

## 6. Kippschaltungen

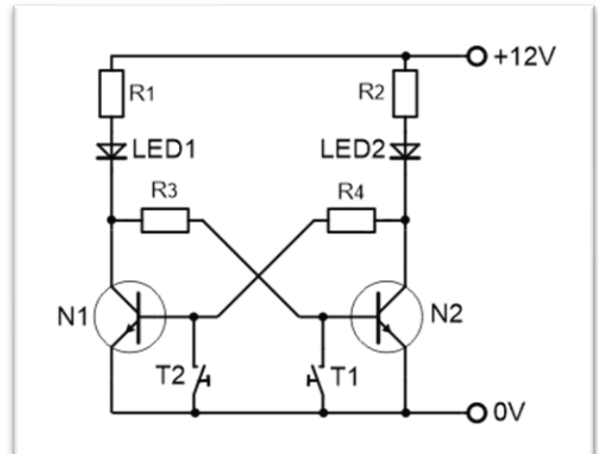
### 6.1 Bistabile Kippschaltung

Diese besteht aus zwei Transistorstufen, bei der jeweils die eigene Basis vom Kollektor der anderen Stufe angesteuert wird.

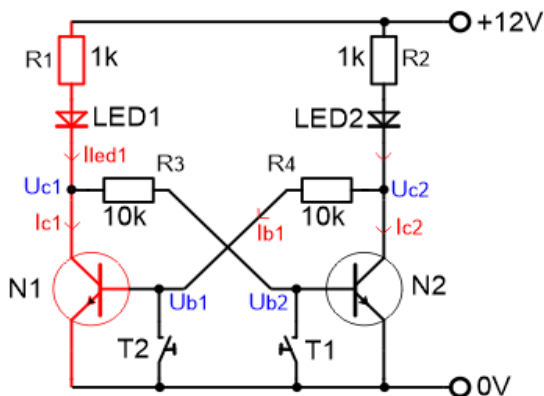
Es gibt zwei stabile Zustände, bei denen immer nur durch **einen** Transistor die jeweilige LED angesteuert wird.

Mit den Tastern T1 und T2 kann zwischen den beiden stabilen Zuständen umgeschaltet werden.

Die Widerstände R1 und R2 begrenzen die LED-Ströme, die Widerstände R3 und R4 bestimmen die jeweiligen Basisströme. Als Halbleiter sind beliebige NPN-Transistoren, wie BC547, BC548, BC141 etc. in Verwendung.



#### 6.1.1. Die beiden stabilen Schaltstellungen

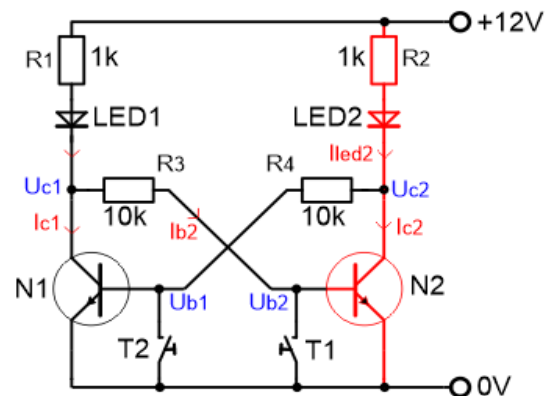


| Messgrößen | Wert | Wert | Bemerkung |
|------------|------|------|-----------|
| Uc1 [V]    | 0,04 | 0,07 |           |
| Ic1 [mA]   | 9,99 | 9,95 | N1 leitet |
| Ub1 [V]    | 0,7  | 0,7  |           |
| Ib1 [mA]   | 0,95 | 0,22 |           |
| Uc2 [V]    | 9,5  | 10,3 |           |
| Ic2 [mA]   | 0    | 0    | N2 sperrt |
| Ub2 [V]    | 0,04 | 0,07 |           |
| Ib2 [mA]   | 0    | 0    |           |

$U_{c2} \uparrow \rightarrow I_{b1} \uparrow \rightarrow U_{c1} \downarrow \rightarrow I_{b2} \downarrow \rightarrow U_{c2} \uparrow \rightarrow A = E = \text{stabil}$

Ib2 ist 0, da Uc1 mit 0,04V (0,07) unter der B-E-Spannung von 0,7V liegt und daher kein Basisstrom fließt. Wenn Ib2 null, ist auch Ic2 null.

