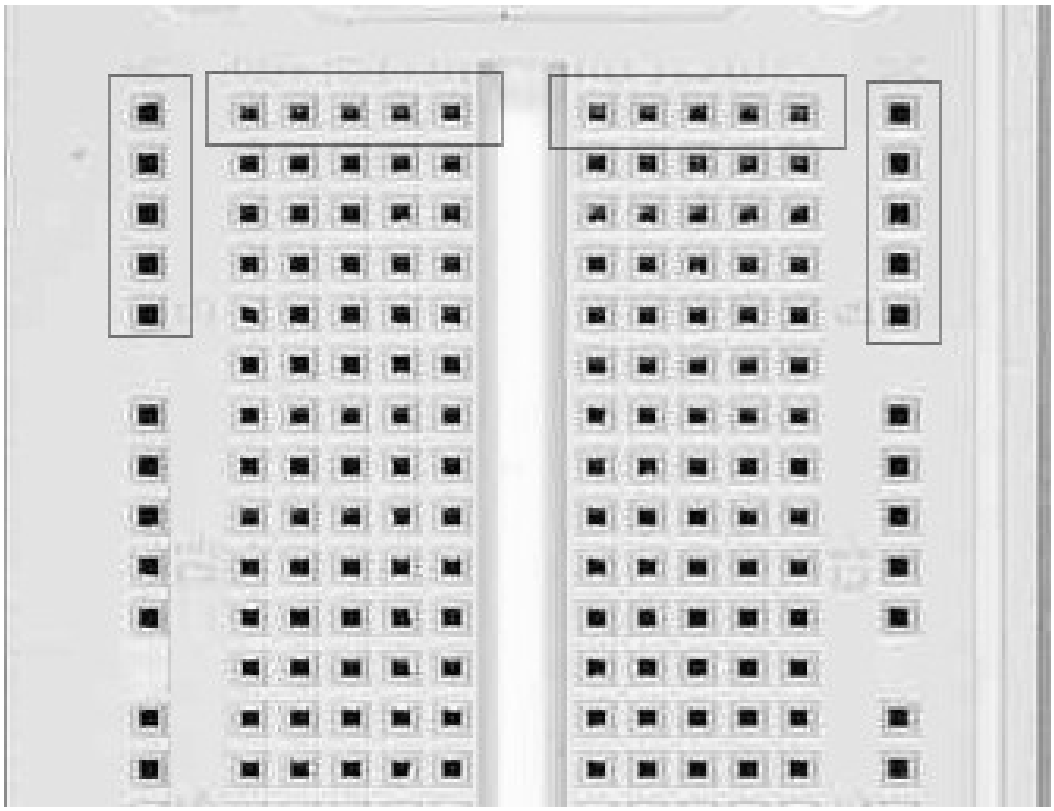
Das Steckbrett

Immer 5 Löcher sind leitend miteinander verbunden:



ACHTUNG: Bei den kleinen Steckbrettern sind alle senkrechten Anschlüsse (links bzw. rechts) jeweils miteinander verbunden!

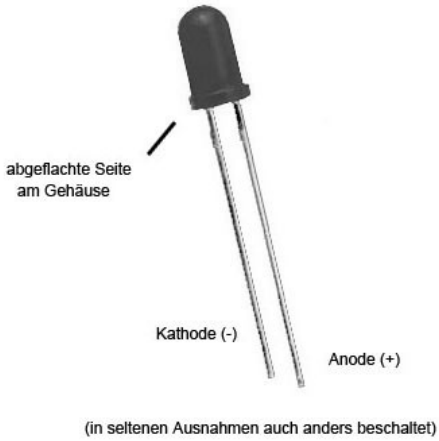
Die senkrechten Lochreihen kann man beispielsweise für PLUS oder MINUS der Batterie verwenden. Das ist aber nicht zwingend vorgeschrieben.

Dipl.-Ing. Niels Nikolaisen, Hochschule Wismar, Tel. 03841 / 753 7 510, Mail: niels.nikolaisen@hs-wismar.de

Leuchdioden (LED)

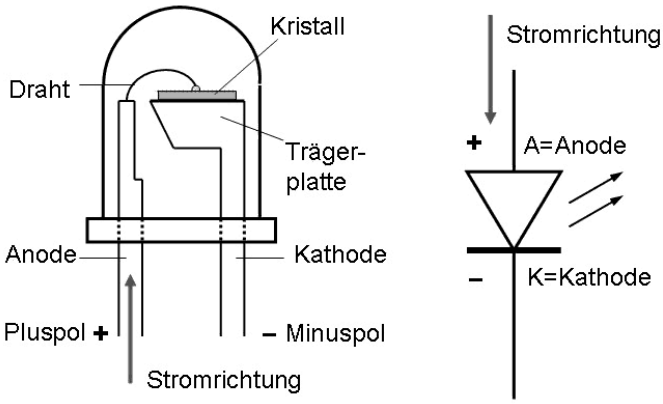
LED heißt „Light Emitting Diode“

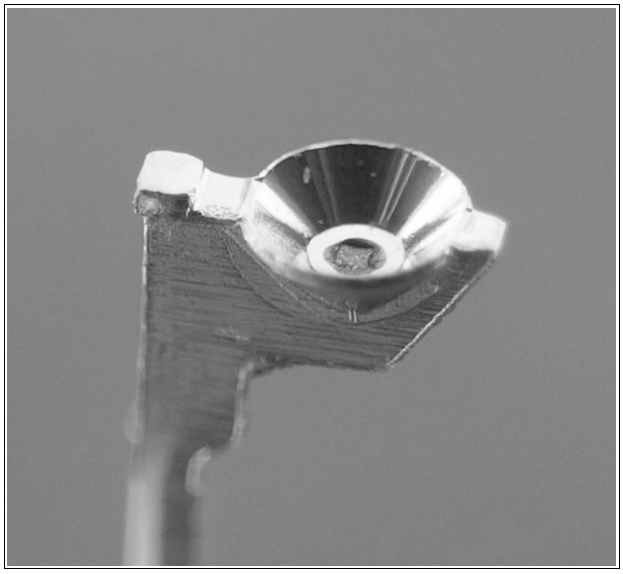
Die LED hat zwei Anschlüsse.
Ein Anschluss ist etwas länger als der andere.
Das längere Bein heißt Anode und das kürzere Kathode.
Die Anode ist sozusagen der PLUS-Anschluss und die Kathode der Minus-Anschluss.

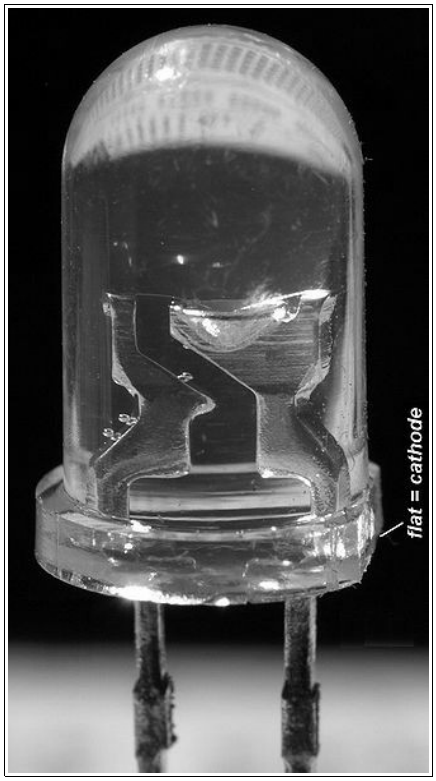


Das Innere der LED besteht aus einem winzigen Kristall, der in einen kleinen Reflektor auf dem Kathoden-Anschluss eingebettet ist.

Der Kristall besteht aus einer Kombination zweier Halbleiter-Materialien wie z. B. GaAs, InP, InGaAsP.



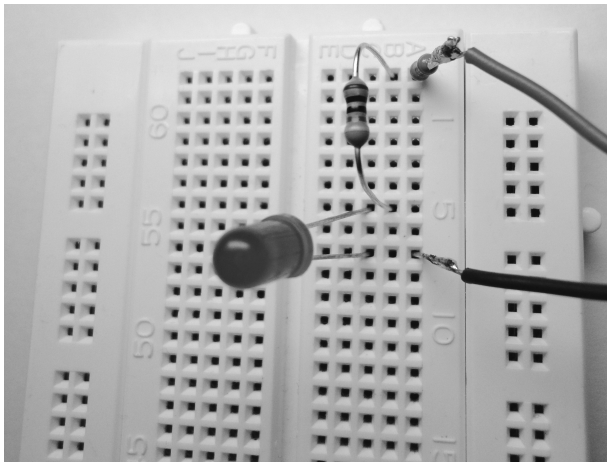


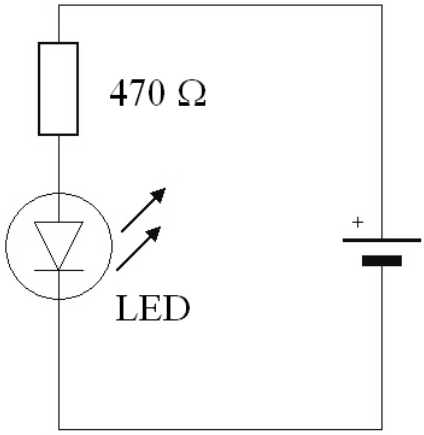


Bildquellen:
http://www.led-shop.com
www.fremo-hemsbach.de
www.wikipedia.de

Dipl.-Ing. Niels Nikolaisen, Hochschule Wismar, Tel. 03841 / 753 7 510, Mail: niels.nikolaisen@hs-wismar.de

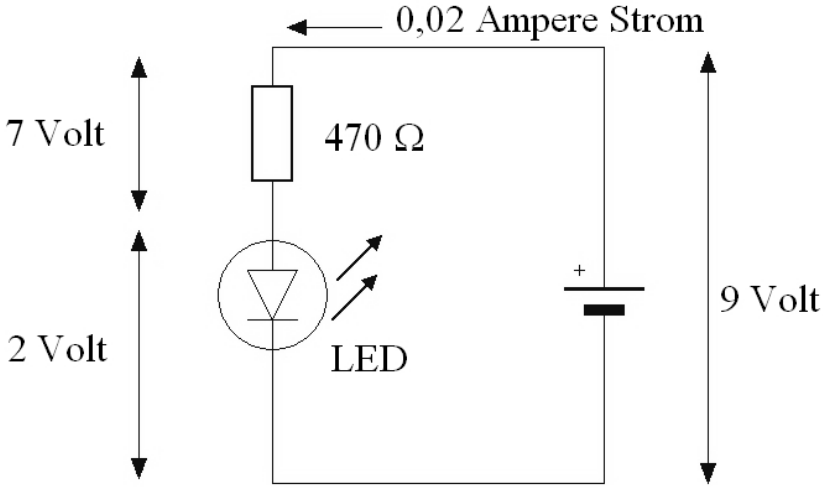
LED-Grundschaltung





Der Vorwiderstand (470 Ohm) darf niemals weggelassen werden, da die LED sonst „verbrennt“!

Berechnung des Vorwiderstands



R (Widerstand) = U (Spannung) / I (Strom)

R = 7 Volt / 0,02 Ampere = 350 V/A = 350 Ω

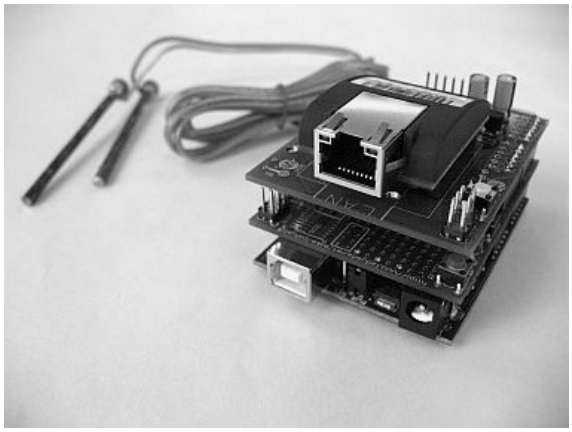
Wir nehmen zur Sicherheit 470 Ω.

Achtung: Es gibt LED mit 0,002 bis 0,1 Ampere und Spannungen von 1,5 bis 3 Volt. Das steht im Datenblatt der LEDs (siehe Google).

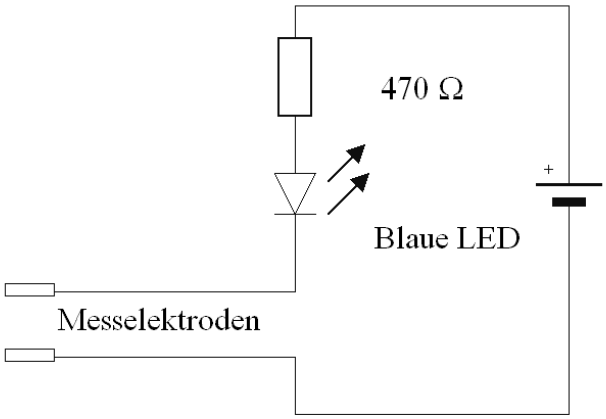
Feuchte-Sensoren und Pflanzenwächter

Mit einer LED und einer Batterie kann man ja noch nicht so viel „anstellen“. Interessant wird es erst, wenn uns die LED beispielsweise anzeigen kann, ob unsere Pflanzen genügend Wasser haben.

