

Drei wichtige Baugruppen der Elektronik

1. Der Schmitt-Trigger – Ein Schwellwertschalter
2. Das RS – Flipflop – Ein Speicher
3. Der astabile Multivibrator – Ein Generator

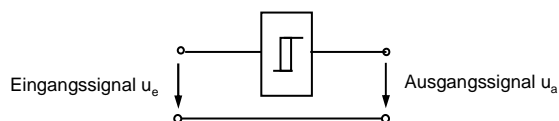
Alle drei Baugruppen

- gehören zu den Standardbaugruppen der Elektronik
- werden in der Schule häufig angewendet und
- eignen sich für den Einstieg ins Fach

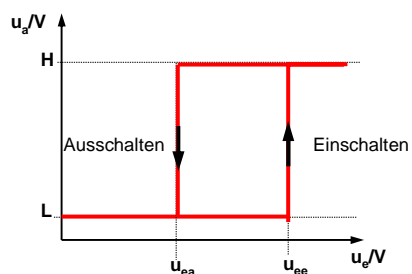
Schmitt - Trigger

Schmitt - Trigger sind Schwellwertschalter. Sie wandeln stetig veränderliche Eingangsspannungen in zwei diskrete Ausgangsspannungswerte um. Wenn die Eingangsspannung einen bestimmten Wert über- oder unterschreitet, findet ein sprunghafter Wechsel zwischen beiden Ausgangsspannungszuständen statt. (Spannungsdiskriminator)

Symbol



Übertragungskennlinie

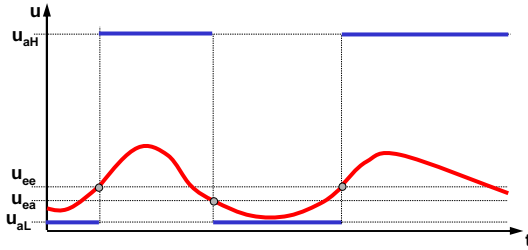


u_e : Eingangsspannung
 u_a : Ausgangsspannung
L: Low-Pegel von u_a
H: High-Pegel von u_a
 u_{ee} : Einschaltspannung
 u_{ea} : Ausschaltspannung

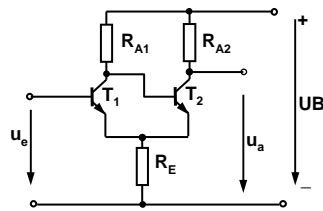
Hysteresisspannung

$$U_H = u_{ee} - u_{ea}$$

Zeitverhalten des Schmitt-Triggers

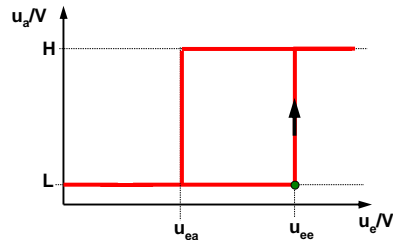
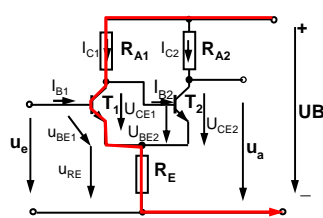


Schaltung



- R_{A1} : Arbeitswiderstand 1
- R_{A2} : Arbeitswiderstand 2
- R_E : Emitterwiderstand
- Verkoppelt die beiden Transistoren

Wirkungsweise des Schmitt-Triggers



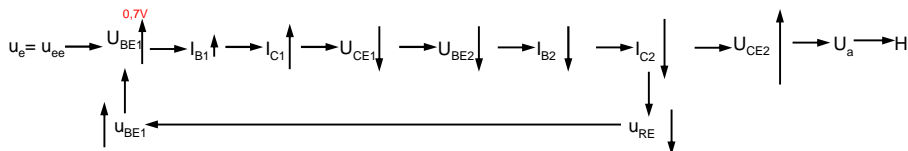
Wirkungsschema (Kausalkette)

