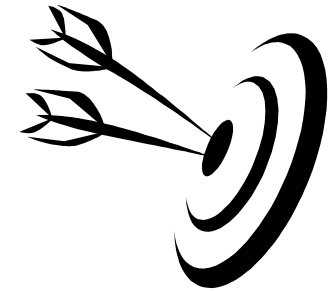
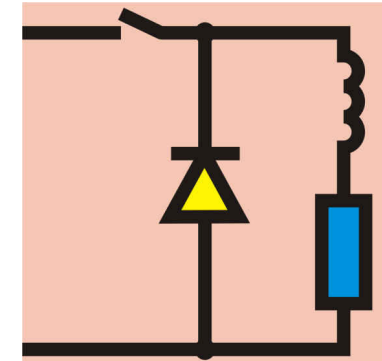
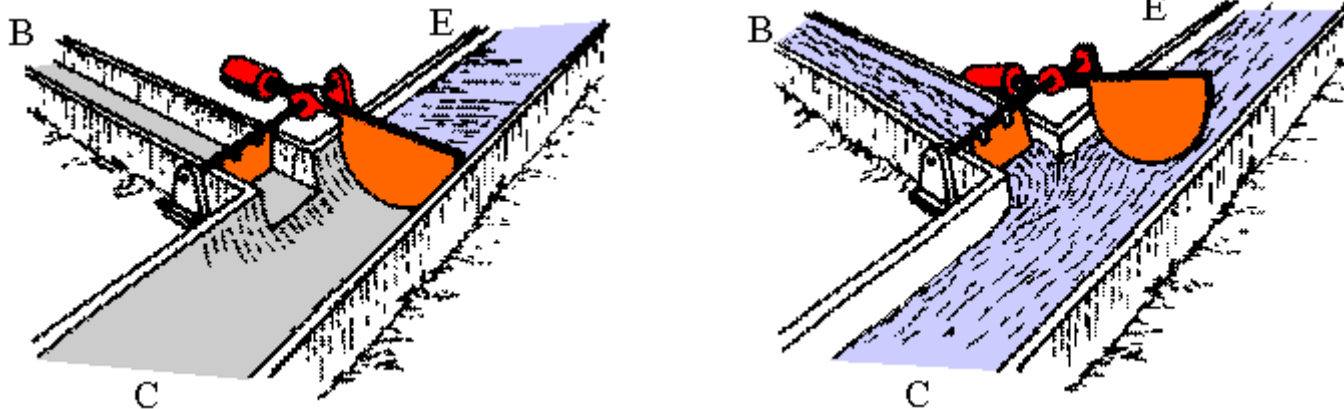


