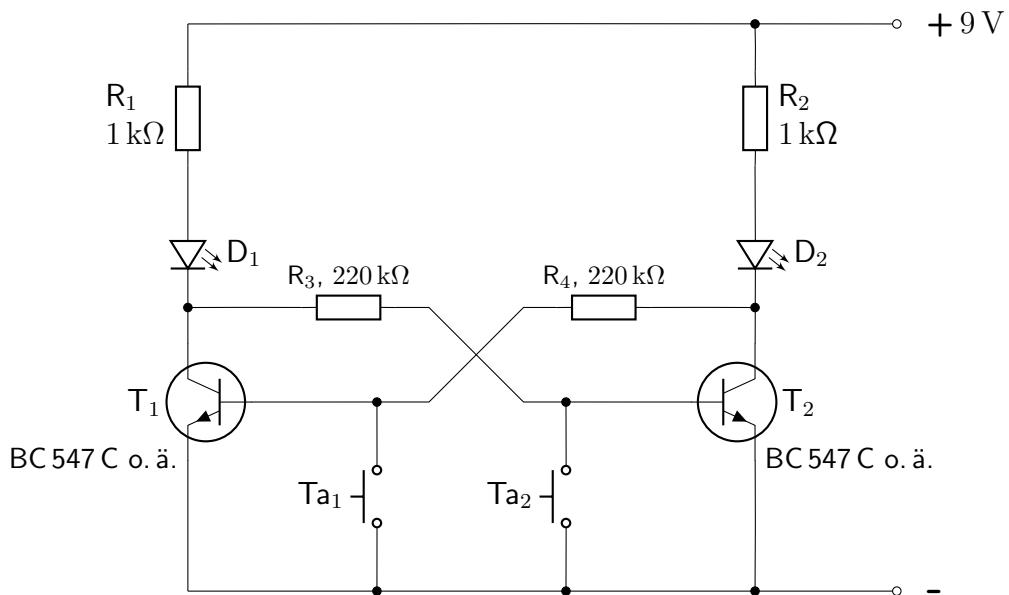


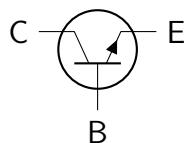
## Das Flip-Flop

Die folgende Schaltung stellt ein einfaches sog. **Flip-Flop** dar. Nach dem Anlegen der Spannung leuchtet, bedingt durch Bauteiltoleranzen, zufällig eine der beiden LEDs. Durch Drücken von jeweils einem der beiden Taster  $Ta_1$  oder  $Ta_2$  wechselt die leuchtende LED.



**Bild 1:** Schaltplan der bi-stabilen Kippstufe (Flip-Flop)

Bei den Transistoren im Schaltplan in Bild 1 handelt es sich um **npn**-Transistoren vom Typ BC 547 C oder BC 550 C. Das Schaltsymbol und die Anschlüsse eines Transistors sind noch einmal in Bild 2 dargestellt. Der nach außen zeigende Pfeil kennzeichnet den Emitteranschluss und bedeutet gleichzeitig, dass es sich um einen npn-Transistor handelt. Wir erinnern uns, dass npn-Transistoren leiten, wenn die Basis – einfach gesagt – mit der positiven Betriebsspannung verbunden wird.



**Bild 2:** Die Anschlüsse eines Transistors

### Beschreibung der Funktion

Nehmen wir jetzt an, dass nach dem Anlegen der Spannung  $T_1$  leitet und  $D_1$  leuchtet. Dann liegt die Basis von  $T_2$  über die Kollektor-Emitter-Strecke von  $T_1$  auf ca. 0.2 V. Dies ist die Durchlass-Spannung von  $T_1$ . Diese Spannung reicht aber nicht aus, um den Transistor  $T_2$  in den leitenden Zustand zu versetzen. Hierfür müssen ca. 0.7 V an der Basis anliegen. Transistor  $T_2$  sperrt also.

