeitet hast und einem Tongenerator nach Experiment 141.

Führen beide Eingänge A und B Batteriespannung (1-Signal), so ist T1 durchgeschaltet, und die LED leuchtet. T2 ist gesperrt, und an seinem Ausgang befindet sich Spannung. Der Tongenerator arbeitet nicht.

Sind beide Eingänge offen, so schaltet T1 durch, weil er über R1 und R2 genügend Basisspannung erhält. Die Schaltung verhält sich so, als wären A und B an die Plusklemme gelegt.

Ist einer der beiden Eingänge A oder B oder sind beide mit dem Minuspol der Batterie verbunden (0-Signal), sperrt T1. Die LED bleibt dunkel. Am Kollektor des T2 liegt dann keine Spannung, und der Tongenerator schwingt.



Kartoffelschmerz – Tonfolgegenerator

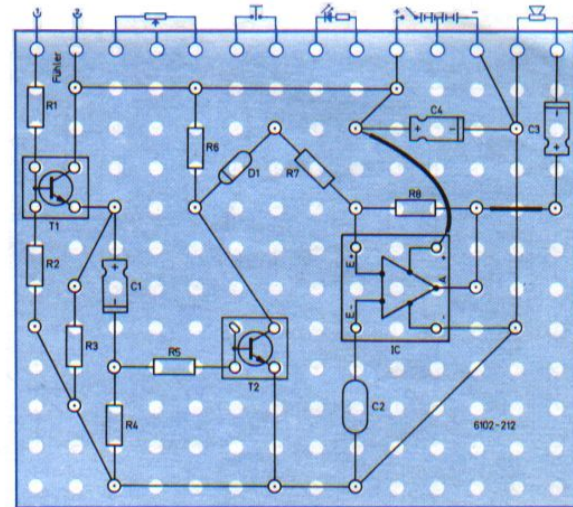
Es wird dich sicher überraschen, in Experiment **212** eine Schaltung kennenzulernen, mit der man einer Kartoffel oder einer anderen wässrigen Frucht Töne entlocken kann. Wenn du nach dem Aufbau einschaltest, bleibt der Lautsprecher zunächst stumm.

Befestige dann an den Klemmen 1 und 2 je einen Draht und stecke diese Drähte in eine Kartoffel. Nun strahlt der Lautsprecher nach dem Einschalten einen Ton ab, der sich in der Tonhöhe verändert, bis er plötzlich abbricht.

Die Schaltung setzt sich aus einer Differenzierungsstufe, einem Transistor als Schalter und einem Tongenerator zusammen. Das elektronische Differenzierglied hast du im Experiment 96 untersucht, und den Tongenerator kennst du aus Experiment 141. Wird der Fühler durch einen elektrischen Widerstand überbrückt, wie z. B. durch saftiges Fruchtfleisch, erhält T1 Basisspannung und leitet.

An R3 fällt dann eine Spannung ab, die den Kondensator auflädt. Dann wird auch T2 kurzfristig leitend, da seine Basis angehoben wird.

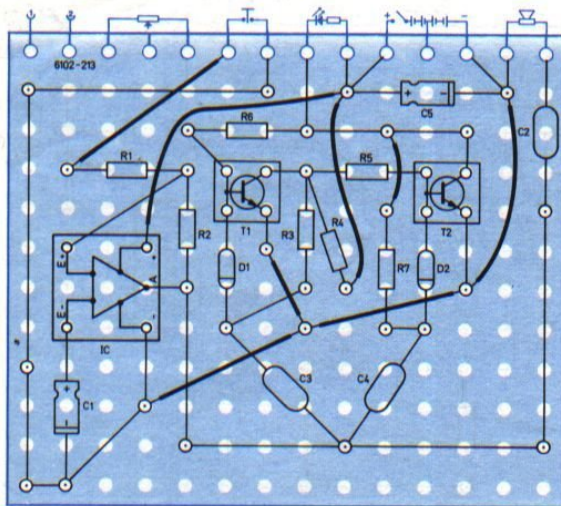
Am Kollektor ist beim durchgeschalteten Transistor T2 die Spannung so niedrig, daß der Tongenerator anschwingt. C1 entlädt sich über R3/R4. Durch T2 fließt immer weniger Strom und am Kollektor steigt die Spannung an. Sie verändert die Tonhöhe und stoppt schließlich den Tongenerator.



