

OPITEC

1 1 0 . 0 1 7

Grundversuche zur Elektronik

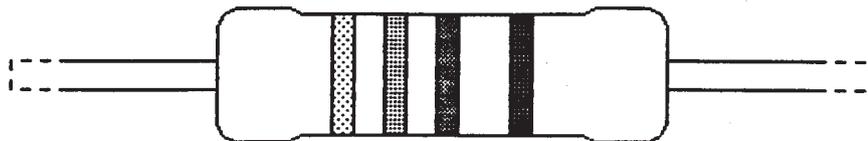
Hinweis

Bei den OPITEC Werkpackungen handelt es sich nach Fertigstellung nicht um Artikel mit Spielzeugcharakter allgemein handelsüblicher Art, sondern um Lehr- und Lernmittel als Unterstützung der pädagogischen Arbeit. Dieser Bausatz darf von Kindern und Jugendlichen nur unter Anleitung und Aufsicht von sachkundigen Erwachsenen gebaut und betrieben werden. Für Kinder unter 36 Monaten nicht geeignet. Erstickungsgefahr!

Achtung:

Sollten produktionsbedingt die Anschlussdrähte der Widerstände zu kurz ausfallen, können diese durch Anschließen eines Draht- bzw. Kabelstückes verlängert werden.

Farbcode für Widerstände:



Farbe	Abkürzung	1.	2.	3.	4. Ring
schwarz	sw	0	0	keine Nullen	
braun	bn	1	1	0	
rot	rt	2	2	00	
orange	or	3	3	000	
gelb	ge	4	4	0 000	
grün	gn	5	5	00 000	
blau	bl	6	6	000 000	
violett	vi	7	7		
grau	gr	8	8		
weiß	ws	9	9		

Der Wert der Widerstände ist nicht in Zahlen aufgedruckt (die könnte man kaum lesen), sondern mit Farbringen. Die ersten beiden Farbringe bedeuten Ziffern (s.o.); der dritte Ring gibt an, wieviele Nullen angehängt werden. Der vierte Ring ist bei unseren Widerständen golden und für uns ohne Bedeutung; er sollte aber beim Betrachten rechts liegen, damit man den Wert von links nach rechts richtig lesen kann. Übrigens: falls Dir einmal Widerstände mit fünf Ringen begegnen sollten, so kannst Du auch deren Wert leicht lesen. Bei ihnen gelten die ersten drei Ringe als Ziffern und der vierte gibt die Zahl der folgenden Nullen an.

Lerne die Bedeutung der Farben auswendig und übe an den folgenden Beispielen:

rt-rt-or	= _____ = _____
ge-vi-bn	= _____ = _____
bn-sw-gn	= _____ = _____
rt-vi-rt	= _____ = _____
or-ws-or	= _____ = _____
_____	= 4700 Ohm = 4,7 KOhm
_____	= 120 Ohm
_____	= 2700 Ohm = 2,7 KOhm

Hinweise:

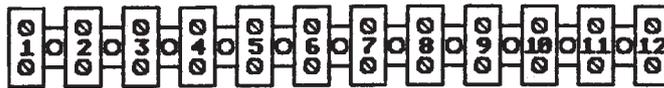
Damit Du viel Spaß mit dem Elektronik-Bausatz hast, solltest Du alle Hinweise und Bauanleitungen immer gründlich lesen und genau beachten! Alle Schaltungen sind sorgfältig erprobt und nachbausicher.

Alle Schaltungen funktionieren mit einer Flachbatterie (mit 4,5 Volt).

Verwende nie eine andere Stromquelle!

Um die elektronischen Bauteile zu zerstören, benötigt man nicht unbedingt einen Hammer, meist genügt es schon, sie einmal falsch anzuschließen, so daß sie zu viel Strom bekommen. Einem defekten Bauteil kann man den Defekt auch nur selten von außen ansehen. Du kannst Dir deshalb viel Ärger und unangenehme Überraschungen ersparen, indem Du die Anleitungen gründlich liest und genau beachtest.

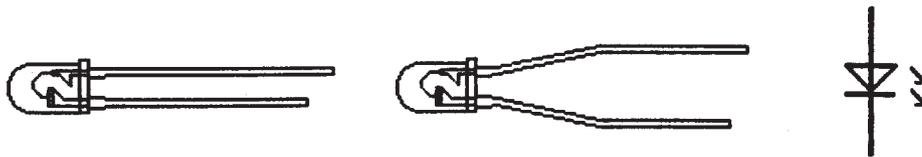
Vorbereitungen:



Nimm einen Lüsterklemmstreifen, lockere alle Schrauben und lege ihn quer vor Dich hin. Die Klemmstellen wollen wir künftig, um Verwechslungen zu vermeiden, stets von links nach rechts zählen, so wie es das Bild zeigt.

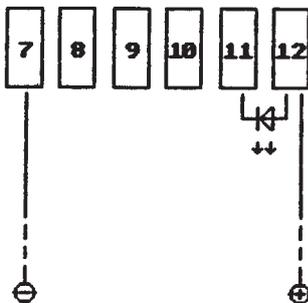
Der Aufbau auf Lüsterklemmstreifen hat viele Vorteile: die Schaltungen lassen sich schnell auf- oder umbauen, und man muß nicht löten. Auf einige Nachteile möchte ich Dich aber auch gleich hinweisen: Du mußt immer darauf achten, daß die Drähte, die in einer Anschlußklemme stecken, auch tatsächlich festgehalten werden, und die Schrauben dürfen nicht zu fest zuge dreht werden, weil sonst die Drähte zerquetscht werden.

Nun wollen wir die ersten Bauteile kennenlernen und für den Aufbau der Schaltungen vorbereiten.



Das Bild zeigt eine Leuchtdiode (kurz LED) und das zugehörige Schaltzeichen. Du findest davon in dem Bausatz drei rote und eine grüne. Nimm die grüne und biege die Anschlüsse, so wie es das Bild zeigt, vorsichtig etwas auseinander, damit sie in zwei benachbarte Klemmstellen passen.

Die Anschlüsse sind verschieden lang, damit man sie unterscheiden kann; der längere wird immer in Richtung (+) angeschlossen, der kürzere folglich in Richtung (-). Auf der Seite des kürzeren Anschlusses ist das Gehäuse der LED zusätzlich abgeflacht und kennzeichnet damit ebenfalls den Minus-Anschluß.



Setze die grüne LED so in den Klemmstreifen, daß der längere (+)-Anschluß in Klemme [12] und der kürzere (-)-Anschluß in Klemme [11] sitzt, so wie es die Zeichnung zeigt. Nimm zwei Drähte von ca. 10 cm Länge und entferne an den Enden jeweils etwa 5 mm von der Isolierung. Setze die Drähte in Klemme [7] und in Klemme [12]. Nun benötigen wir noch zwei kurze Drahtstücke von ca. 5 cm. Auch hier werden die Enden wieder abisoliert.

Übrigens, das Bild zeigt nicht das tatsächliche Aussehen der LED, sondern ihr Schaltzeichen, damit Du Dich daran gewöhnst. Bei den nachfolgenden Bildern wird das jeweils genauso sein. Nur die Transistoren werden im Aufbauplan jeweils so dargestellt, wie sie wirklich aussehen, um Verwechslungen zu vermeiden.

Bevor wir mit den Versuchen beginnen:

Wenn Du die Versuche zum ersten Mal durchführst, halte Dich bitte an die hier vorgegebene Reihenfolge. Das erleichtert Dir das Verständnis und erspart Handgriffe beim Umbau. Später kannst Du die Versuche leicht in beliebiger Reihenfolge wiederholen.

Halte Dich aber stets an folgende Arbeitsregel:

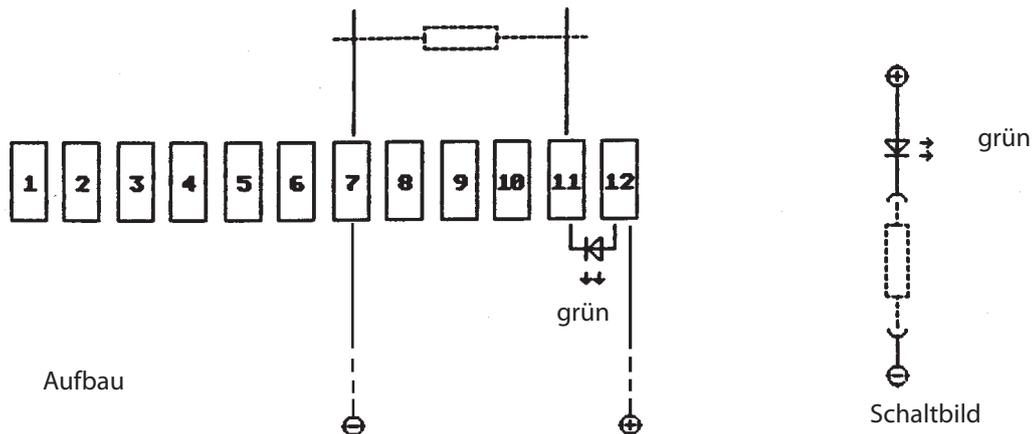
1. Strom ausschalten, bevor etwas geändert wird
2. L E S E N
3. AUFBAUEN
4. KONTROLLIEREN
5. Strom einschalten.

1. Versuch: Der Widerstand

Suche die folgenden Widerstände und lege sie bereit:

120	Ohm	=	bn-rt-bn
470	Ohm	=	ge-vi-bn
1	KOhm	=	bn-sw-rt
2,7	KOhm	=	rt-vi-rt
4,7	KOhm	=	ge-vi-rt
22	KOhm	=	rt-rt-or
1	MOhm	=	bn-sw-gn

Die beiden kurzen Drahtstücke werden in die Klemme [7] und [11] eingesetzt, so wie es das Bild zeigt.



Nun kann unser erster Versuch beginnen:

Schalte den Strom ein, indem Du die Drähte mit der Batterie verbindest. Lege nun nacheinander die Widerstände auf die Drahtenden von Klemme [7] und [11] und beobachte die LED. Der Strom fließt jetzt (technische Stromrichtung) vom Pluspol der Batterie bei Klemme [12] durch die LED und den jeweiligen Widerstand zum Minuspol bei Klemme [7].

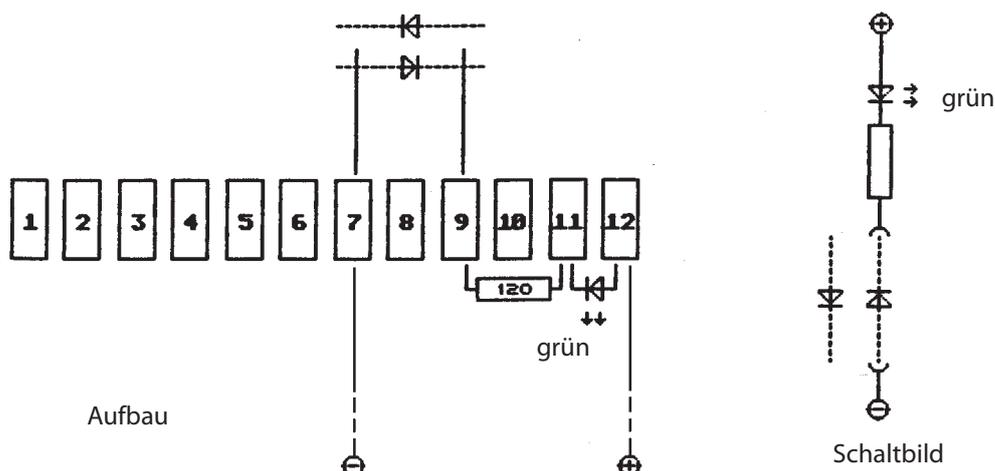
Ergebnis:

Der 120 Ohm-Widerstand ist 'klein' und lässt viel Strom durch, deshalb leuchtet die LED sehr hell. Bei größeren Widerständen fließt entsprechend weniger Strom und die LED leuchtet schwächer oder auch gar nicht mehr.