Übrigens:
Studenten der New York University haben ein technisches Hilfsmittel für Hobbygärtner ohne grünen Daumen entwickelt: Bei Wassermangel im Blumentopf wird eine Twitter-Nachricht gesendet, um so den Besitzer zu alarmieren. Links im Bild sieht man die beiden Elektroden, die in die Erde des Blumentopfes gesteckt werden.



Ganz so weit wollen wir es heute nicht treiben!



Uns reicht eine einfache LED... Wir müssen die Schaltung der LED-Grundschaltung nur leicht modifizieren. Zwei längere, grüne Drähte dienen uns als „Messelektroden“.

Testen kann man erst einmal durch gleichzeitiges Berühren beider Drahtenden.

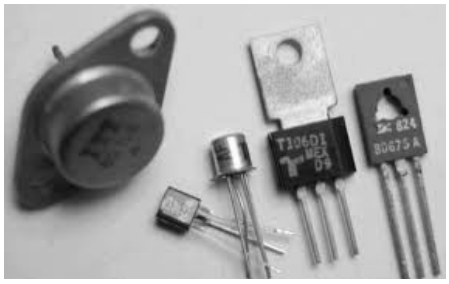
Was passiert? Leuchtet die LED? Warum geht es auch mit den Händen?

Übrigens: 9 Volt von der Batterie sind völlig ungefährlich!

Niemals mit der Steckdose experimentieren! 230 Volt sind lebensgefährlich!

Der Effekt des Feuchte-Sensors ist schwach und wir brauchen einen **Transistor**!

Transistoren sind Verstärker-Bauelemente



Funktionsprinzip des Transistors

Grob gesagt steuert ein kleiner Strom einen großen Strom – das nennt man Verstärkung. Unsere kleinen Transistoren BC 546 /548 haben eine Verstärkung von etwa 150- bzw. 300-fach.

Auszug aus dem Buch „Der leichte Einstieg in die Elektronik“:

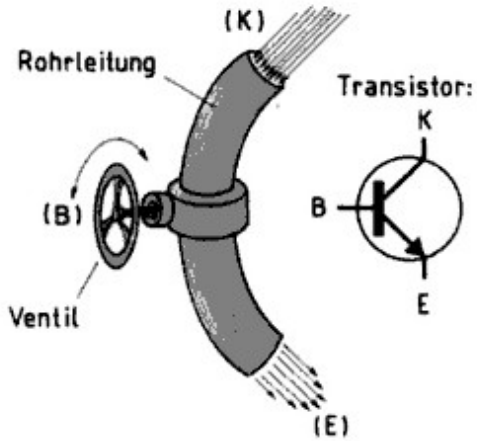
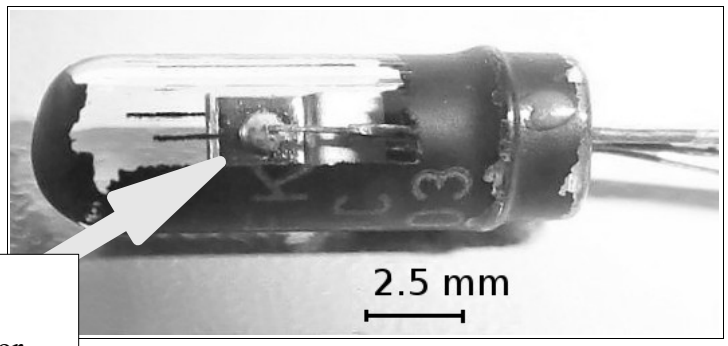
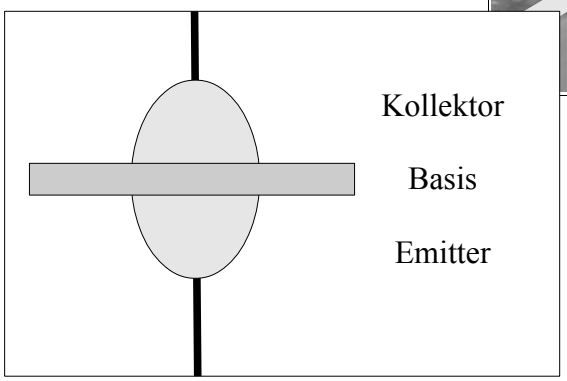


Abb. 1.54: Funktionsprinzip eines Transistors: Der Strom fließt in einem solchen Transistor vom Kollektor K zum Emitter E (von oben nach unten) ähnlich, wie das Wasser in der Rohrleitung. Die Basis B des rechts eingezeichneten Transistors hat eine ähnliche Funktion, wie das Ventil an der Rohrleitung: Sie kann den Stromdurchfluss am Transistor regeln bzw. ganz schließen. Bemerkung: Das Schaltzeichen des Transistors wird manchmal ohne den Kreis gezeichnet.

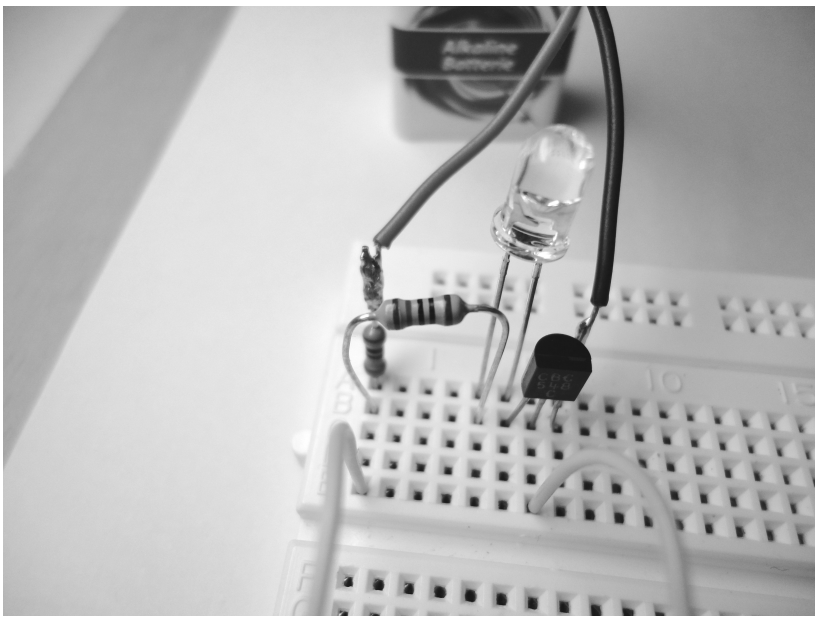
Die Anschlüsse heißen:
B - Basis
E – Emitter
K oder C - Kollektor





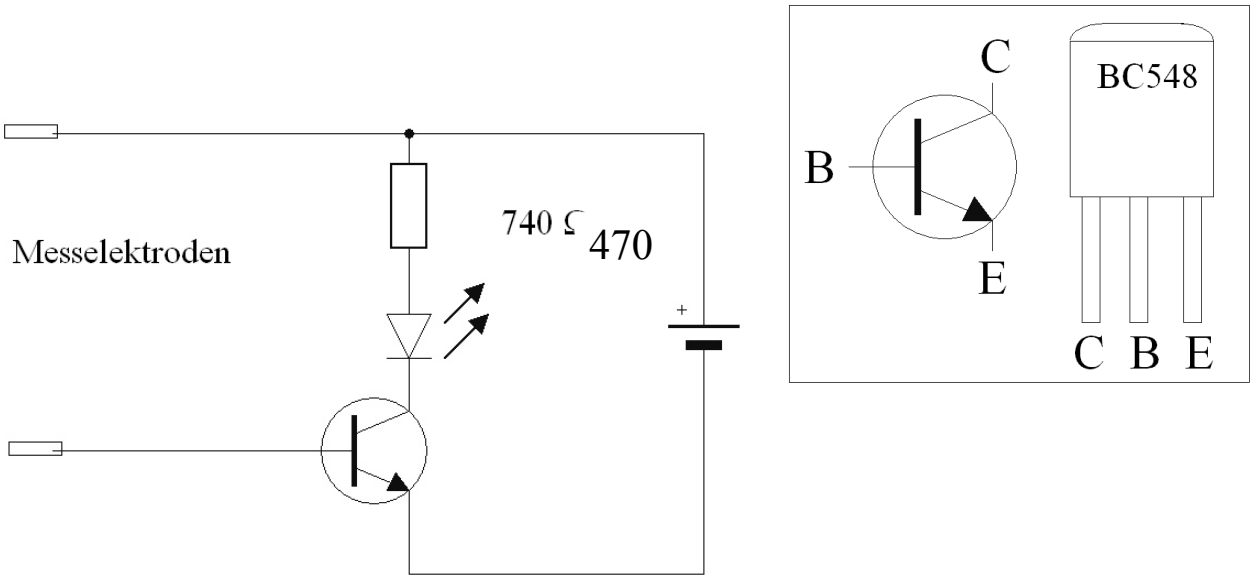
Die ersten industriell hergestellten Transistoren (ca. ab 1950) bestanden aus einem dünnen Kristallplättchen (Basis), auf das weitere Kristalle aufgebracht wurden. Das ist im Bild ganz gut zu sehen. (Bildquelle Wikipedia)

So sieht nun unsere Feuchte-Sensor-Schaltung aus:



Der Transistor muss „richtig herum“ gesteckt werden!

Das ist das Schaltbild der Anordnung:

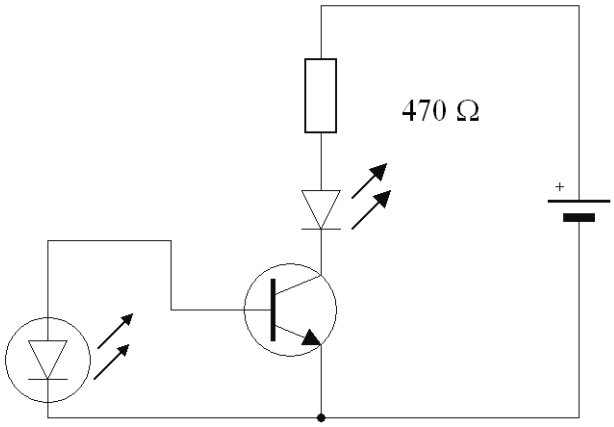


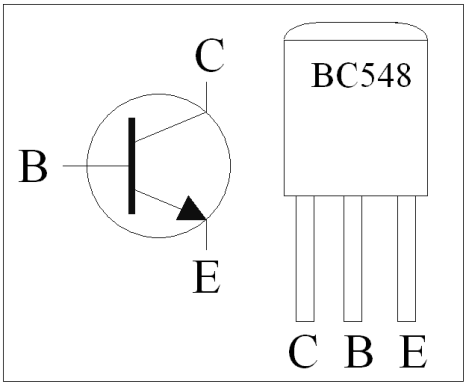
Versuch:
Zuerst mit trockenen Händen die Elektroden anfassen und die LED beobachten.
Dann mit feuchten Händen...

Die LED als Fotoelement

Die LED kann nicht nur leuchten!
Bei Beleuchtung mit einer starken Lichtquelle gibt manche LED eine gut messbare Spannung ab.
In unserem Beispiel bringt eine grüne LED (je nach Lichtstärke) eine Spannung bis zu 1,1 V (Volt).
Versucht es ruhig einmal mit verschiedenen LED (weiß, blau, rot)!

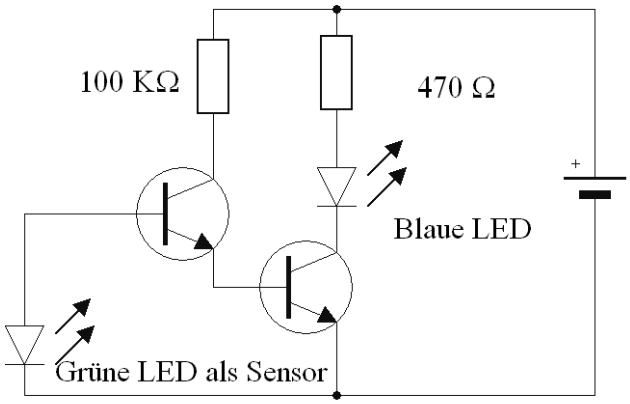
Wir nutzen diesen Effekt und bauen eine Art Lichtschranke



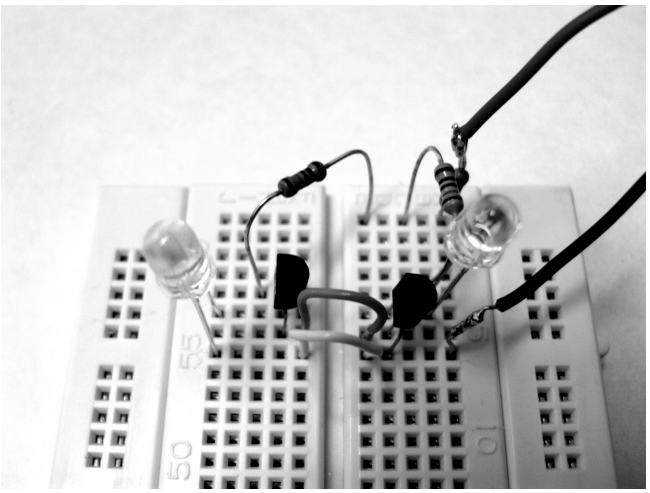


Na, reicht die Verstärkung dieses einen Transistors aus?