Lernziele



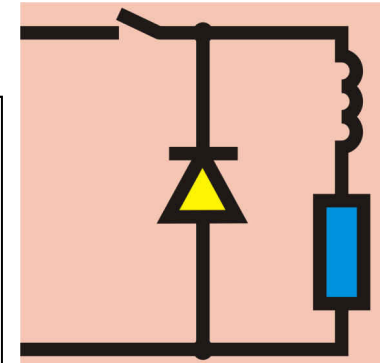
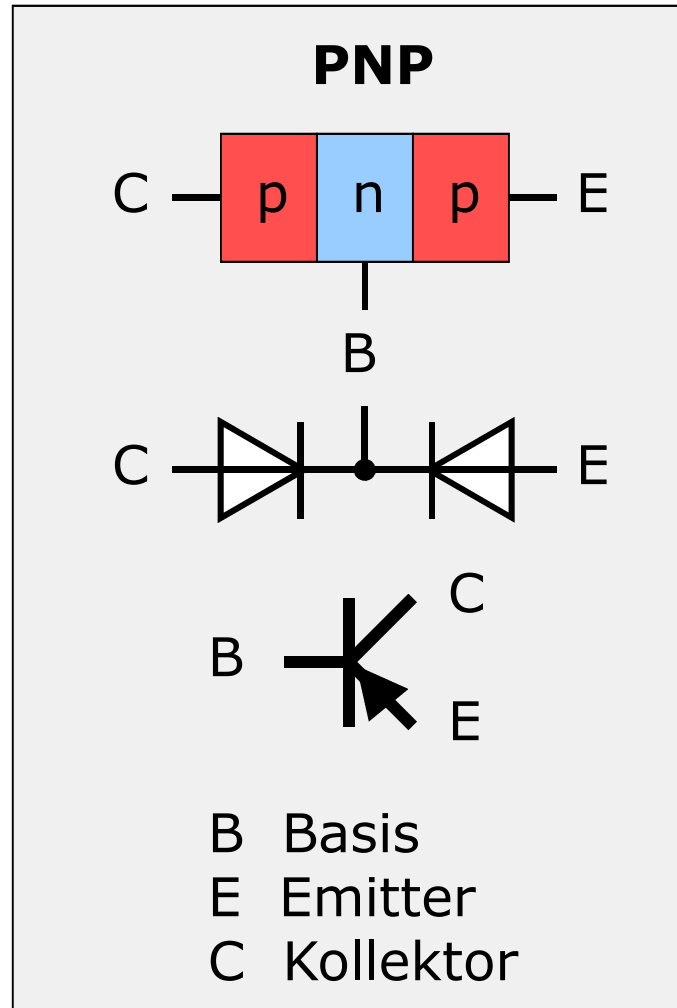
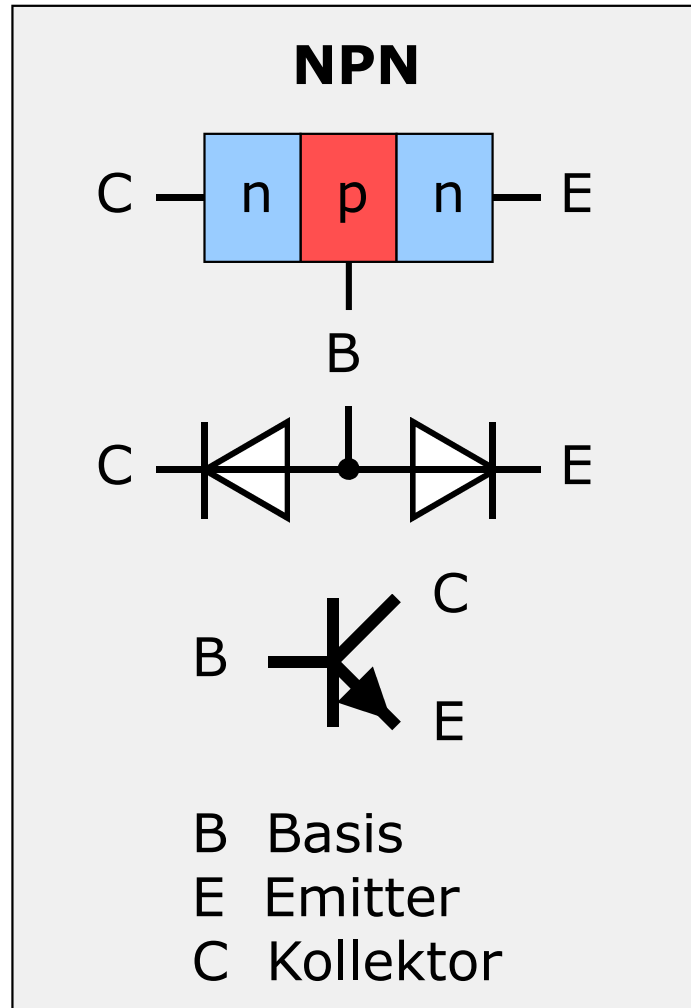
- Ich kann die prinzipielle Funktionsweise des Transistors als Halbleiter-Schalter erklären.
- Ich kann die wichtigsten Daten eines Halbleiterschalters aus dem Datenblatt lesen.
- Ich kann sinngemäss erklären, wie der Schaltvorgang einen Halbleiterschalter gefährdet.
- Ich kann mindestens vier Anwendungen von Transistoren als Halbleiterschalter beschreiben.
- Ich kann den Vorwiderstand für die Ansteuerung des Bipolar-Transistorschalters berechnen.