Bei den **Türkiswerten** wurden die 10k-Widerstände gegen 47k-Widerstände getauscht.



| Messgrößen | Wert | Wert | Bemerkung |
|------------|------|------|-----------|
| Uc1 [V]    | 9,5  | 10,3 |           |
| Ic1 [mA]   | 0    | 0    | N1 sperrt |
| Ub1 [V]    | 0,04 | 0,07 |           |
| Ib1 [mA]   | 0    | 0    |           |
| Uc2 [V]    | 0,04 | 0,07 |           |
| Ic2 [mA]   | 9,99 | 9,95 | N2 leitet |
| Ub2 [V]    | 0,7  | 0,7  |           |
| Ib2 [mA]   | 0,92 | 0,22 |           |

$U_{c1} \uparrow \rightarrow I_{b2} \uparrow \rightarrow U_{c2} \downarrow \rightarrow I_{b1} \downarrow \rightarrow U_{c1} \uparrow \rightarrow A = E = \text{stabil}$

Ib1 ist 0, da Uc2 mit 0,04V (0,07) unter der B-E-Spannung von 0,7V liegt und daher kein Basisstrom fließt. Wenn Ib1 null, ist auch Ic1 null.

Bei den **Türkiswerten** wurden die 10k-Widerstände gegen 47k-Widerstände getauscht.

## 6.1.2. Weitere Strom-Betrachtungen

Wenn der Transistor N1 leitet fließt der volle Kollektorstrom über LED1, diese leuchtet hell mit 9,5mA (10,3mA). Über LED2 fließt der Basisstrom von der Basis von N1 von 0,95 mA (0,22mA) und dieser Strom lässt die LED2 geringfügig (kaum) leuchten.

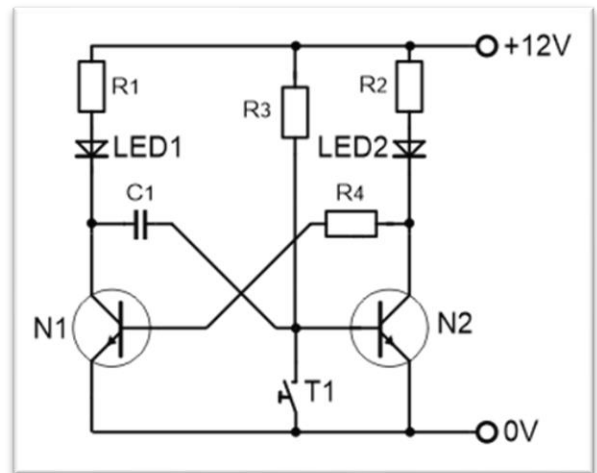
Mit den 47k-Widerständen ist dieser Effekt kaum merkbar, die Stromverstärkung des Transistors muss aber mindestens  $B = I_C/I_B = 9,95/0,22 = 45$  betragen, was bei den angegebenen Typen mit einem B laut Datenblatt von über 100 gegeben ist.

Durch die LED's fließt also einmal der „eigene“ Kollektorstrom oder der „andere“, wesentlich geringere Basisstrom.

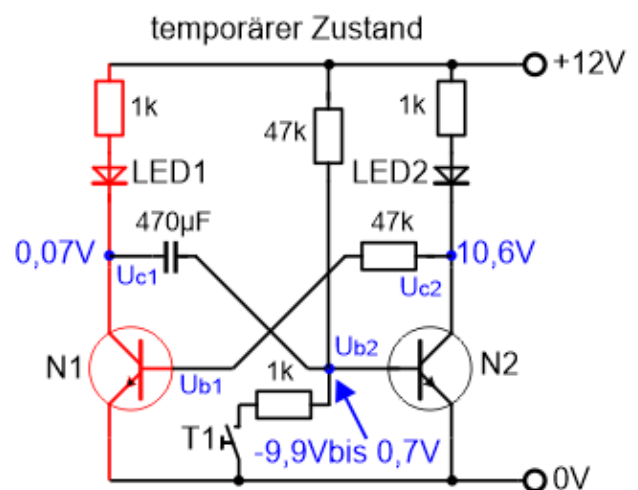
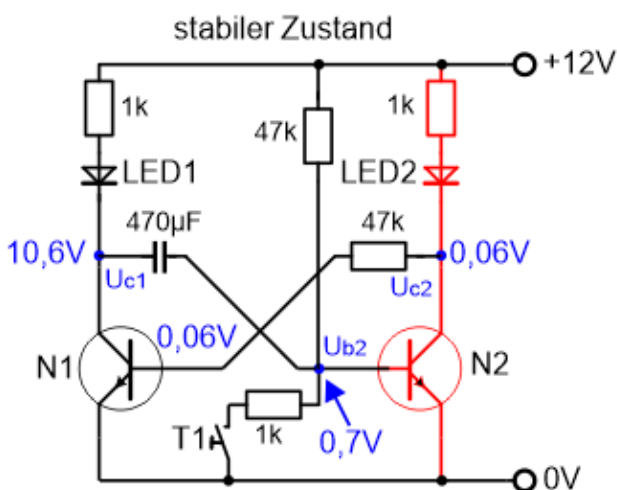
## 6.2 Monostabile Kippschaltung