Ich denke, wir sollten es mit einem zusätzlichen Transistor versuchen...
Der einzelne Transistor hat eine Verstärkung von ca. 400 bis 500.
Bei zwei Transistoren multiplizieren sich die Verstärkungen.
So haben 2 Transistoren dann eine Verstärkung von:
400 * 400 = 160 000
Das wiederum ist für unsere Lichtschranke zu viel. Deshalb bauen wir eine „Strombremse“ - einen Widerstand 100



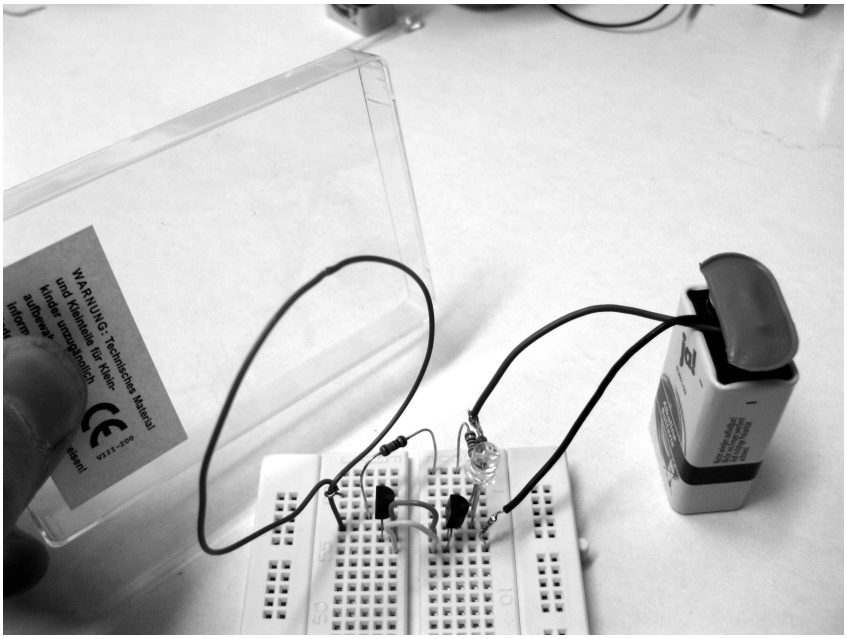
Kiloohm– ein.
Dieser Widerstand begrenzt den fließenden Strom und reduziert damit die resultierende Gesamtverstärkung beider Transistoren.
Als Sensor (links) verwenden wir eine grüne LED. Rechts – zur Anzeige – verwenden wir wieder eine blaue LED. Probiert einmal alle LEDs als Sensor durch: Gelb, rot, blau, weiß...



Bereits bei Tageslicht oder einem eingeschalteten Deckenlicht leuchtet die blaue LED (rechts) und signalisiert, dass die linke LED (die hier als Sensor arbeitet) beleuchtet wird und „Strom erzeugt“. Decken wir die linke LED mit der Hand ab, so erlischt die rechte (vorher blau leuchtende) LED.

Unsere Verstärkerschaltung als Ladungssensor

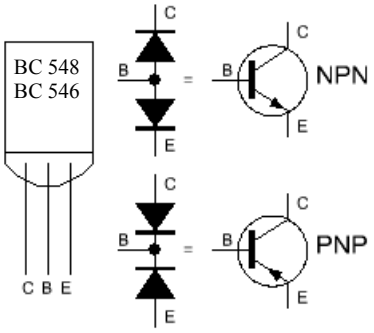
Jetzt entfernen wir die linke LED und stecken am Mittelanschluss (Basis) des linken Transistors eine Art Antenne hinein, also eine Drahtschleife. Wir nehmen nun eine alte CD oder einen transparenten Plastikdeckel und laden ihn auf.
Wie das geht? Ganz einfach: Wir reiben den Gegenstand an den Haaren.
Wenn wir den Gegenstand der Antenne nähern oder wieder entfernen, dann beginnt die blaue LED (rechts) heftig zu leuchten. Unsere Schaltung mit der Antenne ist nun nämlich eine Ladungssensor-Schaltung.
Falls die LED bei **Annäherung** des Gegenstandes aufleuchtet, so ist dieser Gegenstand positiv aufgeladen. An seiner Oberfläche fehlen Elektronen. Falls die LED bei **Entfernung** des Gegenstandes aufleuchtet, so ist dieser Gegenstand negativ aufgeladen und hat an seiner Oberfläche einen Überschuss an Elektronen.



Je nach Aufladung des Gegenstandes wirkt der Elektronenüberschuss (oder Elektronenmangel) auf die freien Elektronen in der Antenne.
Einmal werden die Elektronen der Antenne angezogen (positive Ladung des Gegenstandes und Annäherung an die Antenne) und in der Sperrschicht des Transistors werden einige Löcher frei, so dass der Transistor zwischen Emitter und Kollektor leitfähig wird. Die LED leuchtet (aber nur bei Bewegung). Die Ladung auf dem Gegenstand selbst ist statisch – also fest und unveränderlich.
Warum ist es aber bei negativ geladenem Gegenstand umgekehrt?
Das kann man sich so erklären: Bei Annäherung schiebt die negative Ladung des Gegenstandes die freien Elektronen der Antenne in Richtung der Sperrschicht des Transistors. Diese Sperrschicht „verstopft“ und lässt keinen Strom durch. Die LED leuchtet **nicht**. Entfernt man den Gegenstand nun, so „schwappen“ die freien Elektronen wieder in die Antenne zurück und „reißen Löcher“ in die Sperrschicht des Transistors. Die LED leuchtet.
Beide Effekte sind aber an Bewegung gebunden, da die Aufladung des Gegenstandes eine statische ist.

Nun müssen wir uns noch einmal genauer mit dem Transistor beschäftigen:

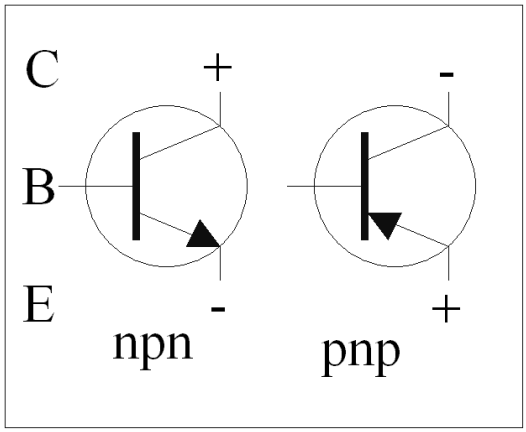
Die Grafik zeigt Anschlussbelegung, Ersatzschaltbild und Schaltbild.



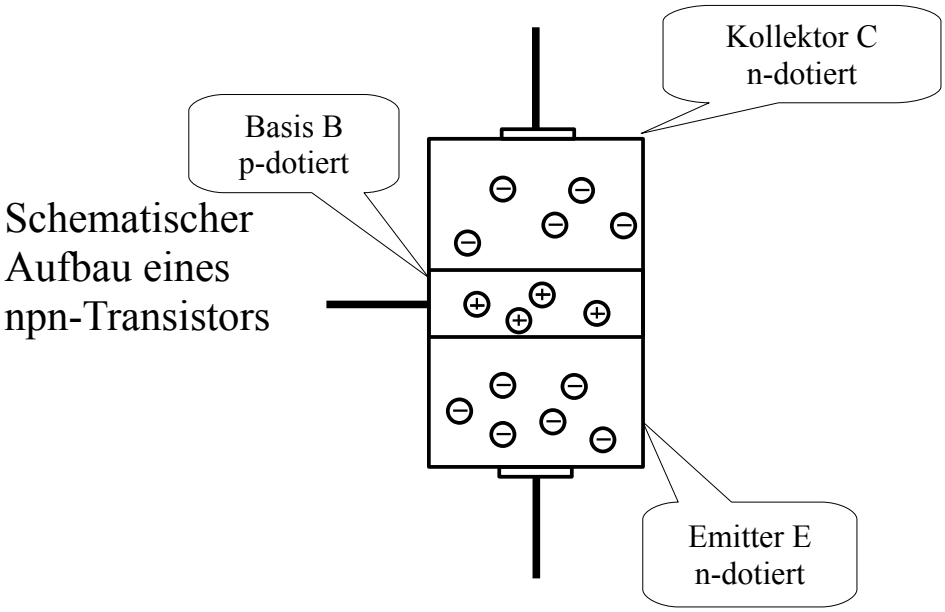
Es gibt npn- und pnp-Transistoren. Die Pfeilrichtung zeigt uns an, in welche Richtung der Stromfluss (von PLUS nach MINUS gerechnet – technische Stromrichtung) verläuft.
Das heißt also, dass beim npn-Transistor der Emitter „E“ immer „am Minuspol hängt“ oder zumindest „mehr an Minus liegt“ als der Kollektor „C“.

E = Emitter (emittieren = aussenden von Elektronen)
B = Basis
C (K) = Kollektor (kollektieren = einsammeln von Elektronen)

Diese Bezeichnungen kommen aus den 50er Jahren, als der pnp-Transistor erfunden wurde. Die Begrifflichkeit stimmt aber nur dann , wenn man die sog. „technische Stromrichtung“ zu Grunde legt. Dann fließt der Strom beim pnp-Transistor vom Emitter in Pfeilrichtung zum Kollektor.
Am Emitter liegt hier also der Pluspol der Batterie.



Bei den heute häufiger eingesetzten npn-Transistoren liegt der Emitter (meist) am Minuspol.



Was ist statische Aufladung bzw. statische Elektrizität?

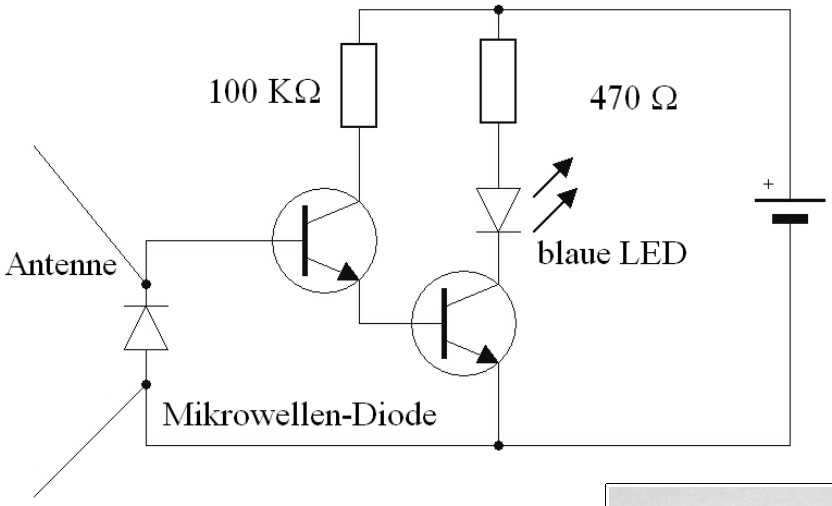
Die meisten Leute kennen doch die folgende Situation:
Bei der Begrüßung mit Handschlag (besonders an kalten, trockenen Wintertagen) springt ein Funke über. Auch beim Ausziehen des Pullovers kann man oft kleine Blitze beobachten. Die entstandene Aufladung heißt statische Aufladung, da sie sich sehr lange halten kann und erst einmal kein Strom fließt. Erst wenn die aufgeladene Person eine Türklinke anfasst oder einer anderen Person die Hand gibt, kommt es zu Ladungsausgleich und Stromfluss. Diese Entladung ist für eine der beiden Personen manchmal etwas schmerzhaft (aber ungefährlich).
Allerdings: Nur Nichtleiter bzw. Isolatoren können sich statisch aufladen.
Wir Menschen sind aber eigentlich relativ gut leitfähig. Wieso können wir uns dann überhaupt aufladen?
Es liegt meist an den Schuhen: Gummisohlen sind der perfekte Isolator. Eine einmal aufgenommene Ladung kann sich daher sehr lange am Körper oder der Kleidung halten.

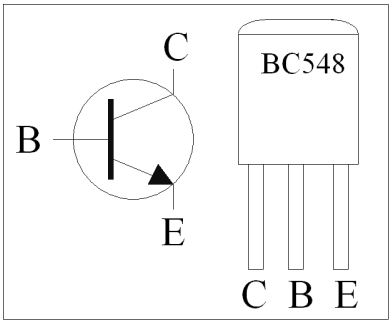
Zwei Beispiele für Aufladungs-Quellen:

Viele Stühle haben Bezüge aus synthetischen Textilien. Oft sind gerade Metallstühle an den Stuhlbeinen mit Gummikappen versehen. Sobald ich selbst Schuhe mit Gummisohlen trage und mich von solch einem Stuhl erhebe, kann eine Ladungstrennung stattfinden. Erst an der nächsten metallischen Türklinke „springt der Funke über“.
Auch unser Auto kann sich während der Fahrt aufladen – durch die Reibung der Gummireifen auf der asphaltierten Straße (Straße und Reifen sind Nichtleiter).
Beim Aussteigen passiert erst einmal nichts. Sobald ich aber draußen stehe und die Tür berühre „bekomme ich einen gewischt“. Das tut weh!

