

University of Applied Sciences Cologne Campus Gummersbach Dipl.-Ing. (FH) Dipl.-Wirt. Ing. (FH) G. Danielak	<h1>Transistor</h1> <h2>Wechselstromersatzschaltbild</h2>	<h1>Tutorium</h1> <h2>T-10</h2> Stand: 19.03.2006; R0
--	--	---

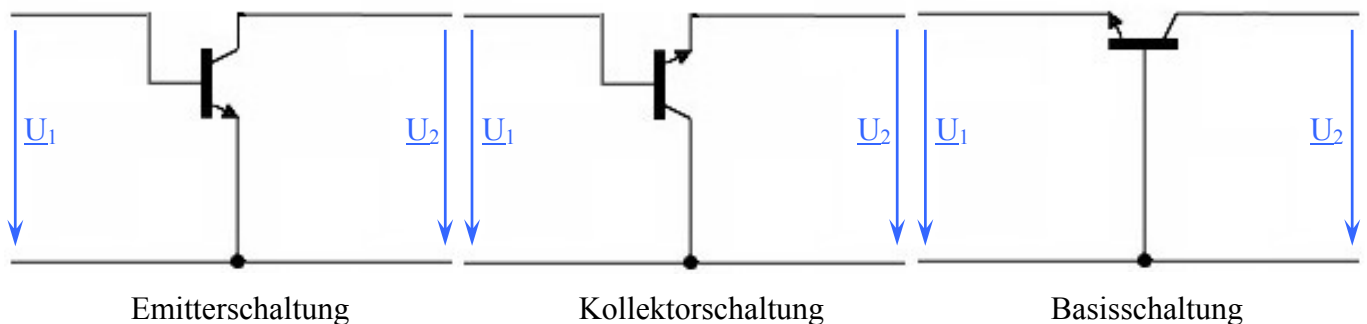
Auf den vorangegangenen Seiten wurde der Arbeitspunkt des Transistors durch eine Beschaltung von Widerständen definiert. Die Arbeitspunkte im Eingang und am Ausgang werden durch Gleichspannungen und –ströme erzeugt. Erst dadurch ist der Transistor im Stand zu arbeiten bzw. am Eingang anliegende Wechselspannungen zu verstärken.

Das bedeutet am Transistor überlagern sich zwei „Ebenen“: Die Gleichspannungs- und die Wechselspannungsebene. Während die Wechselspannung sowie der dazugehörige Wechselstrom auf alle Bereiche des Transistors und der äußeren Beschaltung zugreifen darf, muss man die Gleichspannung und den Gleichstrom vom Eingang und Ausgang entkoppeln. Der Grund dafür sind Verzerrungen welche durch die Mischspannung entstehen können beziehungsweise eine Beeinflussung der Elemente, welche sich am Eingang (z. B. Mikrofon) und Ausgang (z. B. Lautsprecher) befinden. Diese Entkopplung wird durch Kondensatoren realisiert. Sie werden mit C_∞ gekennzeichnet und blocken die Gleichspannung ab, in dem sie sich auf diese Gleichspannung aufladen (Einschaltvorgang). Für den Wechselstrom stellen diese Koppelkapazitäten einen „idealen“ Kurzschluss dar, denn der Blindwiderstand einer Kapazität

berechnet sich nach der Formel: $X_C = -\frac{1}{\omega \cdot C}$. Setzt man für die Kapazität C_∞ ein, so strebt der Wert für

X_C gegen Null. Das bedeutet allerdings auch, dass alle Elemente, die parallel zu einem Kondensator mit der Größe C_∞ liegen, (wechselstromseitig) kurzgeschlossen werden.

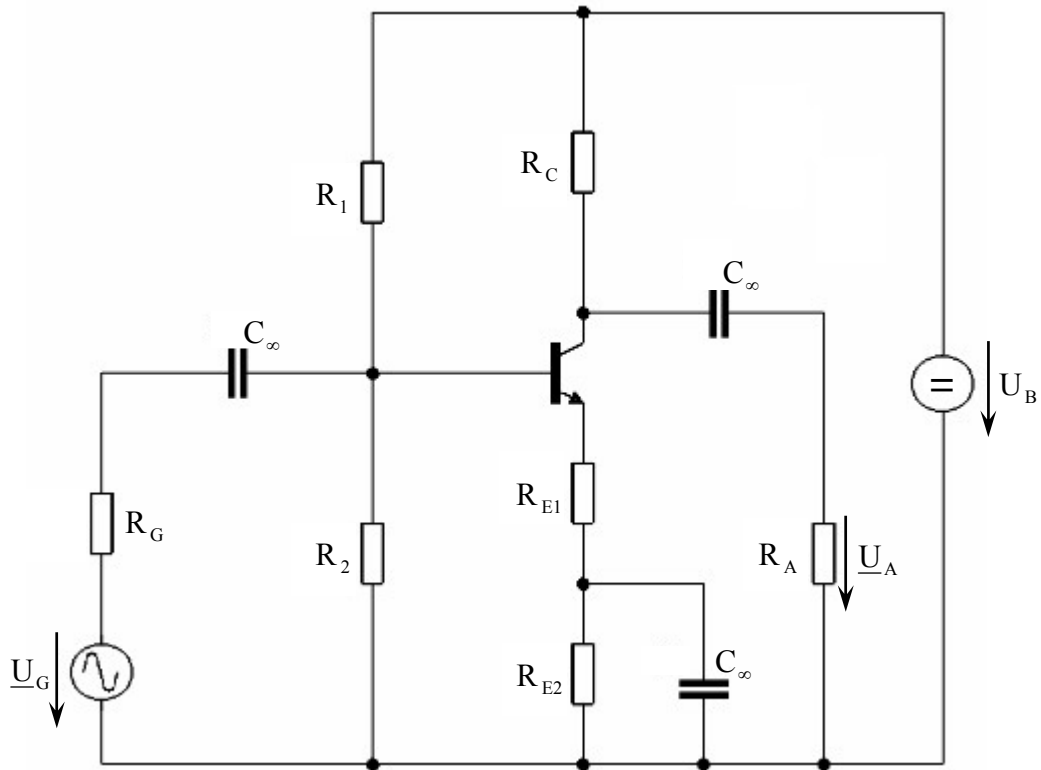
Zum Erstellen eines Wechselstromersatzschaltbilds muss man auch wissen, in welcher Schaltung sich der Transistor befindet. Es gibt drei Grundschaltungen, die alle ihre Vor- und Nachteile haben, auf die hier jedoch nicht näher eingegangen wird:



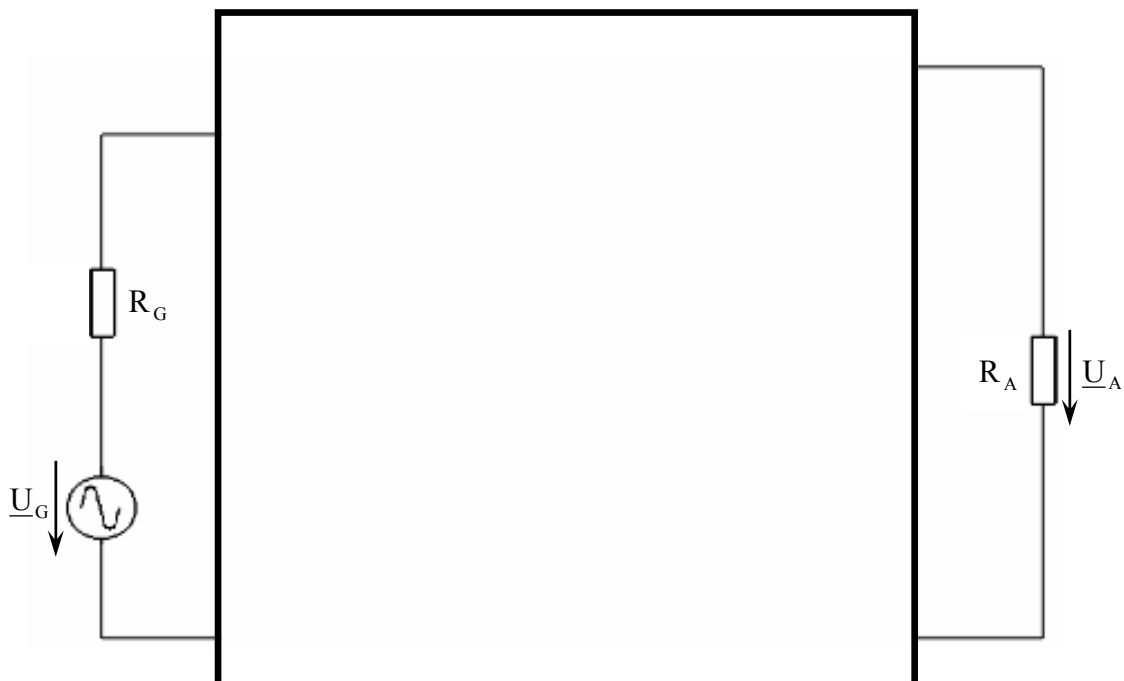
Diese drei Grundschaltungen sind hier als Vierpole gezeichnet, d. h. sie besitzen vier Anschlüsse. Dabei ist der Eingang immer oben links, der Ausgang befindet sich oben rechts. Man kann eine Schaltung danach definieren, wo die Eingangsspannung U_1 beziehungsweise die Ausgangsspannung U_2 angeschlossen ist. Bei der Kollektorschaltung liegt U_1 zwischen Basis und Kollektor, U_2 zwischen Emitter und Kollektor. Der Anschluss des Transistors, den man zweimal genannt hat, ist die Grundschaltung – in diesem Falle Kollektor. Bei der Kollektorschaltung wird der Emitteranschluss nach oben gezeichnet, ein Überkreuzen der Anschlüsse findet nicht statt.

Eine weitere Möglichkeit zur Bestimmung der Grundschaltung ist, in dem man den Anschluss des Transistors benennt, der weder am Eingang noch am Ausgang angeschlossen ist. Bei der Basisschaltung, zum Beispiel, ist die Basis weder am Eingang (Emitter) noch am Ausgang (Kollektor) angeschlossen.