Die Basis von  $T_1$  wiederum liegt über  $R_2$ ,  $D_2$  und  $R_4$  an +9 V, sodass  $T_1$  leitend bleibt. Die Schaltung befindet sich also in einem stabilen Zustand.

**Wird jetzt der Taster  $Ta_1$  gedrückt**, so wird die Basis von  $T_1$  auf 0 V gelegt. Transistor  $T_1$  sperrt sofort. Dadurch liegt aber die Basis von  $T_2$  über  $R_1$ ,  $D_1$  und  $R_3$  an +9 V, sodass  $T_2$  in den leitenden Zustand übergeht. Auch nach dem Loslassen des Tasters  $Ta_1$  bleibt die Basis von  $T_1$  über die Kollektor-Emitter-Strecke von  $T_2$  auf niedriger Spannung und sperrt. Die Schaltung ist wieder in einem stabilen Zustand, aber es leuchtet jetzt  $D_2$ .

**Durch Drücken von Taster  $Ta_2$**  kann der Zustand wieder geändert und  $D_1$  wieder zum Leuchten gebracht werden.

Diese Schaltung heißt **Flip-Flop** oder **bi-stabile Kippschaltung**, weil sie jeweils einen von zwei stabilen Zuständen einnimmt. Sie stellt damit einen **1-Bit-Speicher** dar, der in – leicht abgewandelter Form – in Computern als Speicher zum Einsatz kommt.

### Hinweis zum Verhalten der LEDs

Beim Test der Schaltung hat sich gezeigt, dass heutige LEDs **sehr** empfindlich sind. Bereits Ströme von unter 0.1 mA (also 100  $\mu$ A !) reichen aus, um ein schwaches, aber deutlich sichtbares Leuchten der LEDs zu erzeugen. Der durch die Basiswiderstände  $R_3$  bzw.  $R_4$  der Transistoren fließende Strom reicht daher bereits aus, um auch eine „ausgeschaltete“ LED schwach leuchten zu lassen.

Um diesen Effekt so gering wie möglich zu halten, wurden daher die Basiswiderstände  $R_3$  und  $R_4$  gegenüber der ersten Version dieser Schaltung von 10 k $\Omega$  auf 220 k $\Omega$  erhöht. Zur korrekten Funktion der Schaltung sind jetzt aber Transistoren mit einer Stromverstärkung von mindestens 250 erforderlich. Durch die Verwendung der „C“-Typen<sup>1</sup> ist diese Bedingung aber erfüllt.

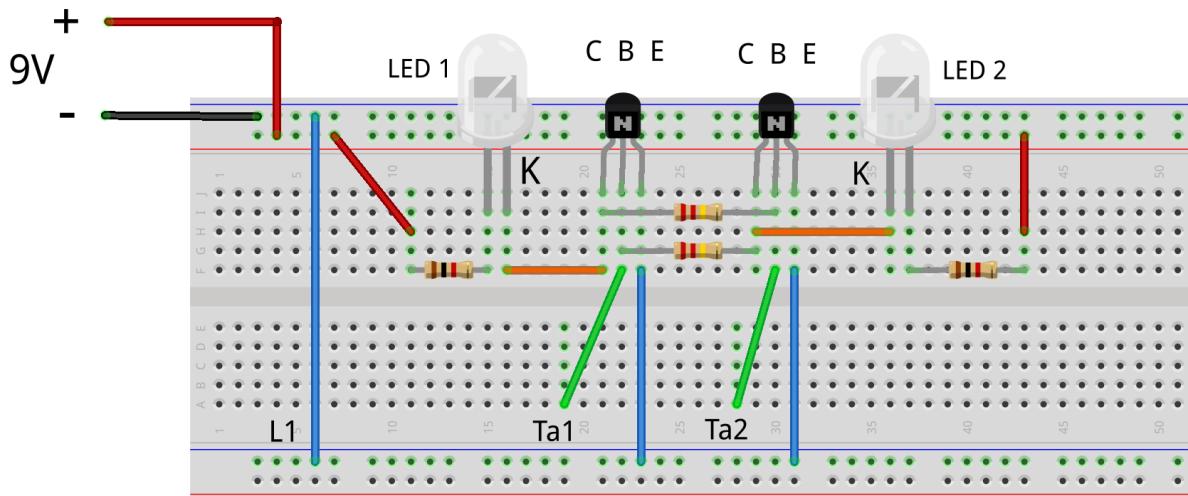
Dieser Effekt ist aber kein Fehler der Schaltung, sondern zeigt nur die Empfindlichkeit heutiger LEDs. Würde man die Schaltung wie früher mit kleinen Taschenlampenbirnen aufbauen, trüte dieser Effekt nicht auf, denn ein Strom von 100  $\mu$ A lässt eine Glühbirne im Sinne des Wortes völlig kalt ☺.