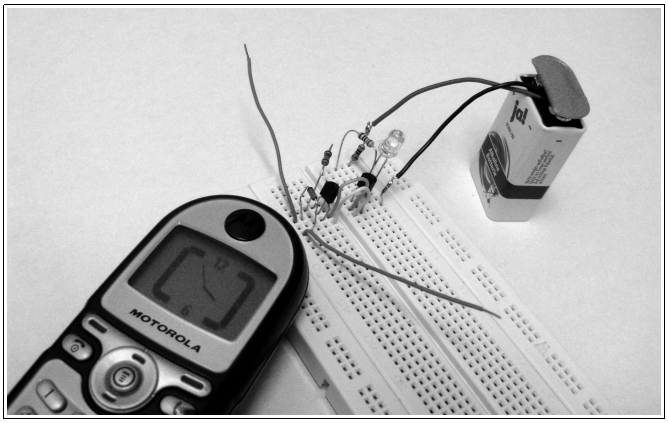
Jetzt kommen wir zu einem ganz anderen Thema:
Handy-Strahlen „erkennen“ und Mikrowellenherde testen

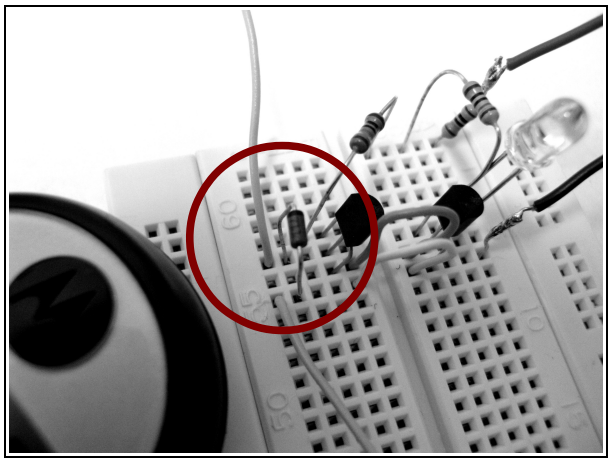
Die Schaltung ist fast die Gleiche wie beim Ladungssensor:





Allerdings verwenden wir statt der runden Antenne zwei gerade Drähte und setzen dazwischen eine Mikrowellen-Diode mit der Aufschrift „BAT41“.
Der Strich stimmt mit dem Strich im Schaltbild überein! Also bitte die Polarität beachten – genauso wie bei der LED.





Sobald das Handy ein- oder ausgeschaltet wird leuchtet die LED. Das bedeutet, dass das Handy sendet. Dies macht es nämlich sowohl beim Telefonieren als auch beim Ein- und Ausschalten.

Nach dem Einschalten leuchtet die LED an stärksten. Das ist auch ganz logisch, da das Handy zu Beginn mit 100 % Leistung sendet, um den Funkturm zu finden. Nach dem Einchecken am Funkturm regelt das Handy die Leistung so weit herunter, dass immer noch eine gute Übertragungsqualität gewährleistet ist. Deshalb leuchtet die blaue LED bei normalen Handy-Gesprächen nicht, da unser Mikrowellen-Sensor nicht empfindlich genug dafür ist.
Es handelt sich in unserer Schaltung übrigens um eine sogenannte Schottky-Diode (z.B. BAT41). Diese Dioden sind besonders schnell – und das müssen sie in diesem Fall auch sein.
Denn Mikrowellen sind Schwingungen, die sehr schnell wechseln:
Die Wechselfrequenz (Schwingungen pro Sekunde) beim Handy-D-Netz (GSM) beträgt z.B. etwa 900 000 000 – man sagt hier zweckmäßigerweise 900 Mega-Hertz (Mhz) oder 0,9 Giga-Hertz (Ghz). Ab 1 Ghz spricht man übrigens allgemein von Mikrowellen. Das bedeutet aber nicht, dass sich bei der Marke von 1 Ghz die Eigenschaften der Wellen schlagartig ändern. Der Übergang von den „Rundfunk“-Frequenzen zu den Mikrowellen ist ein allmählicher. Bei steigender Frequenz nehmen die quasioptischen Eigenschaften zu. Das heißt, dass sich Mikrowellen so ähnlich wie Licht verhalten.

Daher gilt:

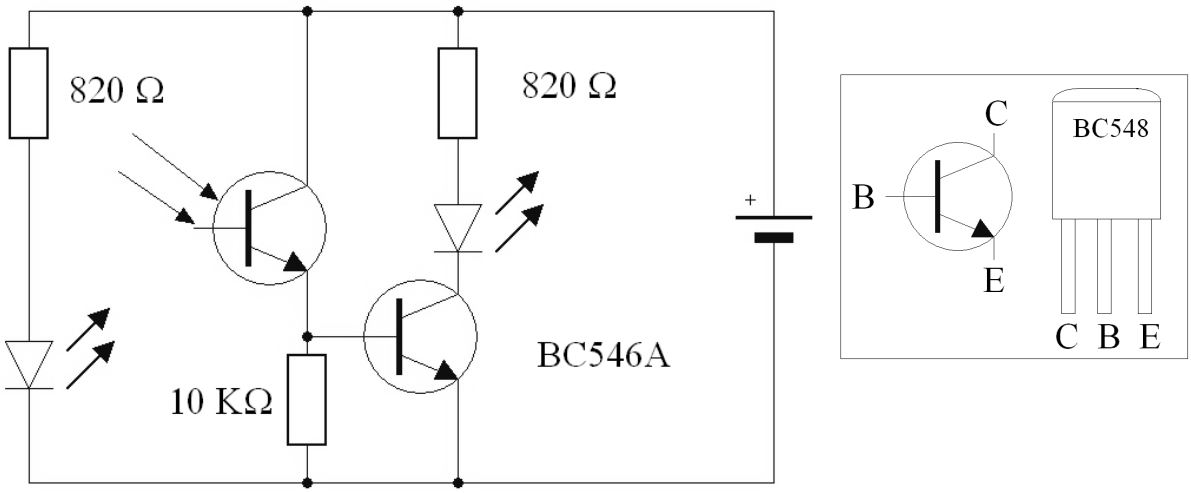
- ein Sichtkontakt zum Funkturm ist beim Telefonieren wünschenswert, da die Durchdringungsfähigkeit der Wellen geringer ist als bei Rundfunk-Frequenzen (Telefonieren im 2. Tiefgeschoss ist daher meist schwierig, sofern nicht im Gebäude selbst Sende-Antennen vorhanden sind)
- Bestrahlung führt mit steigender Frequenz und Leistung zunehmend zur Erwärmung (da mit steigender Frequenz auch der Energiegehalt der Wellen steigt)

Diese letzte Eigenschaft macht man sich beim Mikrowellen-Herd zunutze. Die Frequenz der Mikrowellen-Herde in Europa ist mit 2,455 Ghz festgelegt worden. Diese Frequenz ist vermutlich nicht das Optimum für die Erwärmung von Speisen (die immer wasserhaltig sind), da die erste Eigenfrequenz des Wassers offenbar bei 22 Ghz liegt. Das Wasser hat einen sogenannten Dipolcharakter und beginnt unter dem Einfluss der Mikrowellen zu schwingen und erwärmt sich dabei. Man nennt dies „Dielektrische Erwärmung“.
Wer es genauer wissen möchte, kann bei Wikipedia einmal nach dem Stichwort „Mikrowellenherd“ suchen...

Übrigens: Testet doch einmal den Mikrowellenherd zu Hause auf „Dichtheit“!
Unsere Sensorschaltung kann auch Mikrowellen-Leck-Strahlungen anzeigen. Falls die LED während des Betriebs des Mikrowellenherdes stark leuchtet, so sollte sich der Service das Gerät lieber einmal ansehen... denn Mikrowellenstrahlung kann gesundheitsschädlich sein.

Daher gilt auch: Nicht stundenlang mit dem Handy telefonieren! Das Handyfonieren führt zu einer (wenn auch geringen) Erwärmung des Ohrs und des Gehirns... so besonders gesund kann das nicht sein...

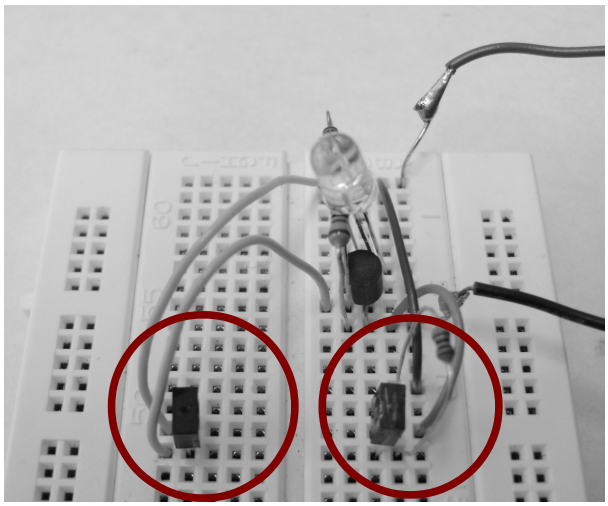
Jetzt wollen wir uns aber wieder mit Licht beschäftigen – und zwar mit „unsichtbarem Licht“: **Infrarot-Strahlung** (kurz IR-Strahlung)



K153P IR-Diode + IR-Fototransistor

Links die blaue IR-Diode und rechts der schwarze IR-Foto-Transistor...

Wenn man eine Lichtschranke bauen möchte, die unabhängig vom Umgebungslicht funktionieren soll, so verwendet man dafür Fotodioden, die IR-Licht aussenden und Fototransistoren, die IR-Licht empfangen können.
Solange das IR-Licht von der IR-Diode auf den IR-Fototransistor fällt leuchtet die blaue LED. Sobald ein Notizzettel (oder besser ein dunkler Gegenstand) dazwischen gehalten wird erlischt die LED.
Das hängt damit zusammen, dass der IR-Fototransistor den Strom nur dann „durchlässt“, wenn er mit IR-Licht bestrahlt wird. Mit einem Multimeter kann man die Veränderung des Widerstandes messen (Messbereich 20 oder 200 Kiloohm).



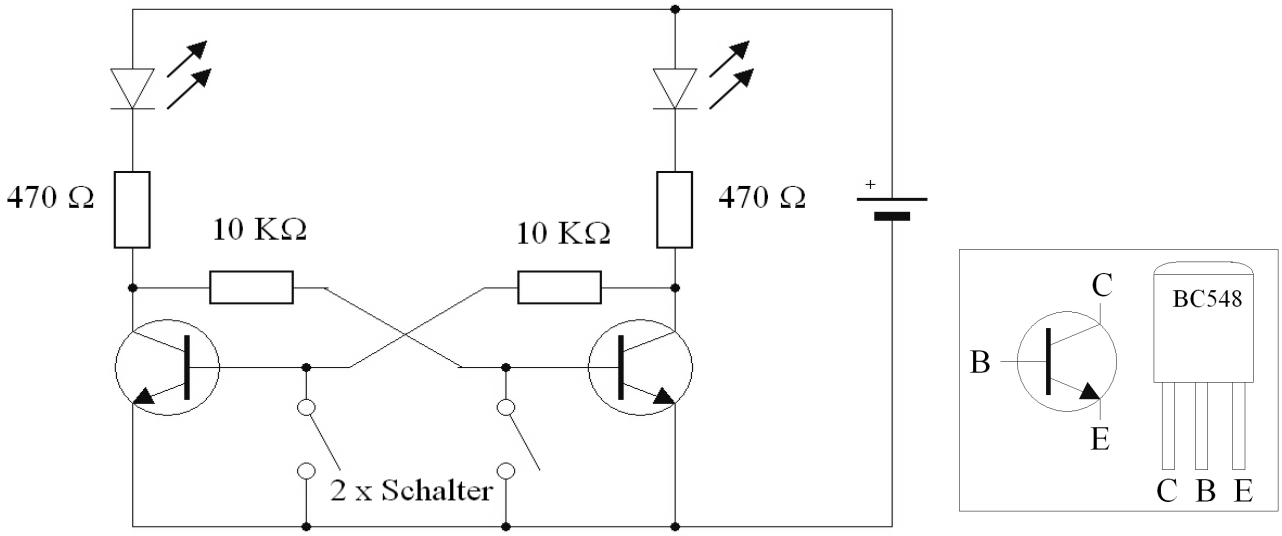
Die Infrarot-Fernbedienung beim Fernseher, der Stereo-Anlage oder dem DVD-Player funktioniert ähnlich – allerdings wird dort das IR-Licht noch zusätzlich pulsmoduliert, um verschiedene Befehle übertragen zu können.

Auf der Folgeseite ist eine Darstellung des elektromagnetischen Spektrums zu sehen. Dort ist zu erkennen, dass es oberhalb des sichtbaren Lichtes das UV-Licht (Solarium) gibt und unterhalb das Infrarot-“Licht“. Streng genommen ist Infrarot-Strahlung eigentlich Wärmestrahlung.
Wärmebildkameras nehmen z.B. genau diesen Bereich auf, um sogenannte Wärmebrücken bei Gebäuden zu finden (an denen Wärme aus dem Gebäude entweicht).