Bei dieser Schaltung wurde die Ansteuerung von N2 vom Kollektor von N1 auf die Betriebsspannung über R3 geändert. Dies führt dazu, dass N2 permanent angesteuert ist und LED2 leuchtet mit voller Helligkeit.

An der Basis von N1 liegt die Kollektorspannung von N2 an, die im durchgeschalteten Zustand unter 0,1V beträgt. Somit sperrt dieser Transistor und LED1 leuchtet nicht.



### 6.2.1 Praktisch aufgebaute Schaltung:



### 6.2.2 logische Folge

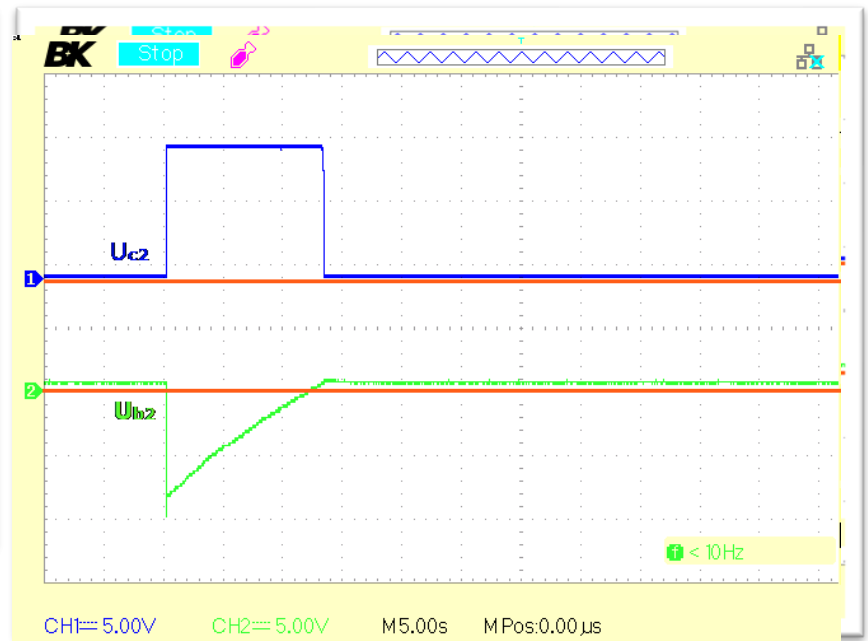
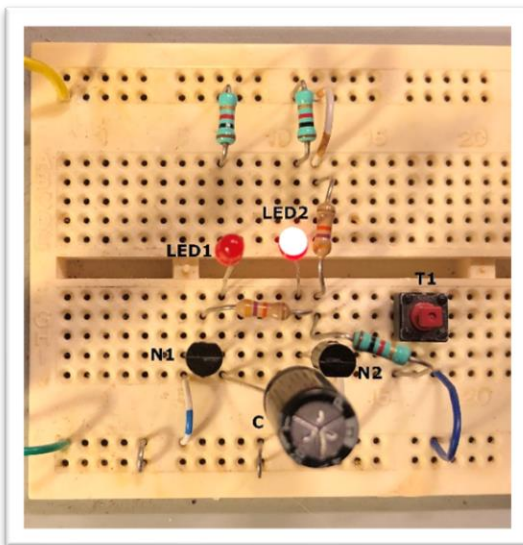
$U_{c1} \uparrow \rightarrow I_{b2} \uparrow \rightarrow U_{c2} \downarrow \rightarrow I_{b1} \downarrow \rightarrow U_{c1} \uparrow \rightarrow A = E = \text{stabil}$

Wird nun T1 betätigt wird  $I_{b2} \downarrow \rightarrow U_{c2} \uparrow \rightarrow I_{b1} \uparrow \rightarrow U_{c1} \downarrow \rightarrow I_{b2} \downarrow$  bis sich C1 von -10V auf +0,7V auflädt. Dann gilt  $I_{b2} \uparrow \rightarrow U_{c2} \downarrow \rightarrow I_{b1} \downarrow \rightarrow U_{c1} \uparrow \rightarrow I_{b2} \uparrow \rightarrow A = E = \text{stabil}$