Ruhezustand: $U_e < U_{ee}$; T_1 sperrt, T_2 leitet; $U_a = L$

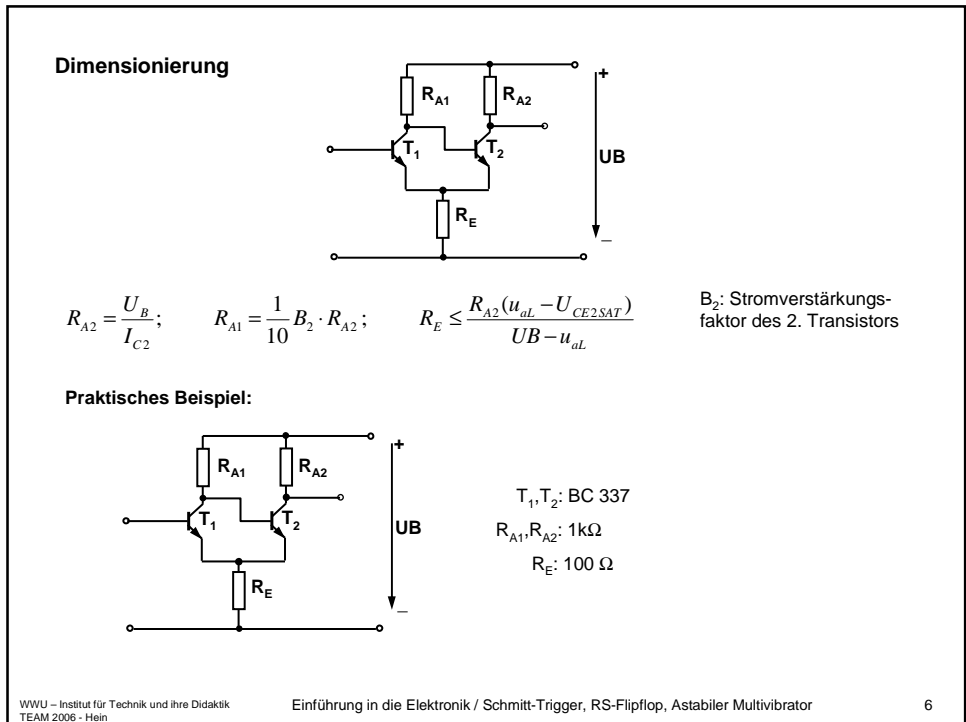
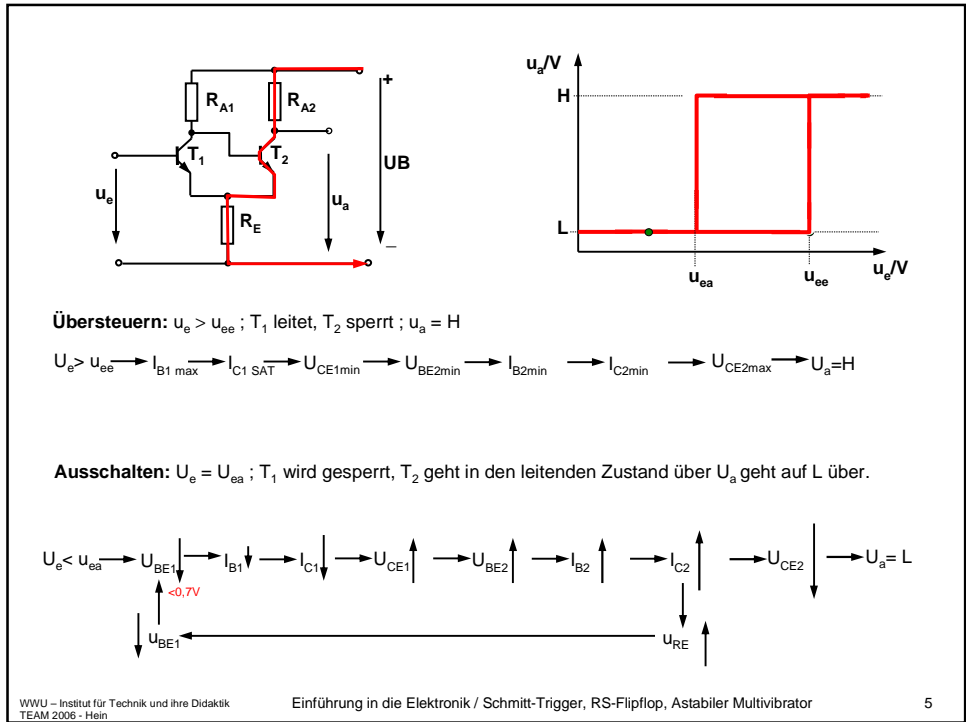
$$u_e < u_{ee} \rightarrow u_{BE1} < 0,7V \rightarrow I_{B1} \text{ min} \rightarrow I_{C1} \text{ min} \rightarrow U_{CE1} \text{ max} \rightarrow U_{BE2} \text{ max} \rightarrow I_{B2} \text{ max} \rightarrow I_{C2} \text{ max} \rightarrow U_{CE2} \text{ min} \rightarrow U_a = L$$