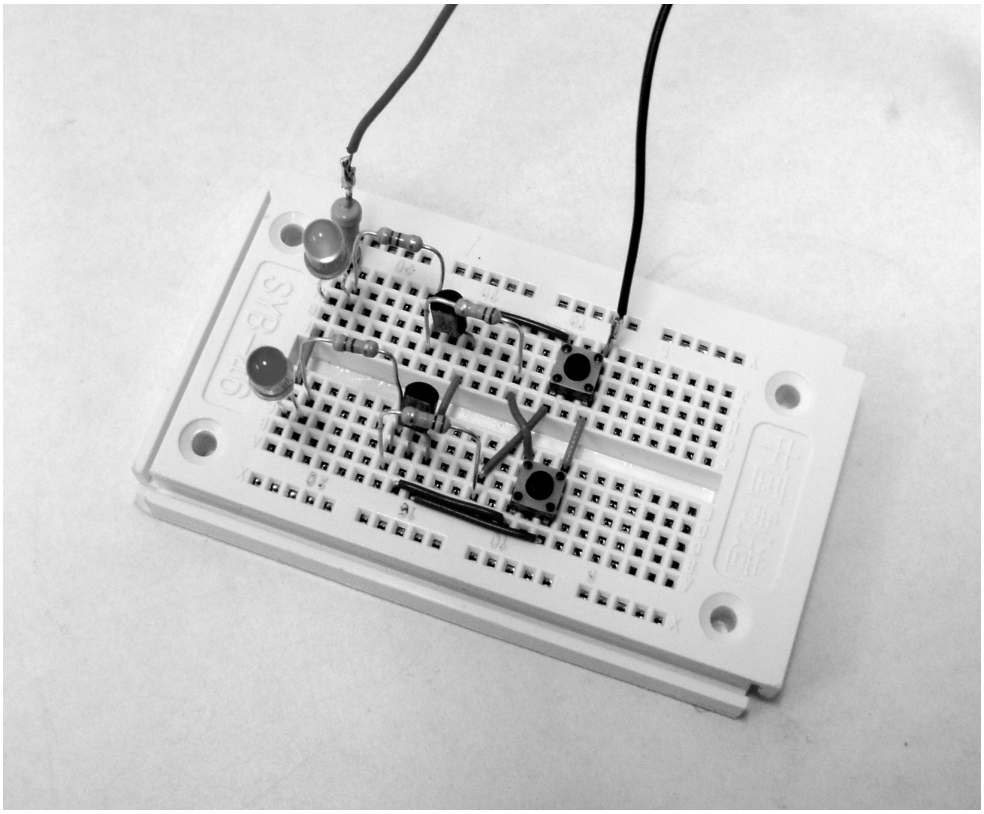
Das elektromagnetische Spektrum (Quelle: Wikipedia)

Das für den Menschen sichtbare Spektrum (Licht)
Ultraviolett
Infrarot
400 nm
450 nm
500 nm
550 nm
600 nm
650 nm
700 nm
Quelle/ Anwendung/ Vorkommen
Höhen-strahlung
Gamma-strahlung
harte- mittlere- weiche-
Röntgenstrahlung
Ultraviolett-strahlung
UV-C/B/A
Infrarot-strahlung
Terahertz-strahlung
Radar
MW-Herd
UHF
VHF
UKW
Kurzwelle
Mittelwelle
Langwelle
Mikrowellen
Rundfunk
hoch- mittel-nieder-frequente Wechselströme
Wellenlänge in m
1 fm
1 pm
1 Å
1 nm
1 µm
1 mm
1 cm
1 m
1 km
1 Mm
Frequenz in Hz (Hertz)
1 Zettahertz
1 Exahertz
1 Petahertz
1 Terahertz
1 Gigahertz
1 Megahertz
1 Kilohertz

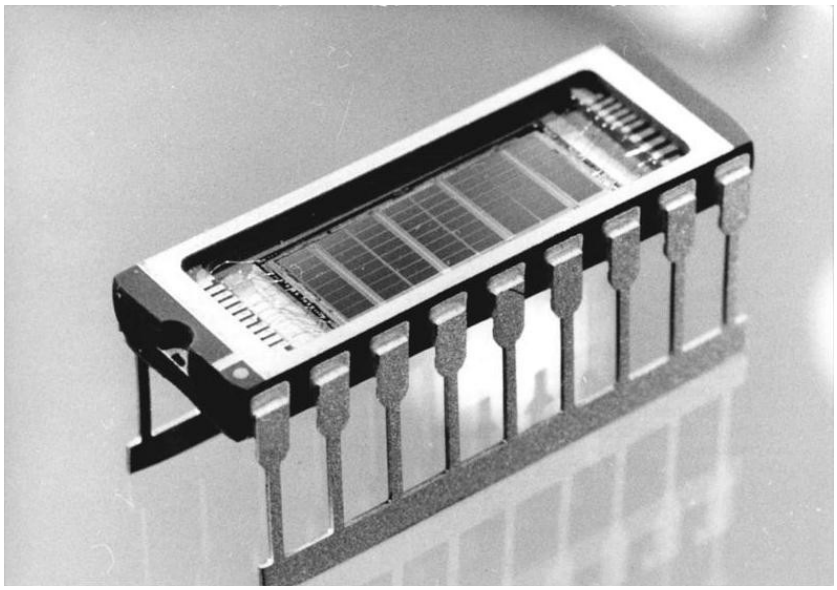
Multivibratoren (wörtlich: Vielschwinger)



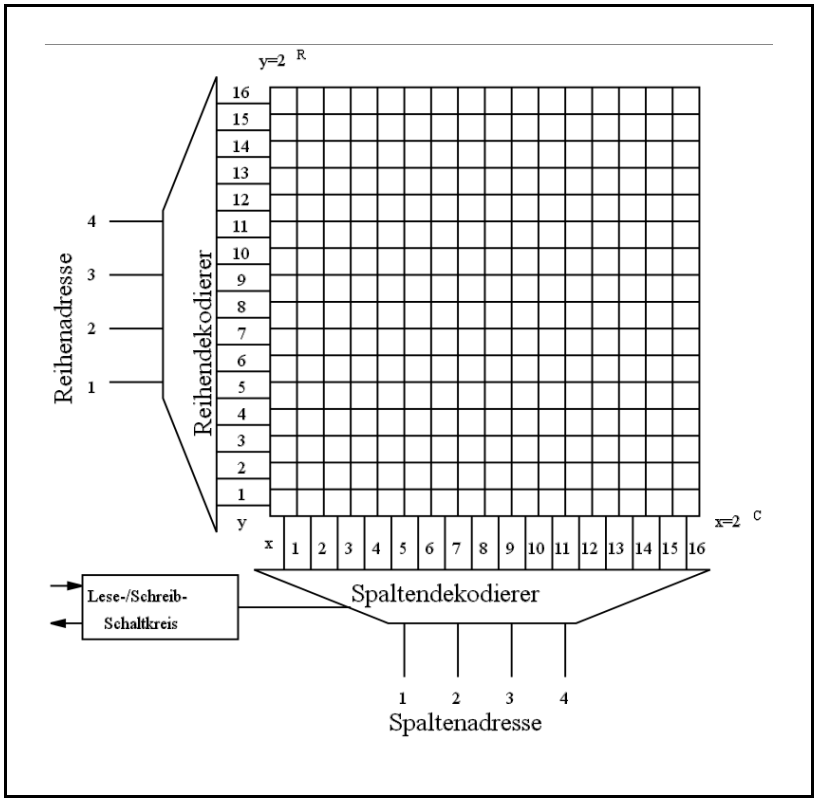
Wir fangen mit dem „Bistabilen Multivibrator“ an, da seine Funktion relativ einfach zu erklären ist:
Hier ein Aufbauvorschlag mit reichlich Drahtbrücken – das verbessert die Übersichtlichkeit:



Der Bistabile Multivibrator hat zwei stabile Zustände. Damit ist er die kleinste digitale Speicherzelle. Früher waren alle Computer-RAMs genau nach diesem Prinzip aufgebaut – allerdings mit sehr vielen gleichartigen Speicherzellen auf einem Chip:



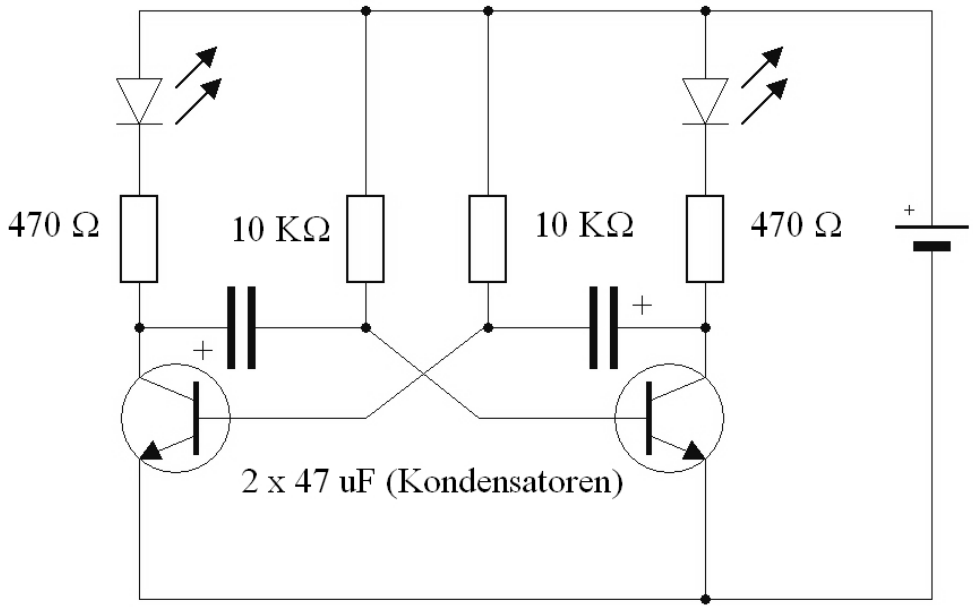
1-Megabit-Chip U61000D aus DDR-Produktion Quelle: Wikipedia / Bundesarchiv

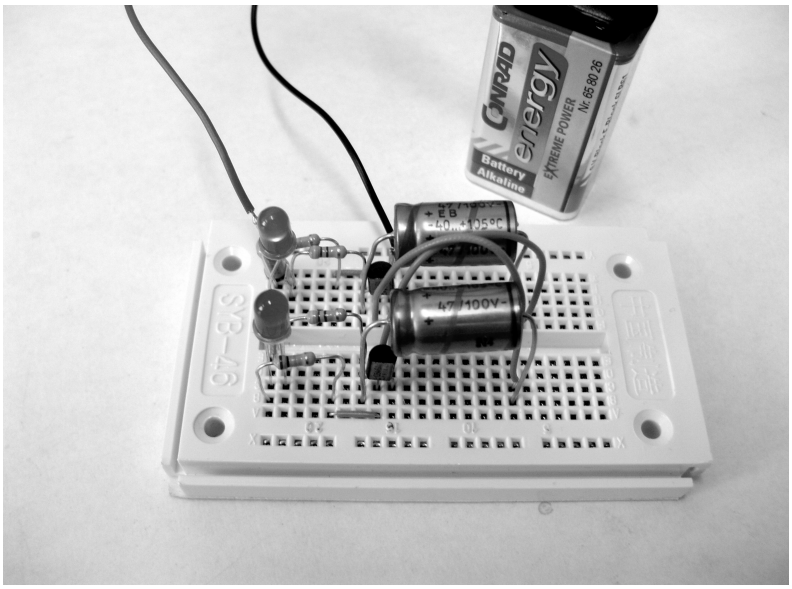


Hier sieht man, wie die einzelnen Speicherzellen in Reihen und Spalten angeordnet sind.
Eine Adressier-Einheit (hier als Lese/Schreib-Schaltkreis bezeichnet) sorgt dafür, dass die Speicherzellen einzeln angesprochen werden können.

Quelle: Wikipedia / Patrick-Emil Zörner

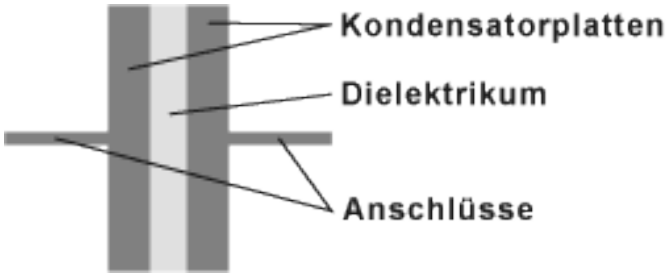
Nun wollen wir die Schaltung zu einem Wechselblinker umbauen:
Die beiden Bauteile mit dem Pluszeichen heißen Elektrolyt-Kondensatoren. Wir nehmen Kondensatoren mit 47 uF (Mikro-Farad). Zu Beginn lassen wir die Widerstände mit 10 KOhm erst einmal weg!
Diese Schaltung blinkt ein paar Mal ganz langsam und hört allmählich damit auf. Dreht die Kondensatoren einfach mal um und probiert es nun nochmals aus!
Ergebnis: Es blinkt ganz langsam – aber stetig.
Wenn wir die Blinkfrequenz erhöhen wollen, so müssen wir noch zwei Widerstände einfügen. Außerdem sollen die Kondensatoren nun wieder mit ihren Plus-Anschlüssen am Kollektor des jeweiligen Transistors liegen!





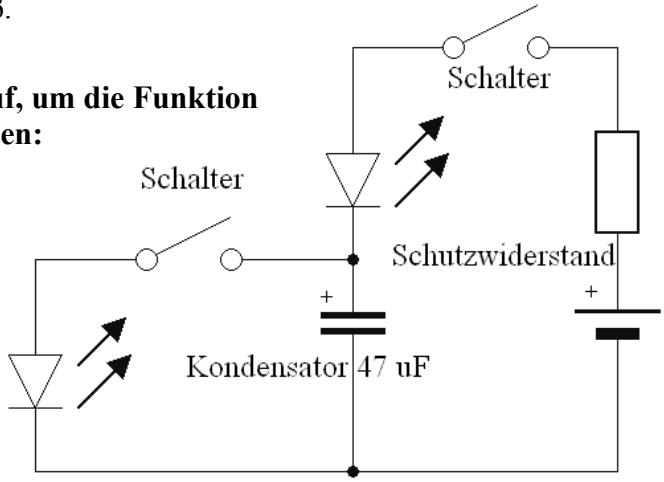
Der Kondensator – ein kleiner Akkumulator?