### 6.2.3 Besonderheit:

Der 1k-Widerstand beim Taster T1 ist nötig, da wenn T1 länger gedrückt ist, wird C1 direkt auf 0V entladen und die Kippzeit verringert sich deutlich. Der Widerstand verhindert die sofortige Entladung, schließt aber dennoch kurzzeitig die Basisspannung  $U_{b2}$  gegen Masse, sodass N2 sperrt und die Kollektorspannung auf 10,6V ansteigt. Diese Spannung bewirkt über den 47k-Widerstand den Basisstrom  $I_{b1}$  von N1, sodass N1 durchschaltet und LED1 hell leuchtet. Die Kollektorspannung von N1 sinkt von 10,6V auf 0,07V, was dazu führt, dass der auf etwa 10V aufgeladene Kondensator an der Basis von N2 eine negative Spannung von -9,9V anlegt. Diese Spannung sperrt den Transistor N2 und der Kondensator lädt sich über den Widerstand 47k (an 12V) langsam auf, bis die Basisspannung 0,7V beträgt und N2 durchschaltet. Damit ist der ursprüngliche stabile Zustand wiederhergestellt. T1 darf trotz Widerstand nur sehr kurz gedrückt werden.

### 6.2.4 Aufbau auf Lochrasterplatte und Oszillogramm:



Bei diesem Oszillogramm ist der einmalige Kippvorgang bei der monostabilen Kippschaltung zu sehen.

Die Kippzeit ist 2,7cm „lang“ was bei 5s/cm eine Zeit von 13,5s ergibt.

Der Kondensator hat eine gemessene Kapazität von 426µF (470µF-Elko), Ladewiderstand hat 47kΩ.

#### Kippzeit:

$$t = 0,7 * R * C = 0,7 * 47k\Omega * 426\mu F = 14s$$

Eine brauchbare Übereinstimmung der Berechnung mit der Messung!

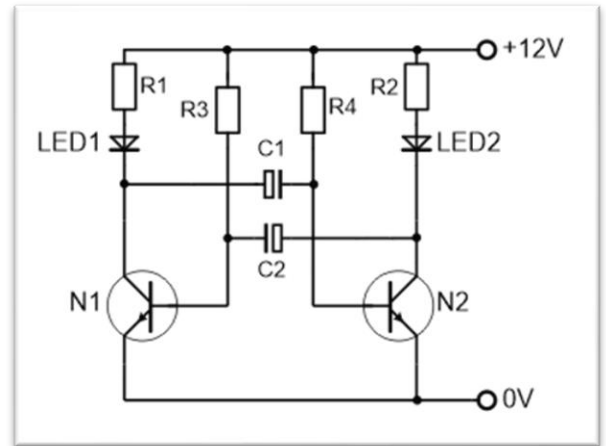
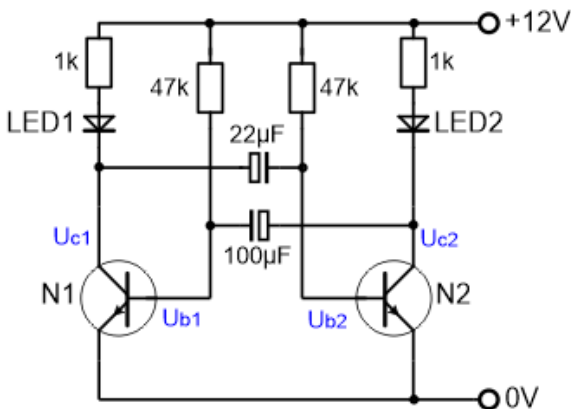
Aus dem Diagramm sind auch die Spannungen am Kollektor und der Basis der beiden Transistoren abzulesen. Wie in den vorhergehenden Erklärungen sind die Kollektorspannungen von <0,1V bis 11V und die Basisspannungen von 0,7V bis -10V zu erkennen.

### 6.3 Astabile Kippschaltung

Diese Kippschaltung ist nochmals die Ergänzung von bistabiler zur monostabilen Kippschaltung, sodass nun zweimal ein Kondensator von „einem“ Kollektor zur „anderen“ Basis und umgekehrt koppelt.

Damit ergibt sich ein kontinuierlicher wechselweiser Prozess der Auf- und Entladung der beiden Kondensatoren.