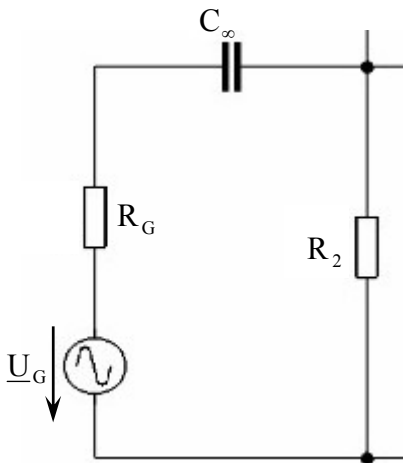
Das Wechselstromersatzschaltbild kann man immer mit einer Schaltung mit einer Blackbox beginnen, deren Inhalt man nicht kennt. Die äußeren Elemente ändern sich bei keiner der verschiedenen Schaltungen. Die unten aufgeführte Schaltung ist eine Beispielschaltung, deren Wechselstromersatzschaltbild man bestimmen soll.



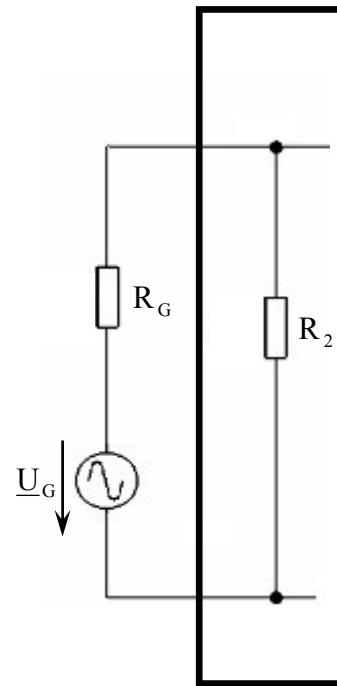
Begonnen wird immer mit der unten aufgeführten Schaltung. Sie kann in drei Bereiche unterteilt werden: Eingang, Blackbox und Ausgang. Eingang und Ausgang sind immer konstant, d. h. sie werden immer in dieser Form gezeichnet.



Man beginnt bei der Wechselspannungsquelle und zeichnet die Bauteile in das Wechselstromersatzschaltbild so ein, wie der Strom aus dem Pol durch die Elemente wieder in den Minuspol fließen würde.



Als erstes kommt nach dem Generatorinnenwiderstand R_G der kurzgeschlossene Koppelkondensator. Danach ein Knotenpunkt mit drei Abzweigungen. Man beginnt mit dem kürzesten Weg Richtung 0V (Minuspol) der Wechselspannungsquelle – das ist über den Widerstand R_2 . Ein Teil des Stroms aus der Quelle fließt also über R_2 wieder zurück. Genau das

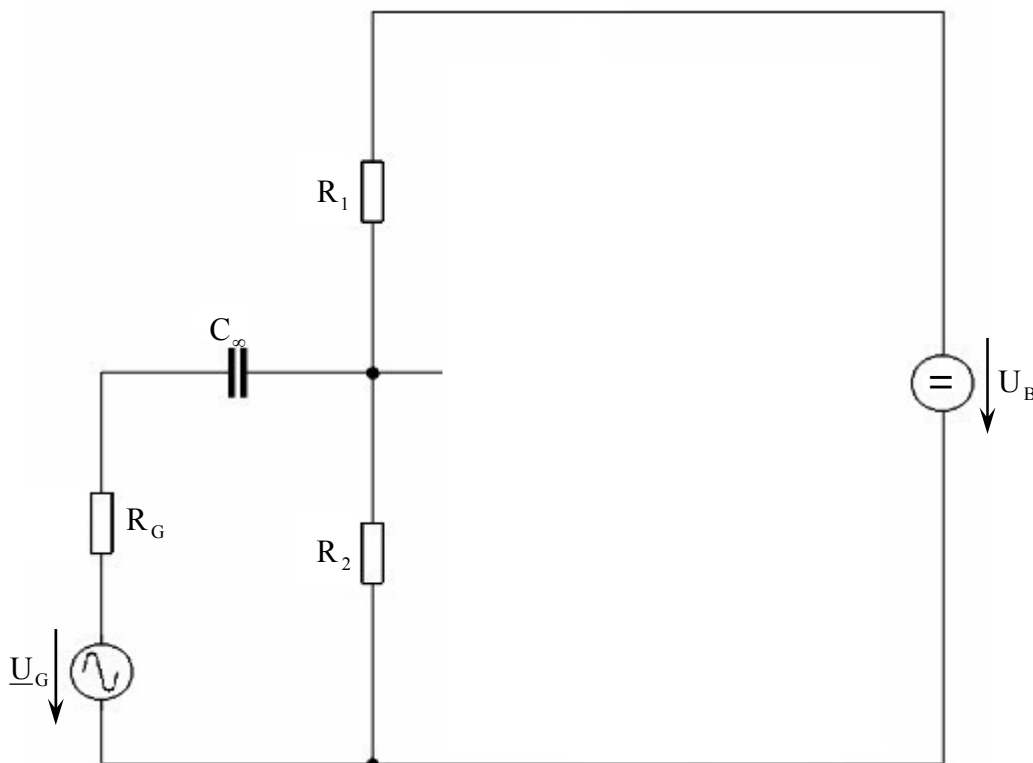


zeichnet man als erstes in das Wechselstromersatzschaltbild.