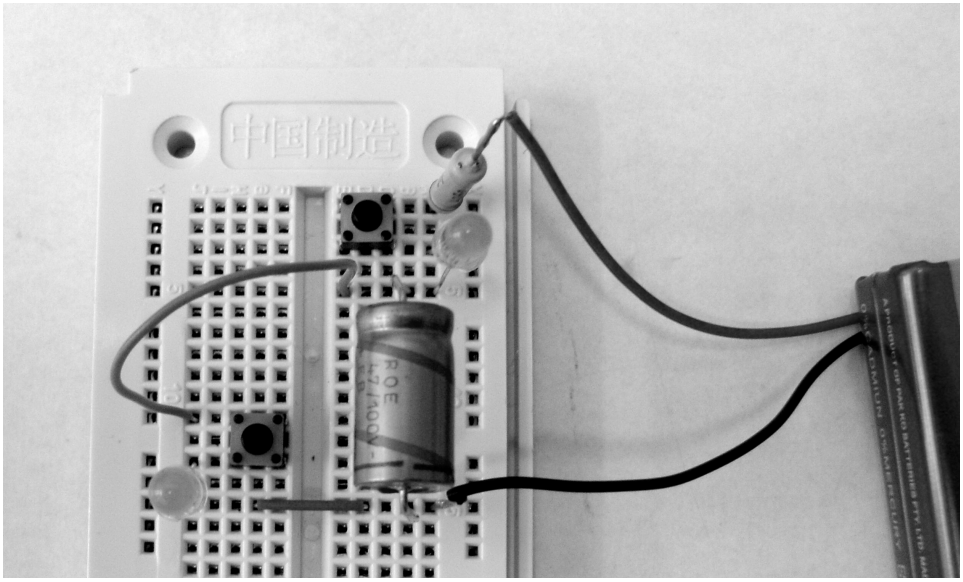
Grundsätzlich kann man sagen, dass ein Kondensator – ähnlich wie ein Akkumulator – eine gewisse Ladungsmenge speichern kann. Allerdings speichert der Akku mit Hilfe von chemischen Reaktionen und ist daher „ziemlich langsam“.



Die einfachste Form eines Kondensators besteht aus zwei gegenüberliegenden Metallplatten. Dazwischen befindet sich ein Dielektrikum, welches keine elektrische Verbindung zwischen den Metallplatten zulässt. Das Dielektrikum ist als Isolator zu verstehen.
Legt man an einen Kondensator eine Spannung an, so entsteht zwischen den beiden metallischen Platten ein elektrisches Feld. Eine Platte nimmt positive, die andere Platte negative Ladungsträger auf. Die Verteilung der Ladungsträger ist auf beiden Seiten gleich groß.

Wir bauen einen kleinen Prinzip-Versuch auf, um die Funktion eines Kondensator besser verstehen zu können:





Wenn alles fertig ist:

Zuerst wir der rechte Schalter kurz gedrückt.

Dann wird der linke Schalter gedrückt.

Was passiert???

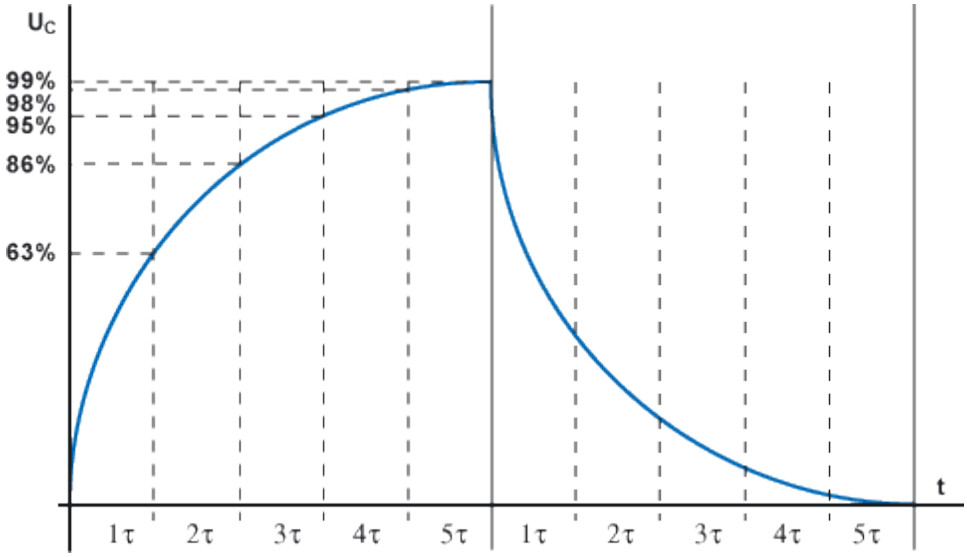
Antwort: _____

_____

_____

_____

Die Spannung am Kondensator lässt sich grafisch folgendermaßen darstellen:



Der ansteigende Kurvenverlauf ist die Aufladung des Kondensators.
Der absteigende Kurvenverlauf (rechts) ist die Entladung des Kondensators.
Die Lade/Entlade-Kurven sind unabhängig von der Spannung! (Quelle: www.elektronik-kompendium.de)

Innerhalb der Zeitkonstante τ (tau) lädt sich also ein Kondensator auf 63% der angelegten Spannung.
Bei der Entladung ist es genau umgekehrt - der Kondensator entlädt sich also zu Beginn am schnellsten!

$$\tau = R * C$$

Beispiel: Kondensator C = 47 µF = 0, 000 047 F (A * s / V) und Widerstand R = 1000 Ω (V / A)

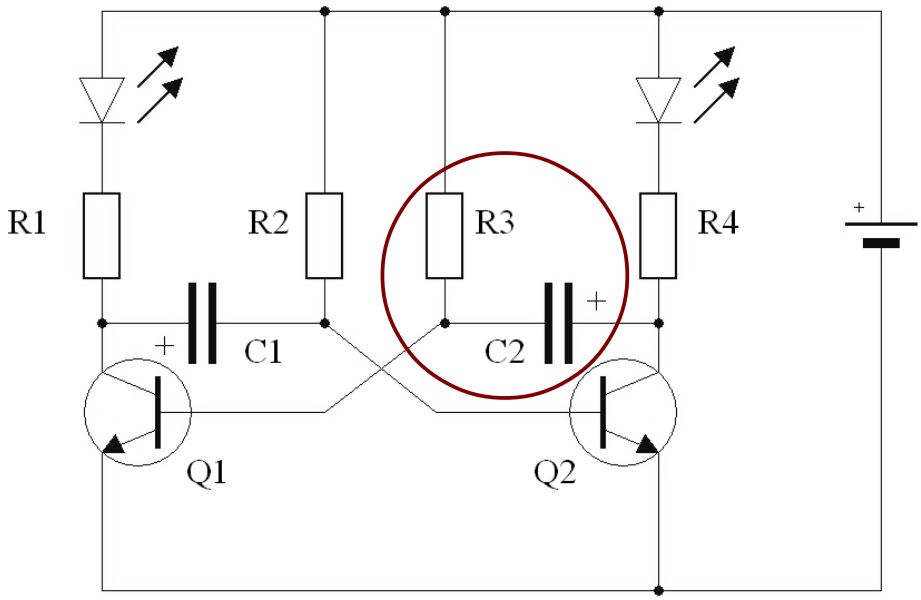
Es ergibt sich: $\tau = R * C$

τ **= 1000 V/A * 0, 000 047 As/V = 0,047 s = 47 ms (Millisekunden)**

Das heißt, dass ein Kondensator mit 47 uF über einen Widerstand von 1000 Ohm innerhalb von 47 Mikrosekunden auf 63 % der angelegten Spannung aufgeladen wurde.

1 Milli = 0, 001	**1 Mikro = 0, 000 001**	**1 Nano = 0, 000 000 001**	**1 Piko = 0, 000 000 000 001**

Diese Schaltung des Wechselblinkers nennt man „Astabiler Multivibrator“. Das heißt so viel wie „Instabiler Vielschwinger“.



Die Geschwindigkeit (Periodendauer) des Blinkens lässt sich berechnen:
T/2 = ln (2) * R * C

Wir setzen hier voraus, dass die Kondensatoren und Widerstände gleich groß sind!

Was bedeuten nun die „Buchstaben“ T, R und C?

T Periodendauer der „Schwingung“ in s (Sekunden)
R Wert des frequenzbestimmenden Widerstands (hier 10 KΩ)
C Wert des Kondensators (hier 47 uF)

1 Ω = 1 V / A Ω (Ohm) ist die Einheit des Widerstands
1 F = A * s / V F (Farad) ist die Einheit des Kondensators
ln (2) = 0,6931... wir nehmen einfach mal 0,7

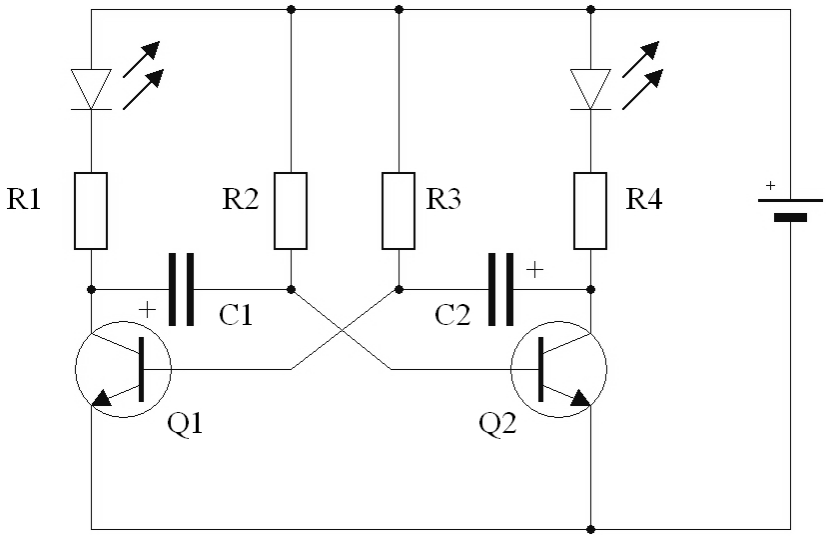
$$T = 2 * \ln(2) * 10000 \frac{V}{A} * 0{,}000\,047 \frac{A * s}{V} \sim 2 * 0{,}7 * 10000 * 0{,}000047\, s = 0{,}47 * 2\, s = 0{,}658\, s$$

Die Periodendauer T ist übrigens umgekehrt proportional zur Frequenz:

f = 1 / T
Dabei ist f die Frequenz in Hz (Hertz)
1 Hz = 1 / s

Wenn unsere beiden LEDs jeweils einmal pro Sekunde blinken, so kann man auch sagen, dass die Periodendauer 1 s ist bzw. die Frequenz 1 Hz beträgt.

Aber wie funktioniert eigentlich diese Schaltung? Das ist nicht so ganz einfach zu verstehen. Versuchen wir mal eine Erklärung:



Wir gehen mal davon aus, dass sich nach dem Einschalten folgende Situation ergeben hat:
Q1 ist gerade durchgesteuert und leitet. Deshalb wird C 1 über R2 aufgeladen (eigentlich „falsch herum“). Es liegt nämlich der Pluspol des Kondensators C1 „fast“ an Minus! Beim Aufladen von C1 steigt die Spannung am Minuspol von C1 (und an der Basis von Q2) langsam bis zu einem Wert von ca. +0,6 Volt an. Das bewirkt nun aber ein Durchsteuern von Q2! Q2 wird also leitend und zieht den Pluspol von C2 auf Minus. C2 war aber fast voll aufgeladen mit 9 Volt. Dadurch liegt nun eine negative Spannung an der Basis von Q1 und dieser wird schlagartig sperren. C2 entlädt sich nun über R3 und beginnt sich dann langsam wieder „andersherum“ über R3 aufzuladen – nämlich wieder „falsch herum“. Gleichzeitig lädt sich C1 gerade „richtig herum“ über R1 und die Basis-Emitter-Strecke von Q2 auf. Beim Aufladen von C2 steigt nun die Spannung am Minuspol von C2 langsam bis zu einem Wert von ca. +0,6 Volt an. Das bewirkt nun wieder ein Durchsteuern von Q1. Gleichzeitig wird Q2 nun wieder über die negative Aufladung von C1 gesperrt.
Diese Prozesse der Aufladung, Entladung und Umladung der Kondensatoren wiederholen sich fortlaufend.
Genau genommen ist der Prozess noch etwas komplizierter... aber an dieser Stelle soll es für heute reichen (-:

Aufgabe:

Welche Blinkfrequenz ergibt sich, wenn wir C1 = C2 = 10 uF und R2 = R3 = 100 KΩ wählen?