#### 6.3.1 Konkrete Schaltung



Die beiden Kondensatoren haben genau gemessene Werte von 88µF (100µF-Elko) und 19µF (22µF-Elko).

Im rechten Oszillogramm ist deutlich zu erkennen, dass eine Kippzeit kürzer, die andere länger ist. Es handelt sich um die beiden Zeitkonstanten 88µF mit 47kΩ und 19µF mit 47kΩ.

Die kürzere Zeit ist im Oszillogramm 6mm „lang“ aufgezeichnet, bei 1cm/s sind das 0,6s. Die längere Zeit ist 2,9cm „lang“, das sind 2,9s.

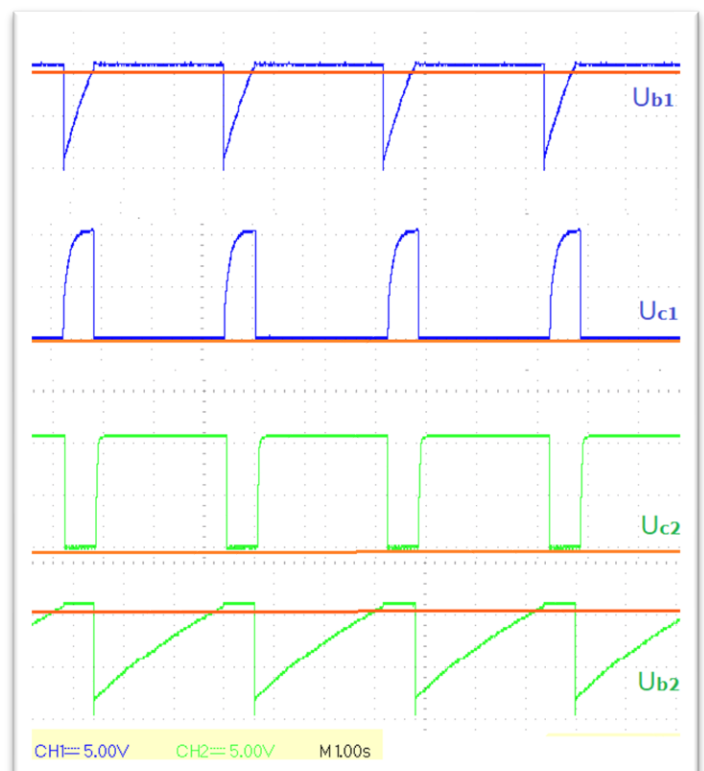
Somit lässt sich die Kippzeit mit  $t = 0,7 \cdot R \cdot C$  berechnen:

$$t_1 = 0,7 \cdot 19\mu\text{F} \cdot 47\text{k}\Omega = 0,62\text{s}$$

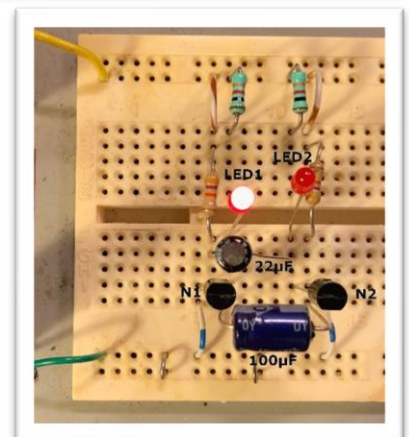
$$t_2 = 0,7 \cdot 88\mu\text{F} \cdot 47\text{k}\Omega = 2,89\text{s}$$

Die Gesamtzeit der Rechteckschwingung beträgt 3,51s, was wiederum einer Frequenz  $f = 1 / t = 1 / 3,51 = 0,28\text{Hz}$  entspricht.

Aus dem Diagramm sind auch die Spannungen am Kollektor und der Basis der beiden Transistoren abzulesen. Wie in den vorhergehenden Erklärungen sind die Kollektorspannungen von <0,1V bis 11V und die Basisspannungen von -10V bis +0,7V zu erkennen.



