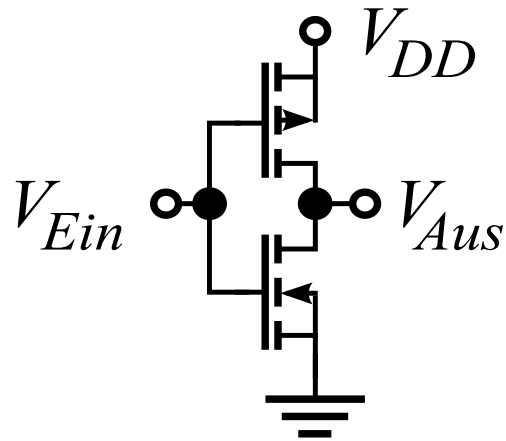
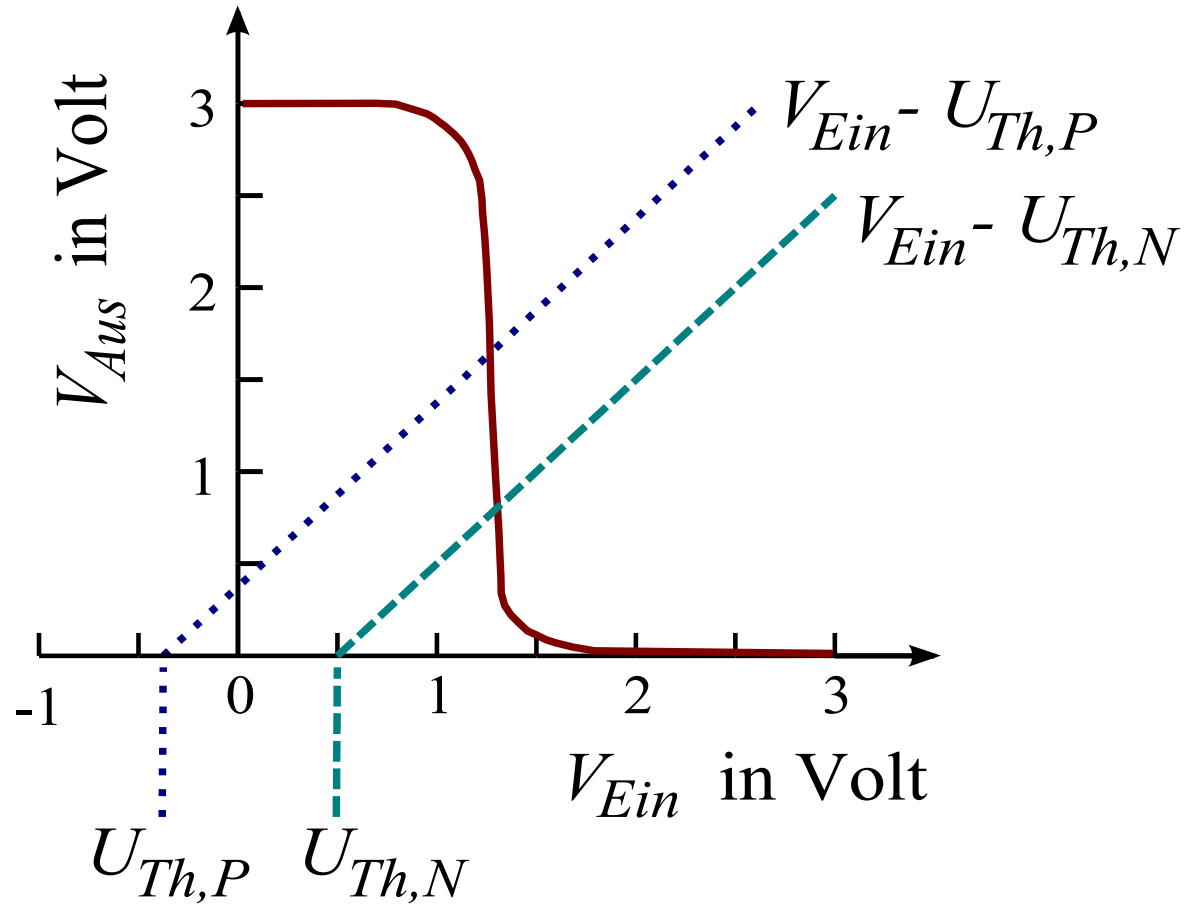


Transistorschaltungen

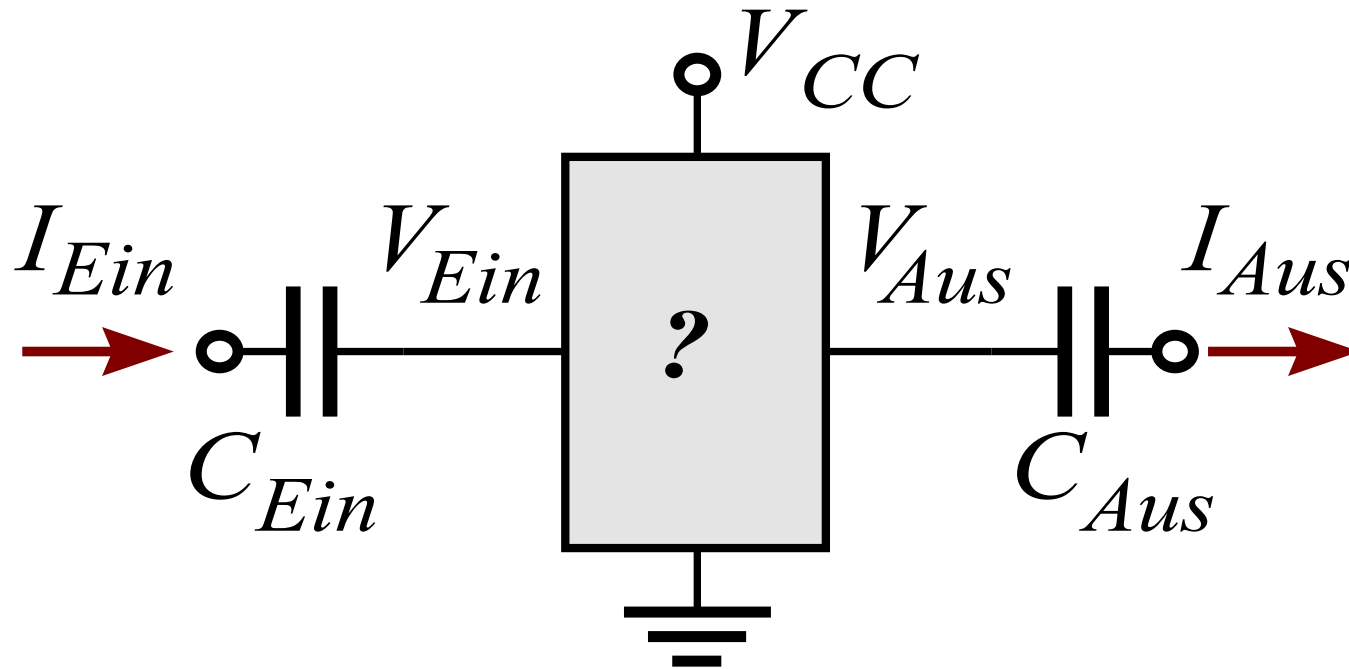
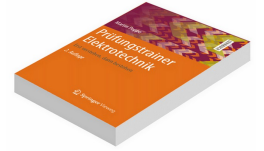


a) Schaltung



b) Übertragungsfunktion

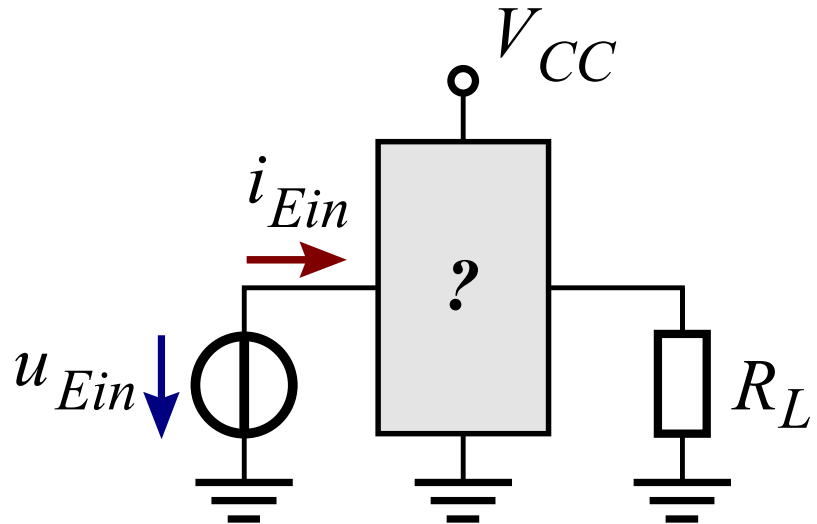
Bipolar Transistorschaltung im System



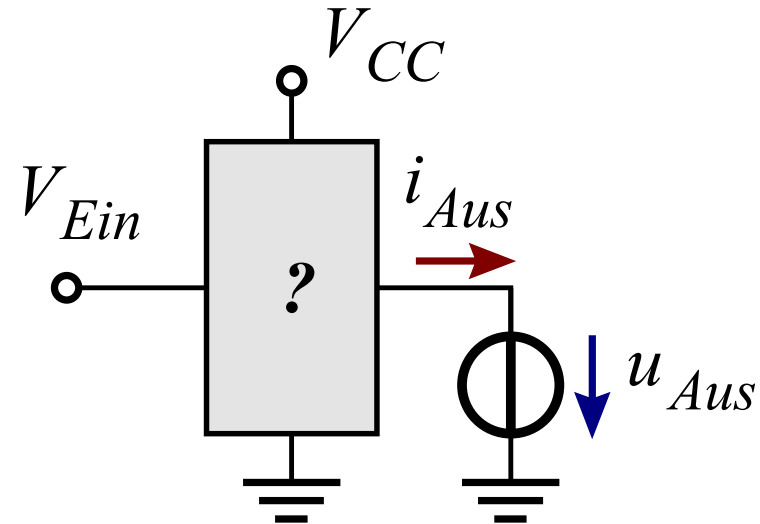
System-Einbindung von Bipolar-Schaltungen. Bei der Berechnung des Arbeitspunktes wird von einer Potenzialentkopplung der Ein- und Ausgänge ausgegangen