Einschalten: $U_e = U_{ee}$; T_1 wird leitend, T_2 geht in den gesperrten Zustand über U_a geht auf H über.

Für die Eingangsspannung gilt $u_e \approx u_{RE} + u_{BE1}$



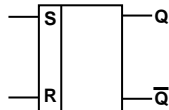
Das schnelle Umschalten des Schmitt - Triggers erklärt sich aus der Verkoppelung beider Transistoren mit R_E und aus der verstärkenden Wirkung der Transistoren.



RS-Flipflop

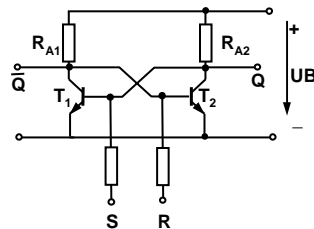
Ein Flipflop ist eine Speicherschaltung, die in der Lage ist, 1 Bit zu speichern.
Das bedeutet, dass sich diese Schaltung entweder eine 1 oder eine 0 merkt.

Symbol:



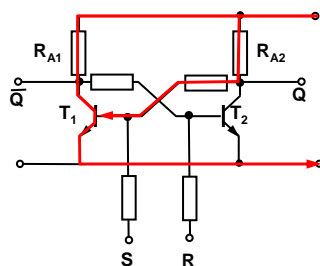
Funktion:

S	R	Q	\bar{Q}	Vorgang
1	0	1	0	Setzen
0	0	1	0	Speichern
0	1	0	1	Rücksetzen
0	0	0	1	Speichern
1	0	1	0	Setzen



Die beiden Eingänge S und R dürfen nicht gleichzeitig mit einer 1 (H-Pegel) belegt werden, weil beide Ausgänge eine 0 (L-Pegel) führen würden. Das ist nicht zulässig, weil Q und \bar{Q} immer entgegengesetzt belegt sein müssen.

Wirkungsweise des RS-Flipflops



S	R	Q	\bar{Q}	Vorgang
1	0	1	0	Setzen
0	0	1	0	Speichern
0	1	0	1	Rücksetzen
0	0	0	1	Speichern
1	0	1	0	Setzen

Setzen: $S=H \rightarrow I_{B1max} \rightarrow I_{C1max} \rightarrow U_{CE1min} \rightarrow \bar{Q}=L$

$R=L \rightarrow I_{B2min} \rightarrow I_{C2min} \rightarrow U_{CE2max} \rightarrow Q=H$

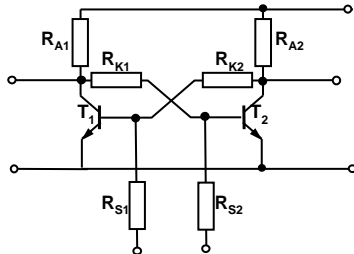
Das Rücksetzen erfolgt in analoger Weise!