[Rechts der Aufbau:](#)

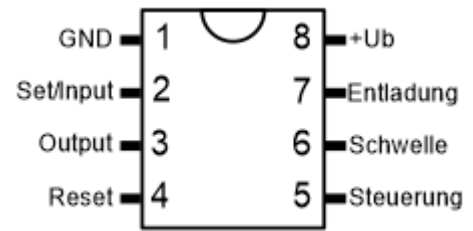


## 6.4 Alternative Kippschaltungen

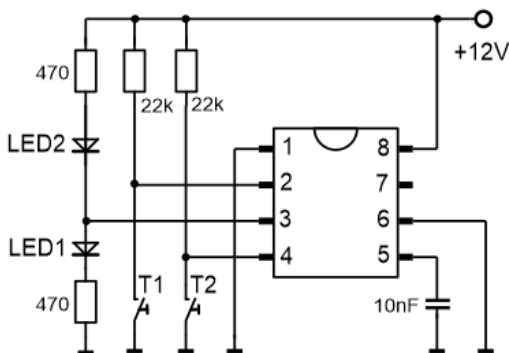
Die Anwendungen von Kippschaltungen sind vielfältig, wie Speicher, Zähler, Zeitglieder, Impulsgeneratoren, etc. und damit diese nicht mit Einzelhalbleitern aufgebaut werden müssen, sind die besprochenen Kipp-Schaltungen als IC (Integrierte Schaltungen) erhältlich.

Als Beispiel sei hier der Timer-IC (NE)555 vorgestellt. Er ist auch als Doppel-Timer (NE556) oder auch als Vierfach-Timer (NE558) im Handel erhältlich.

Es lassen sich alle drei Kippschaltungen (auch als Multivibratoren, oder Flip-Flop bezeichnet) mit diesem Timer-IC darstellen.



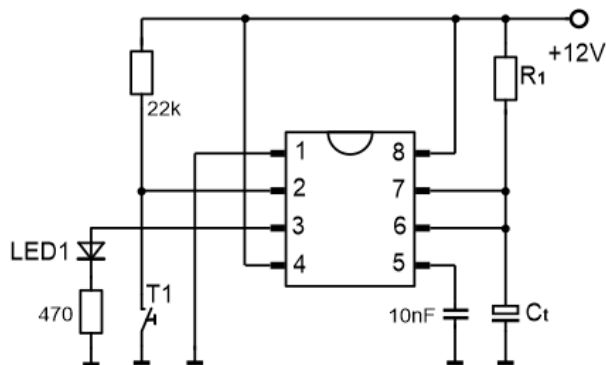
### 6.4.1 Bistabile Kippschaltung



Es ist eine eher sehr ungewöhnliche Anwendung des Timers-IC 555, aber eine Mögliche. Mit den Tasten T1 und T2 können die LED's wechselweise umgeschaltet werden. Ein mehrmaliges Betätigen **eines** Tasters bewirkt keine zusätzliche Änderung.

Bistabile Kippschaltungen werden üblicherweise mit Logik-Bausteinen aus der TTL-Serie 74xx oder der CMOS-Serie 40xx ausgeführt.

### 6.4.2 Monostabile Kippschaltung



Mit der Betätigung der Taste T1 wird der Eingang (Input, Trigger, Set, PIN2) gegen GND geschaltet (negativer Impuls, negative Flanke) und am Ausgang (Output), der im stabilen Zustand 0V ausgibt, die Betriebsspannung ( $U_b - 1,2V$ ) ausgegeben. Es lädt sich der Kondensator  $C_t$  über  $R_1$  auf und wenn er einen internen Schwellwert erreicht hat wird der Ausgang wieder auf 0V gesetzt und  $C_t$  entladen.

Laut Datenblatt beträgt die Schaltzeit  $t = 1,1 * R_1 * C_t$ .

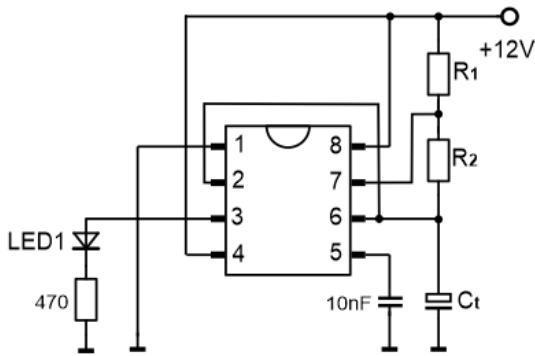
| C [ $\mu F$ ] | R [ $k\Omega$ ] | errechn. | gemess. | C [ $\mu F$ ] | R [ $k\Omega$ ] | errechn. | gemess. |
|---------------|-----------------|----------|---------|---------------|-----------------|----------|---------|
| 423 (470)     | 47              | 21,9     | 23      | 97 (100)      | 47              | 5,2      | 5,7     |
| 423 (470)     | 100             | 46,5     | 51      | 97 (100)      | 100             | 10,6     | 11,4    |

In der Formel ist keine Spannungsangabe, daher ist die Schaltzeit unabhängig von der Betriebsspannung.