Ein- und Ausgangswiderstand



Bestimmung von r_{Ein}

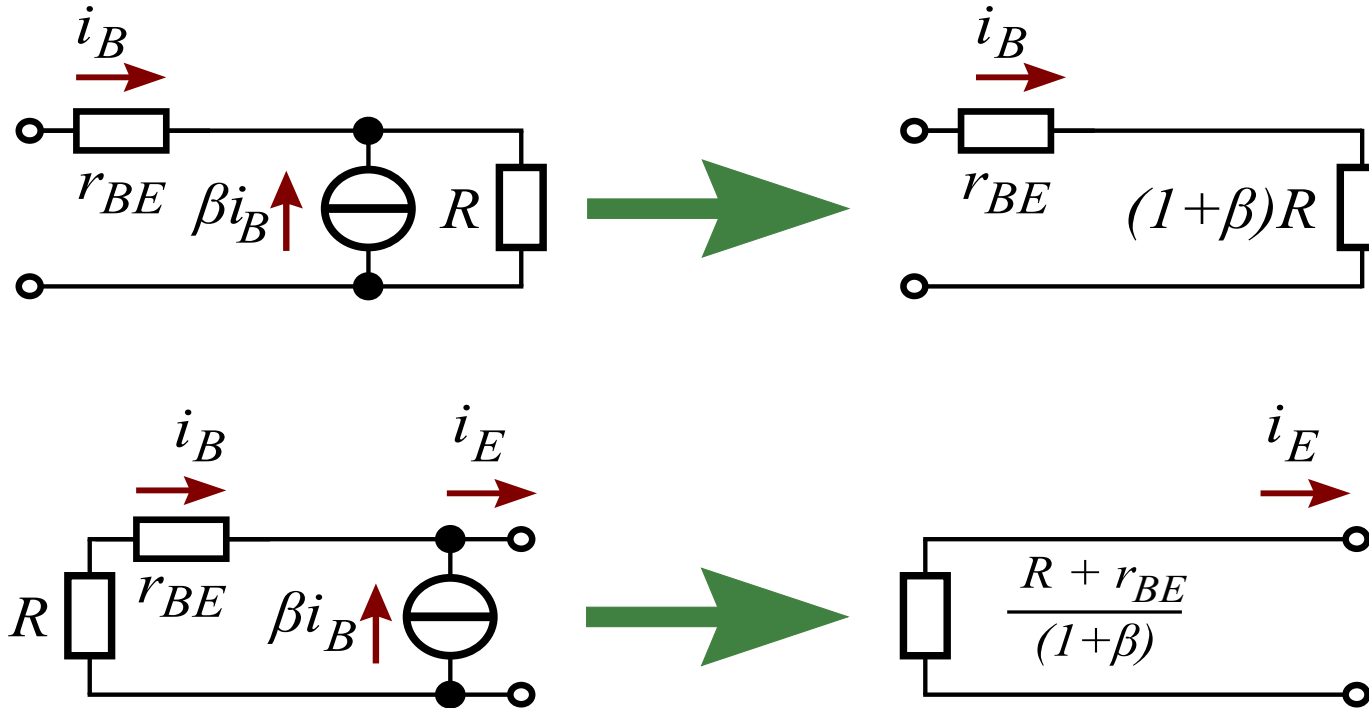


Bestimmung von r_{Aus}

Modellvorstellungen zur Bestimmung von Ein- und Ausgangswiderstand



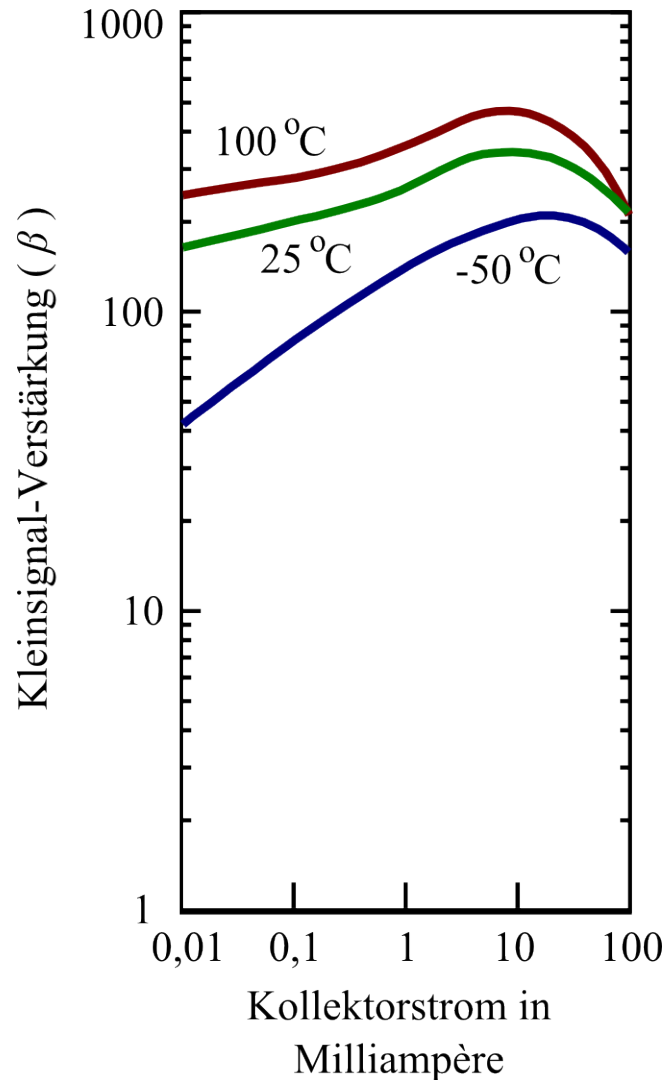
Stromquellen und Widerstände



Vereinfachung von Kleinsignal-Ersatzschaltbildern bei gesteuerten Stromquellen.
Diese Technik funktioniert, wenn $1/r_{CE} = 0$ ist oder wenn $r_{CE} =$ parallel zur Stromquelle liegt.



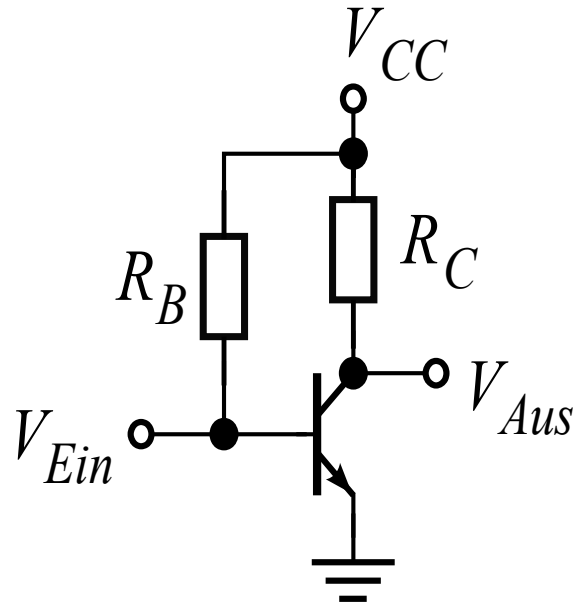
Temperaturabhängigkeit



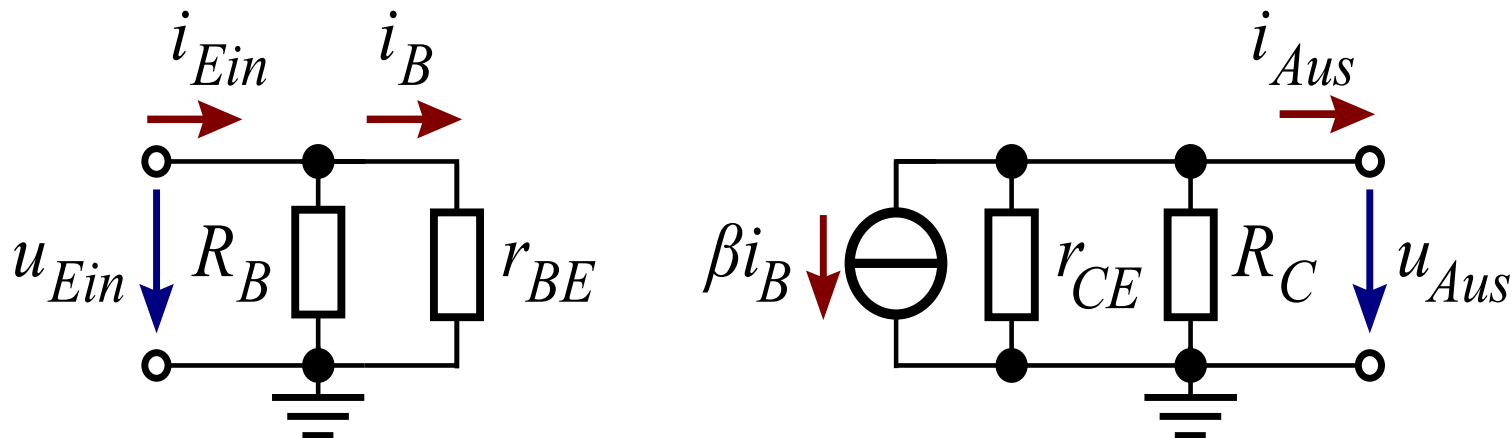
Temperaturabhängigkeit der Kleinsignal-Verstärkung als Funktion des Kollektorstromes für drei verschiedene Temperaturen am Beispiel des Transistors BC239. An diesem Beispiel wird deutlich: Robuste Schaltungen sind nur solche, deren Eigenschaften nicht von einem bestimmten Wert für β abhängen