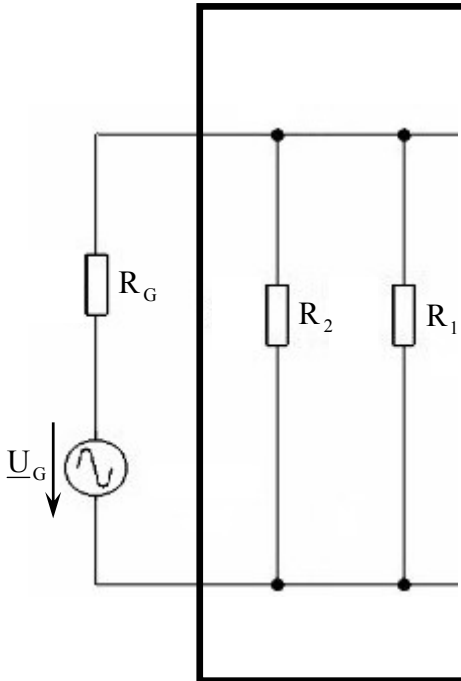
Der Koppelkondensator wird nicht eingezeichnet. Er stellt im betrachteten Frequenzbereich einen idealen Kurzschluss dar.

Ein weiterer Weg von dem ersten Knotenpunkt aus Richtung Minuspol der Quelle ist über den Widerstand R_1 . Dabei fließt der Wechselstrom über die Gleichspannungsquelle U_B . Diese stellt für den Wechselstrom einen unendlich

großen Kondensator dar und kann daher auch als Kurzschluss angesehen werden.

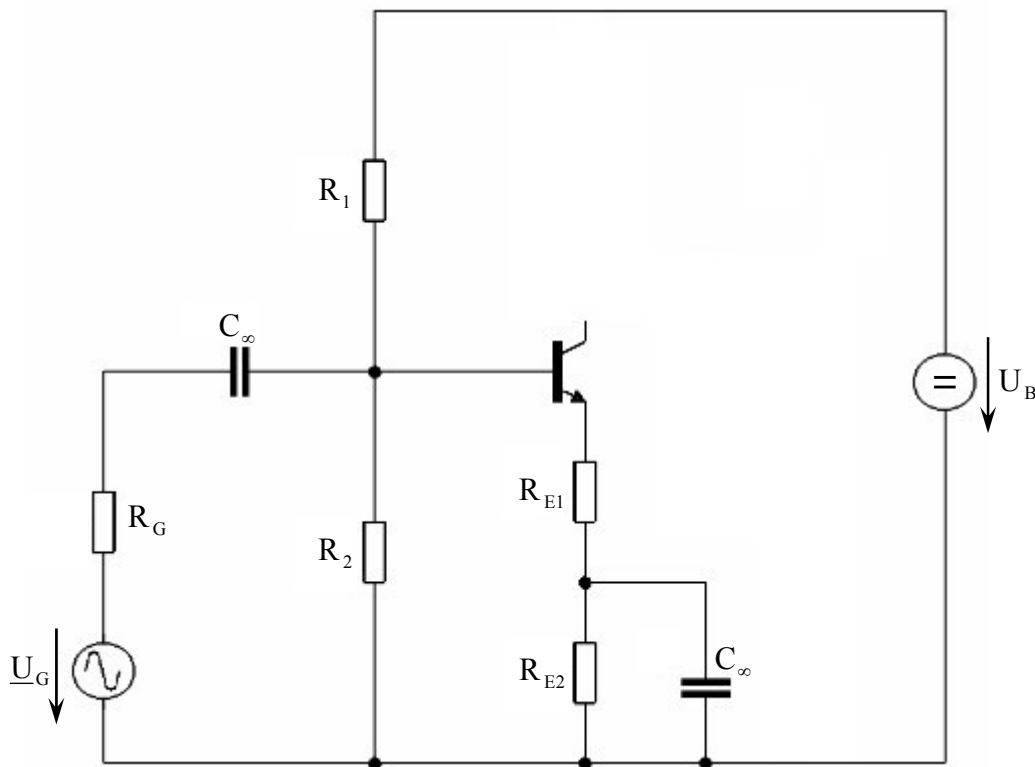


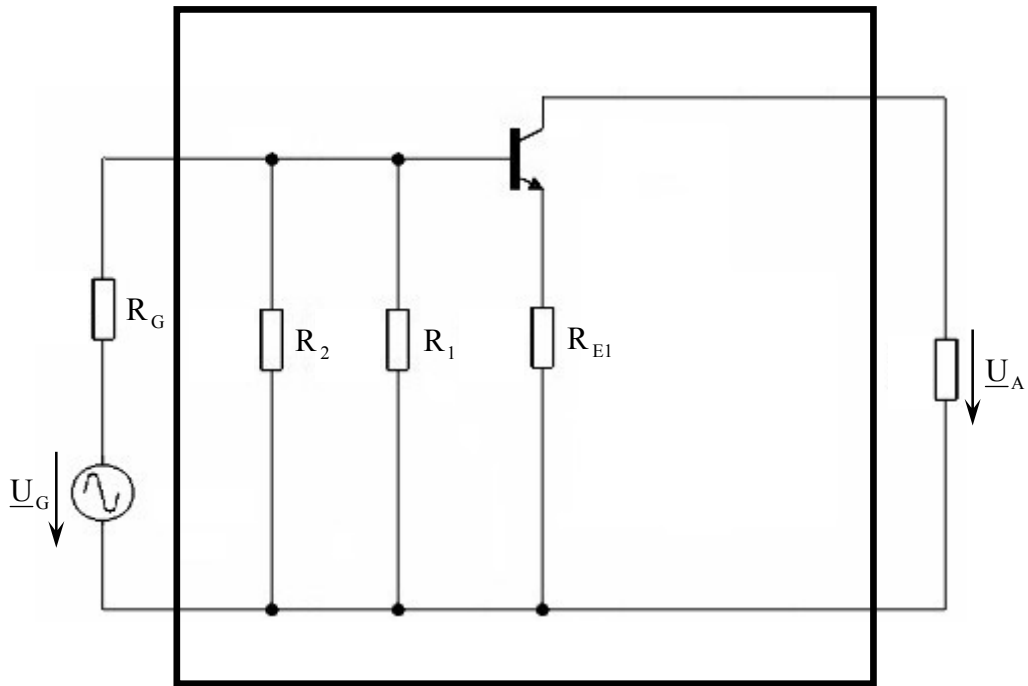
Das Wechselstromersatzschaltbild wird um den Widerstand R_1 erweitert, welcher parallel zu R_2 liegt.