Der „Start“ des Zeitgliedes mit einer negativen Flanke (einem negativen Impuls) erleichtert das „In-Serien-Schalten“ mehrerer Zeitglieder, da mit der Ausschaltflanke (negative Flanke) des ersten Zeitgliedes direkt der Eingang des folgenden Zeitgliedes über einen Kondensator angesteuert werden kann.

Der Ausgang kann mit maximal 200 mA belastet werden.

### 6.4.3 Astabile Kippschaltung



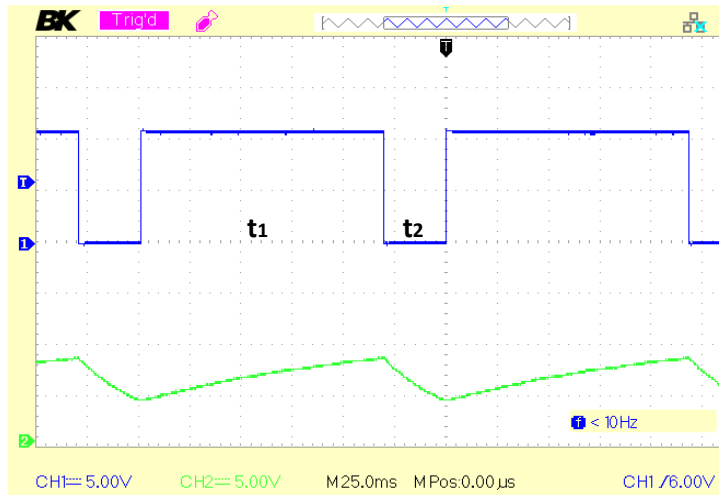
Bei dieser Schaltung wird der Eingang (Pin2) mit der Schwelle (Pin6) verbunden. Ein Kondensator C1 wird über eine Serienschaltung zweier Widerstände R1 und R2 aufgeladen und über den Widerstand R2 entladen.

Im rechten Oszillogramm sind Auf- und Entladezeit beschrieben. Blaue Linie ist die Spannung an der LED1 (Pin3). Die grüne Linie ist die Spannung an dem Kondensator C1.

$$t_1 = 0,7 * (R_1 + R_2) * C_t, \quad t_2 = 0,7 * R_2 * C_t$$

$C_t = 1 \mu\text{F}$ ,  $R_1 = 100\text{k}\Omega$ ,  $R_2 = 47\text{k}\Omega$  rechnerisch

ergibt dies:  $t_1 = 0,7 * 150\text{k}\Omega * 1\mu\text{F} = 105\text{ms}$ ,  $t_2 = 0,7 * R_2 * C_t = 33\text{ms}$ . Diese Werte entsprechen etwa dem Oszillogramm, wenn man die Bauteiltoleranzen berücksichtigt.



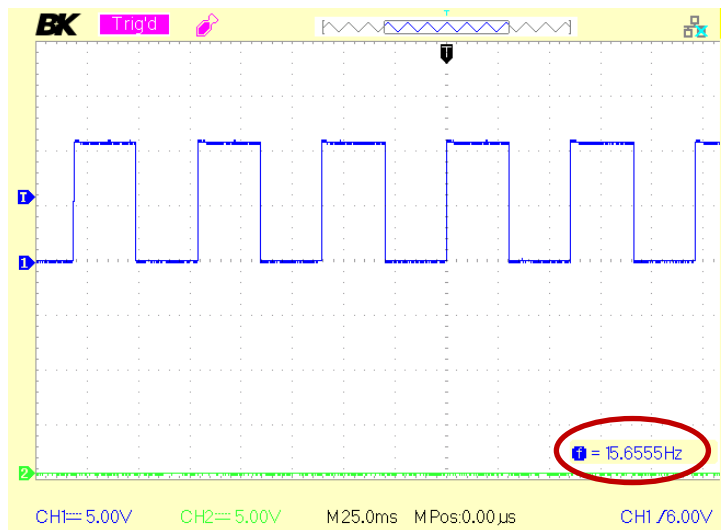
Wird eine **symmetrische Rechteckspannung** gewünscht ([duty cycle](#) von 50%) so muss  $R_1 \ll R_2$  gewählt werden, dann ist  $(R_1 + R_2)$  nahezu  $R_2$  und die Lade- und Entladezeit ist praktisch gleich groß.