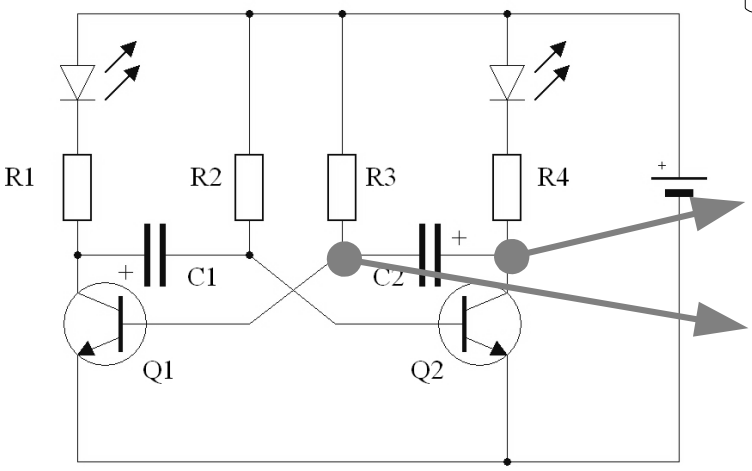
$$T = 2 * 0{,}7 * 100\,000 * 0{,}000\,01\ s = 1{,}4\ s$$

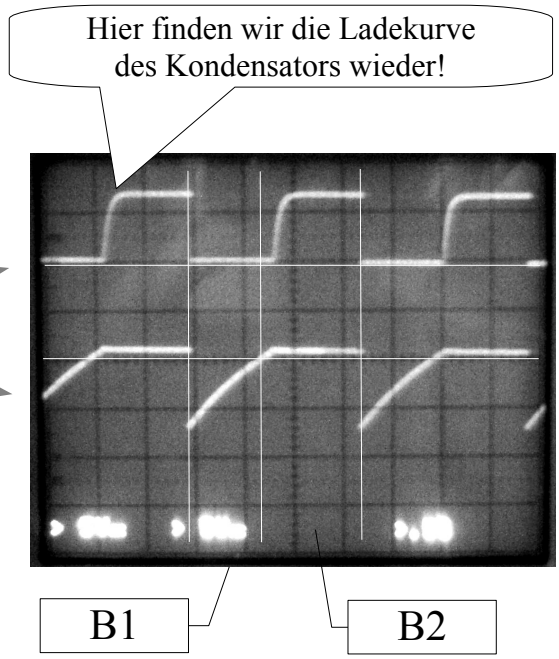
Daraus errechnet sich die Frequenz:

f = 1 / T
f = 1 / 1,4 s = 10 : 14 = 0,714 Hz

Ihr könnt es auch ausprobieren, indem Ihr eure Schaltung mit diesen Werten für R2, R3, C1 und C2 modifiziert.

Die Aufnahmen des Oszilloskops bestätigen die „Thesen“ zur Funktion des Astabilen Multivibrators.





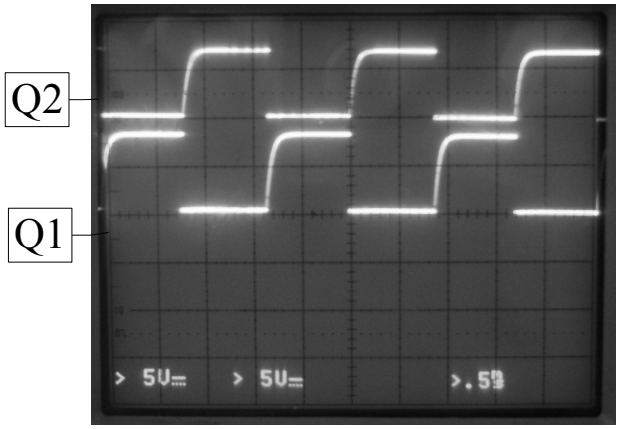
Im oberen Oszillogramm sieht man, dass das Ausgangssignal am Kollektor von Transistor Q2 einem „Rechteck“ ähnelt.
Man nennt es tatsächlich auch „Rechtecksignal“.

Der Signalverlauf an der linken Seite des Kondensators C2 zeigt, dass dessen Ladung im Bereich B1 negativ ist, so dass der Transistor Q1 sperren muss. Der Bereich B2 zeigt eine Umladung des Kondensators C2 bis zu einem Wert von ca. 0,6 Volt. Sobald diese 0,6 Volt erreicht sind öffnet Transistor Q1 (und begrenzt die Spannung auf 0,6 Volt) und Transistor Q2 sperrt allmählich - daher die abgerundete Vorderflanke. Nun geht das Signal am Kollektor von Q2 auf einen hohen, positiven Wert.

Das erscheint unlogisch. Weshalb geht die Spannung hoch, wenn der Transistor sperrt?

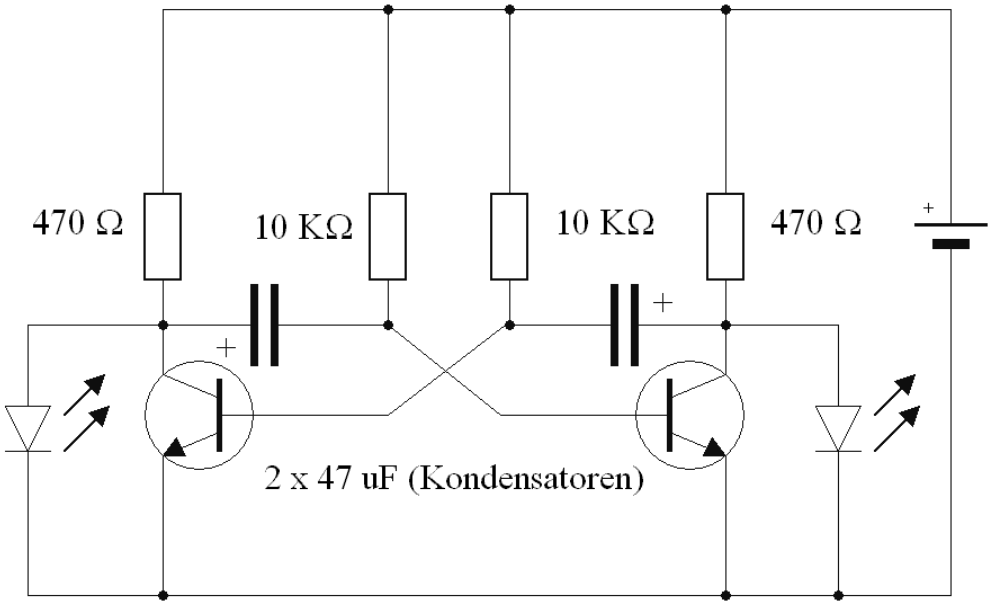
Ganz einfach: R4 und Q2 bilden einen „Spannungsteiler“. Dabei ist Q2 sozusagen ein veränderbarer Widerstand. Wenn Q2 sperrt, so ist sein Widerstand sehr hoch. Wenn Q2 leitet, dann ist sein Widerstand sehr klein.

Aber bevor wir das noch weiter vertiefen, wollen wir uns erst einmal die Signale am Kollektor von Q2 und am Kollektor von Q1 ansehen.



Wie zu erwarten war: Die Signale sind versetzt. Das entspricht ja auch unserer Beobachtung der beiden LEDs, die im Wechsel blinken – und nicht gleichzeitig!

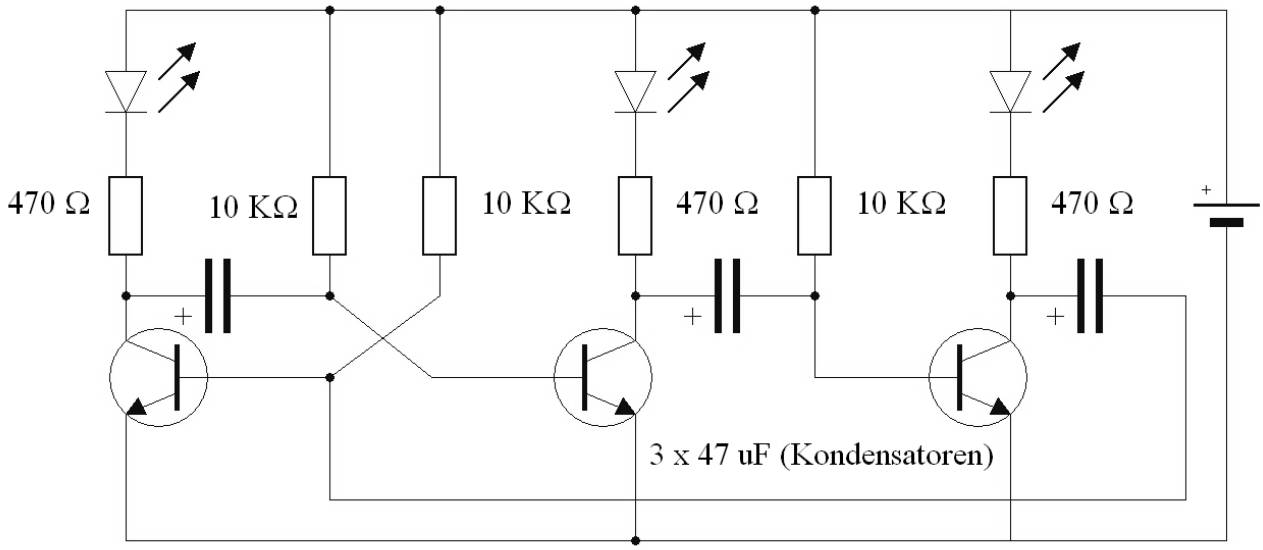
Die Blinkschaltung kann auch so modifiziert werden:



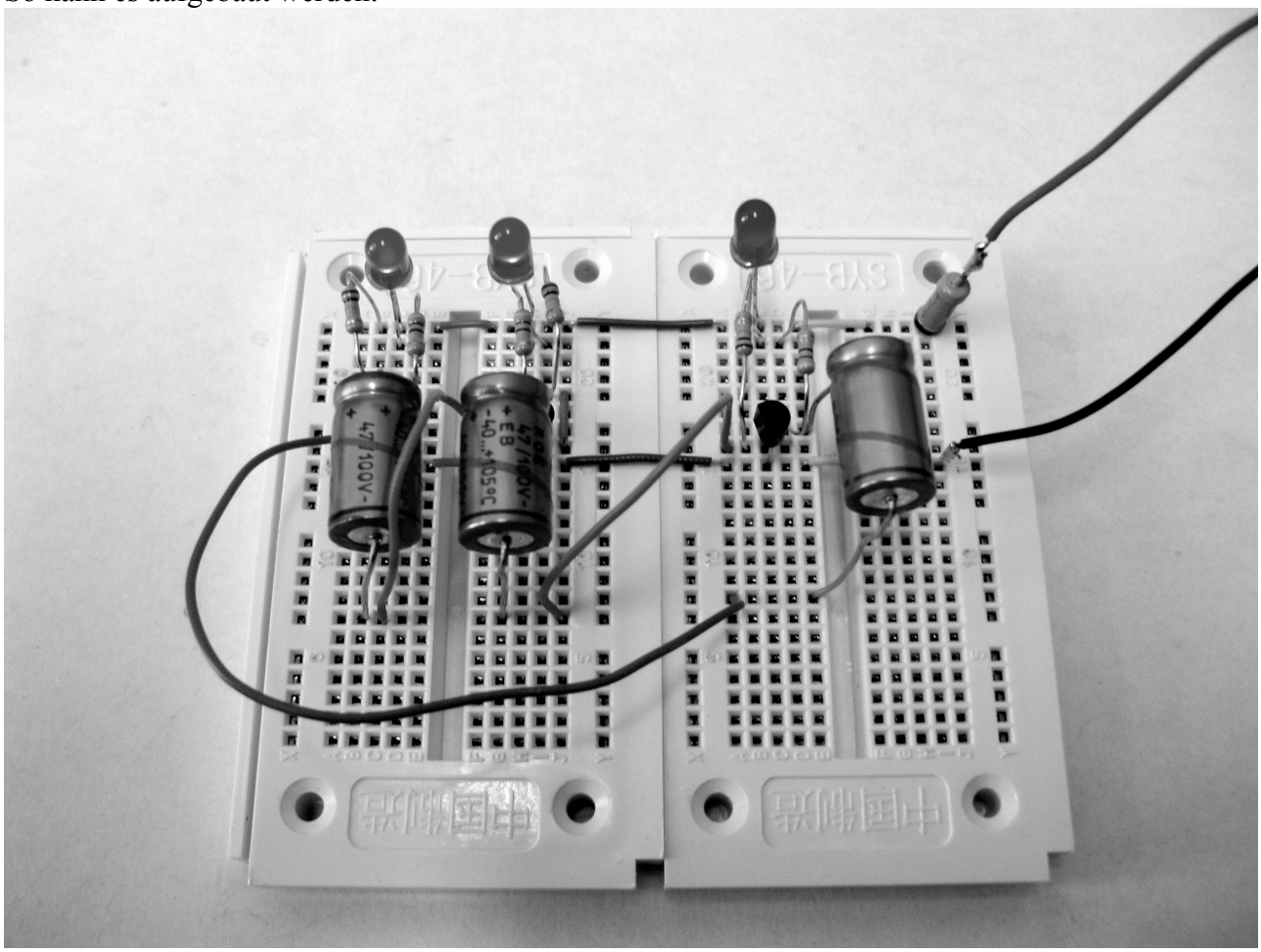
Wo liegt der Unterschied zur Schaltung auf Seite 17?

Diese Schaltung funktioniert auch nur mit einer LED! Probiert es aus!