Emitter Grundschaltung



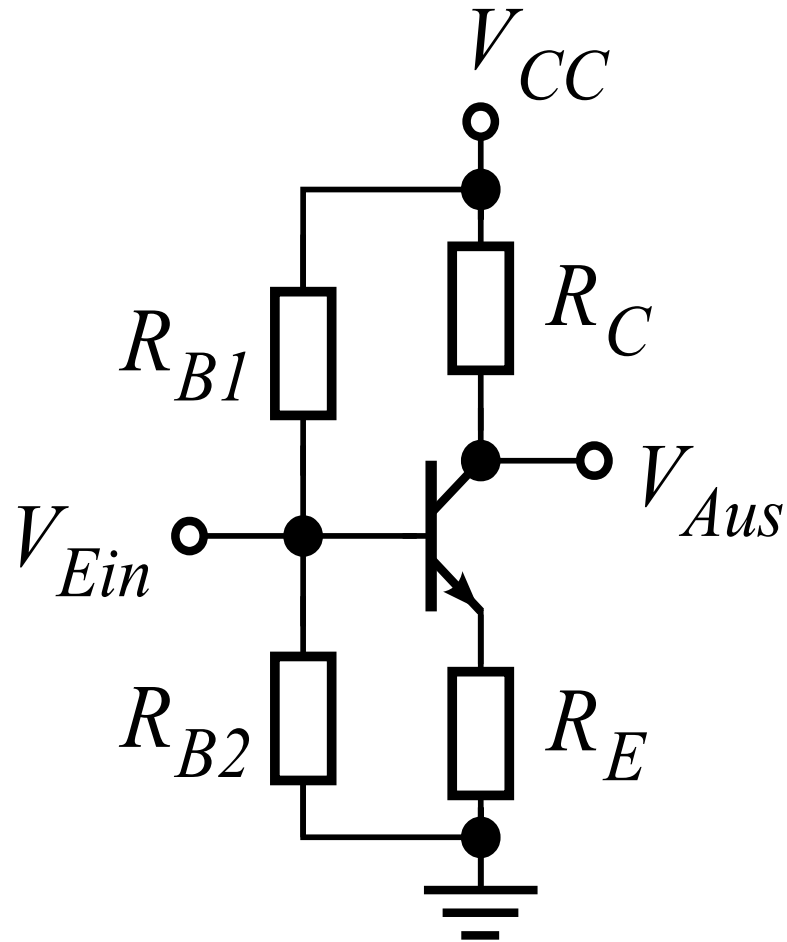
Oben:
Minimalform der
Emitterschaltung:
Namensgebend
ist das feste
Emitterpotenzial



Unten:
Kleinsignal-
Ersatzschaltbild



Stromgegenkopplung

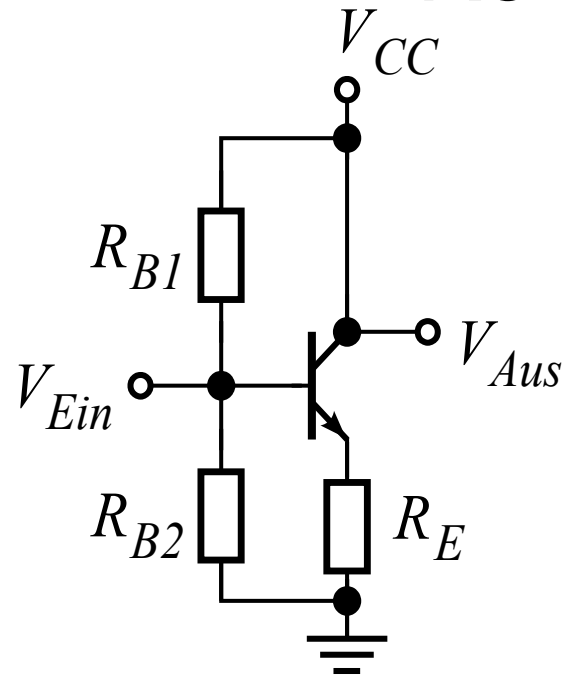


Emitterschaltung mit Stromgegenkopplung.

R_E sorgt für eine reduzierte aber gegenüber Temperaturschwankungen von U_D weniger anfällige Spannungsverstärkung. Im Verbund mit R_E sorgt der zweite Basiswiderstand R_{B2} für eine verringerte Abhängigkeit vom genauen Wert für B_E bzw. β

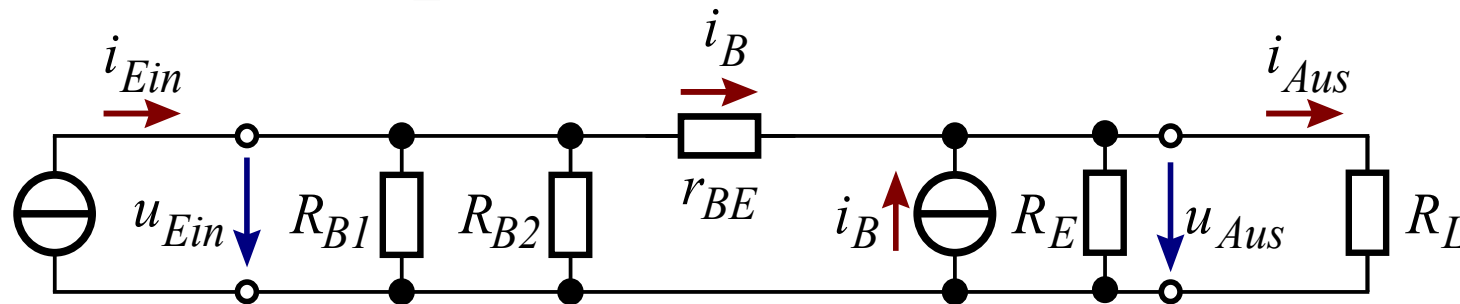


Kollektor Grundschaltung



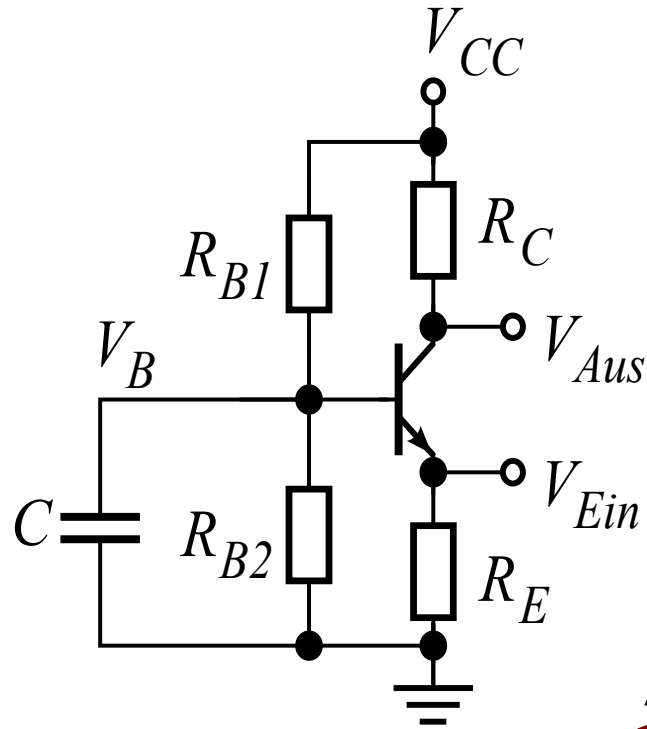
Oben:
Kollektorschaltung.
Der Kollektor liegt auf
konstantem Potenzial

Unten:
Kleinsignal-
Ersatzschaltbild der
Kollektorschaltung mit
Quelle (links) und Last
(rechts)

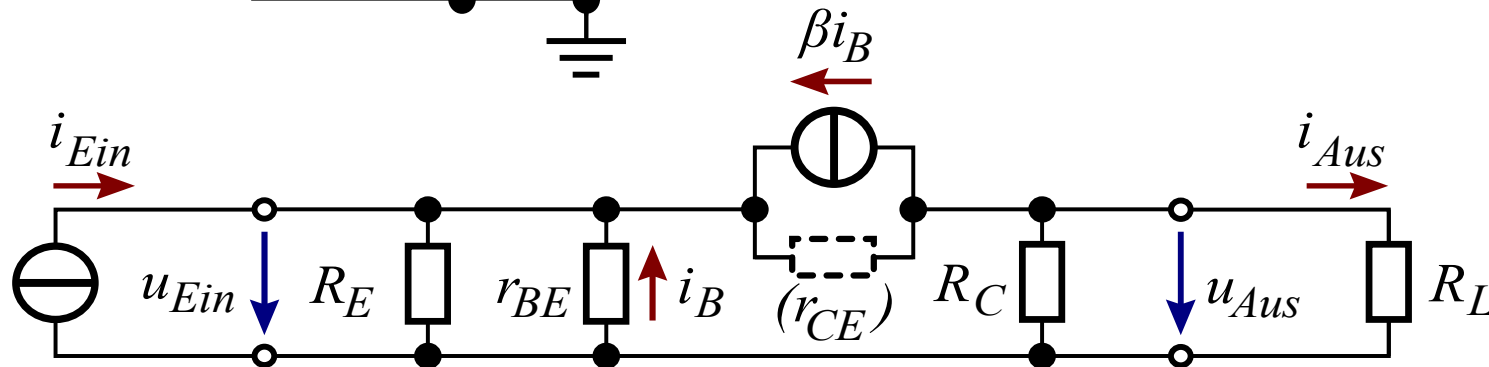




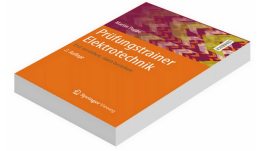
Basis Grundschtaltung



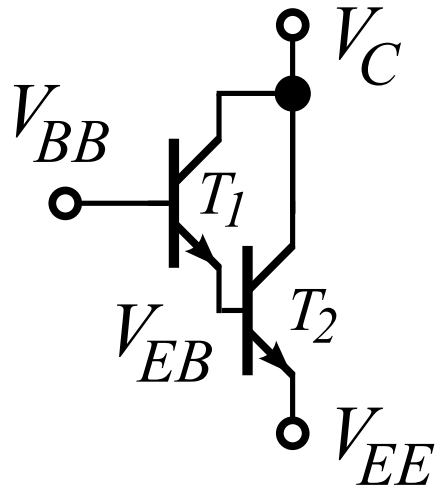
Oben:
Basisschaltung. Sie hat ein (fast) konstantes Basispotenzial. Dafür sorgt der Kondensator.