---

<sup>1</sup>Gemeint ist das „C“ am Ende der Bezeichnung, also BC 547 C. Dieses „C“ hat aber nichts mit dem C für „Collector“ zu tun, sondern gibt die Stromverstärkung der Transistoren an. Bei einigen Transistortypen gibt es hier die Klassen A, B und C mit jeweils steigender Stromverstärkung.

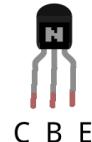
## Der Aufbau der Schaltung

Die Skizze in Bild 3 soll Euch zeigen, wie die Schaltung auf einem Steckbrett aufgebaut werden kann. Achtet darauf, dass Ihr die Stromversorgung oder Batterie richtig herum anschließt. Der Pluspol ist **rot** gekennzeichnet und der Minuspol **blau** oder schwarz.



Die LEDs müssen spiegelbildlich eingebaut werden.

Anschlüsse Transistor  
Blick auf flache Seite !



**Bild 3:** Aufbauskizze für Flip-Flop

Achtet auch darauf, die Halbleiterbauteile richtig herum einzustecken. Die beiden LEDs müssen spiegelbildlich eingebaut werden. Bei der **linken** LED (LED<sub>1</sub>) muss der **kürzere Anschluss** („Kathode“) nach **rechts** zeigen, bei der **rechten** LED (LED<sub>2</sub>) muss der **kürzere Anschluss** nach **links** zeigen.

Ebenso ist es superwichtig, die beiden **Transistoren richtig herum einzubauen**. Die **flache Seite** des Gehäuses muss nach **vorne** zeigen. Schaut man bei den Transistoren auf die flache Seite des Gehäuses, dann haben die Anschlüsse folgende Reihenfolge: Kollektor (C) – Basis (B) – Emitter (E), so wie in der Skizze dargestellt. Bei falschem Einbau gehen die Transistoren mit großer Wahrscheinlichkeit sofort kaputt. Das „N“ in der Skizze symbolisiert den npn-Transistor.

Die Drahtbrücke L1 dient zur Verbindung der beiden Minusleitungen („Masse“). Dadurch wird der Aufbau übersichtlicher. Die beiden **grünen** Leitungen, welche in die beiden nicht-angeschlossenen Klammern gesteckt sind, diesen als Taster. Wenn Ihr sie abwechselnd kurz mit der (unteren) Minusleitung verbindet, schaltet das Flip-Flop um. Ihr solltet die Drähte bei Nichtbenutzung immer wieder in **nicht-angeschlossene** Klammern stecken, um **Kurzschlüsse** durch herumfliegende Drähte zu **vermeiden**.

© Alle Rechte beim DARC OV I07 bzw. den Autoren. Für Ausbildungs- und Lehrzwecke frei verwendbar. Die gewerbliche oder kommerzielle Nutzung bedarf der schriftlichen Genehmigung. Nicht referenzierte Bilder von DJ1FC oder vom Autor. Dokument erstellt mit LATEX unter Verwendung der Pakete TikZ und CircuiTikZ sowie fritzing.

\*\*\* Elektrischer Strom ist kein Spielzeug. Beachtet unsere Sicherheitshinweise. \*\*\*

\*\*\* Ihr findet sie, wie diese Schaltung, auf unserer Webseite.\*\*\*