212

- R 1 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 2 = Widerstand 220.000 Ω (rot, rot, gelb)
- R 3 = Widerstand 2.200 Ω (rot, rot, rot)
- R 4 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 5 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)
- R 6 = Widerstand 4.700 Ω (gelb, violett, rot)
- R 7 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)
- R 8 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)
- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 100 μF
- C 2 = Folien-Kondensator 0,1 μF
- C 3 = Elektrolyt-Kondensator 10 μF
- C 4 = Elektrolyt-Kondensator 220 μF
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- D 1 = Diode
- IC = Integrierter Schaltkreis
- La = Lautsprecher im Bedienungspult

Von Experten für Experten



213

- R 1 = Widerstand 22.000 Ω (rot, rot, orange)
- R 2 = Widerstand 220.000 Ω (rot, rot, gelb)
- R 3 = Widerstand 100.000 Ω (braun, schwarz, gelb)
- R 4 = Widerstand 1.000 Ω (braun, schwarz, rot)
- R 5 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 6 = Widerstand 10.000 Ω (braun, schwarz, orange)
- R 7 = Widerstand 47.000 Ω (gelb, violett, orange)
- C 1 = Elektrolyt-Kondensator 4,7 μF
- C 2 = Folien-Kondensator 0,22 μF
- C 3 = Folien-Kondensator 0,047 μF
- C 4 = Folien-Kondensator 0,1 μF
- C 5 = Elektrolyt-Kondensator 100 μF
- T 1 = Transistor, weiß
- T 2 = Transistor, weiß
- D 1 = Diode
- D 2 = Diode
- IC = Integrierter Schaltkreis
- Ta = Taster im Bedienungspult
- La = Lautsprecher im Bedienungspult
- LED+RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult

Zahl oder Adler – Elektronisches Los

Es gibt viele Gelegenheiten, bei denen man eine Entscheidung durch das Los herbeiführt. Das gilt vor allen Dingen immer dann, wenn für Kontrahenten die gleiche Ausgangslage gegeben ist und auch sonst keine Gründe vorliegen, die für die eine oder die andere Seite sprechen. Zwei Schachspieler z. B. lassen oft das Los entscheiden, wer mit den weißen oder schwarzen Figuren spielen soll, oder vor einem Fußballspiel werden die Seiten ausgelost.

Auf welche Weise man den Losentscheid herbeiführt, ist unterschiedlich. Man kann z. B. eine Münze hochwerfen, wobei das oben liegende Symbol – Zahl oder Adler – gewinnt.

Im Zeitalter der Elektronenrechner und Computer ist auch eine elektronische Auslosung möglich.

Wenn du die Schaltung nach Experiment **213** aufgebaut hast und den Tastschalter betätigst, strahlt der Lautsprecher einen Brummtönen ab, und die LED leuchtet. Beim Loslassen des Tastschalters ergibt sich ein nicht vorausberechenbarer Endzustand: Die LED leuchtet oder leuchtet nicht. Es muß im voraus festgelegt werden, welcher Zustand als „gewonnen“ gelten soll, wenn die Schaltung als elektronisches Los arbeiten soll.

Mit dem Tastschalter setzt du einen Multivibrator gemäß Experiment 134 in den schwingenden Zustand. Er wird durch ein Brummen aus dem Lautsprecher angezeigt. Nachgeschaltet ist das Flip-Flop als Frequenzteiler, wie im Experiment 162 beschrieben. Die LED blinkt halb so schnell, wie die Tonschwingungen erfolgen.

Läßt du den Tastschalter los, hört das IC auf zu schwingen. Je nach Schaltzustand des Kollektors von T2 leuchtet die LED oder ist dunkel. Du kannst nicht vorausberechnen, welcher Zustand sich einstellt.