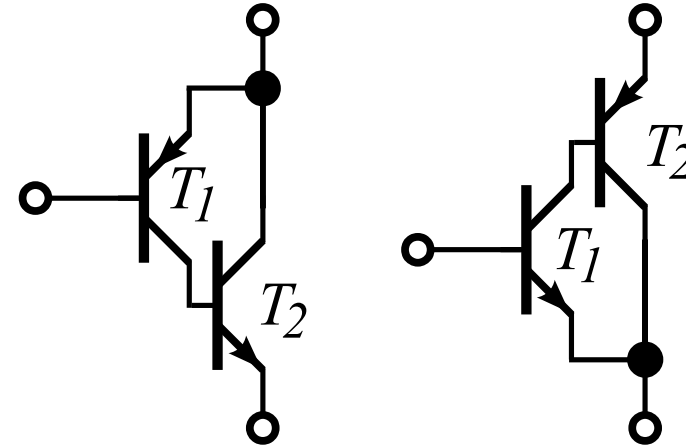
Unten:
Kleinsignal-Ersatzschaltbild für den Grenzfall eines konstanten Basispotenzials



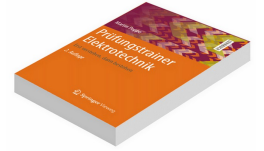
Darlington Transistoren



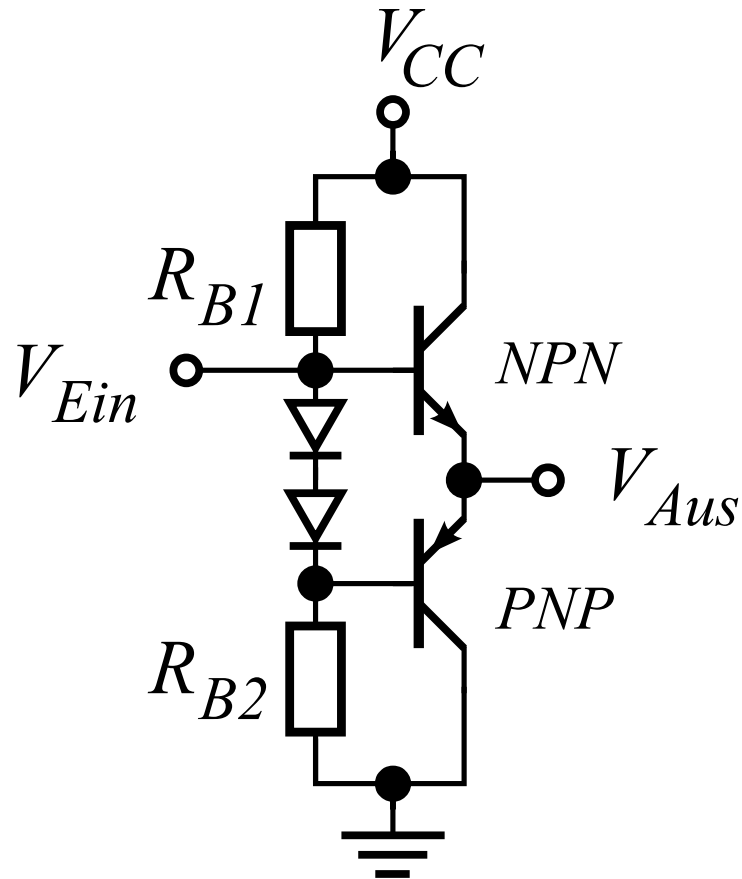
Darlington-Schaltung aus zwei NPN Transistoren.



Komplementäre Darlington-Schaltungen. Sie erlauben höhere Spannungsausgangsamplituden als die aus Transistoren gleicher Polarität bestehenden, denn zwischen Basis- und Lastanschluss liegt nur eine Diodespannung



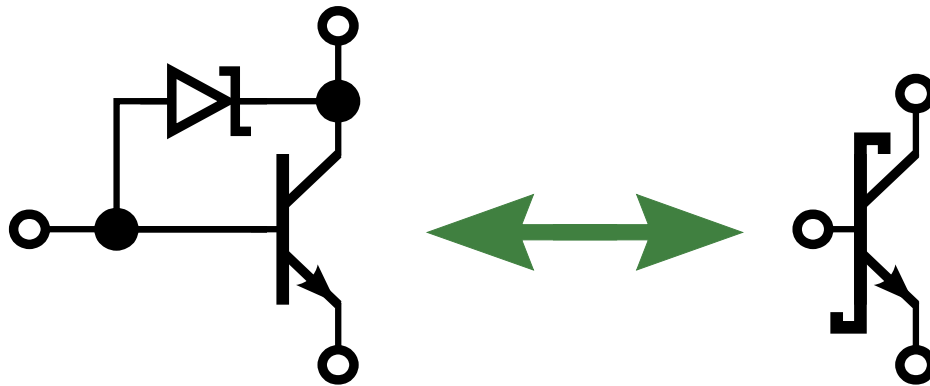
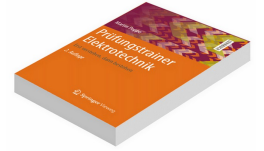
Gegentakt Endstufe



Urform der Gegentakt-Endstufe:

Ein kleiner Strom durch die Basiswiderstände führt zu einer um 2 Diodespannungen auseinandergezogenen Ansteuerung der beiden Transistoren. Damit kompensieren die externen Dioden die Basis-Emitter-Dioden der Transistoren und verhindern, dass diese gleichzeitig sperren