2. Versuch: Die Diode (Leuchtdiode)

Weil wir bei unseren Versuchen keine normalen Dioden benötigen, benutzen wir hier eine Leuchtdiode (LED = "light emitting diode"), die uns aber auch die Funktion einer normalen Diode zeigen kann.

Entferne den Draht von Klemme [11] und befestige ihn in Klemme [9], setze außerdem einen 120-Ohm-Widerstand zwischen Klemme [9] und [11], so wie es das Bild zeigt.



Verbinde eine der roten LEDs einmal in der einen, einmal in der anderen Richtung mit den beiden Drähten von Klemme [7] und [9] und beobachte. Du stellst fest, daß die (beiden) Leuchtdioden nur dann leuchten, wenn sie in die gleiche Richtung zeigen. Das hat einen einfachen Grund. Dioden bewirken beim Strom, was das Ventil im Fahrradschlauch bei der Luft bewirkt, sie sind nur in einer Richtung durchlässig.

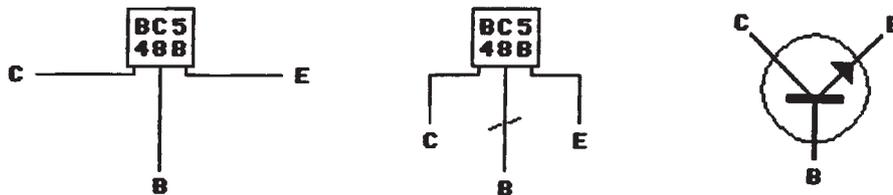
Im Schaltbild zeigt der Pfeil in die (technische) Stromrichtung von Plus nach Minus und der Strich kennzeichnet den Minusanschluß. Die beiden Pfeile am Symbol zeigen, daß das Bauteil Licht aussendet. Normale Dioden senden natürlich kein Licht aus. Deshalb verwendet man für sie das gleiche Symbol ohne die Pfeile.

Merke Dir:

Dioden und Leuchtdioden dürfen niemals (in Durchlaßrichtung) direkt an Plus und Minus angeschlossen werden! Der Strom wäre so groß, daß die Diode zerstört würde. In der Versuchsschaltung wird das durch den 120-Ohm-Widerstand verhindert, den Du bei fast allen Versuchen als Schutzwiderstand für die LED wiederfinden kannst.

3. Versuch: Der Transistor

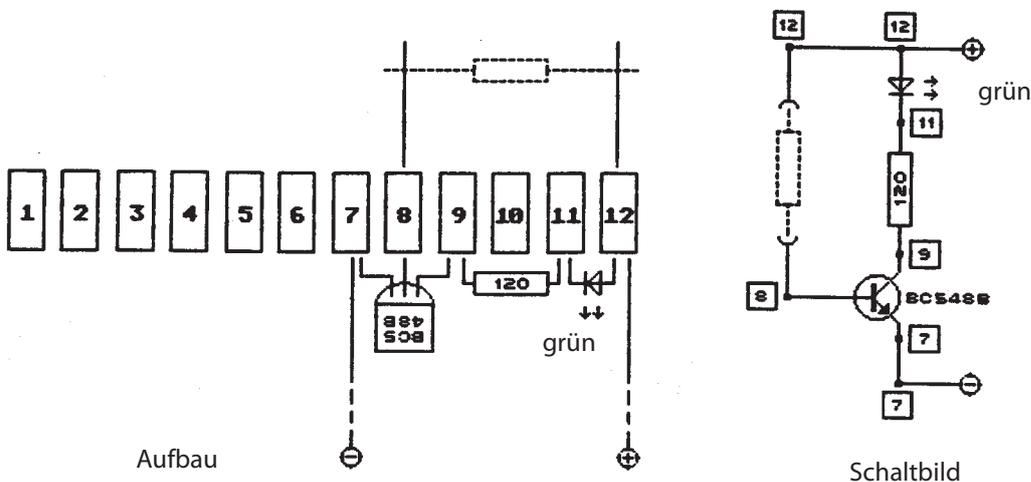
Wenn Du die Versuche noch nicht durchgeführt hast, mußt Du zuerst die Transistoren vorbereiten. (Du kannst es gleich bei allen Transistoren machen). Biege die äußeren Anschlüsse so, wie es im nachfolgenden Bild zu sehen ist, direkt am Gehäuse zur Seite. Biege dann die Hälfte der Anschlüsse in die alte Richtung und kürze den mittleren Anschluß mit einem Seitenschneider. Die Transistoren passen nun jeweils in drei benachbarte Klemmstellen.



Hinweis:

Es kommt häufig vor, daß ein bestimmter Transistortyp, den man bestellt hat, im Handel gerade nicht vorrätig ist. Üblicherweise erhält man dann einen Ersatztyp, der natürlich eine andere Bezeichnung trägt. Das erspart Zeit, eine erneute Bestellung und Porto, kann aber Verwirrung stiften. Wenn die Transistoren in Deinem Bausatz andere Bezeichnungen tragen als die in den Abbildungen, solltest Du in der Vergleichstabelle im Anhang nachsehen, welche einander entsprechen. Überall in dieser Anleitung, wo ein Transistortyp genannt wird, findest Du dahinter eine eckige Klammer: [_____], in die Du die Bezeichnung des tatsächlich verwendeten Transistors selbst eintragen kannst.

Setze nun einen Transistor vom Typ 'BC 548 B' [_____] so in Klemme [7], [8] und [9], daß die bedruckte Seite nach oben zeigt.



Entferne ggf. die beiden Drähte von Klemme [7] und [9] und setze sie in Klemme [8] und [12].

Vergleiche Aufbau und Schaltbild jeweils ganz genau! Zur leichteren Orientierung sind im Schaltbild die Nummern der Klemmstellen eingetragen. Das Schaltbild zeigt die Schaltung in geordneter, übersichtlicher Form, damit man die Funktion der Schaltung leichter durchschauen kann.

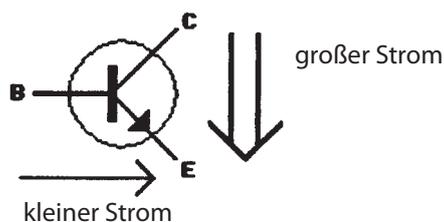
Der Transistor hat drei Anschlüsse: der Emitter (E) liegt an Klemme [7], der Kollektor (C) an Klemme [9] und die Basis (B) liegt an Klemme [8].

Schalte den Strom ein.

Über die LED und den 120-Ohm-Widerstand liegt (+) am Kollektor (C), am Emitter (E) liegt (-). Trotzdem leuchtet die LED nicht und zeigt damit an, daß kein Strom fließt. Man sagt der Transistor "sperrt". Lege nun den 2,7-KOhm-Widerstand (rt-vi-rt) auf die Drahtenden von Klemme [8] und [12]. Die LED leuchtet hell auf; der Transistor leitet. Du erkennst daran, daß ein kleiner Strom von (+) durch die Basis (B) zum Emitter (E) nach (-) genügt, um den Transistor zwischen Kollektor (C) und Emitter (E) leitend zu machen. Führe den gleichen Versuch auch mit dem 22-KOhm-Widerstand (rt-rt-or) durch. Der Strom durch die Basis ist jetzt sehr viel kleiner, aber er genügt, um den Transistor leitend zu machen (die LED leuchtet hell). Aus Versuch 1 weißt Du, daß durch den 22-KOhm-Widerstand nur sehr wenig Strom fließt, denn dort war die LED bei diesem Widerstand dunkel. Probiere es nun auch noch mit dem 1-MOhm-Widerstand (1 000 000 Ohm). Die LED sollte jetzt immer noch, wenn auch sehr schwach, leuchten. Der Strom durch die Basis beträgt hier nur noch etwa 4 Millionstel Ampere; aber er reicht aus, um den Transistor (etwas) leitend zu machen.

Merke Dir: der Transistor kann zwei Aufgaben erfüllen:

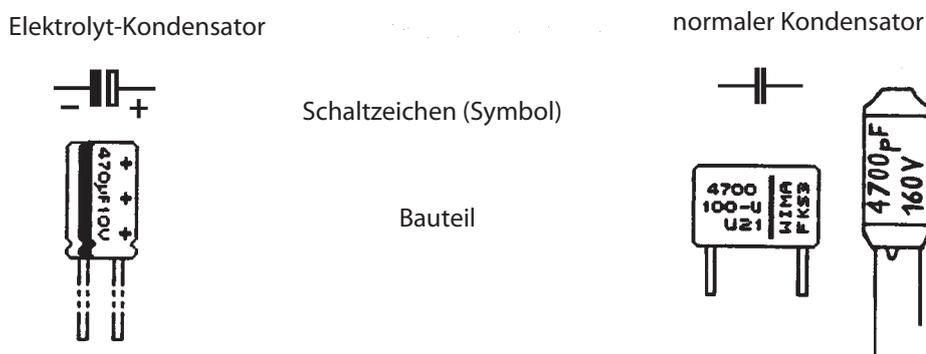
1. Er kann **s c h a l t e n**, indem er den Strom durch den Kollektor leitet oder sperrt.
2. Er kann **v e r s t ä r k e n**, denn ein sehr kleiner Strom durch die Basis genügt, um einen sehr viel größeren Strom durch den Kollektor zu steuern.



kleine Ursache → große Wirkung

Bei Deinen Transistoren 'BC 548 B' [] und ebenso beim 'BC 558 B' [] ist der Kollektorstrom etwa 200 bis 450 mal so groß wie der Basisstrom. Bei den Spezialtransistoren 'BC 517', die Du später noch kennenlernenst, ist der Kollektorstrom sogar mehr als 30 000 mal so groß wie der Basisstrom.

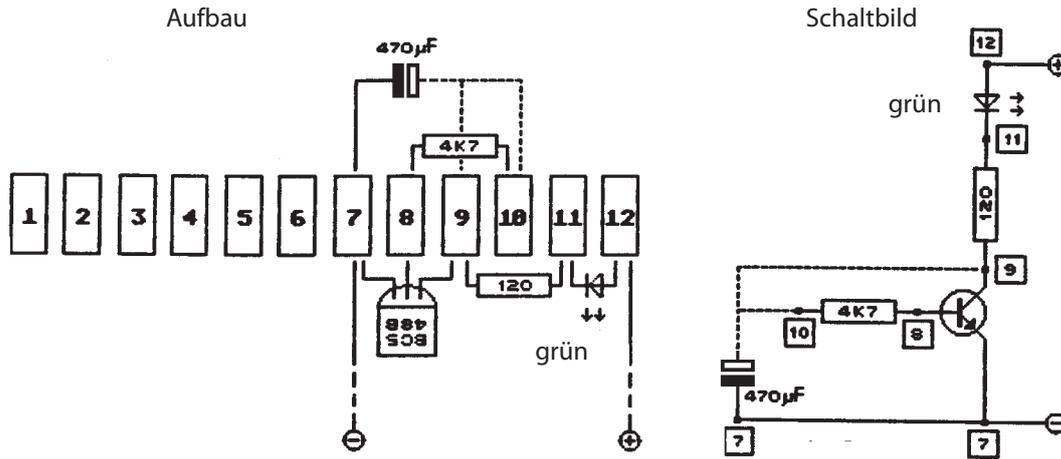
4. Versuch: Der Kondensator



Sieh Dir die Kondensatoren einmal genau an. Im Bild oben ist links ein Elektrolytkondensator (kurz Elko) dargestellt. Bei den Elkos ist es wichtig, daß sie immer richtig herum angeschlossen werden; deshalb ist mindestens ein Anschluß so wie im Bild oder ähnlich gekennzeichnet. Achte darauf, daß Du die Elkos nie falsch anschließt; sie könnten zerstört werden oder sogar explodieren, und ihr ätzender Inhalt könnte schlimme Verletzungen verursachen!