Ein mechanisches Modell veranschaulicht die Funktionsweise des Transistors als Schalter.



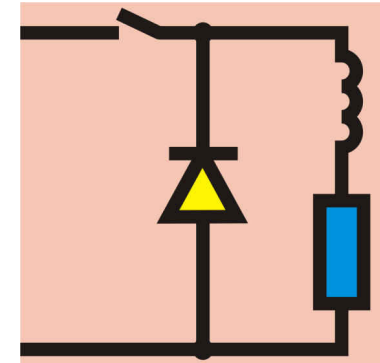
Ein kleiner Basis-Strom (Kleiner Wasserstrom) bewirkt einen grossen Collector-Emitter-Strom (grosser Wasserstrom).

Aufbau und Bezeichnungen von Transistoren.

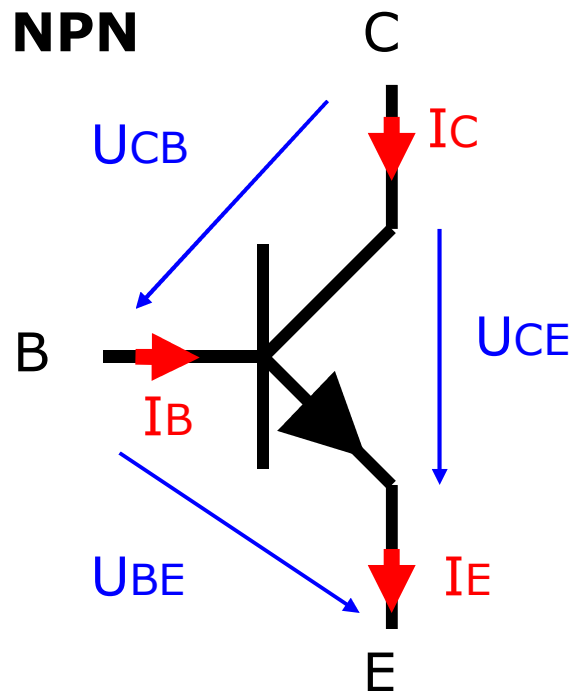


Schalttransistor: Spannungen und Ströme am Transistor

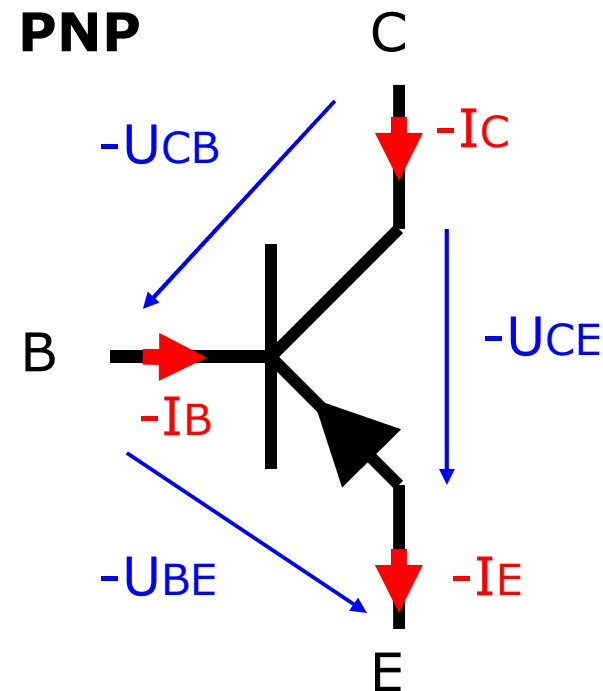
Spannungs- und Strompfeile werden bei NPN und PNP Transistoren gleich eingetragen. Da beim PNP Transistor die Polaritäten umgekehrt sind, wird der Bezeichnung ein - Zeichen vorgestellt.