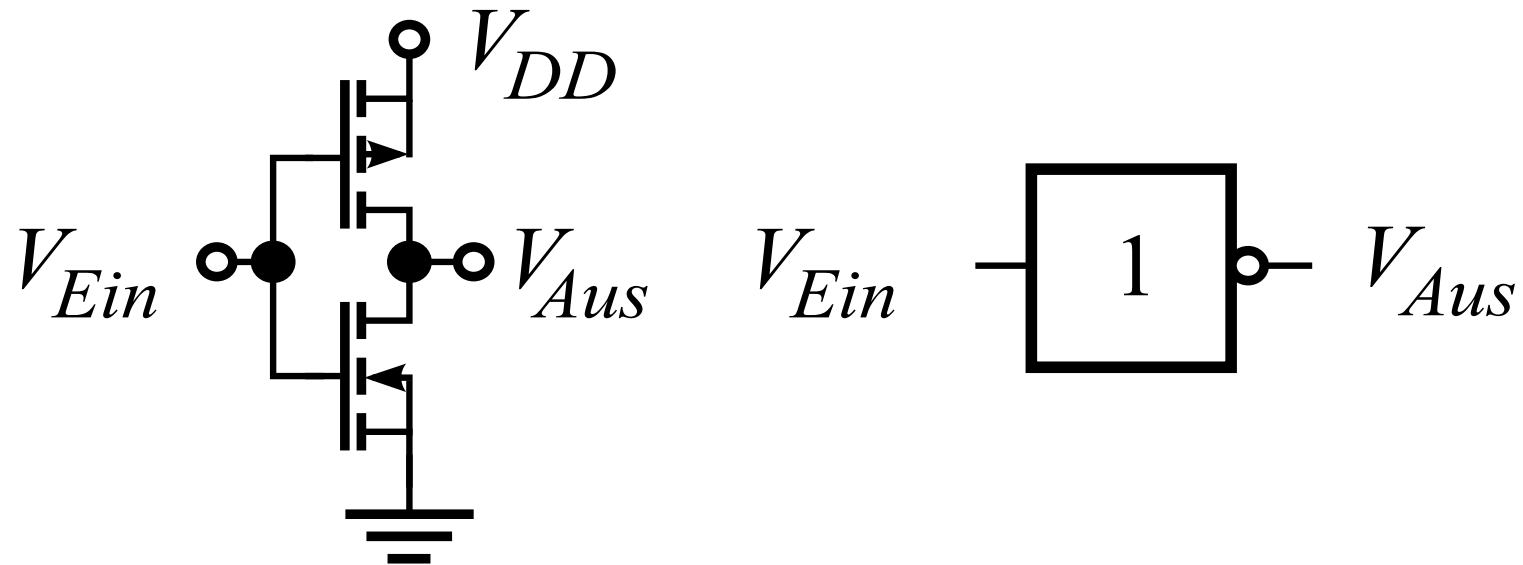
Schottky-Transistor



Der Schottky-
Transistor und
seine Entstehung
aus Schottky-Diode
und Transistor



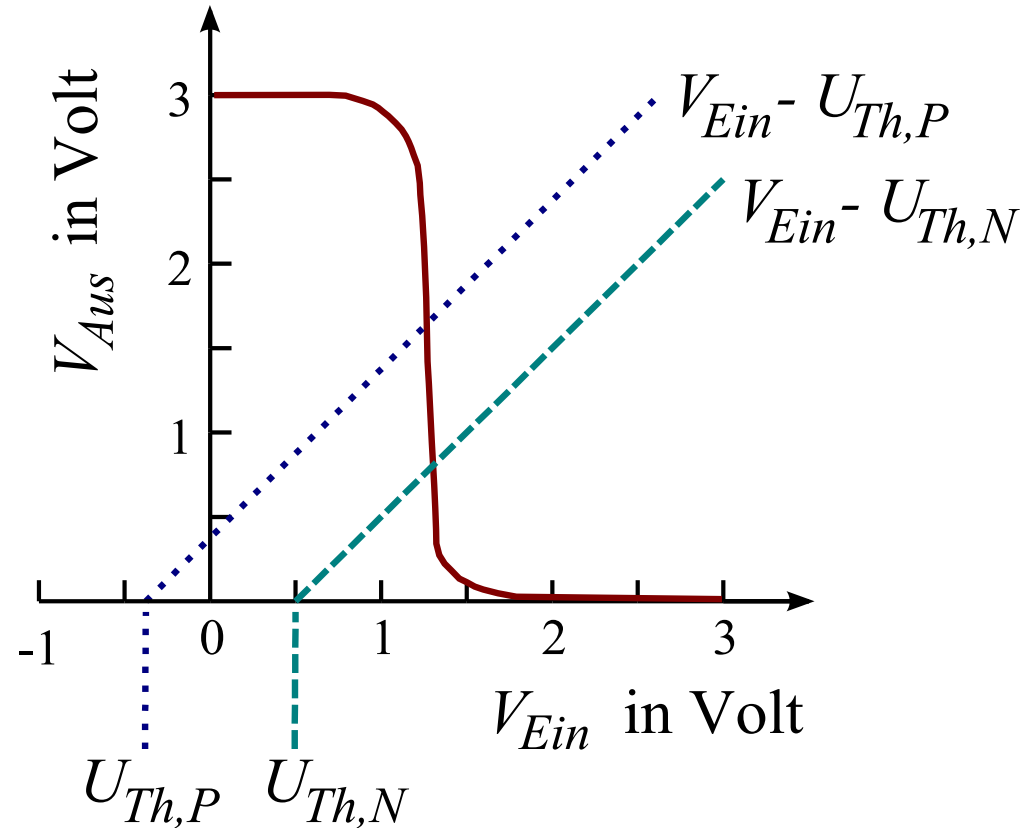
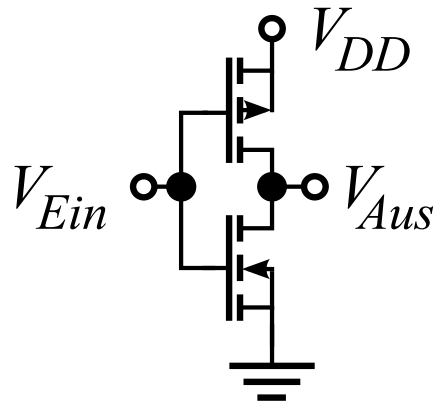
CMOS Inverter



Der CMOS-Inverter, Urahn aller CMOS-Gatter: links die Schaltung, rechts das Schaltsymbol, dessen Kreis ganz rechts die Signalinversion andeutet



Kennlinie des CMOS Inverters



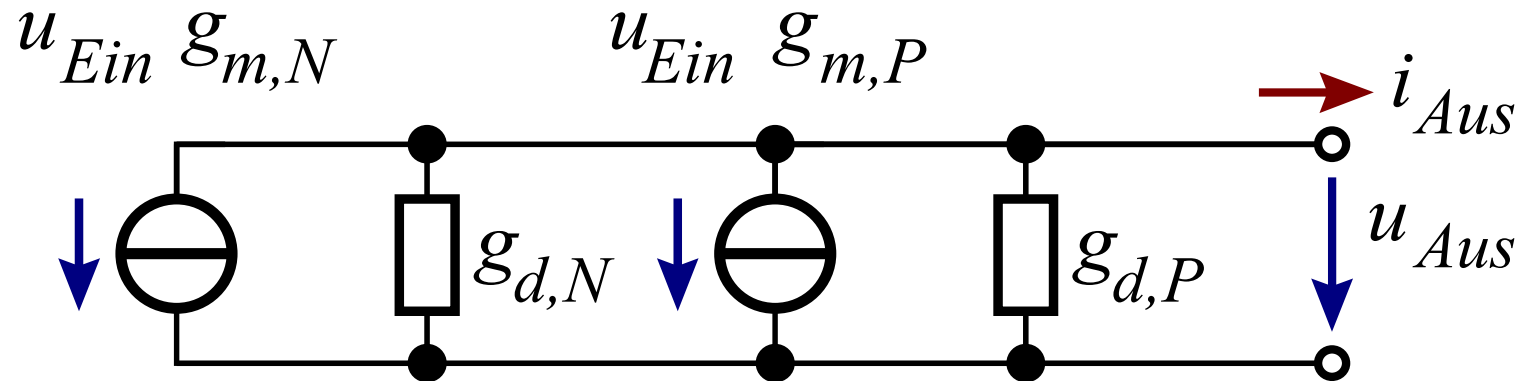
Kennlinie des CMOS-Inverters.

Dort, wo die Geraden geschnitten werden, ändern sich die Betriebszustände. Links von der gepunkteten Linie ist der PMOS-Transistor im Anlauf, rechts von der gestrichelten Linie ist der NMOS-Transistor im Anlauf

a) Schaltung

b) Übertragungsfunktion

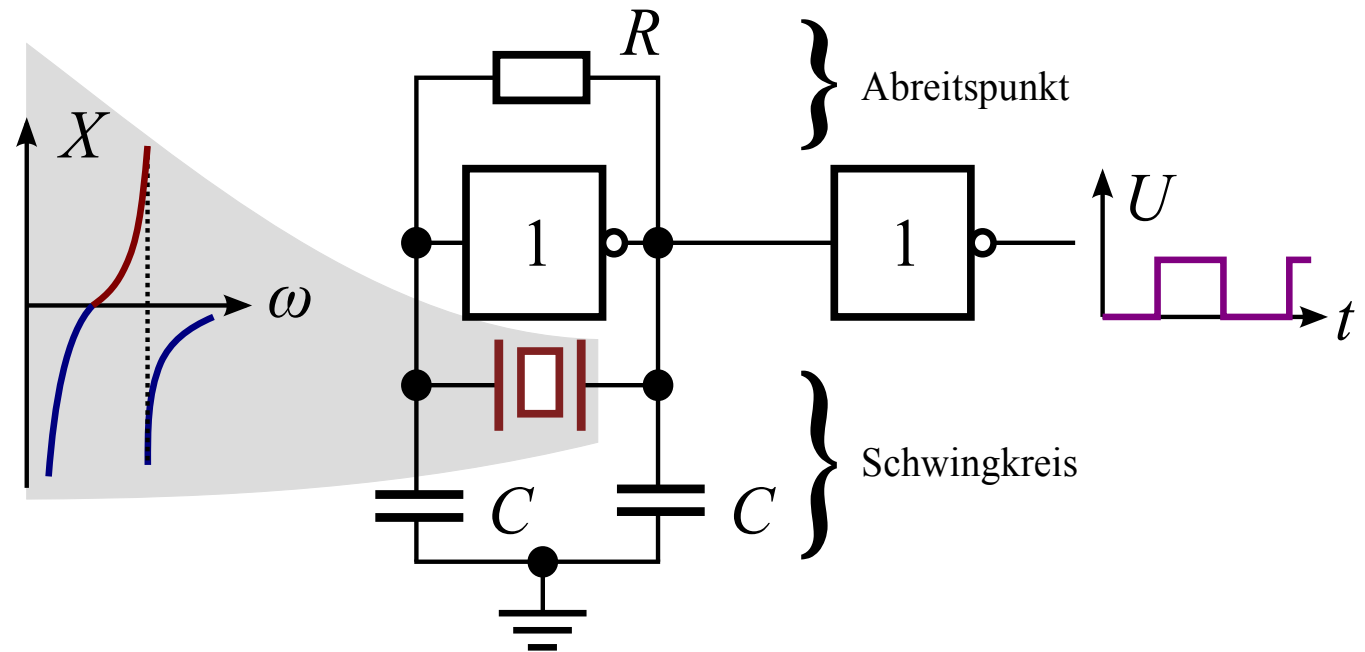
CMOS Inverter Kleinsignal Ersatzschaltbild



Kleinsignal-Ersatzschaltbild des in CMOS-Inverters

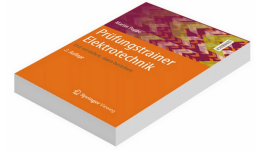


Quarz

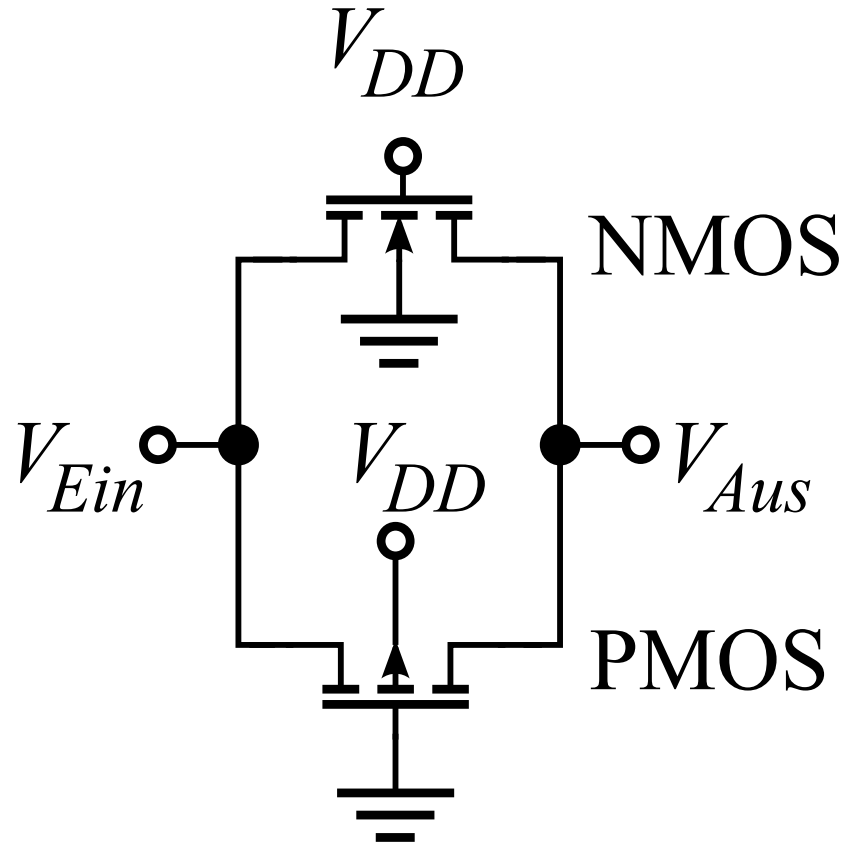


Quarz und zwei seiner Piezo-elektrischen Anwendungen: Feuerzeug und Oszillator (unter Verwendung eines Bildes aus WIKIPEDIA)