Rechts ist ein normaler Kondensator dargestellt. Bei ihm ist keine besondere Vorsicht erforderlich, denn er kann beliebig angeschlossen werden.

Ändere die Schaltung, oder baue sie so auf, wie es das Bild zeigt:



Die gestrichelten Linien bedeuten, daß diese Verbindungen nicht fest installiert, sondern nur zeitweise hergestellt werden.

Schalte den Strom ein. Der Minusanschluß des Elkos ist in Klemme [7] fest mit Minus verbunden. Drücke nun mehrmals abwechselnd den Plusanschluß des Elkos auf Klemme [9] und Klemme [10] und beobachte.

Bei Berührung mit Klemme [9] erhält der Elko durch die LED und den 120-Ohm-Widerstand Strom von (+) und wird geladen. Das kurze Aufleuchten der LED zeigt, daß nur kurz Strom fließt. Der Kondensator ist dann voll, es fließt kein Strom mehr, und die LED bleibt dunkel.

Bei Berührung mit Klemme [10] fließt der vorher geladene Strom (langsam) durch den 4,7-KOhm-Widerstand und die Basis nach (-) und macht den Transistor einige Zeit leitend, die LED leuchtet. Dabei wird der Kondensator (Elko) entladen.

Das Entladen dauert länger, weil der 4,7-KOhm-Widerstand sehr viel größer als der 120-Ohm-Widerstand ist.

Merke Dir: Ein Kondensator kann Strom aufnehmen (laden) und wieder abgeben (entladen).

Du hast den Versuch mit dem größten Kondensator aus Deinem Bausatz durchgeführt; er hat eine Kapazität (Fassungsvermögen) von 470 Mikro-Farad. Wiederhole nun den Versuch mit einem 22-Mikrofarad Elko. Du wirst feststellen, daß das Laden und das Entladen sehr viel schneller erfolgt, weil dieser Kondensator eine viel kleinere Kapazität hat.

Mit den normalen Kondensatoren kannst Du Dir den Versuch sparen. Sie tragen zwar große Zahlen (1000 und 4700), aber die Maßeinheit (pF=Pikofarad), die weggelassen wurde, weil sie der Fachmann sowieso kennt, ist millionenfach kleiner. Das bedeutet, daß diese Kondensatoren in Sekundenbruchteilen geladen oder entladen sind. Das kann man natürlich nicht mehr sehen, aber hören, wie spätere Versuche noch zeigen werden.

Welche Art von Kondensator in einer Schaltung benötigt wird, kann man leicht am Schaltzeichen (Symbol) erkennen.

Für besonders Interessierte:

Die Grundeinheit 'Farad' wurde irgendwann festgelegt und (dummerweise) sehr groß gewählt. Ein normaler Kondensator mit einer Kapazität von 1 Farad würde ein größeres Zimmer vollständig ausfüllen. Es ist daher nicht verwunderlich, daß in der Praxis sehr viel kleinere Kapazitäten verwendet werden. Der größte Kondensator (Elko) in Deinem Bausatz hat eine Kapazität von 470 µF (Mikro-Farad). Die Einheit Mikro-Farad ist der Millionste Teil von der Grundeinheit.

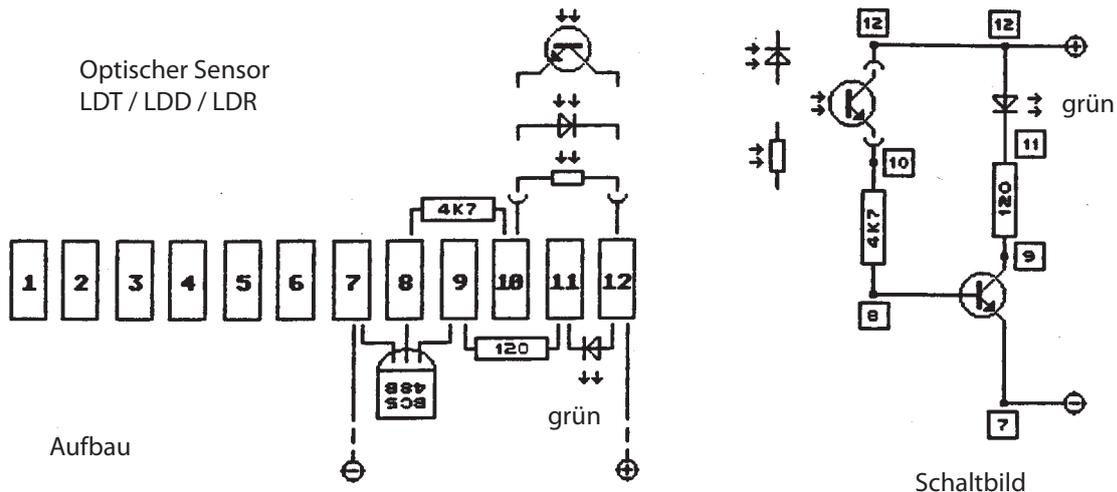
Der kleinste (normale) Kondensator im Bausatz hat eine Kapazität von 1000 pF (Piko-Farad). Ein Piko-Farad ist der Millionste Teil von einem Mikro-Farad und damit der Billionste Teil der Grundeinheit, in Zahlen:

$$1 / 1\,000\,000\,000\,000$$

5. Versuch: Optische Sensoren

Fotowiderstand (LDR) = 'light dependent resistor'
Fotodiode (LDD) = 'light dependent diode'
Fototransistor (LDT) = 'light dependent transistor'

Optische Sensoren sind Bauteile, die auf Licht reagieren. Leider sind solche Bauteile recht teuer. Deshalb findest Du in Deinem Bausatz nur eines dieser Bauteile, und zwar dasjenige, das zum Zeitpunkt der Beschaffung gerade am günstigsten zu bekommen ist. Auf die Versuche hat das aber keinen negativen Einfluß, denn sie funktionieren mit jedem dieser Bauteile in gleicher Weise. Behandle die Bauteile mit Vorsicht und biege die Anschlußdrähte nie direkt am Gehäuse. Setze das Teil so in Klemme [10] und [12], daß die lichtempfindliche Seite nach oben zeigt.



Schalte den Strom ein.

Wenn Licht auf den Sensor fällt, leistet er dem Strom nur wenig Widerstand. Deshalb leitet der Transistor und die LED leuchtet. Decke nun den Sensor mit der Hand ab. Wenn der Sensor nicht beleuchtet wird, leistet er dem Strom sehr viel Widerstand. Der Transistor leitet dann nicht, und die LED leuchtet folglich auch nicht. Es kann sehr gut sein, daß der Versuch scheinbar nicht funktioniert, weil die LED nicht dunkel wird. In diesem Fall ist es sehr wahrscheinlich, daß der Sensor noch zu viel Licht von der Seite erhält, weil es zu hell ist und Du ihn mit der Hand nicht genügend abdunkeln kannst. Wiederhole dann den Versuch in einem dunkleren Raum oder Sorge auf andere Art dafür, daß der Sensor richtig abgedunkelt wird. Fotowiderstände (LDR) benutzt man vorwiegend zum Messen (z.B. in Belichtungsmessern). Fotodioden (LDD) und Fototransistoren (LDT) benutzt man zum Schalten (z.B. in Lichtschranken). Man kann damit z.B. bei Dunkelheit Beleuchtungsanlagen ein- und am Tag wieder ausschalten oder Türen öffnen oder auf Fließbänder Dinge zählen und noch vieles mehr. Ein entsprechender Versuch (Lichtschranke) folgt später.

Wichtige Hinweise:

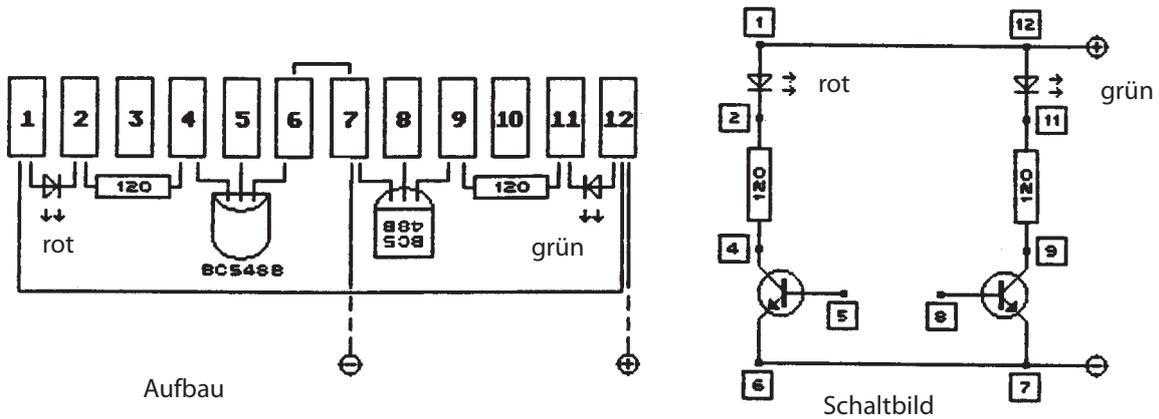
Die ersten fünf Versuche haben Dir die Funktion der Bauteile gezeigt. Bei den folgenden Versuchen sollen die verschiedenen Bauteile sinnvoll zusammenwirken. Damit Du die Schaltungen und das Zusammenspiel der Bauteile verstehst, ist es natürlich notwendig, die Funktion der Einzelteile zu kennen.

Wenn Dir die Funktion eines Bauteils unklar ist, kannst Du die ganze Schaltung nicht verstehen. In diesem Fall solltest Du zuerst den Versuch wiederholen, der das entsprechende Bauteil erklärt.

Bei den folgenden Versuchen mit umfangreicheren Aufbauten kommt es häufig vor, daß sich Leitungen überkreuzen. Achte darauf, daß sich die Leitungen nicht berühren (außer wenn sie sowieso in der gleichen Klemme sitzen). Es kann sonst leicht zu einem Kurzschluß und zur Zerstörung von Bauteilen kommen. Am einfachsten kann man solche Kurzschlüsse vermeiden, indem man die Drähte weit genug auseinanderbiegt oder indem man die Anschlußdrähte mit einem Stück Kabelisolierung überzieht.

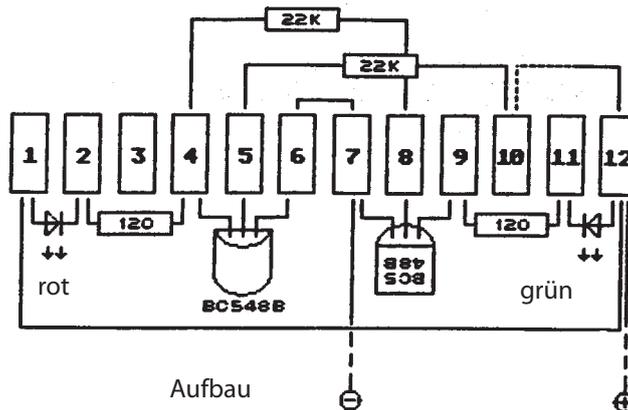
Wenn Du einen Versuchsaufbau längere Zeit benutzen, vorführen oder transportieren willst, solltest Du die kritischen Kreuzungsstellen unbedingt (z.B. mit Isolier- oder Klebeband) absichern.