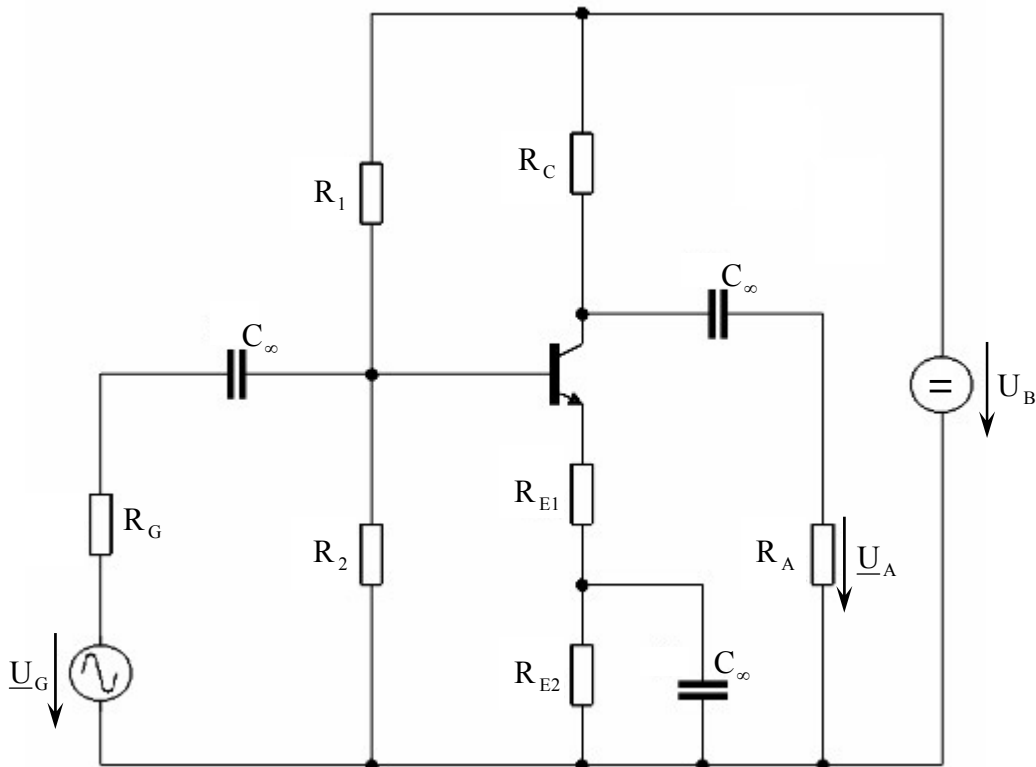
Von dem Knotenpunkt aus wendet man sich dem dritten Zweig zu. An diesem ist die Basis des Transistors angeschlossen (Eingang). Der Ausgangswiderstand R_A liegt am Kollektor an (Ausgang, siehe Originalschaltung auf Seite 9 oben). Der Anschluss, welcher nicht am Eingang oder Ausgang angeschlossen ist, ist der Emitter. Folglich handelt es sich um eine Emitterschaltung. Daher weiß man auch, wie der Transistor in das Wechselstromersatzschaltbild einzuzichnen ist.

Vom Emitter aus geht es erst über den Widerstand R_{E1} . Danach folgt eine Parallelschaltung aus R_{E2} und einem Kondensator mit der Kapazität C_∞ . Weil diese Kapazität parallel zu R_{E2} liegt, wird der Widerstand kurzgeschlossen. Der Wechselstrom fließt komplett über den kurzgeschlossenen Kondensator – R_{E2} taucht also im Wechselstromersatzschaltbild nicht auf.