Verlauf des Blindwiderstandes eines Quarzes und diesen nutzende Oszillatorschaltung



Elektronischer Schalter



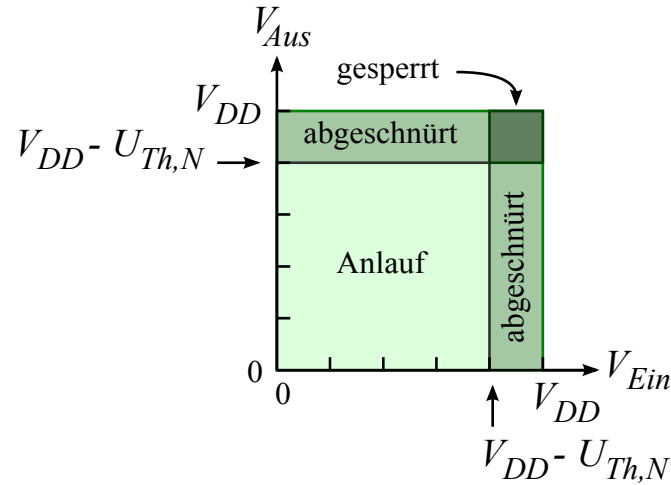
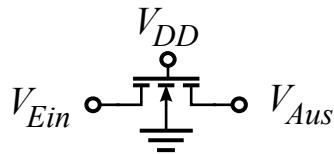
Transfer-Gatter,
auch bekannt als
elektronischer
Schalter.

Hier sind die
Gates so
angeschlossen,
dass der
Gesamtleitwert
maximal ist

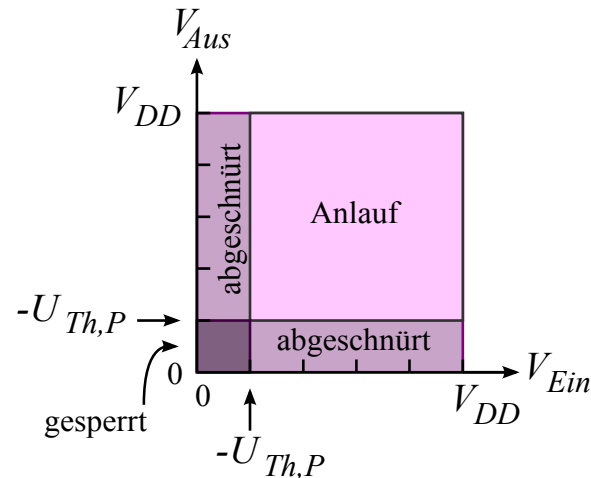
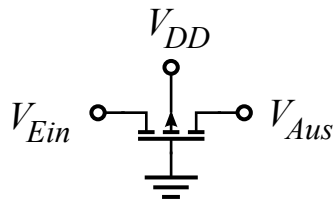


Zustände am Transfer-Gatter

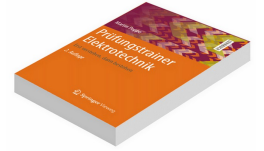
NMOS



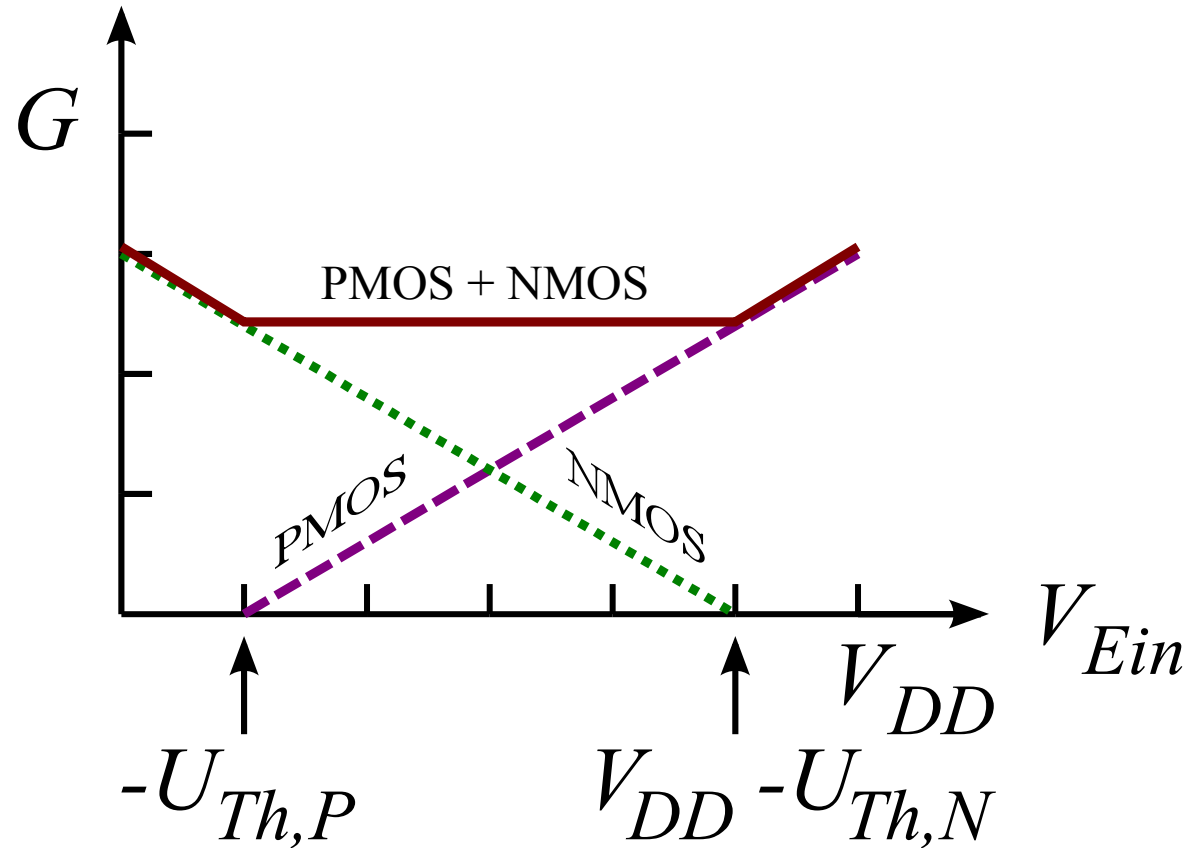
PMOS



Operationsmodi der MOS-Transistoren bei der Gate-Schaltung. Bei langsamen Potenzialänderungen am Eingang werden die Diagonalen der dargestellten Quadrate durchlaufen. Schnelle Wechsel spielen sich in den Randbereichen ab



Leitwert des Transferrgatters

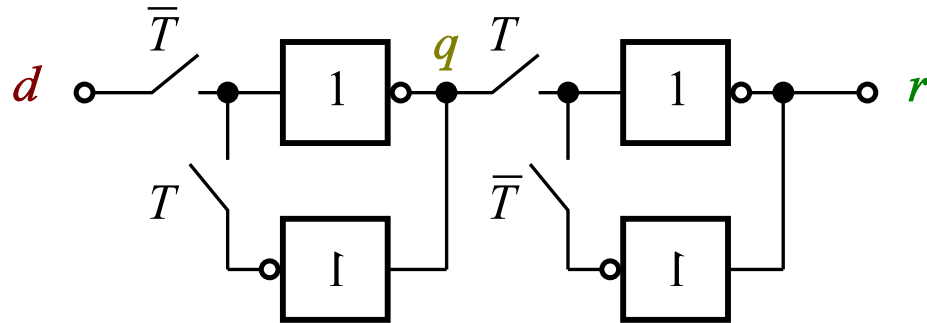


Leitwertverlauf des Transfer-Gatters für sich langsam ändernde Eingangspotenziale.