Vorbereitungen für weiter Versuche

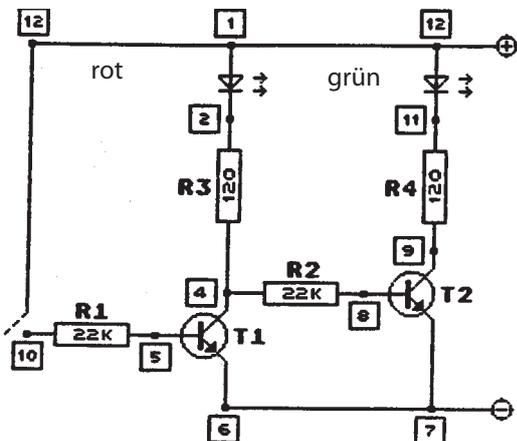


Für die folgenden Versuche muß auch der linke Teil des Klemmstreifens bestückt werden. Wie Du der Abbildung entnehmen kannst, werden jetzt zwei Transistoren vom Typ 'BC 548 B' [] benötigt. Der linke wird mit dem 'Gesicht' nach unten montiert. Außerdem müssen die Klemmen [1] und [12] und die Klemmen [6] und [7] jeweils durch einen Draht verbunden werden.

6. Versuch: "Stromklau"



Ändere die Schaltung, oder baue sie so auf wie es das Bild zeigt. Schalte den Strom ein. Die grüne LED leuchtet.



Schaltbild

Lies Dir nun die folgende Beschreibung sorgfältig durch und betrachte dabei das Schaltbild, damit Du verstehst, was in der Schaltung passiert.

R1 "hängt" in Klemme [10] "in der Luft". Deshalb erhält der erste Transistor (T1) keinen Basisstrom und sperrt. Von [1]=(+) über die rote LED und R3 fließt Strom nach [4].

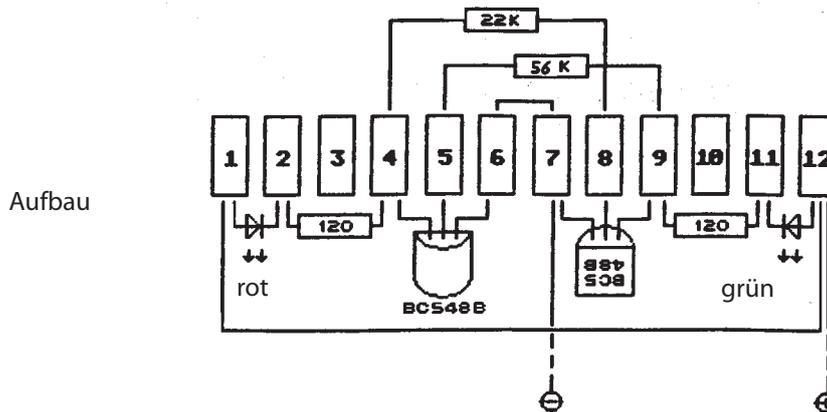
Von dort kann er nur über R2 weiter zur Basis [8] von T2 und durch den Transistor nach [7]=(-). Der Strom ist aber so gering, daß die rote LED nicht leuchtet.

Da T2 Basisstrom erhält, leitet er, und die grüne LED leuchtet. Drücke nun den Draht von Klemme [12] auf Klemme [10]. Die rote LED leuchtet, die grüne ist dunkel. - Warum?

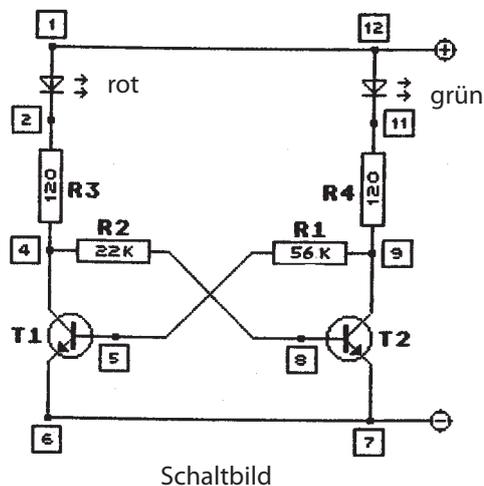
Wenn Klemme [12] und [10] verbunden sind, erhält T1 über R1 Basisstrom und leitet. Deshalb leuchtet die rote LED. Wenn T1 leitet, fließt der Strom von [4] nicht mehr durch R2 (22 KOhm) zur Basis von T2, sondern durch T1 direkt nach [6]=(-). T1 leitet ja (zwischen Kollektor und Emitter) und leistet dem Strom fast keinen Widerstand. Deshalb erhält T2 keinen Basisstrom und sperrt. Die grüne LED bleibt dunkel. - Man kann sagen, T1 "klaut" T2 den Basisstrom.

Das Prinzip, daß ein Transistor dem anderen den Strom "klaut", kommt in den folgenden Schaltungen immer wieder vor. Beginne deshalb die folgenden Versuche erst, wenn Du diesen Versuch richtig verstanden hast.

7. Versuch: "Klau as klau can"



Ändere die Schaltung, oder baue sie so auf, wie es das Bild zeigt. Um die Gleichberechtigung der beiden Transistoren zu verdeutlichen, ist das Schaltbild symmetrisch gezeichnet, d.h. es besteht aus zwei (fast) spiegelgleichen Hälften. Sonst hat sich aber nicht viel geändert. Lediglich der Widerstand R1 zwischen Klemme [5] und [9] ist durch einen von 56 Kilo-Ohm ersetzt worden. Vergleiche genau mit dem Schaltbild von Versuch 6.



Schalte den Strom mehrmals ein und aus.

Stets leuchtet die grüne LED und die rote bleibt dunkel. Woran liegt das, wenn doch beide Schaltungshälften fast gleich sind?

Sie sind eben doch nicht völlig gleich! Durch den größeren Widerstand R1 fließt weniger Strom als durch den kleineren Widerstand R2, und das hat Folgen.

Um das zu verstehen, müssen wir überlegen, was beim Einschalten passiert:

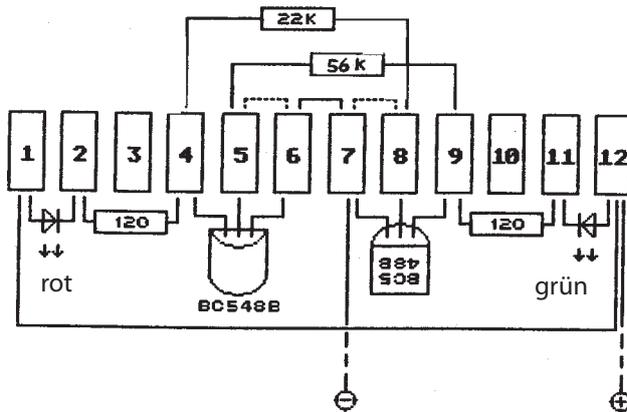
Zunächst sperren beide Transistoren, denn um zu leiten, brauchen sie Basisstrom. Durch beide LEDs fließt etwas Strom. Der Strom durch die rote LED fließt durch R3 und R2 zur Basis von T2. Der Strom durch die grüne LED fließt durch R4 und R1 zur Basis von T1. Weil aber R2 kleiner ist als R1, erhält T2 mehr Basisstrom und wird eher leitend.

Wenn T2 leitet, "klaut" er T1 den Basisstrom, und T1 hat keine Chance leitend zu werden.

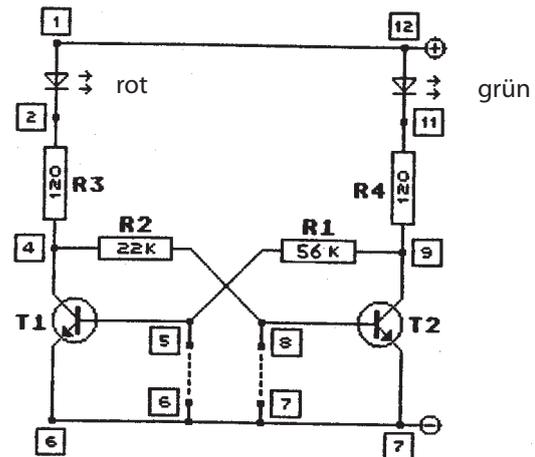
Da sich an den Verhältnissen nichts ändert, läuft das "Spielchen" bei jedem Einschalten gleich ab:

R2 läßt mehr Strom durch. -T2 "klaut" T1 den Basisstrom.- T1 sperrt. - Die grüne LED leuchtet und die rote bleibt dunkel.

8. Versuch: Das Flip-Flop



Aufbau



Schaltbild

Wie aus dem Bild ersichtlich, hat sich an der Schaltung nichts geändert. Wir benötigen für diesen Versuch lediglich ein kurzes Drahtstück.

Damit die rote LED auch mal leuchtet, wollen wir jetzt T2 gewaltsam sperren. Berühre mit dem Draht Klemme [8] und [7]. Die rote LED leuchtet; die grüne ist dunkel.

Mit dem Draht haben wir der Basis von T2 den Strom "geklaubt", indem wir ihn einfach nach Klemme [7]=(-) kurzgeschlossen haben.

- Wenn T2 keinen Basisstrom erhält, sperrt er.
- Wenn T2 sperrt, erhält T1 über R1 Basisstrom und leitet.
- Wenn T1 leitet, "klaubt" er T2 den Basisstrom.

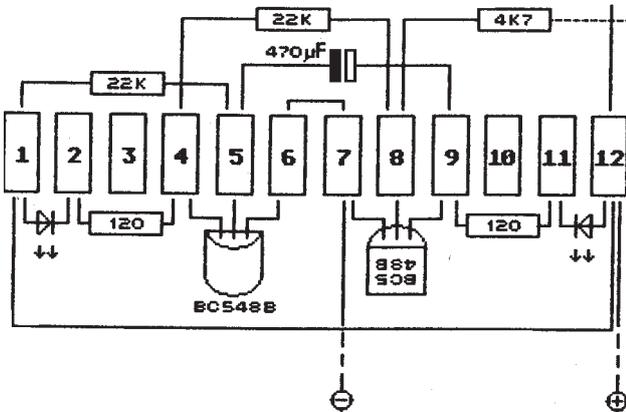
Folglich bleibt die rote LED hell und die grüne dunkel. Wenn Du möchtest, daß die grüne LED wieder leuchtet, mußt Du nur T1 gewaltsam sperren, indem Du seinen Basisstrom mit dem Draht von Klemme [5] nach [7] kurzschließt.

Von selbst ändert sich am jeweiligen Zustand nichts. Die Schaltung hat zwei stabile Zustände und kann nur gewaltsam in den jeweils anderen Zustand gekippt werden. Diese Schaltung heißt deshalb auch bistabile Kippschaltung (bi bedeutet zwei). Weil diese Schaltung den zuletzt eingeschalteten Zustand beliebig lange speichern kann, benutzt man sie z.B. in Taschenrechnern und Computern als elektronisches Gedächtnis. -Du kannst sie genauso verwenden: Befestige in Klemme [5] und [7] je einen langen Draht und biege deren Enden zu einem Kontakt, der z.B. von einer Tür geschlossen wird. Die Schaltung merkt sich dann, ob die Tür geöffnet wurde. Nach dem Einschalten leuchtet die grüne LED. Mit einem losen Draht verbindest Du kurz Klemme [8] und [7], damit die rote LED leuchtet. Dann kannst Du Dich beruhigt entfernen. Benutzt jemand in Deiner Abwesenheit die "gesicherte" Tür, so schaltet er damit zwangsläufig auf Grün um. Auch durch Unterbrechung des Stromes kann nicht auf Rot zurückgeschaltet werden, denn beim Einschalten leuchtet ja immer die grüne LED. - Nur wer wie Du die Schaltung genau kennt, kann die rote LED zum Leuchten bringen. Wenn Du mit dieser Schaltung eine Tür kontrollieren willst, mußt Du natürlich daran denken, die Schaltung außerhalb zu installieren.