NPN

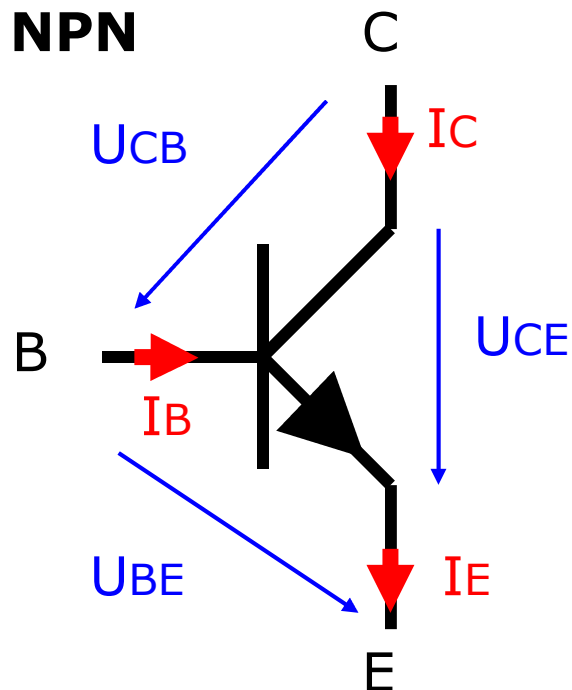


PNP

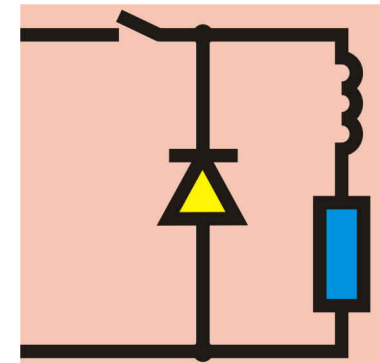


Schaltransistor: Wichtige Beziehungen

Die wichtigsten Beziehungen zum Schaltransistor lauten wie folgt:



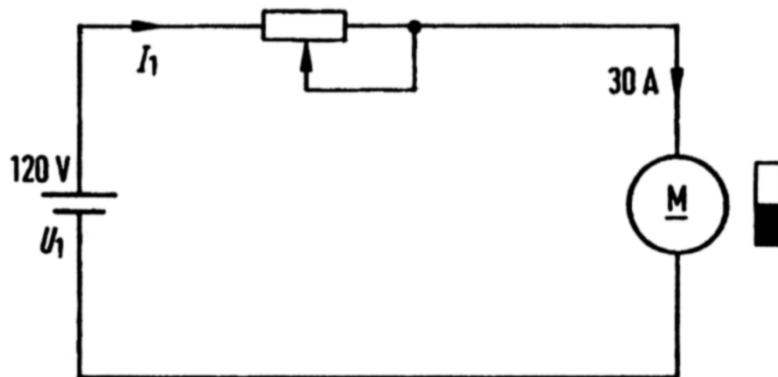
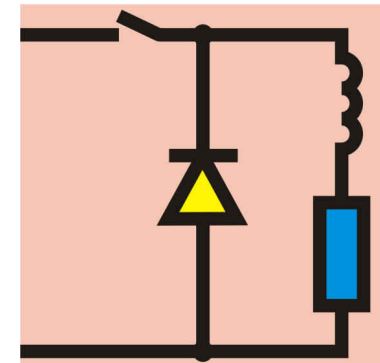
$$\begin{aligned} I_E &= I_B + I_C \\ U_{CE} &= U_{CB} + U_{BE} \\ B &= I_C / I_B \\ P_V &\sim U_{CE} \cdot I_C \end{aligned}$$