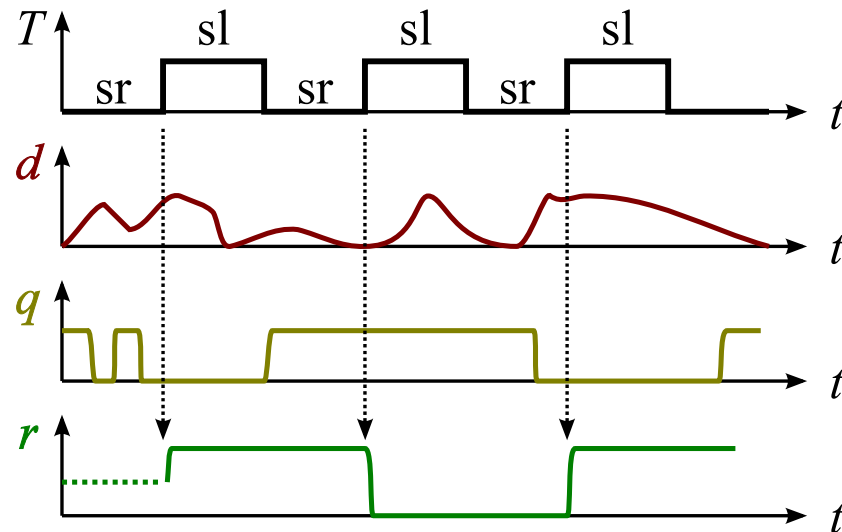
Bei symmetrischer Wahl der Transistorparameter verhält sich die Schaltung um $V_{Ein} = V_{DD}/2$ herum wie ein Ohm'scher Widerstand



Master-Slave Flipflop



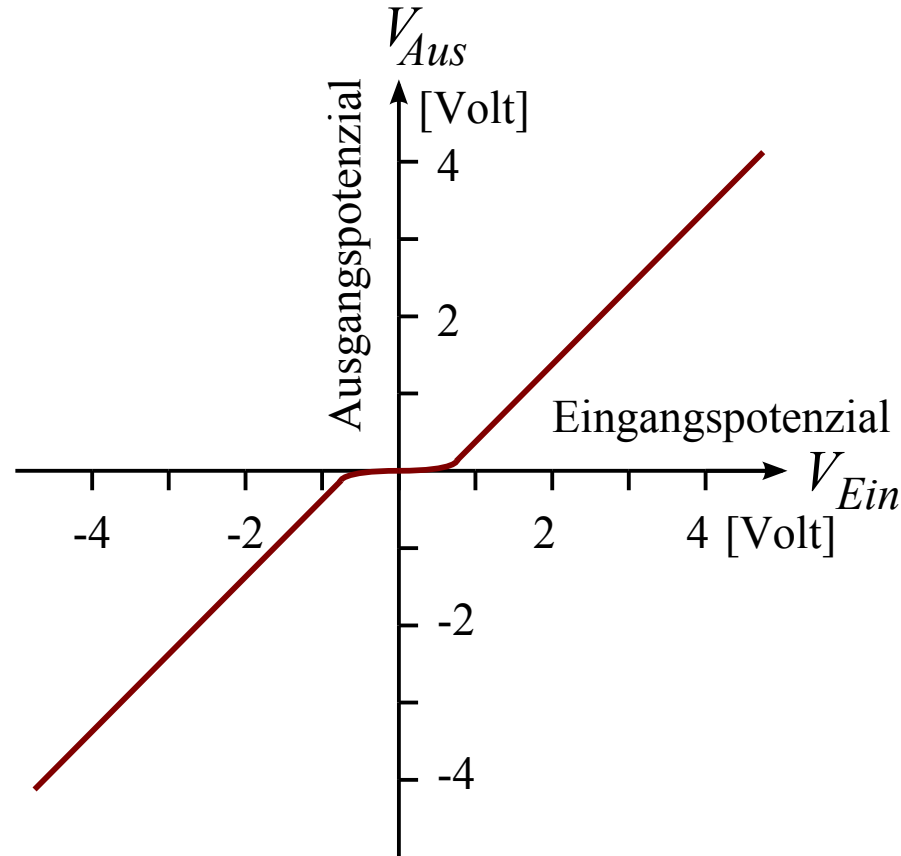
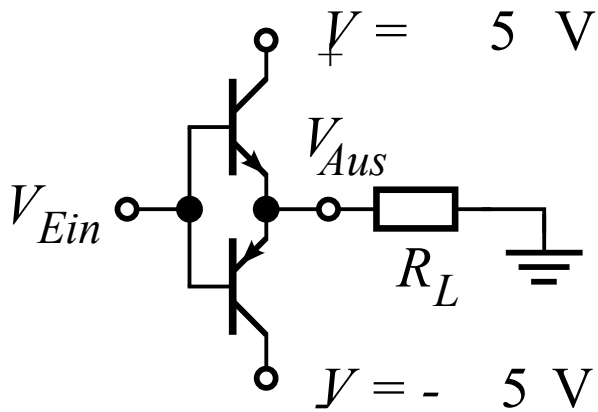
Ein Master-Slave Flipflop (oben) und seine Wirkung auf den zeitlichen Verlauf von Signalen (unten):



Ein stark gestörtes Eingangssignal wird gesäubert und mit dem Taktsignal synchronisiert. Das Taktsignal und sein Komplement bestimmen, ob speichern links (sl) oder speichern rechts (sr) aktiv ist



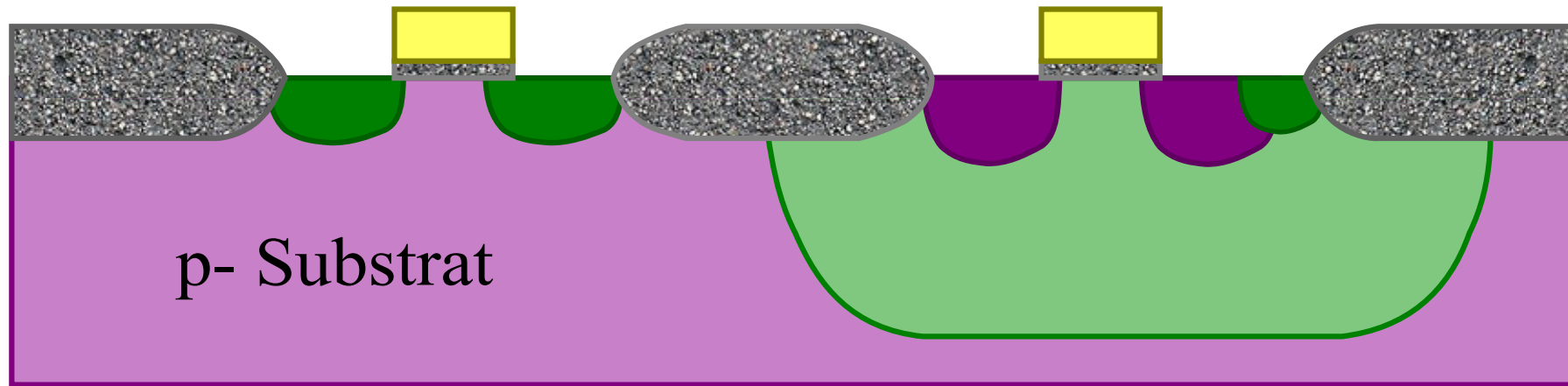
Fehlerhafte Gegentakt-Endstufe



Aufgabe:
Noch nicht ganz praxis-
taugliche Gegentakt-Endstufe
mit Last R_L

Sie führt, wie rechts gezeigt zu
Verzerrungen

CMOS Inverter-Querschnitt

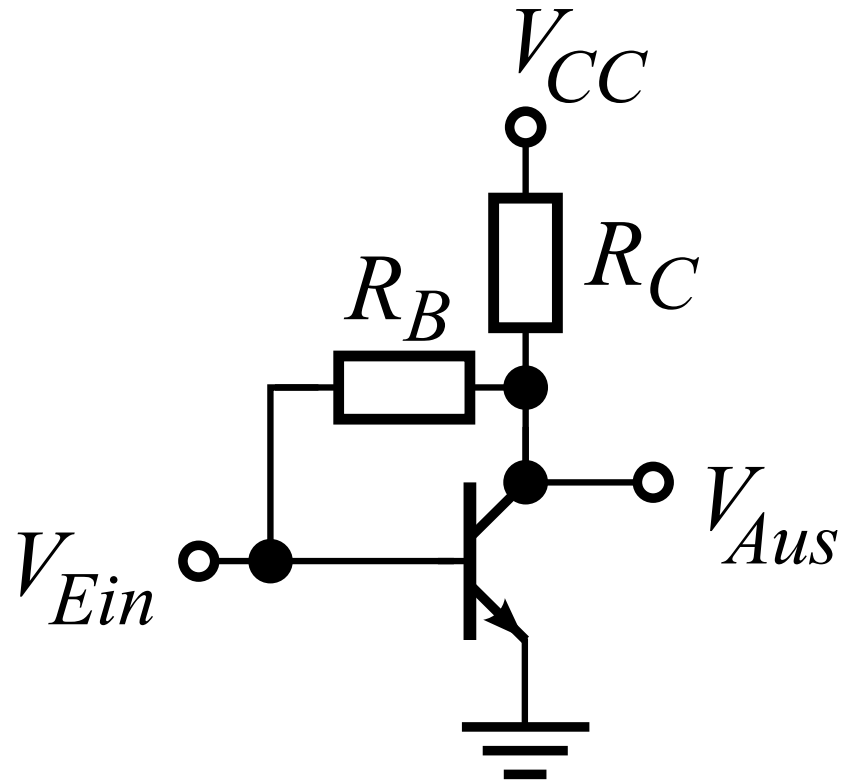
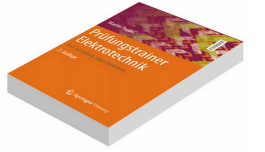


Aufgabe:

Gezeigt: Querschnitt durch die beiden Transistoren eines CMOS-Inverters auf einem Silizium-Chip

Gesucht: Was ist wie dotiert und wie angeschlossen?