9. Versuch: Die Quiz-Uhr

Ändere die Schaltung, oder baue sie auf, wie es das Bild zeigt:

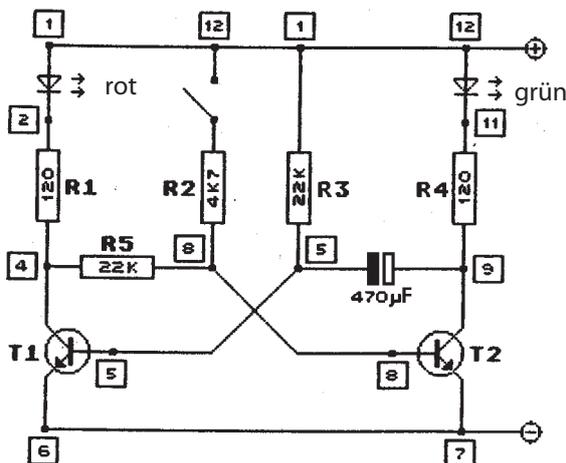
Aufbau



Das freie Ende des 4,7-KOhm-Widerstandes und der Draht von Klemme [12] sollen sich (noch) nicht berühren. Berühre mit einem Draht oder Schraubenzieher gleichzeitig beide Anschlüsse des Elkos, damit er entladen ist. Dann schalte den Strom ein und beobachte genau.

Die grüne LED leuchtet ganz kurz auf. Dann leuchtet die rote LED und die grüne bleibt dunkel.

Schaltbild



Erklärung: Beim Einschalten sperren zunächst noch beide Transistoren und der Elko ist entladen.

T2 könnte über die rote LED, R1 und R5 Basisstrom erhalten, aber T1 erhält seinen Basisstrom über R3 direkt von (+) und "macht daher das Rennen". Wenn T1 leitet, "klaubt" er T2 den Basisstrom. Folglich leuchtet die rote LED und die grüne bleibt dunkel. Daran ändert sich nun von selbst nichts mehr.

Warum hat aber anfangs die grüne LED kurz geleuchtet? -

Erinnere Dich bitte an Versuch 4. Dort hast Du erfahren, daß ein Kondensator Strom laden kann.

Über die Basis von T1 liegt der Minus-Anschluß des Elkos an (-). Der Strom von (+) über R3 ändert daran nichts, denn der fließt ja auch über T1 nach (-). Der Plus-Anschluß des Elkos liegt an Klemme [9]. Da T2 sperrt, kann ein Ladestrom über die grüne LED und R4 in den Elko fließen. Die grüne LED leuchtet durch diesen Ladestrom kurz auf. Sobald der Elko geladen ist, und das geht sehr schnell, fließt kein Strom mehr und die grüne LED bleibt dunkel.

Wenn Du den Strom jetzt aus- und wieder einschaltest, leuchtet nur die rote LED. Die grüne kann nicht leuchten, weil der Elko ja noch geladen ist.

Berühre nun kurz mit dem freien Ende des 4,7-KOhm-Widerstandes den Draht von Klemme [12] und beobachte eine Weile.

Die grüne LED leuchtet auf, und die rote wird dunkel. - Nach einiger Zeit wird die grüne wieder dunkel, und die rote leuchtet wie zuvor.

Erklärung:

Wenn R2 Verbindung mit (+) erhält, fließt über diesen 4,7-KOhm-Widerstand so viel Strom zur Basis von T2, daß dieser Transistor leitend wird. T1 leitet zwar noch einen Sekundenbruchteil weiter, aber er kann T2 den Basisstrom nicht "klauen", weil R5 dazwischen liegt und mit 22 KOhm ein zu großes Hindernis bildet. - Also wird T2 auf jeden Fall leitend.

Wenn T2 leitet, ist der Plus-Anschluß des Elkos durch T2 mit (-) verbunden, und der Elko wird entladen. Bei Entladen des Elkos kann aber nicht einfach nur Strom aus dem Plus-Anschluß herausfließen, sondern es muß gleichzeitig genausoviel Strom am Minus-Anschluß hineinfließen. Dieser Strom kann nur von R3 kommen. Somit entzieht der Elko beim Entladen T1 den Basisstrom und bringt T1 zum Sperren.

Solange T1 sperrt, erhält T2 seinen Basisstrom über R5. Die grüne LED leuchtet also weiter, auch wenn der Kontakt zwischen R2 und Klemme [12] bereits wieder gelöst ist. Da über den (großen) 22-KOhm-Widerstand R3 nur wenig Strom fließt, wird T2 nicht sonderlich gut leitend. Folglich kann sich auch der Elko nur relativ langsam entladen.

Wenn der Elko aber entladen ist, erhält T1 wieder Basisstrom, wird leitend und "klaut" T2 den Basisstrom. T2 sperrt also wieder, und der Elko wird wieder geladen. Deshalb leuchtet auch die grüne LED noch kurz weiter, wenn die rote bereits wieder leuchtet. Nun ist der stabile Ausgangszustand wieder erreicht.

Diese Schaltung hat also nur einen stabilen Zustand und heißt deshalb monostabile Kippschaltung (mono bedeutet ein).

Hinweis:

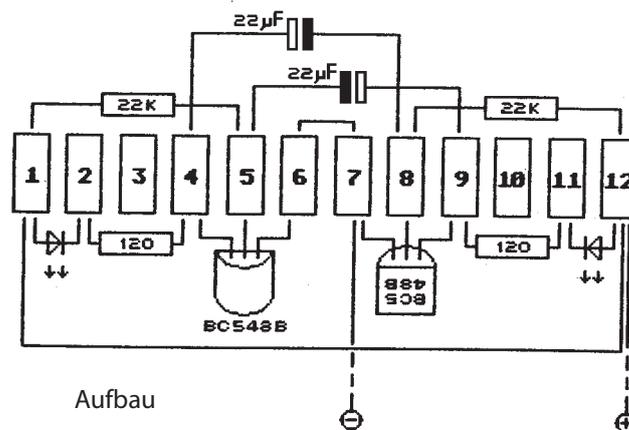
Wahrscheinlich wirst Du nicht alles auf Anhieb verstanden haben, die Sache ist halt schon ein bißchen verzwickt. Lies Dir die Beschreibung mehrmals sorgfältig durch und betrachte dabei immer wieder das Schaltbild.

Zum Trost kann ich Dir versichern: wenn Du diese Schaltung richtig verstanden hast, wirst Du auch die übrigen ohne Schwierigkeiten verstehen. - Mache also mit den Versuchen erst dann weiter, wenn Du diese Schaltung begriffen hast.

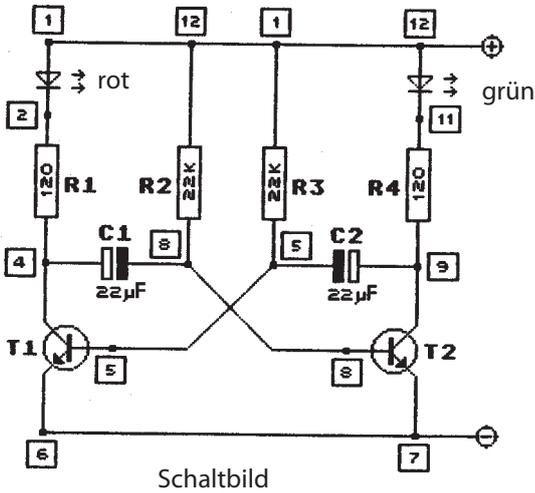
10. Versuch: Der Doppelblinker

Ändere die Schaltung, oder baue sie so auf, wie es das Bild zeigt:

Achte bei den beiden Elkos auf richtigen Anschluß!



Schalte den Strom ein und beobachte



Die rote und die grüne LED leuchten abwechselnd auf. Die Erklärung ist nun einfach, wenn Du den vorhergehenden Versuch richtig verstanden hast:

Wenn einer der Transistoren leitet, "klaut" er dem anderen durch das Entladen seines Kondensators den Basisstrom und sperrt ihn dadurch. Dessen Elko wird dann geladen. Sobald der eine Elko entladen ist, wird der andere Transistor wieder leitend und entlädt nun seinen Elko, der dem anderen Transistor dann wieder den Basisstrom "klaut" - und so fort.

Wie lange das Entladen der Elkos (und damit das Blinken) dauert, hängt von der Kapazität der Elkos und von den Widerständen R2 und R3 ab. Kleinere Widerstände und/oder Kapazitäten verkürzen die Zeit. Größere Werte verlängern die Zeit.

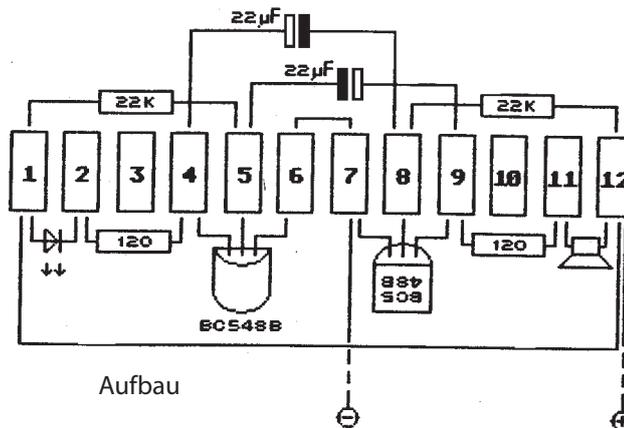
Wiederhole den Versuch und ersetze dabei einen der beiden Elkos durch den mit 470 Mikro-Farad.

Natürlich kannst Du den Versuch auch mit anderen Widerständen durchführen.

Beachte aber bitte: R2 und R3 dürfen nie kleiner als 2,7 KOhm sein!

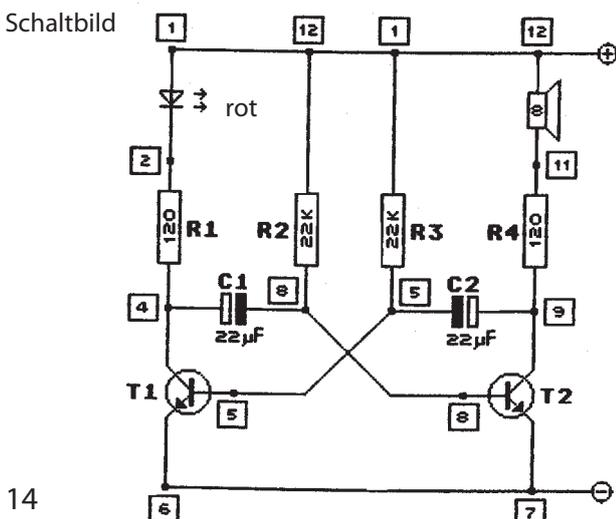
11. Versuch: Das Metronom

Ändere die Schaltung, oder baue sie so auf, wie es das Bild zeigt:



Der Unterschied zur vorhergehenden Schaltung ist nur gering: die grüne LED ist durch den Lautsprecher ersetzt.

Schalte den Strom ein und höre genau hin!



Die rote LED blinkt wieder, und der Lautsprecher knackt leise.

Jedesmal wenn T2 leitet, wird die Membran des Lautsprechers hin- oder hergerissen.

Berühre einmal die Membran vorsichtig mit den Fingern, dann kannst Du es auch fühlen.

Natürlich macht der Lautsprecher in dieser Schaltung seinem Namen nicht gerade Ehre, aber das soll uns nicht weiter stören, denn hier geht es zunächst nur um das Prinzip.

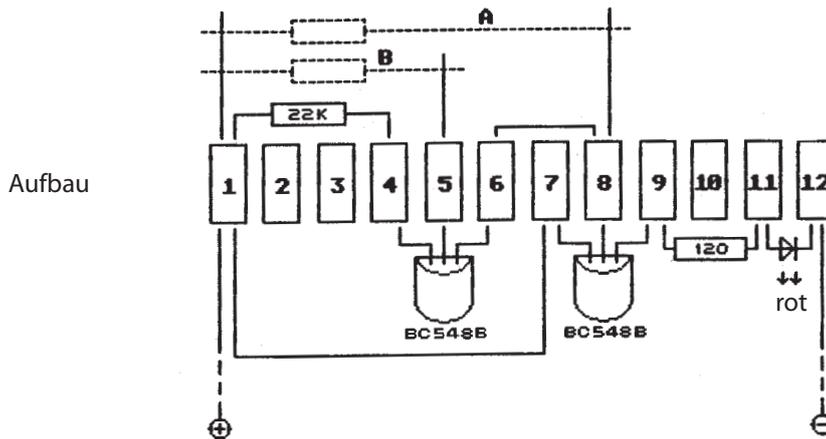
Wir kommen später noch zu einer tollen Schaltung, die den Lautsprecher richtig nutzt und ordentlich Krach macht.