Speichern: $S=L \rightarrow I_{B1max} \rightarrow I_{C1max} \rightarrow U_{CE1min} \rightarrow \bar{Q}=L$

$R=L \rightarrow I_{B2min} \rightarrow I_{C2min} \rightarrow U_{CE2max} \rightarrow Q=H$

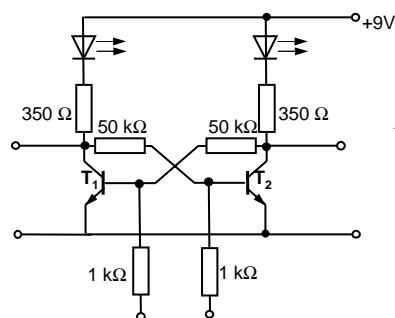
Was erfolgt, wenn an S und R ein H angelegt wird?

Dimensionierung



- R_A : 1k Ω (Arbeitswiderstand)
- R_S : 1k Ω (Schutzwiderstand für die Basis-Emitterstrecke)
- R_K : 50k Ω (Koppelwiderstand zur Erhaltung des H-Pegels an der jeweiligen Basis beim Setzen oder Rücksetzen)

Variante zur Anzeige eines Zustands mit LEDs



Berechnung von R_A

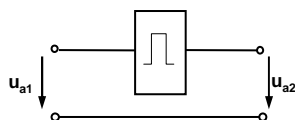
Betriebsspannung $U_B = 9V$
 Betriebswerte der LED: $I_F = 20\text{ mA}$; $U_F = 2V$

$$R_A = \frac{U_B - U_F}{I_F} = \frac{9V - 2V}{20\text{ mA}} = \frac{7V}{20 \cdot 10^{-3}\text{ A}} = 0,35 \cdot 10^3 \frac{V}{A} = 350\Omega$$

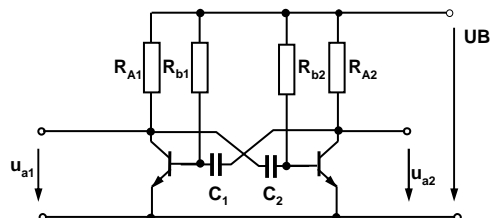
Astabiler Multivibrator

Astabile Multivibratoren (AMV) sind Kippschaltungen, mit denen Rechteckspannungen bis zu einigen MHz erzeugt werden können.

Symbol:



Schaltung:

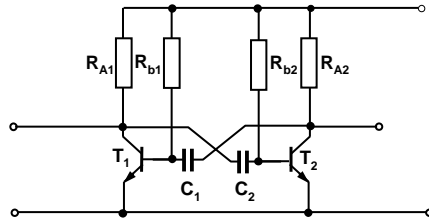


- R_A : Arbeitswiderstände
- R_b : Basiswiderstände
- C : Kondensatoren

R_{b1} und C_1 sowie R_{b2} und C_2 sind die zeitbestimmenden Glieder.

Zeitkonstante

Wirkungsweise



Wenn der AMV schwingt, dann werden die Kondensatoren ständig umgeladen. Die Zeitkonstanten der beiden RC – Glieder bestimmt die Schaltzeiten der Transistoren und damit die Frequenz.

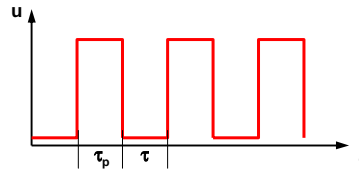
Jedes RC-Glied bestimmt abwechselnd die Zeit τ der Pause und die Zeit τ_p des Impulses.

$$\tau = 0,69 \cdot R_{B1} \cdot C_1 \quad \tau_p = 0,69 \cdot R_{B2} \cdot C_2$$

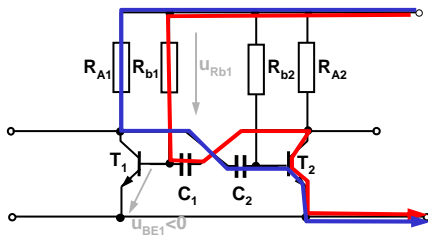
Für eine Periode gilt: $T = \tau + \tau_p$

Frequenz des AMV: $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\tau + \tau_p}$

$$f = \frac{1}{0,69 \cdot R_{B1} \cdot C_1 + 0,69 \cdot R_{B2} \cdot C_2}$$



Zur Beschreibung Startsituation festlegen, weil das System ständig schwingt.