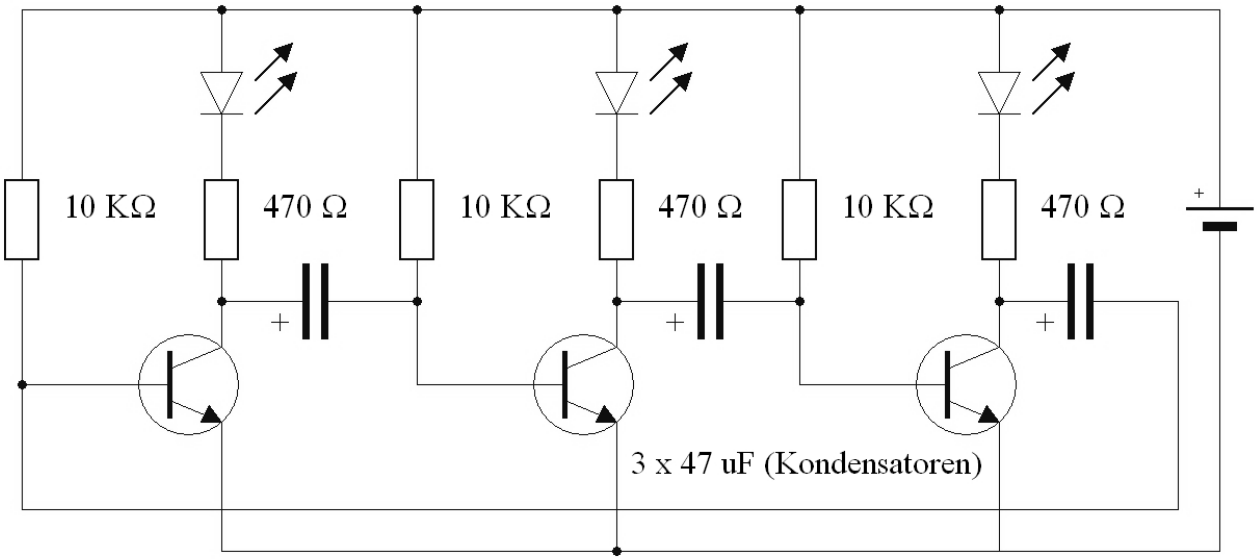
Die Grundschaltung des Astabilen Multivibrators lässt sich auch noch zu einem „Dreier-Blinker“ ausbauen. Dafür nehmen wir ein zweites Steckbrett:



So kann es aufgebaut werden:

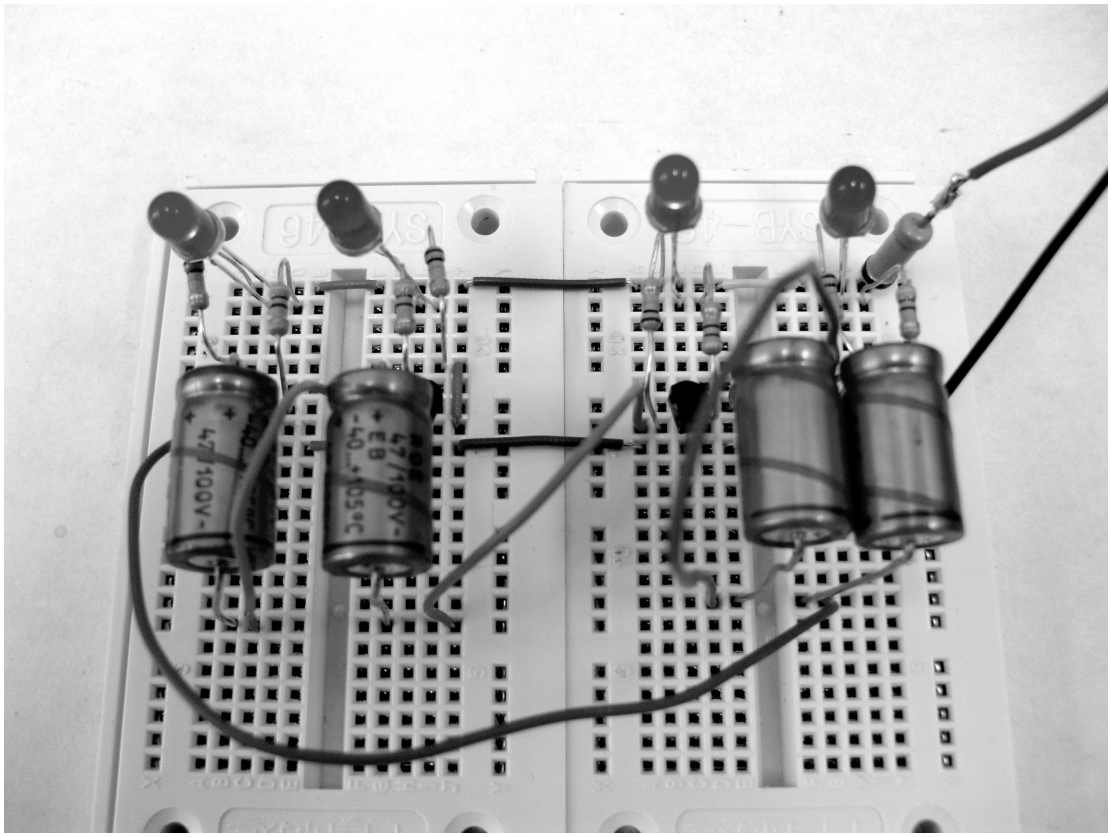


Man könnte die Schaltung auch so „aufmalen“:



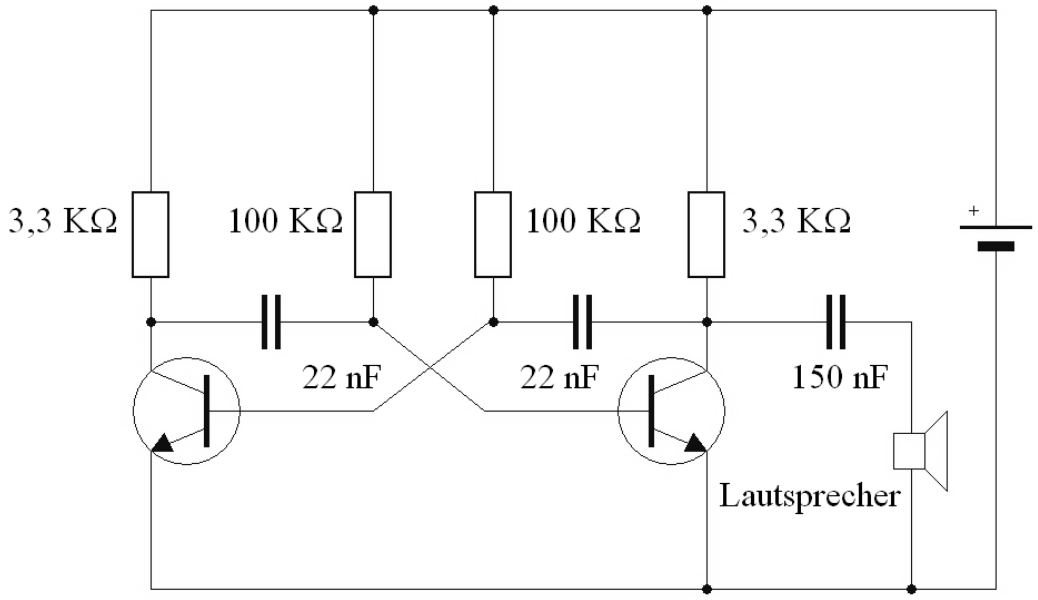
Hier sieht man nun ganz deutlich, dass es sich um drei gleichartige Transistor-Stufen handelt, die jeweils mit einem Kondensator verbunden sind.

Wer schon fertig ist und Langeweile hat... kann es mal mit vier Transistor-Stufen versuchen.
Was passiert bei einem Aufbau mit vier Transistoren???

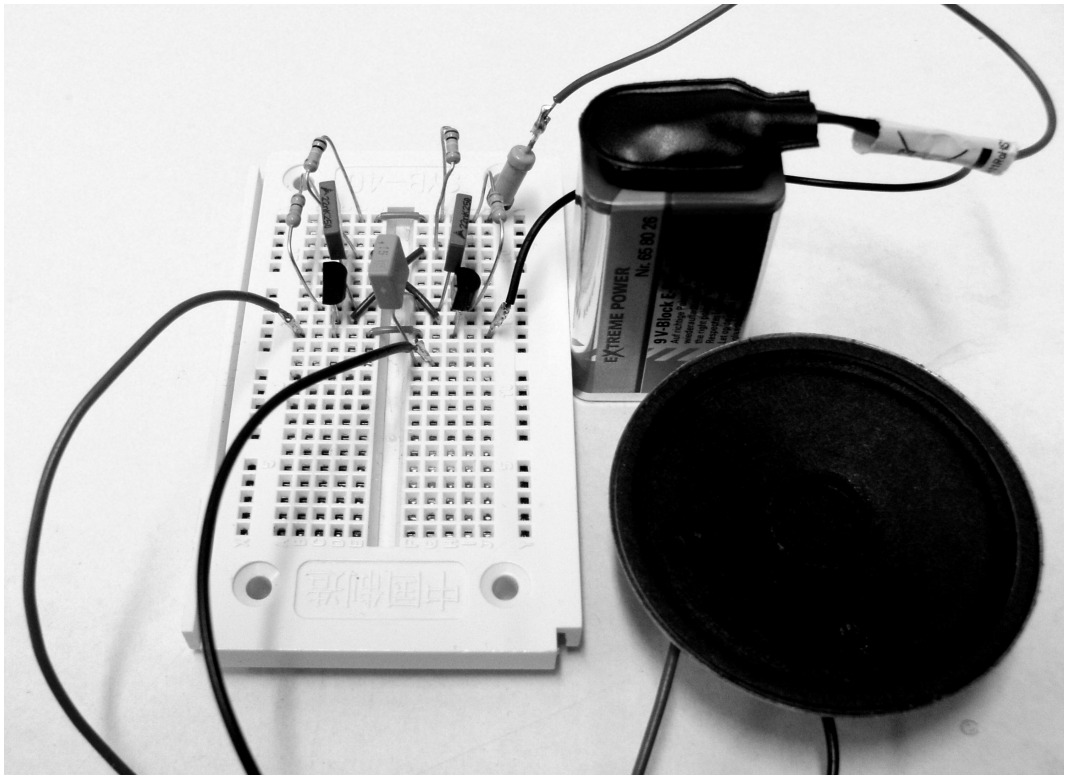


Dipl.-Ing. Niels Nikolaisen, Hochschule Wismar, Tel. 03841 / 753 7 510, Mail: niels.nikolaisen@hs-wismar.de

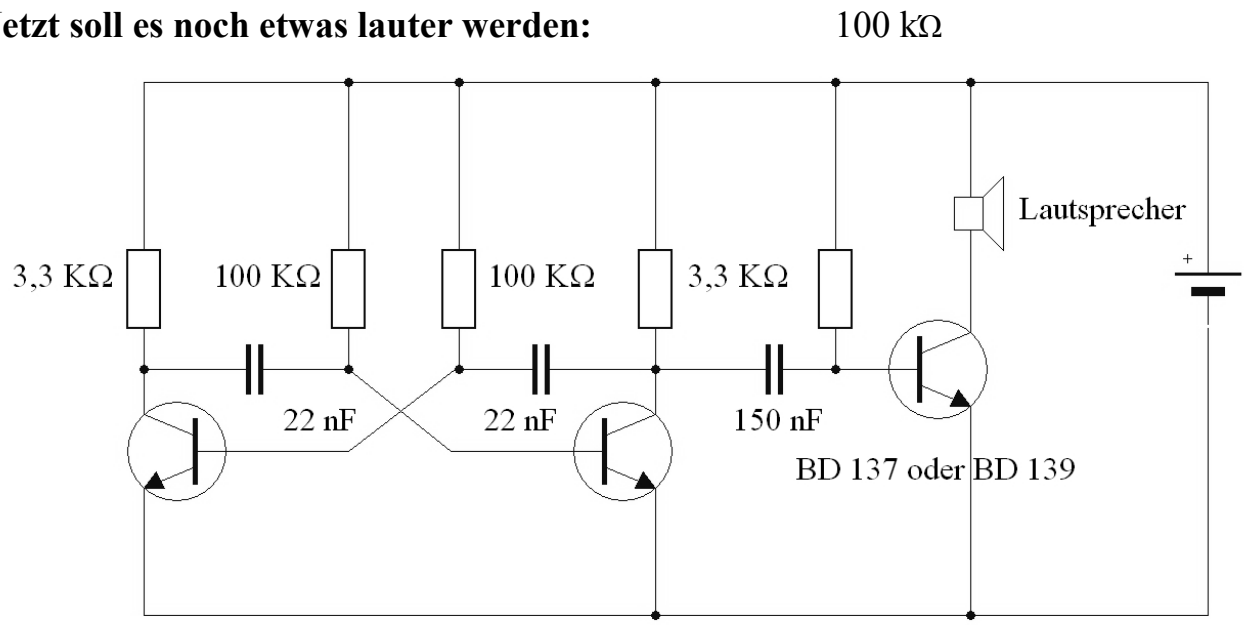
Mit der Grundschaltung des Astabilen Multivibrators kann man auch Töne erzeugen! Denn Töne sind ja nichts anderes als Schwingungen. Allerdings müssen die Werte von R und C variiert werden, damit wir Schwingungen im hörbaren Bereich produzieren können:



Die Kondensatoren haben folgende Farben:
22 nF = blau
150 nF = grün

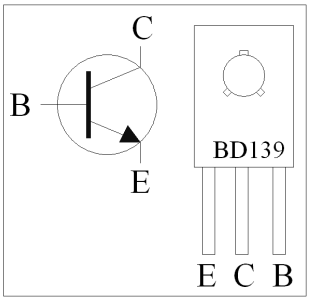


Jetzt soll es noch etwas lauter werden:



So, welche Frequenz stellt sich hier eigentlich ein?

$$T = 2 * \ln(2) * 100\,KOhm * 22\,nF = 2 * 0{,}7 * 100\,000 * 0{,}000\,000\,022\,s = 0{,}00308\,s$$

f = 1 / T
f = 1 / 0,00308 Hz = 325 Hz

Die Messung an meinem Versuchsaufbau ergab tatsächlich 318 Hz.