Für diese Schaltung benötigen wir aber Spezialtransistoren, und die wollen wir den nächsten Versuchen, die sicher auch nicht uninteressant sind, erst einmal kennenlernen.

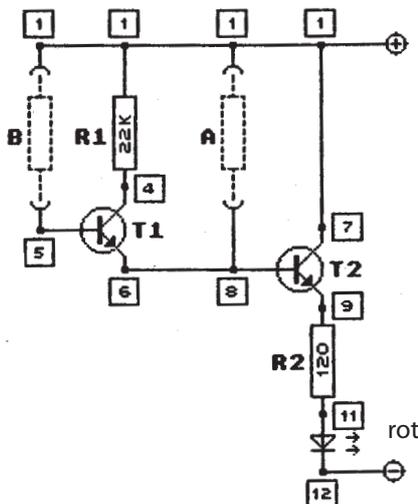
12. Versuch: Die Darlington-Schaltung

Für diesen Versuch benötigen wir die beiden normalen Transistoren vom Typ 'BC 548 B' [_____]. Wenn Du aber eine Schaltung (z.B. von Versuch 11) aufgebaut hast, mußt Du sie nicht völlig zerlegen. Verwende dann den zweiten, bisher ungenutzten Lüsterklemmstreifen und entnimm der Schaltung nur die Teile, die Du für diesen Versuch brauchst.

Bau die Schaltung so auf, wie es das Bild zeigt:



Schaltbild



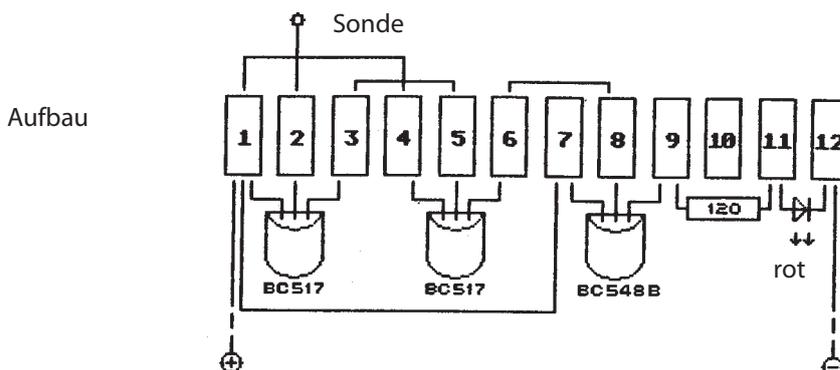
Schalte den Strom ein. Lege nun einen 22-KOhm-Widerstand auf die Drahtenden von Klemme [1] und [8]. Die LED leuchtet hell, weil T2 genügend Basisstrom erhält. (T1 spielt hier noch nicht mit).

Ersetze nun den Widerstand durch den mit 1 MOhm. Die LED leuchtet jetzt nur ganz schwach, weil die Basis von T2 nur sehr wenig Strom erhält. Das schwache Leuchten zeigt aber, daß der Transistor doch ein ganz klein wenig leitend wird. Lege nun den 1-MOhm-Widerstand auf die Drahtenden von Klemme [1] und [5]. Die LED leuchtet jetzt hell und zeigt, daß T2 reichlich Basisstrom erhält.

Erklärung: Wie Du zuvor gesehen hast, genügt der geringe Strom durch den 1-MOhm-Widerstand, um einen Transistor ein wenig leitend zu machen. Genau das geschieht jetzt bei T1. Der sehr viel größere Kollektorstrom von T1 wird nun aber zum Basisstrom von T2. Folglich erhält T2 genug Basisstrom, um richtig leitend zu werden.

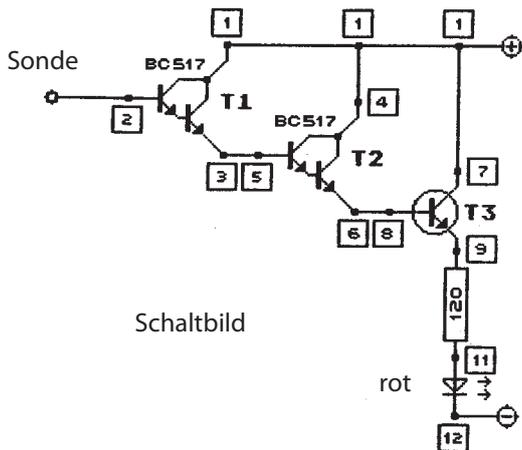
Da man Darlington-Schaltungen häufig benötigt, hat man spezielle Transistoren wie den BC 517 entwickelt, der äußerlich wie ein ganz normaler Transistor aussieht und auch so verwendet wird, innen aber aus zwei Transistoren in Darlington-Schaltungen besteht.

13. Versuch: Das "Elektroskop"



Aus dem Schaltbild ist ersichtlich, daß die zwei Darlingtont-Transistoren und der Normaltransistor zu einer fünfstufigen Darlington-Schaltung verbunden sind. Du kannst Dir sicher vorstellen, daß diese Schaltung unglaublich empfindlich auf geringste Ströme reagieren wird.

VORSICHT!



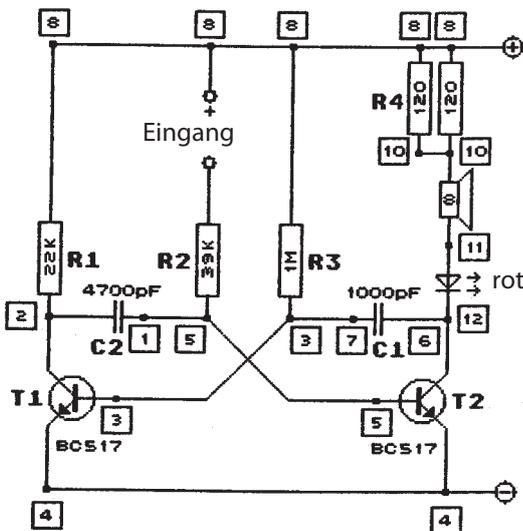
Schaltbild

Der mit Sonde bezeichnete Draht von Klemme [2] darf **niemals** mit einem stromführenden Teil in Berührung kommen. Die Transistoren würden das mit absoluter Sicherheit nicht überstehen! Der Sondendraht sollte deshalb auf jeden Fall (mit Ausnahme des Endes, das in Klemme [2] steckt) **isoliert** sein. Schalte den Strom ein. Nun nimm ein Stück Kunststoff (z.B. ein Geo-Dreieck), reibe es kurz an der Kleidung, nähere es dem Sondendraht und entferne es dann plötzlich. - Du wirst feststellen, daß die LED jedesmal aufleuchtet, wenn der Kunststoff von der Sonde entfernt wird. Wie ist das möglich, obwohl doch die Sonde gar keine Verbindung hat? Fest steht, daß die LED nur leuchtet, wenn der erste Transistor Basisstrom erhält. - Folglich muß in der Sonde Strom fließen.

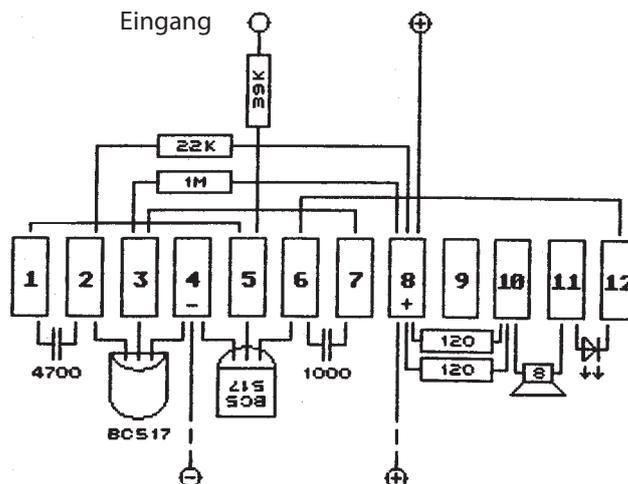
Als Du das Geo-Dreieck an der Kleidung gerieben hast, hat es an der Oberfläche etliche Elektronen an den Stoff abgegeben und wurde dadurch elektrisch positiv geladen. Bei der Annäherung an den Sondendraht werden deshalb die Elektronen des Drahtes angezogen. Wird das Kunststoffteil dann plötzlich entfernt, bewegen sie sich im Draht wieder zurück, und das bedeutet, daß im Sondendraht ein Strom fließt. Obwohl dieser Strom unvorstellbar klein ist, genügt er bei dieser fünfstufigen Darlington-Schaltung doch, um letztlich die LED leuchten zu lassen.

14. Versuch: Die "Quietschbox"

Schaltbild



Aufbau



Betrachte zunächst das Schaltbild und vergleiche mit dem von Versuch 10. Du erkennst sicher die große Ähnlichkeit zum Doppelblinker. Wie im Versuch 11 wird hier der Lautsprecher als akustische Anzeige benutzt.

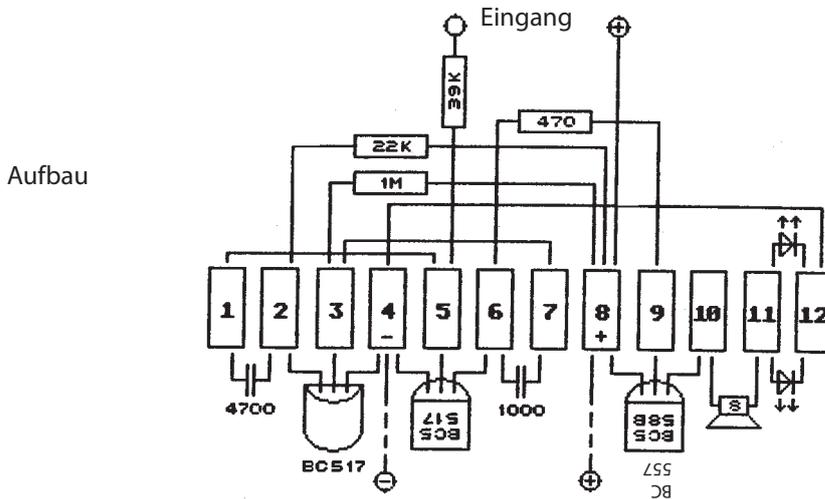
Die Kondensatoren sind hier sehr viel kleiner. Deshalb wird die Schaltung sehr viel schneller hin- und herkippen und zwar einige tausendmal in der Sekunde. Die Folge davon ist, daß die Membran des Lautsprechers ebenso schnell hin- und hergerissen wird. Du hörst dann nicht mehr einzelne Knacklaute, sondern einen Ton. Da die LED vom gleichen Strom durchflossen wird, leuchtet sie auch einige tausendmal in der Sekunde auf und wird ebenso oft wieder dunkel. Da unser Auge nicht so schnell arbeitet, bemerken wir davon aber nicht mehr, als daß die LED leuchtet. Zum Aufbau benutze den zweiten Klemmstreifen, denn die "Quietschbox" wird bei allen weiteren Versuchen zusätzlich benötigt.

Damit die "Quietschbox" quietscht, muß Du nur den "Eingang" mit Plus verbinden. Du kannst das mit einem Draht machen. Es genügt aber auch, mit einer Hand den Eingang und mit der anderen (+) anzufassen.