Schalttransistor: Prinzip des Schaltbetriebes

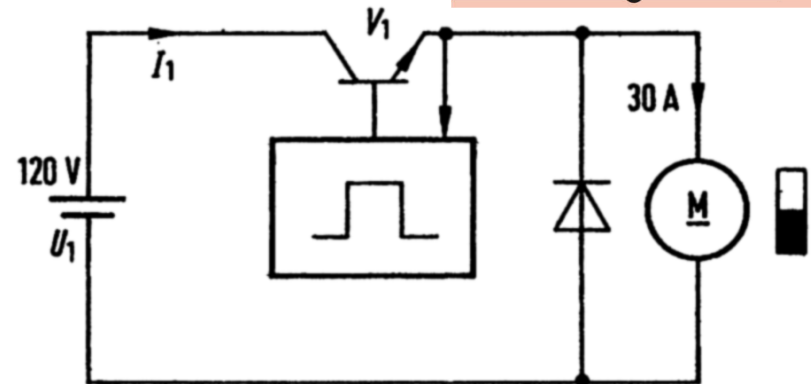
Nur durch die Anwendung des Schaltbetriebes ist es möglich, grosse bis sehr grosse Leistungen mit Stromrichtern zu übertragen.

Beispiel: Die Spannung am Motor soll 60 V sein.



$$\text{Verluste: } P_V = 60V \cdot 30A = 1800W$$

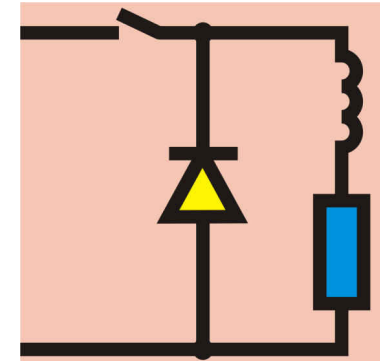
$$\text{Wirkungsgrad: } \eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = 50\%$$



$$P_V = \frac{0,3V \cdot 30A}{2} = 4,5W$$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{ab} + P_V} = 99,75\%$$

Merke: Durch den Schaltbetrieb sind die Verluste in Stromrichtern gering bzw. die Wirkungsgrade sehr gross. In der Praxis sind Wirkungsgrade von 98% bis 99% realistisch.



Vorteile:

- Kein Verschleiss
- Guter Wirkungsgrad
- Hohes Potential für Energiesparmassnahmen
- Kostengünstige Anlagen

Nachteile:

- Netzurückwirkungen
- Abstrahlung höherfrequenter Felder (EMV)

Schalttransistor: Berechnung des Vorwiderstandes

Für kleinere Leistungen finden Schalttransistoren in Bipolar-Technik Anwendung:

Um ein sicheres Schalten zu gewährleisten wird der Transistor mit einem um den Übersteuerungsfaktor \ddot{u} grösseren Basisstrom übersteuert.

Beispiel:

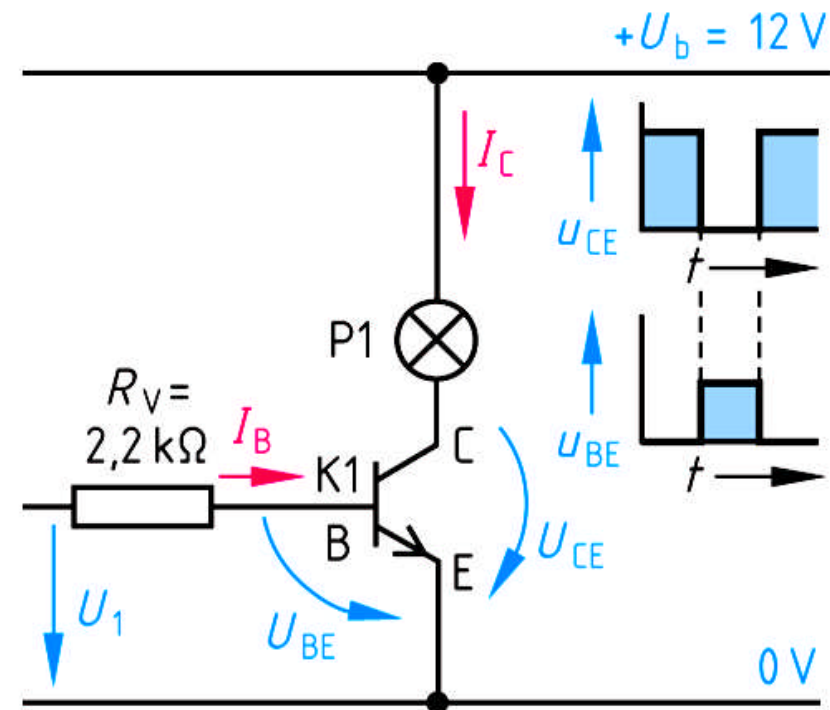
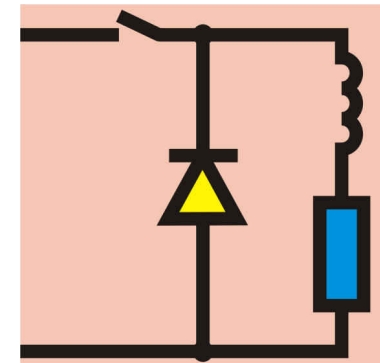
Der Transistor BCY 58 mit $U_{BEsat} = 0,9 \text{ V}$; $U_{CEsat} = 0,3 \text{ V}$; $I_C = 200 \text{ mA}$ und $B_{min} = 60$ wird als Schalttransistor eingesetzt. Der Übersteuerungsfaktor ist $\ddot{u} = 2$, die Betriebsspannung ist $U_b = 24 \text{ V}$ und die Eingangsspannung $U_1 = 4,8 \text{ V}$. Berechnen Sie den Basisvorwiderstand R_V .

$$R_V = \frac{(U_1 - U_{BEsat}) \cdot B_{min}}{\ddot{u} \cdot I_C} =$$

$$R_V = \frac{(4,8\text{V} - 0,9\text{V}) \cdot 60}{2 \cdot 200\text{mA}} = \underline{\underline{585\Omega}}$$