$C = 1 \mu\text{F}$ ,  $R_1 = 1\text{k}\Omega$ ,  $R_2 = 47\text{k}\Omega$

$$t_1 = t_2 = 0,7 * 47\text{k}\Omega * 1\mu\text{F} = 33\text{ms}$$

$t_1 + t_2 = T$  die Periodendauer der Rechteckschwingung, im gegebenen Fall also 66ms. Der Kehrwert gibt die Frequenz der Schwingung an:

$f = 1 / T = 1 / 66\text{ms} = 15,15\text{Hz}$ . Dieser Wert entspricht der Aufzeichnung und Berechnung im Oszillogramm (rote Ellipse).



Der Steuerungseingang (PIN5) ist mit einem Kondensator gegen GND wechsellspannungsmäßig „kurzgeschlossen“. Mit einer Gleichspannung, können aber die Lade – und Entladevorgänge gesteuert werden und zwar um etwa den Faktor 5, das bedeutet in der Anwendung von Tonerzeugung (Synthesizer) ein Bereich von 2,5 Oktaven.

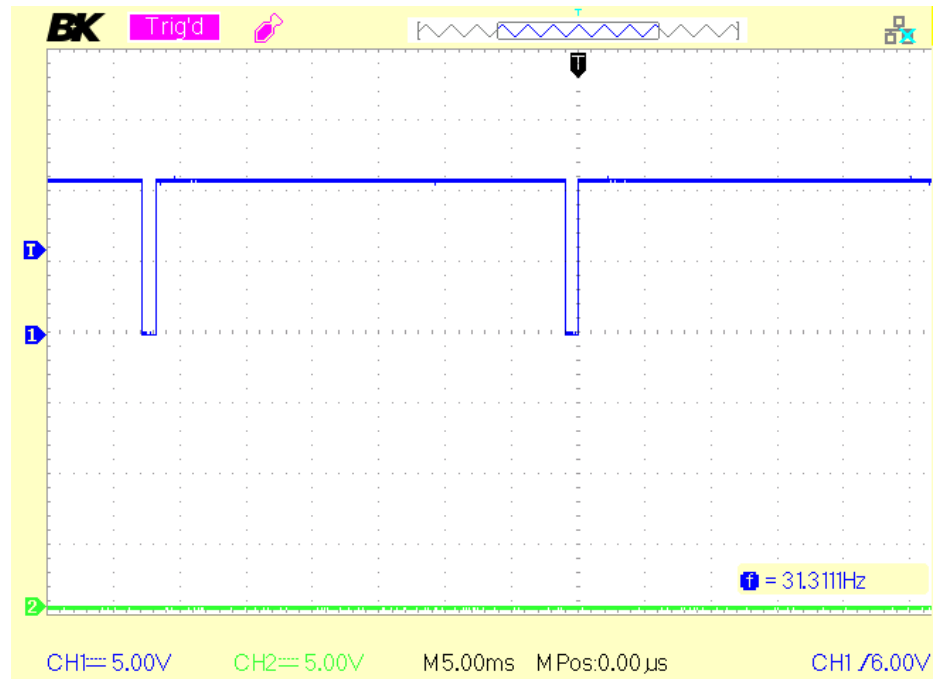
Auch für die Erzeugung von Signalen für PWM (Puls-Weiten-Modulation) oder PPM (Puls-Phasen-Modulation) können über den Steuerungseingang die erforderlichen Kurvenformen generiert werden.

Im **letzten Beispiel** sei noch ein sehr hohes Strom-Pausenverhältnis (duty cycle sehr hoch) gezeigt.

**Die Werte:**

$C = 1 \mu\text{F}$ ,  $R_1 = 47\text{k}\Omega$ ,  $R_2 = 1\text{k}\Omega$

Die Aufladezeit ist mit den Widerständen  $R_1 + R_2 = 48\text{k}\Omega$  im Verhältnis zur Entladung mit  $R_2 = 1\text{k}\Omega$  sehr groß, dies ist auch im Oszillogramm deutlich zu sehen.



Dieses [Dokument](#) und viele andere [eletrotechnische Hilfen](#) sind von meiner [Seite](#) zum Herunterladen bereit.

**In eigener Sache** Auf meiner Internetseite gibt es unter <https://nw-service.at/nachhilfe/> viele weitere ausgearbeitete und erklärte Beispiele. Unter <https://nw-service.at/technik/> sind Projekte beschrieben, aus denen angewandte Elektroniktechnik ersichtlich und erklärt ist.

Nach telefonischer Terminvereinbarung (0664 5353979) können in meinem Online-Labor auch individuelle Versuche per Skype durchgeführt werden.

Norbert Willmann