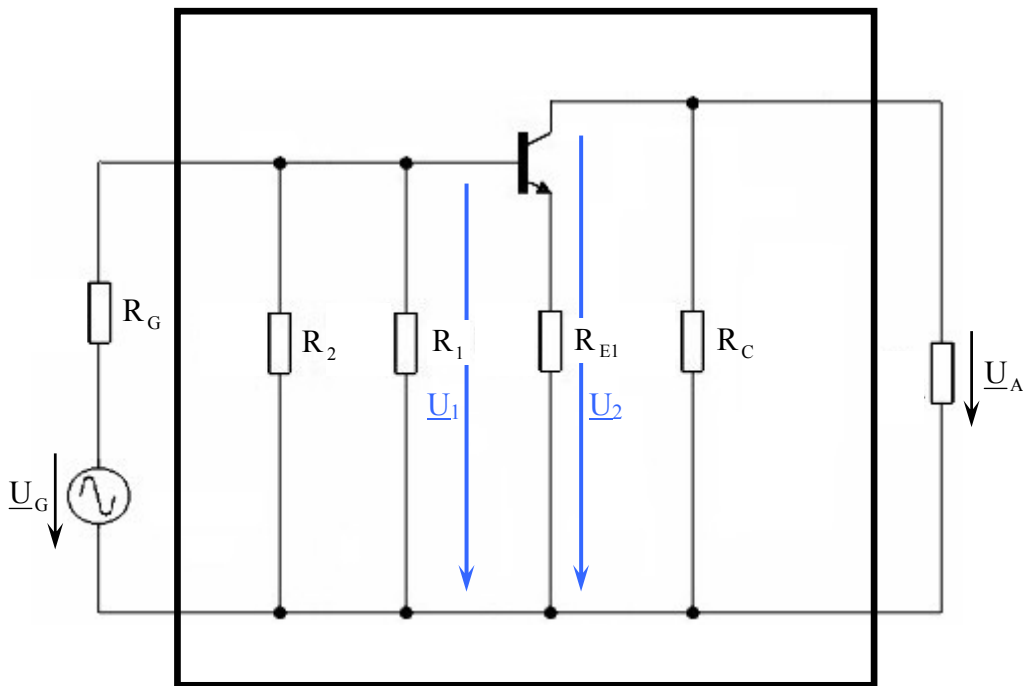


Aus der Originalschaltung ist zu erkennen, dass es sich um eine Emitterschaltung handelt. Der Eingang liegt an der Basis, der Ausgangswiderstand ist am Kollektor angeschlossen. Diese Verbindung zeichnet man nach dem Eintragen des Transistors ins Wechselstromersatzschaltbild ein.



University of Applied Sciences Cologne Campus Gummersbach Dipl.-Ing. (FH) Dipl.-Wirt. Ing. (FH) G. Danielak	<h1>Transistor</h1> <h2>Wechselstromersatzschaltbild</h2>	<h1>Tutorium</h1> <h2>T-15</h2> Stand: 19.03.2006; R0
--	--	---

Vom Kollektor aus gibt es zwei Möglichkeiten wieder zurück zur Masse der Wechselspannungsquelle: Über den Lastwiderstand R_A oder über den Kollektorwiderstand R_C . Der Lastwiderstand liegt immer (rechts) außen, also wird der Kollektorwiderstand zwischen Transistor und R_A gezeichnet, denn er liegt parallel zu diesem Widerstand. Der Wechselstrom fließt über den Kollektor, R_C und über die (für den Wechselstrom) kurzgeschlossene Gleichspannungsquelle zurück zur Masse von \underline{U}_G . Damit ist das Wechselstromersatzschaltbild komplett:



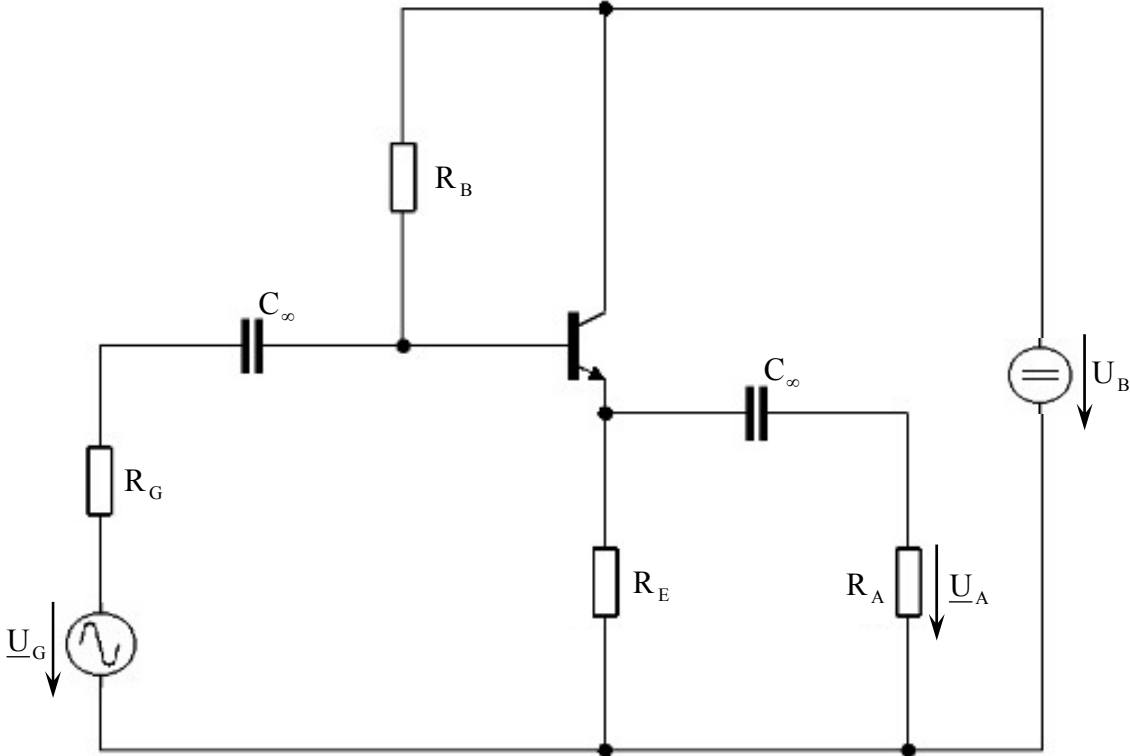
Zuletzt werden die beiden Spannungen \underline{U}_1 und \underline{U}_2 an den Eingang sowie an den Ausgang gezeichnet. Die Spannung \underline{U}_1 liegt zwischen Basis und Emitter, \underline{U}_2 liegt zwischen Kollektor und Emitter. Demnach handelt es sich um eine Emitterschaltung.