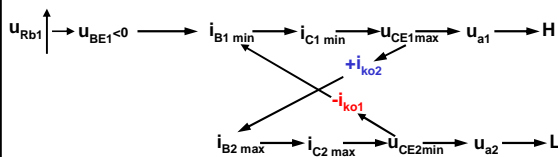


Der AMV hat gerade umgeschaltet, so dass der Transistor T_1 jetzt sperrt und T_2 jetzt leitet. Wegen des vorangegangenen Vorgangs ist der Kondensator C_2 gerade noch entladen und C_1 gerade noch geladen.

Zeitgleich finden zwei Vorgänge statt!!!

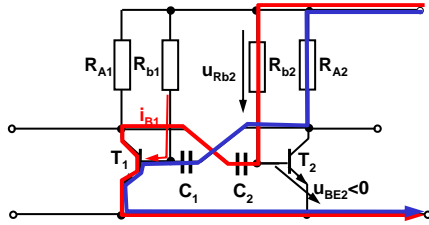
- 1. Vorgang:** C_1 entlädt sich mit i_{K01} über T_2 . Über R_{B1} fließt eine entsprechend große Stromstärke, der entstehende Spannungsabfall hält wegen seines großen Betrags in negativer Richtung T_1 weiterhin für eine gewisse Zeit gesperrt.
- 2. Vorgang:** C_2 war zuvor entladen und wird jetzt mit i_{K02} über R_{A1} aufgeladen. Der Ladestrom von C_2 fließt in die Basis von T_2 und schaltet diesen Transistor ebenfalls für eine bestimmte Zeit durch.

Wirkungsschema: T_1 sperrt, T_2 leitet; C_1 noch geladen; C_2 noch entladen



Dieser Vorgang dauert die Zeitkonstante τ und beginnt danach in der entgegen gesetzten Richtung

Zur Beschreibung Startsituation festlegen, weil das System ständig schwingt.



Wenn der Kondensator C_1 umgeladen ist, beginnt ein Basisstrom über R_{b1} in T_1 zu fließen.

T_1 beginnt zu leiten, seine Kollektor-Emitterstrecke verliert ihren hohen Widerstand.

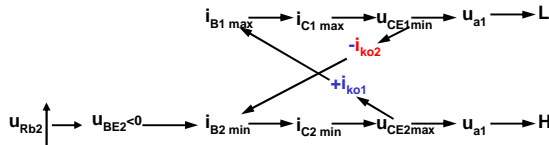
Der Kondensator C_2 entlädt sich mit I_{ko2} und erzeugt über R_{b2} den hohen Spannungsabfall, der T_2 sperrt. Der AMV ist gekippt.

Es finden zeitgleich wiederum zwei Vorgänge statt.

3. Vorgang: C_2 entlädt sich mit i_{ko2} über T_1 . Über R_{b2} fließt eine entsprechend große Stromstärke, der entstehende Spannungsabfall u_{Rb2} hält wegen seines großen Betrags in negativer Richtung T_2 während der folgenden Zeitkonstanten gesperrt.