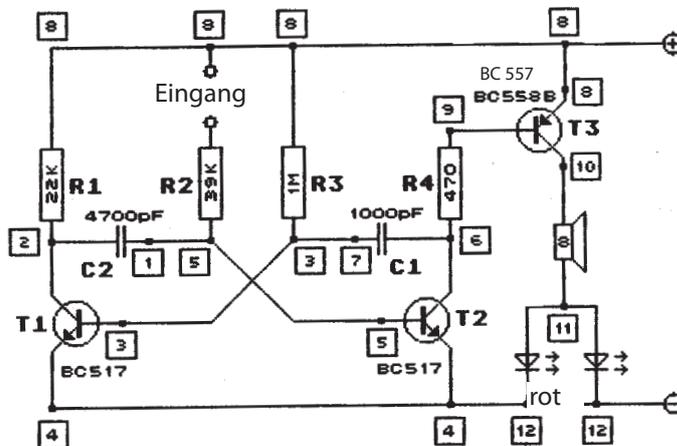
Hinweis: Die beiden 120-Ohm-Widerstände sind hier parallel geschaltet und funktionieren wie ein 60-Ohm-Widerstand.

15. Versuch: Die "Super-Quietschbox"

Beim letzten Versuch haben wir uns absichtlich nicht lange aufgehalten. Die Quietschbox-Schaltung ist einfach und deshalb auch leichter zu verstehen. Aber sie ist nicht sehr laut. Da wir die Schaltung mit anderen zusammen als Kontrollgerät benutzen wollen, wollen wir ihr zunächst zu etwas mehr Lautstärke verhelfen. - Ergänze also die Schaltung zur "Super-Quietschbox":



Der Aufbau ist nicht ganz einfach, weil drei Transistoren und etliche andere Bauteile auf einem Klemmstreifen untergebracht werden müssen. Kontrolliere deshalb besonders sorgfältig und achte darauf, daß es an den Kreuzungen nicht zu Kurzschlüssen kommen darf!



Wie Du im Schaltbild sehen kannst, ist ein anderer Transistor vom Typ 'BC 558/557 B' [] hinzugekommen. Es handelt sich dabei im Gegensatz zu den anderen NPN-Transistoren um einen PNP-Typ, d.h., er ist in der umgekehrten Schichtfolge aufgebaut. Deshalb zeigt auch sein Emitter im Schaltbild nicht nach Minus, sondern nach Plus. Ansonsten funktioniert er aber ganz normal.

Welche Aufgabe hat nun dieser zusätzliche Transistor? - Ganz einfach: Er soll den Lautsprecher mit einem möglichst großen Strom zu einer entsprechenden Lautstärke bringen. Deshalb liegen außer dem Transistor nur die beiden LEDs und der Lautsprecher zwischen Plus und Minus. Da eine LED (in diesem Falle) dem Strom zu viel Widerstand leistet, wurde hier der gleiche "Trick" mit der Parallelschaltung angewandt, wie Du ihn in der vorherigen Schaltung bei den beiden 120-Ohm-Widerständen sehen kannst. - Zwei parallel geschaltete LEDs leisten dem Strom nur halb so viel Widerstand wie eine. Übrigens, die LEDs verkraften diese "Roßkur" ohne Schutzwiderstand nur deshalb, weil sie nicht ständig vom Strom durchflossen sind, sondern zwischendurch, wenn auch nur für Sekundenbruchteile, immer wieder sozusagen "verschrauben" können. In der normalen Quietschbox-Schaltung kannst Du sehen, daß dort außer dem Lautsprecher und der LED auch noch "ein" Schutzwiderstand von 60 Ohm vor dem Kollektor von T2 liegt. Das hat einen einfachen Grund: wenn der Widerstand zu klein oder zu groß wäre, würde die Kippschaltung nicht richtig funktionieren.

Aus dem gleichen Grund befindet sich in der Super-Quietschbox der 470-Ohm-Widerstand. Der ist als Kollektor-Widerstand gerade noch klein genug, damit die Kippschaltung richtig funktioniert, und als Basis-Widerstand gerade noch groß genug, damit T3 nicht zu viel Basisstrom erhält.

Was macht die Super-Quietschbox nun so super?

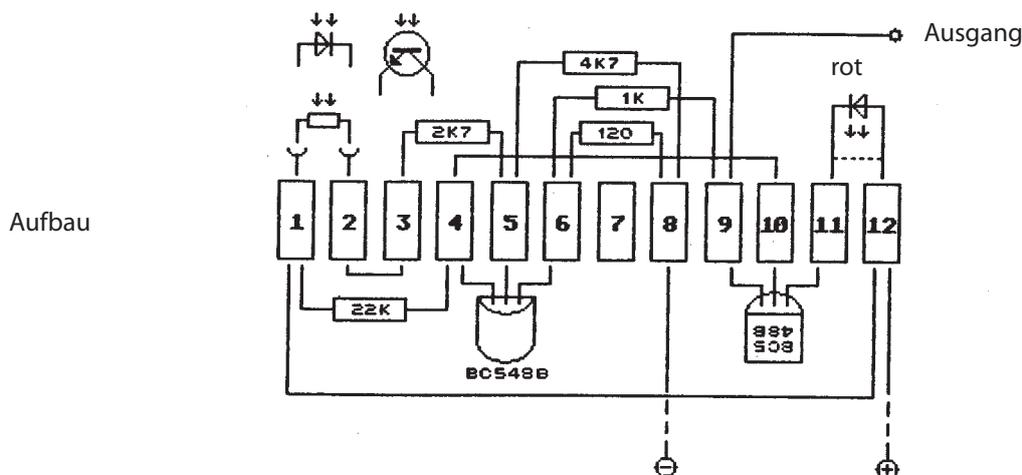
1. Die Schaltung benötigt im Ruhezustand (also wenn sie keinen Krach macht) äußerst wenig Strom und schont damit die Batterie.
2. Die Schaltung ist super-unempfindlich, denn es schadet ihr nicht, wenn der Eingang direkt mit Plus verbunden wird.
3. Die Schaltung ist super-empfindlich, denn ein Strom von weniger als ein zehnmillionstel Ampere (mit normalen Mitteln nicht mehr meßbar) am Eingang genügt, um eine deutlich hörbare Wirkung erzielen.
4. Die Schaltung ist universell verwendbar, denn man kann sie mit unzähligen anderen Schaltungen als optischen und akustischen Signalgeber kombinieren.

Was kannst Du mit der "Super-Quietschbox " machen?

Stell doch einmal so viele Mitschüler wie Du aufreiben kannst in einem großen Kreis auf; der erste faßt den Plus-Anschluß an, der letzte den Eingang. Sobald sich alle die Hände reichen, wird die Super-Quietschbox dies unverkennbar anzeigen. Sobald aber auch nur einer den Kreis unterbricht, wird die "Box" ebenso unverkennbar ruhig werden. Der Versuch wurde schon mit 60 Schülern durchgeführt, mehr waren gerade nicht "greifbar", aber es müßte auch mit doppelt so vielen noch funktionieren. - Probier's doch mal!

16. Versuch: Die Lichtschranke

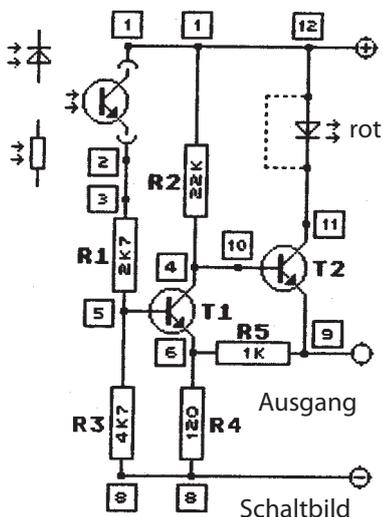
Diese Schaltung ist alleine kaum brauchbar. Sie benötigt als zusätzliche Anzeigschaltung die "Super-Quietschbox" von Versuch 15.



Baue die Schaltung zusätzlich zur Quietschbox oder Super-Quietschbox auf dem anderen Klemmstreifen auf. Verbinde dann jeweils Plus und Minus der beiden Schaltungen, damit sie aus einer Batterie versorgt werden und verbinde außerdem den Ausgang der Lichtschranke mit dem Eingang der "Box".

Aus Versuch 5 weißt Du, daß der Sensor auch auf seitlich einfallendes Licht reagiert. Das ist hier gänzlich unerwünscht. Deshalb solltest Du jetzt entsprechende Vorkehrungen treffen. -Besorge dir von einem leergeschriebenen Filzstift oder alten Kugelschreiber ein lichtundurchlässiges (z. B. schwarzes) Röhrchen, das innen etwas dicker als der Sensor ist, und schneide (säge) Dir davon ein etwa 5 cm langes Stück ab. Schneide aus einem Korken oder Radiergummi einen kleinen Stopfen zurecht, der gerade in das Röhrchen paßt. Schiebe den Sensor dann etwa 1,5 bis 2 cm weit in das Röhrchen und verschließe dieses Ende so mit dem Stopfen, daß sich die beiden Anschlüsse des Sensors nicht berühren. Die lichtempfindliche Fläche des Sensors kann jetzt (hoffentlich) nur noch von dem Licht erreicht werden, das durch das andere, offene Ende des Röhrchens fällt.

Wenn Du die Lichtschranke ausprobierst, richte die ganze Schaltung oder den Sensor so aus, daß die Öffnung des Röhrchens auf ein Fenster oder eine Lampe zeigt und reichlich Licht erhält. Wenn Du nun mit gespreizten Fingern dicht vor der Öffnung des Röhrchens vorbeifährst, gibt die "Box" bei jeder Unterbrechung des Lichtes ein Signal.



Die Schaltung der Lichtschranke weist gegenüber den bisherigen Schaltungen einige Besonderheiten auf, die Du aber inzwischen schon recht leicht verstehen solltest: Wenn der Sensor beleuchtet wird, leistet er dem Strom nur wenig Widerstand. Der Strom von (+) über den Sensor und R1 fließt nur zum kleineren Teil über R3 nach (-), weil R3 relativ groß ist. Der größere Teil fließt durch die Basis von T1 und R4 nach (-), weil R4 relativ klein ist. T1 ist daher leitend. Der Strom von (+) über R2 fließt folglich nicht über die Basis von T2, denn auf den Emitter folgt ja noch der 1-KOhm-Widerstand R5. Der Weg über T1 und R4 bietet da sehr viel weniger Widerstand. Da T2 keinen Basisstrom erhält, ist er gesperrt, und am Ausgang fließt kein Strom.

Wird der Sensor nicht beleuchtet, leistet er dem Strom sehr viel Widerstand. Der sehr geringe Strom, der dann noch durch den Sensor und R1 kommt, wird außerdem noch durch R3 abgeschwächt; der leitet ja einen Teil nach (-) ab. Folglich erhält die Basis von T1 nicht genügend Strom und T1 sperrt. Wenn T1 sperrt, kann aber der Strom von R2 nur über die Basis von T2 fließen. Also wird T2 leitend.