In einigen Schaltungen kommt es vor, dass ein Kondensator eingezeichnet ist, dessen Kapazität nicht C_∞ sondern C ist. Diese Kapazität wird – genau wie ein ohmscher Widerstand – in das Wechselstromersatzschaltbild eingezeichnet. Das gleiche gilt für eine Spule mit der Induktivität L ; sie ist wie ein Widerstand zu behandeln – was sie ja auch ist (Blindwiderstand). Lautet die Induktivität jedoch L_∞ , so ist dies ein unendlich großer (Blind)Widerstand. Für den Widerstand einer Spule gilt: $X_L = \omega \cdot L$. Setzt man für L jetzt den Wert L_∞ ein, so bedeutet dies, dass zwischen den Anschlüssen, an denen L_∞ angeschlossen ist, ein unendlich großer Widerstand existiert und dieser nicht eingezeichnet wird (offene Klemmen!).

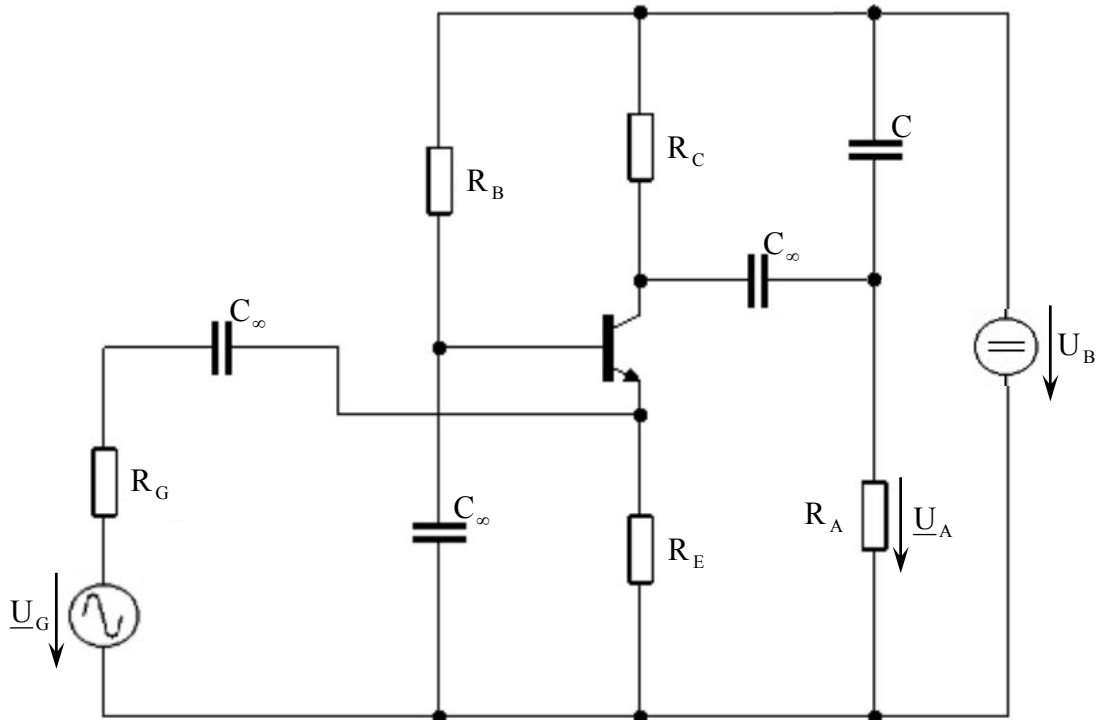
Aufgabe 1:

Bestimme zu den Schaltungen das jeweilige Wechselstromersatzschaltbild.