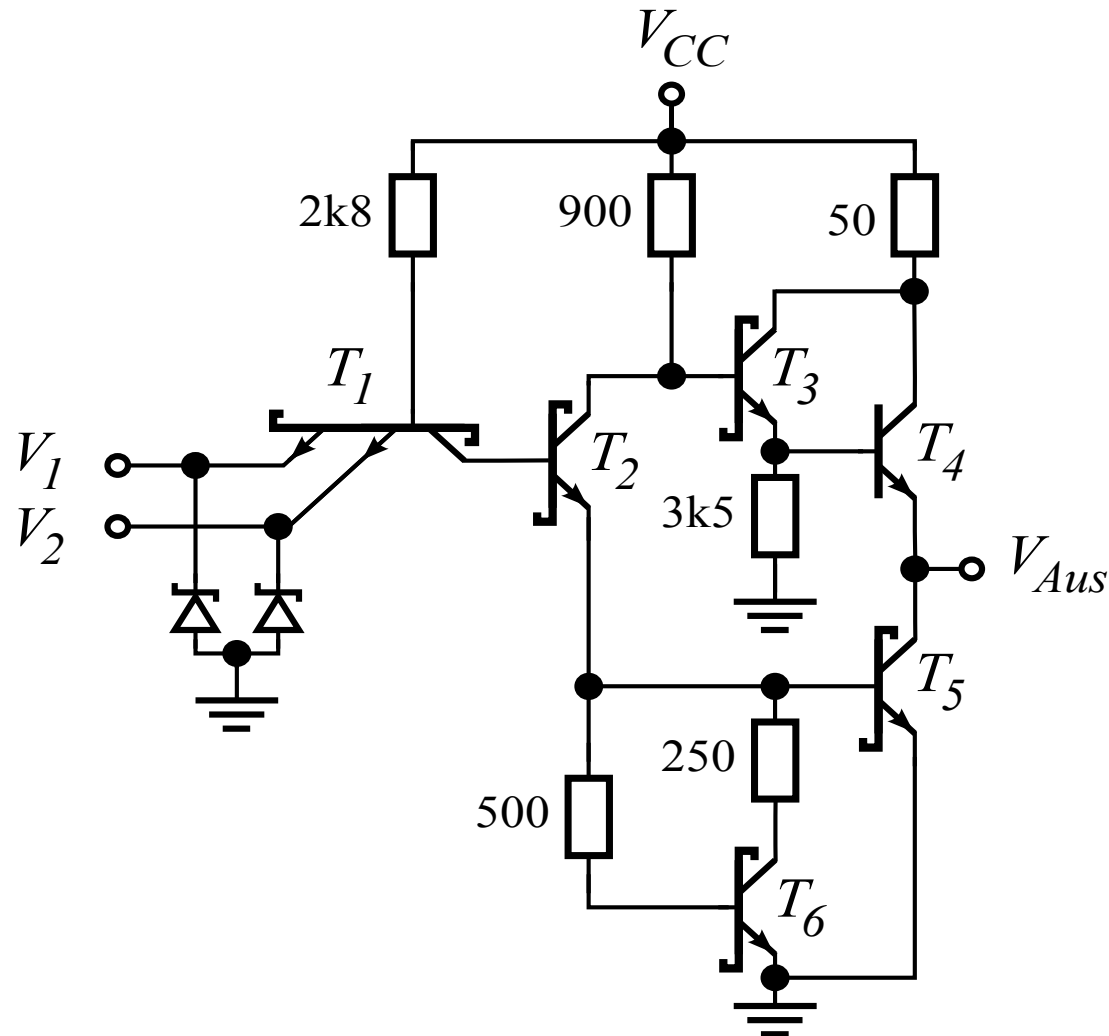
Emitterschaltung mit Spannungsgegenkopplung



Aufgabe:
Was kann durch geschickte Dimensionierung bei dieser Emitterschaltung mit Spannungsgegenkopplung erreicht werden?



Schottky-TTL Gatter



Aufgabe:

Warum ist T4 kein Schottky Transistor?

Bitte erklären Sie die Funktion der beiden Schottky-Dioden.

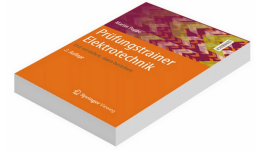
Warum sind die meisten Transistoren Schottky-Transistoren?

Bitte erklären Sie das Zusammenspiel der Transistoren T3 und T4

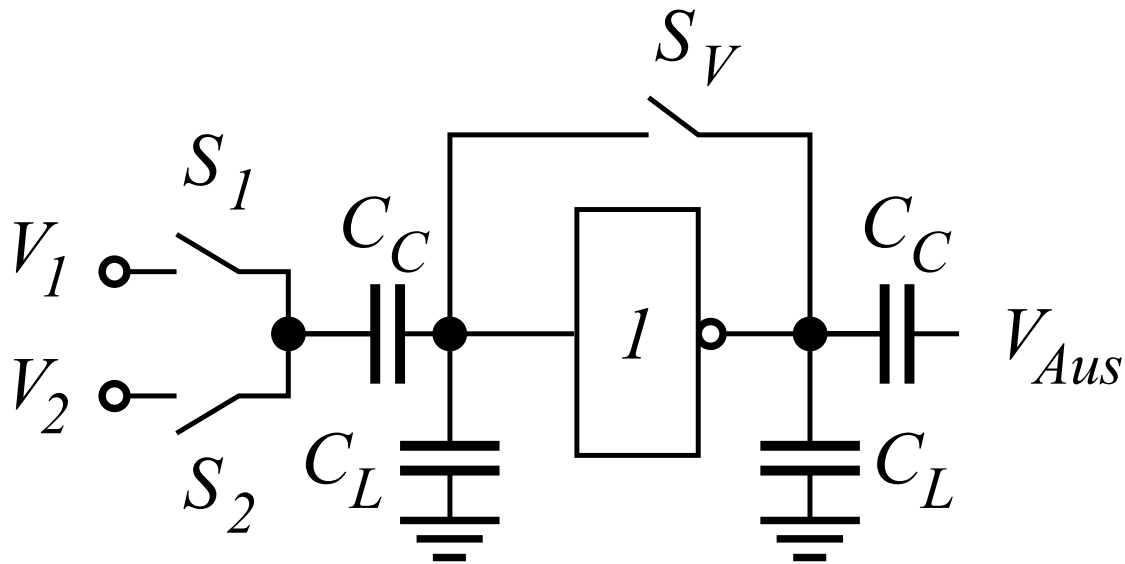
Bitte bestimmen Sie die internen Potenziale sowohl für den Fall

$V_1 = V_2 = 5 \text{ V}$ als auch für

$V_1 = 0 \text{ V}$ und $V_2 = 5 \text{ V}$.



Comparator



Aufgabe:

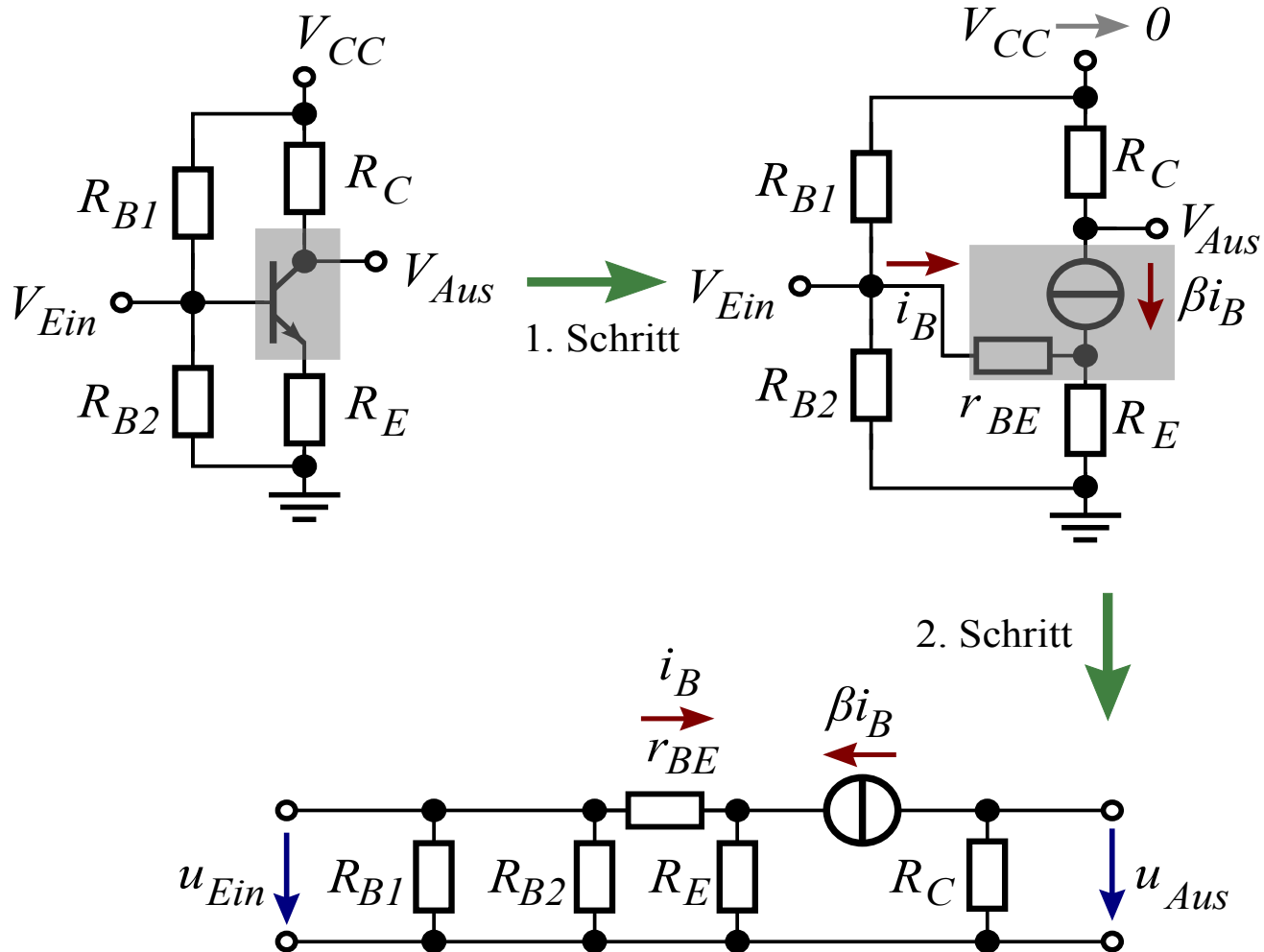
Finden Sie eine vernünftige Abfolge von Schalterstellungen, so dass am Ende V_{Aus} mit möglichst großer Verstärkung den Unterschied von V_1 und V_2 weitergibt.

Welche Parameter der Invertertransistoren sind für die Qualität der Gesamtschaltung entscheidend?

...



Konstruktion von Kleinsignalbildern



Aufgabe:
Konstruktion des Kleinsignal
Ersatzschaltbildes für die
Emitterschaltung mit
Gegenkopplung

Lösung:
zunächst wird nur der Transistor
ersetzt (1. Schritt),
dann alle festen Potenziale gleich
Null gesetzt und die Schaltung neu
sortiert (2. Schritt)