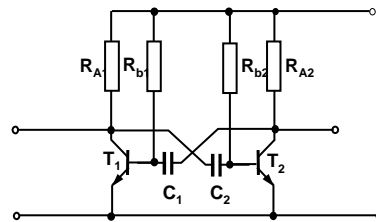
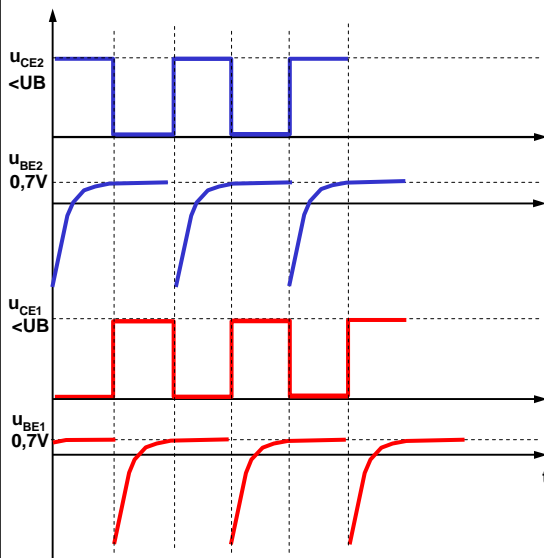
4. Vorgang: C_1 war zuvor entladen und wird jetzt mit i_{ko1} über R_{A2} aufgeladen. Der Ladestrom von C_1 fließt in die Basis von T_1 und hält diesen Transistor im leitenden Zustand.

Wirkungsschema: T_1 leitet, T_2 sperrt; C_2 noch geladen; C_1 noch entladen

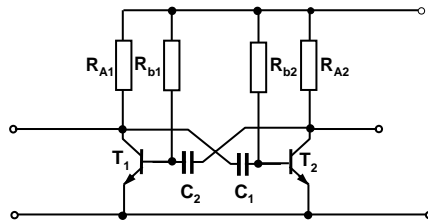


Dieser Vorgang dauert die Zeitkonstante τ und beginnt danach in der entgegengesetzten Richtung usw., usf..

Impulsdiagramm des AMV



Berechnung des AMV



$R_A = 1k\Omega$
 $R_B = 24k\Omega$
 $C = 10nF$

1. Berechnung der Arbeitswiderstände wie gehabt $R_A = \frac{UB}{I_{Cmax}} = \frac{10V}{10mA} = 1k\Omega$

2. Berechnung der Frequenz

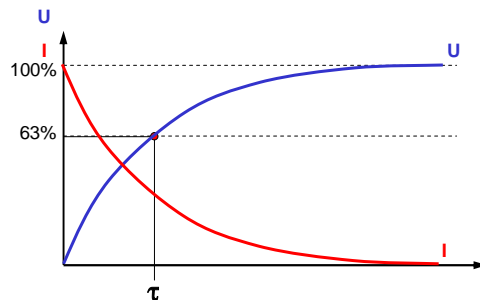
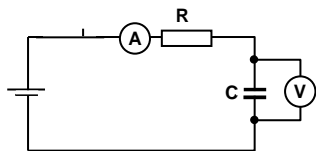
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\tau + \tau_p} = \frac{1}{0,69 \cdot R_{B1} \cdot C_1 + 0,69 \cdot R_{B2} \cdot C_2} = \frac{1}{2(0,69 \cdot R_B \cdot C)}$$

Nur bei gleichem Tastverhältnis!

Beispiel: $f = 3 \text{ kHz}$, $C = 10 \text{ nF}$

$$f = \frac{1}{2(0,69 \cdot R_B \cdot C)} \quad R_B = \frac{1}{2(0,69 \cdot f \cdot C)} = \frac{1}{2 \cdot 0,69 \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{s} \cdot 10 \cdot 10^{-9} \frac{As}{V}} = \frac{1 \cdot 10^6 V}{42A} = 23,8k\Omega$$

RC-Glieder



Das Produkt RC ist ein Maßstab für die Aufladegeschwindigkeit und wird Zeitkonstante τ genannt. Sie gibt die Zeit an, die erforderlich ist, um einen Kondensator auf 63% seiner Endspannung aufzuladen.

Beispiel: Zu berechnen ist die Zeitkonstante eines RC-Gliedes mit $R=1k\Omega$ und $C=100nF$.

$$\tau = R \cdot C$$

$$\tau = 1k\Omega \cdot 100nF = 1 \cdot 10^3 \frac{V}{A} \cdot 100 \cdot 10^{-9} \frac{As}{V}$$

$$\tau = 100 \cdot 10^{-6} s = 100\mu s$$

AMV