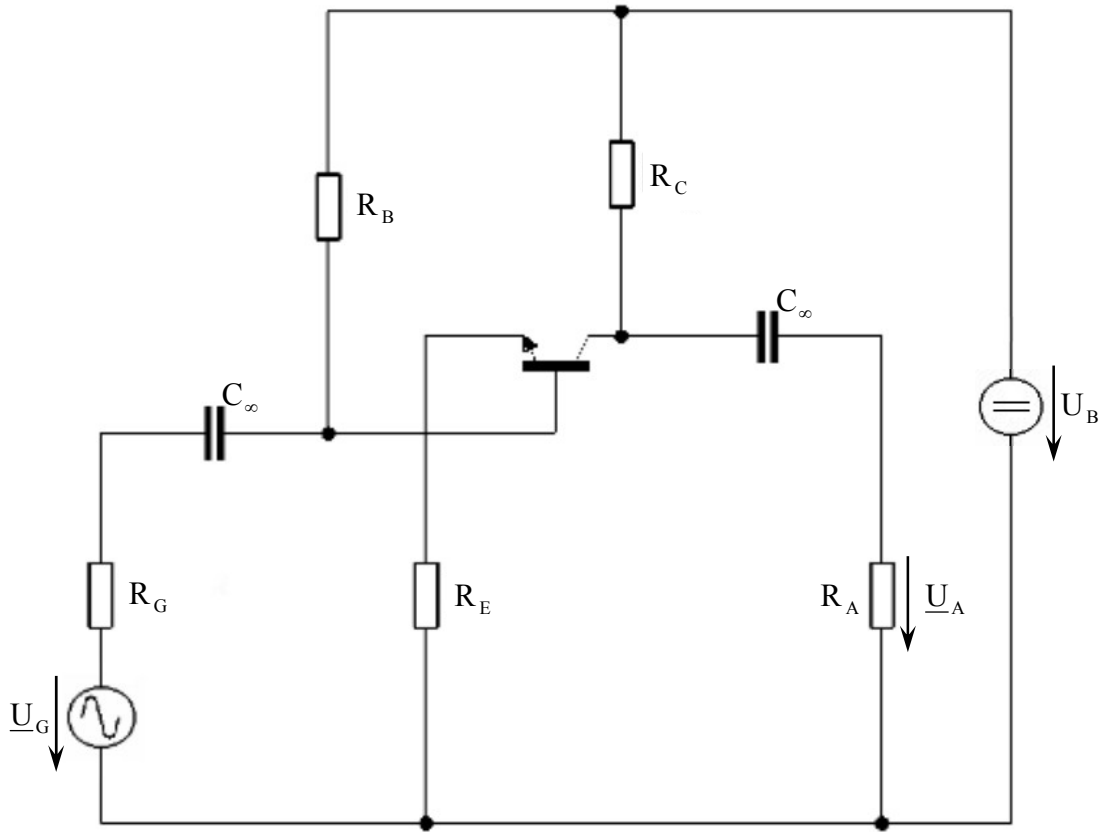
a)



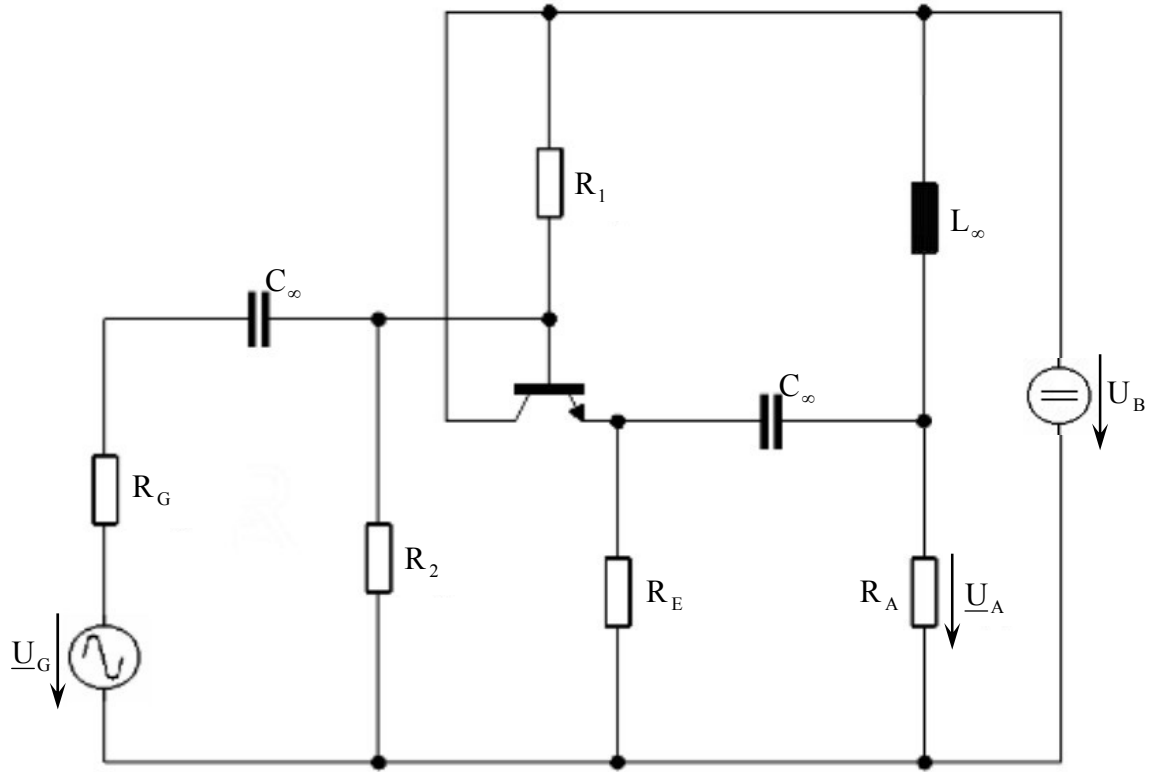
b)



c)



d)



e)