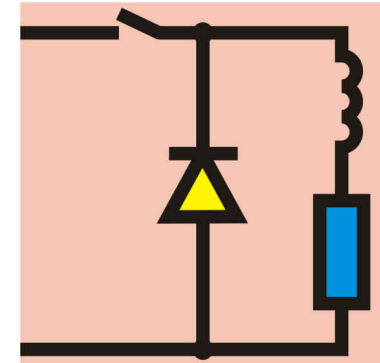
Berufs Bildung Baden



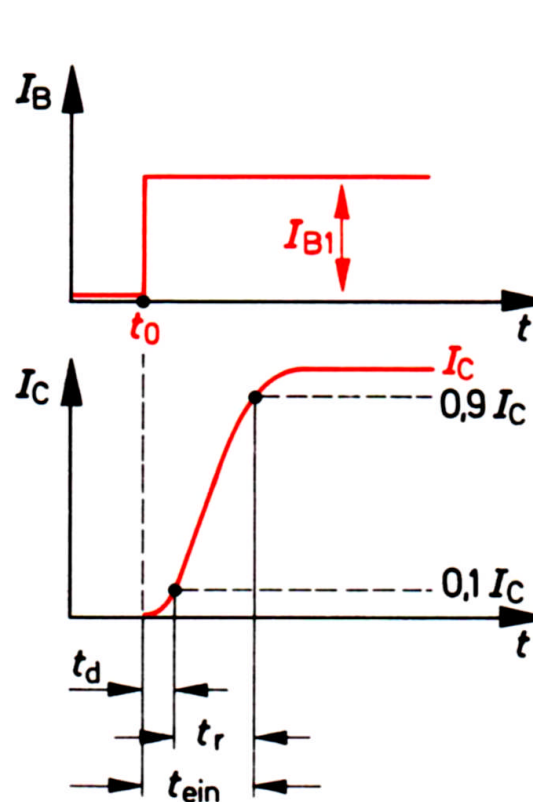
Grundsaltung des Transistorschalters

Schalttransistor: Schaltvorgang

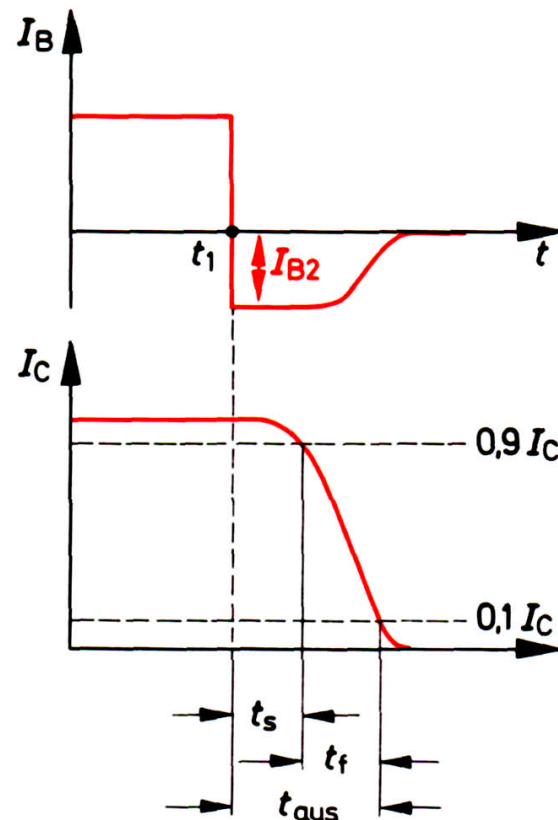
Der Wechsel vom Aus-Zustand zum Ein-Zustand und umgekehrt sind die für alle Halbleiterschalter gefährlichen Vorgänge:



Einschalten:



Ausschalten:



Vom Hersteller werden im Datenblatt folgende Schaltzeiten angegeben:

t_d = Verzögerungszeit (delay)

t_r = Anstiegszeit (rise)

t_s = Speicherzeit (storage)

t_f = Abfallzeit (fall)

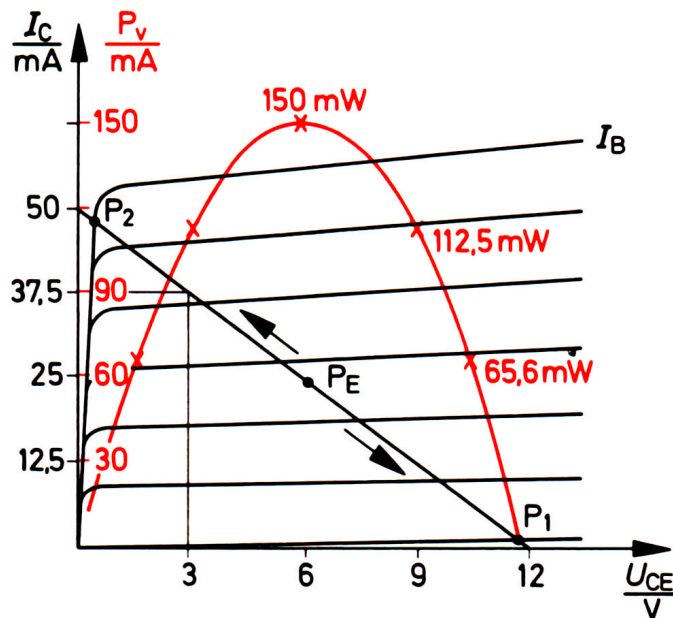
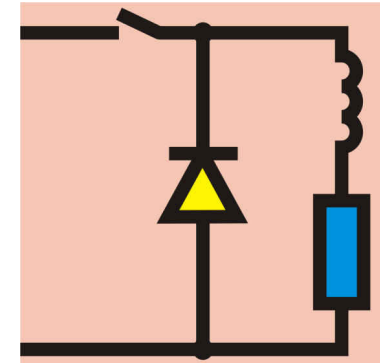
Damit werden folgende wichtige Zeiten berechnet:

$$t_{\text{ein(on)}} = t_d + t_r$$

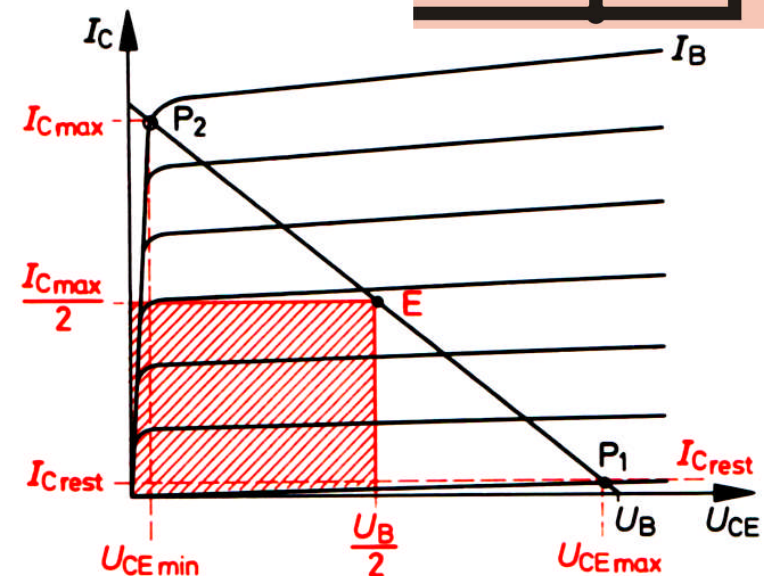
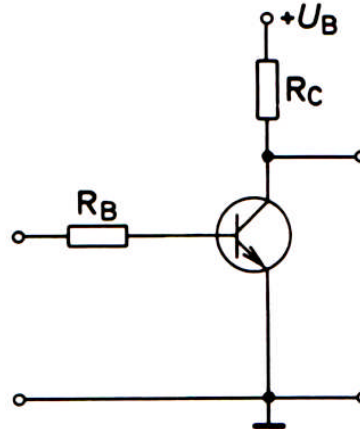
$$t_{\text{aus(off)}} = t_s + t_f$$

Schalttransistor: Schaltvorgang

Die grössten Verluste treten während des Schaltvorganges auf. Hier dargestellt am Beispiel mit *ohmscher Last*:



Während des Schaltvorganges von P_1 nach P_2 sind die Verluste in der Mitte am Grössten.



Somit bildet die Fläche die Einschalt- bzw. die Ausschaltverluste:

$$P_{E_{\max}} = P_{A_{\max}} \approx \frac{U_B}{2} \cdot \frac{I_{C_{\max}}}{2}$$

Schaltransistor: Pulsweitenmodulation

Der Betrieb des Transistorschalters nach dem Prinzip der **Pulsweitenmodulation** hat in vielen Geräten Einzug gehalten.

Ein Verbraucher (z.B. Glühlampe oder Elektromotor) wird schnell ein- und ausgeschaltet. Auf der X-Achse ist die Zeit aufgetragen und auf der Y-Achse die Spannung.

Das Verhältnis zwischen Periodendauer und Einschaltzeit beträgt 50%, damit ist der Mittelwert der Spannung auch 50%. Wird die Einschaltzeit verkürzt, so sinkt der Mittelwert und umgekehrt.

In folgenden Geräte wird die Schalttechnik heute angewendet:

- Dimmer für LED-Leuchten
- Netzgeräte für Notebook, Handy etc.
- Geschwindigkeitsregler für Gleichstrommotoren (z.B. Akkuschrauber)
- Schaltschrank-Netzgeräte (24VDC)
- Frequenzumrichter für Drehstrommotoren
- etc.