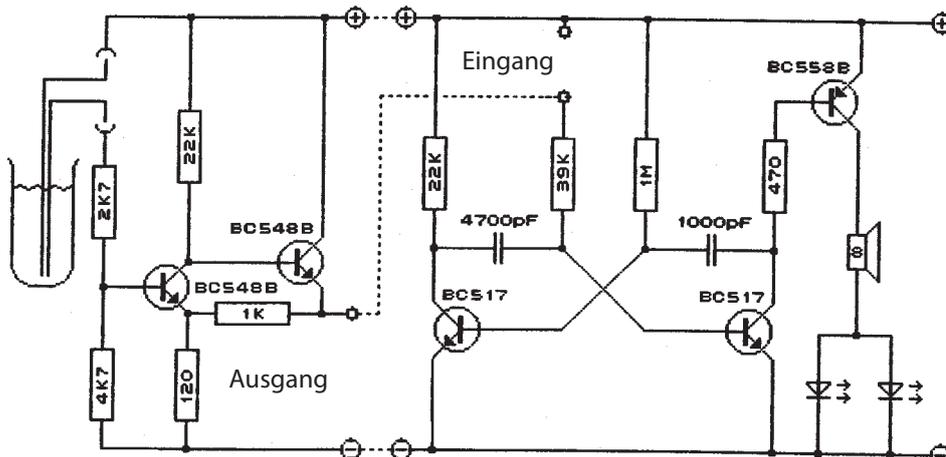
Wenn T2 leitet, ist der Ausgang praktisch direkt mit (+) verbunden. Der Eingang der nachfolgenden "Box" erhält also volle Spannung, und die "Box" zeigt dies entsprechend an. Sicher ist dir schon aufgefallen, daß die Emitter der beiden Transistoren nicht wie sonst direkt mit (-) verbunden sind. Das hat folgenden Grund: Wenn T1 leitet, fließt der Strom aus seinem Emitter nicht direkt nach (-), sondern muß erst noch den Widerstand R4 überwinden. Deshalb gibt es vor R4 einen "Stau". Wenn nun T2 leitend werden soll, muß er nicht nur Basisstrom erhalten, sondern dieser Strom muß auch noch den "Stau" R4 überwinden. Die Folge davon ist, daß die Schaltung nicht auf jede geringe Schwankung der Beleuchtungsstärke anspricht, sondern eine große Stabilität und Störsicherheit zeigt. Umgekehrt, wenn T2 leitet, sorgt sein Emitterstrom vor R4 für einen "Stau". Deshalb kann T1 nicht bei jeder geringen Zunahme der Beleuchtungsstärke leitend werden, und auch in diesem Zustand zeigt die Schaltung große Stabilität und Störsicherheit. - In beiden Fällen muß erst ein gewisser Schwellenwert überschritten werden, bevor die Schaltung in den anderen Zustand kippt. Diese Schaltung heißt daher auch Schwellwertschaltung oder Trigger. - Wenn Du die Lichtschranken-schaltung aufbaust und die Funktion kontrollieren willst, setze die LED ein (sie leuchtet aber nur schwach). Wenn die Lichtschranke funktioniert und mit der "Box" verbunden ist, kannst Du die LED durch einen einfachen Draht ersetzen.

17. Versuch: Der Wasserwächter

Die Schaltung ist die Triggerschaltung aus Versuch 16 (siehe dort oder unten). Als Anzeigegerät dient wieder die "Box". Anstelle des optischen Sensors werden zwei einfache Drähte mit blanken Enden verwendet, je einer in Klemme [1] und [2].

Wenn Du die Schaltung in Betrieb nimmst, wird es quietschen, weil zwischen Klemme [1] und [2] kein Strom fließt. - Wenn Du die beiden Drähte verbindest, hört das Quietschen der "Box" auf. Stecke nun die beiden blanken Drahtenden in ein Glas mit Wasser, einen frisch gegessenen Blumentopf oder einen Topf mit Hydrokultur. Achte darauf, daß die Drahtenden nahe beieinander sind, sich aber nicht berühren. Das Wasser leitet nun den Strom und sorgt dafür, daß die "Box" ruhig bleibt. - Sobald aber der Wasserspiegel fällt, gibt die "Box" Alarm.

Wenn Dein Wasserwächter genau umgekehrt funktionieren und bei steigendem Wasserspiegel Alarm geben soll, geht es sogar noch einfacher. Dazu brauchst Du nur die "Box": Lege die Drähte von (+) und 'Eingang' dicht nebeneinander ins Freie, und Du erfährst sofort, wenn es regnet, oder lege sie in den Keller, dann meldet die Box einen 'Rohrbruch'.



Dieses Schaltbild zeigt Dir, wie man die Lichtschrankenschaltung oder auch andere Schaltungen mit der "Super-Quietschbox" verbindet.

Einige Anwendungen der Lichtschranke kennst Du sicher schon. Man öffnet damit z.B. automatisch Türen, zählt Gegenstände auf Fließbändern, sichert Durchgänge und Maschinen, wie z.B. Pressen und Scheren, in die man nicht eingreifen darf. Die gleiche Schaltung dient auch dazu, bei Dunkelheit die Straßenbeleuchtung ein- und am Tag wieder auszuschalten.

Weitere Anwendungen:

Die gleiche Trigger-Schaltung wie in Versuch 16 und 17 kann noch für viele andere Zwecke verwendet werden, wenn man den optischen Sensor durch andere ersetzt. - Eine andere Anwendung hast Du in Versuch 17 selbst ausprobiert. Benutzt man z.B. einen Thermowiderstand, der seinen Widerstandswert mit der Temperatur ändert, so erhält man einen Feuermelder oder ein Alarmgerät, das anzeigt, wenn die Temperatur in der Kühltruhe zu weit ansteigt, oder umgekehrt einen Frostmelder. - Leider sind solche Thermowiderstände recht teuer. Deshalb findest Du auch keinen in Deinem Bausatz. Außerdem müssen richtige Feuer- oder Frostmelder natürlich etwas genauer arbeiten als unsere 'Bastel'-Schaltungen.

Schluß:

Mit den Versuchsbeschreibungen sind wir nun am Ende. Ich hoffe, daß es Dir Spaß gemacht hat, und daß Du außerdem noch einiges über Elektronik gelernt hast. In diesem Falle sollte es Dir nicht schwer fallen, weitere Versuche durchzuführen.

Hinweis:

Wenn Du andere Schaltungen mit der "Box" verbinden willst, richte Dich nach obigem Beispiel. In den anderen Schaltungen ist kein "Ausgang" gekennzeichnet. Du findest ihn aber ganz leicht: bei allen anderen Schaltungen kannst Du einfach den Kollektor-Anschluß von einem Transistor als Ausgang benutzen. - Kaputtgehen kann dabei nichts.

Versuche es doch zum Beispiel mal mit dem Doppelblinker, dann wird die "Box" im Rythmus des Blinkers quietschen.

Sicher fallen Dir auch noch andere Kombinationen ein.

Wenn Du weitere Versuche mit anderen Bauteilen durchführen willst, kannst Du sie Dir zum Beispiel aus einem alten Radio vom Sperrmüll besorgen. Natürlich könnte es sein, daß ein solches Bauteil defekt ist. Deshalb solltest Du es einzeln in einer Schaltung überprüfen. Außerdem muß Du die Hinweise in den Versuchsbeschreibungen beachten, damit Deine Schaltungen keinen Schaden erleiden.

Anhang: Transistor-Vergleichstabelle

Legende:	Ptot	=	maximal zulässige Gesamtverlustleistung
	UCBO	=	maximal zulässige Spannung
	ICmax	=	maximal zulässiger Kollektorstrom
	IC/IB	=	Stromverstärkungsfaktor

NPN-Transistoren	Ptot	UCBO	ICmax	IC/IB
BC 548 B	0,5 W	30 V	0,1 A	200-450
BC 107 B	0,3 W	45 V	0,1 A	200-450
BC 108 B	0,3 W	30 V	0,1 A	200-450
BC 170 C	0,3 W	20 V	0,1 A	200-450
BC 171 B	0,3 W	50 V	0,1 A	240-500
BC 172 B	0,3 W	30 V	0,1 A	240-500
BC 174 B	0,3 W	70 V	0,1 A	240-500
BC 237 B	0,3 W	50 V	0,1 A	240-500
BC 238 B	0,3 W	30 V	0,1 A	240-500
BC 546 B	0,5 W	80 V	0,1 A	200-450
BC 547 B	0,5 W	50 V	0,1 A	200-450

PNP-Transistoren	Ptot	UCBO	ICmax	IC/IB
BC 558/557 B	0,5 W	-30 V	0,1 A	200-450
BC 251 B	0,3 W	-45 V	0,1 A	180-460
BC 252 B	0,3 W	-25 V	0,1 A	180-460
BC 261 B	0,3 W	-45 V	0,1 A	180-460
BC 262 B	0,3 W	-25 V	0,1 A	180-460
BC 307 B	0,3 W	-45 V	0,1 A	180-460
BC 308 B	0,3 W	-25 V	0,1 A	180-460
BC 556 B	0,5 W	-80 V	0,1 A	200-450
BC 557 B	0,5 W	-50 V	0,1 A	200-450

N-Darlington-Tr.	Ptot	UCBO	ICmax	IC/IB
BC 517	0,625 W	40 V	0,4 A	>30 000

(für den gibt es keinen Ersatz.)

Anhang: Material

Für die Versuche wird das folgende Material benötigt.

Menge	Bauteil
2	BC 548/547 (NPN-Transistor)
1	BC 558/557 B (PNP-Transistor)
2	BC 517 (N-Darlington-Transistor)
1	LDR/LDD/LDT
3	LED rot (Leuchtdiode \varnothing 5mm)
1	LED grün (Leuchtdiode \varnothing 5mm)
1	470 μ F (Elko)
2	22 μ F (Elko)
1	4700 pF (Kondensator)
1	1000 pF (Kondensator)
1	8 Ohm-0,2W-Lautsprecher \varnothing 57mm

dazu folgende Widerstände (Kohleschicht 1/4 Watt 5%):

2 x 120 Ohm, 1 x 470 Ohm, 1 x 1 KOhm, 1 x 2,7 KOhm
1 x 4,7 KOhm, 3 x 22 KOhm, 1 x 39 KOhm, 1 x 56 KOhm, 1 x 1 MOhm

ferner:

2 Lüsterklemmstreifen (Kontaktabstand 7,5 mm)
2 Messtrippen (für den Batterieanschluß)
ca. 200 cm Schaltdraht

Anhang: Referenzliste

Bauteil	Verwendung bei Versuch Nummer:																		
BC 548 B (NPN)			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					16	17	
BC 548 B (NPN)						6	7	8	9	10	11	12	13				16	17	
BC 558/557 B (PNP)																15	+	+	
BC 517 (N-D)														13	14	15	+	+	
BC 517 (N-D)														13	14	15	+	+	
LDR					5													16	
LED (grün)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
LED (rot)		2				6	7	8	9	10	11								
LED (rot)												12	13	14	15	+	+		
LED (rot)																15	+	+	
120 Ohm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		16	17		
120 Ohm						6	7	8	9	10	11			14					
470 Ohm	1															15	+	+	
1 KOhm	1																16	17	
2,7 KOhm	1		3														16	17	
4,7 KOhm	1			4	5					9							16	17	
22 KOhm	1		3			6	7	8	9	10	11	12					16	17	
22 KOhm						6	7	8	9	10	11	12							
22 KOhm														14	15	+	+		
39 KOhm	1													14	15	+	+		
56 KOhm							7	8											
1 MOhm	1		3									12		14	15	+	+		
1000 pF																14	15	+	+
4700 pF																14	15	+	+
22 µF				4						10	11						16	17	
22 µF										10	11								
470 µF			4					9	10										
Lautsprecher											11		14	15	+	+			

(+ = außerdem erforderlich für die Super-Quietschbox)

Inhaltsverzeichnis:

Versuchsnummer	Seite	Inhalt/Versuch
	2	Farbcode für Widerstände
	3	Vorbereitungen
1	4	Der Widerstand
2	4	Die Diode (Leuchtdiode)
3	5	Der Transistor
4	6	Der Kondensator
5	8	Der Fotowiderstand (LDR)
6	9	"Stromklau"
7	10	"Klau as klau can"
8	11	Das Flip-Flop
9	12	Die Quiz-Uhr
10	13	Der Doppelblinker
11	14	Das Metronom
12	15	Die Darlington-Schaltung
13	15	Das "Elektroskop"
14	16	Die "Quietschbox"
15	17	Die "Super-Quietschbox"
16	16	Die Lichtschranke
17	19	Der Wasserwächter
	21	Transistor-Vergleichstabelle
	21	Material und Preise
	22	Referenzliste