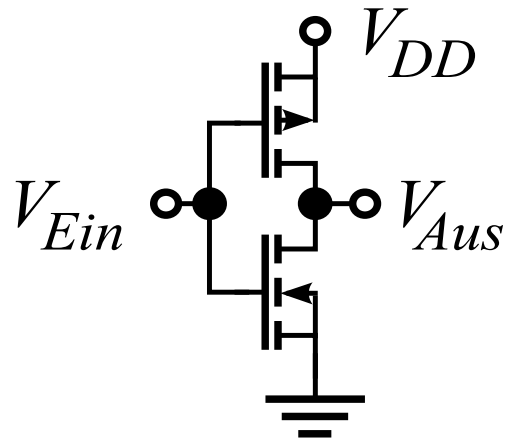
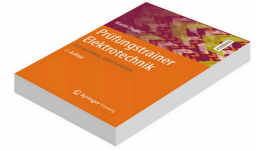
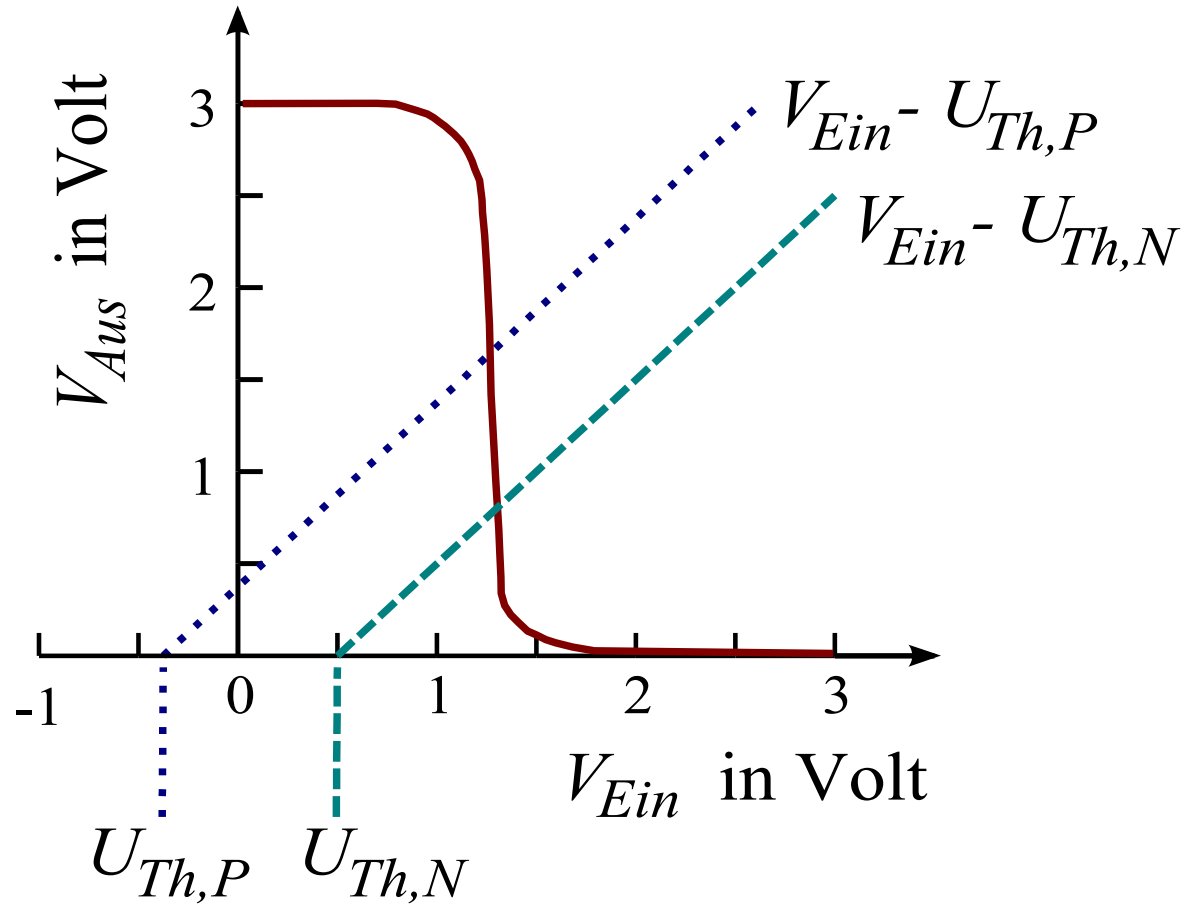


# Transistorschaltungen

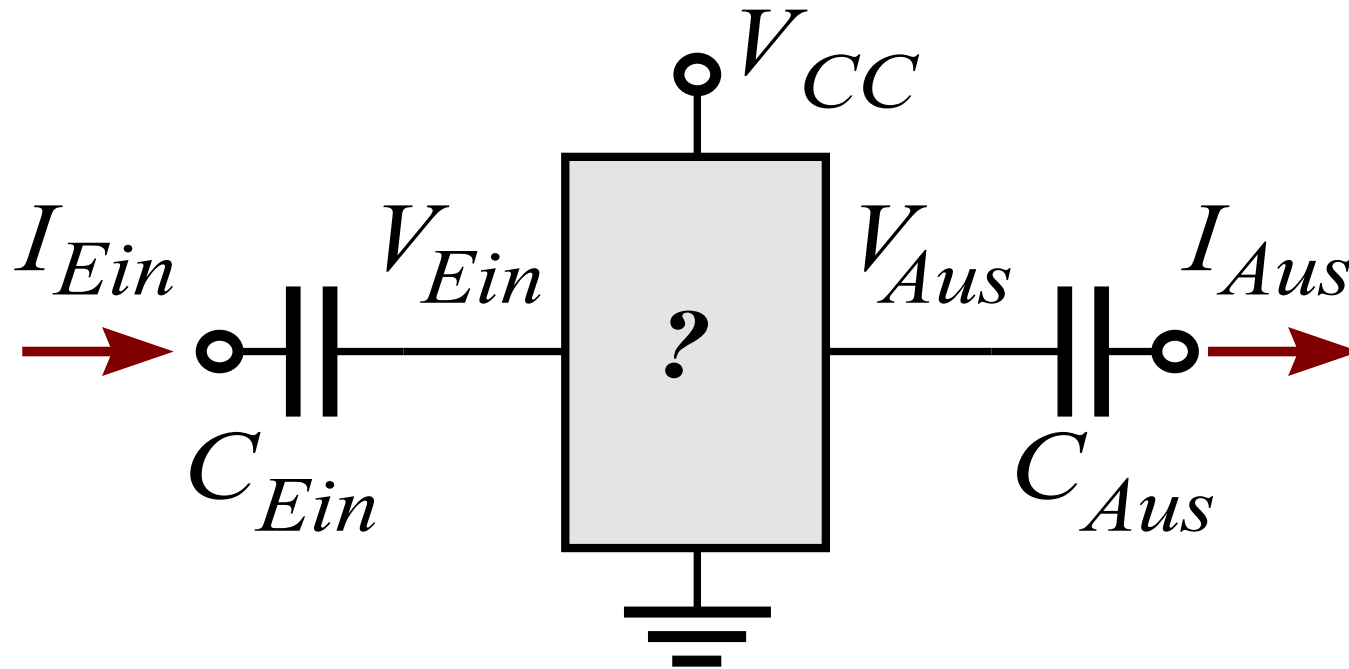
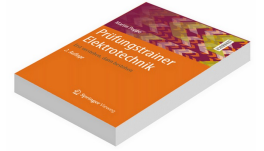


a) Schaltung



b) Übertragungsfunktion

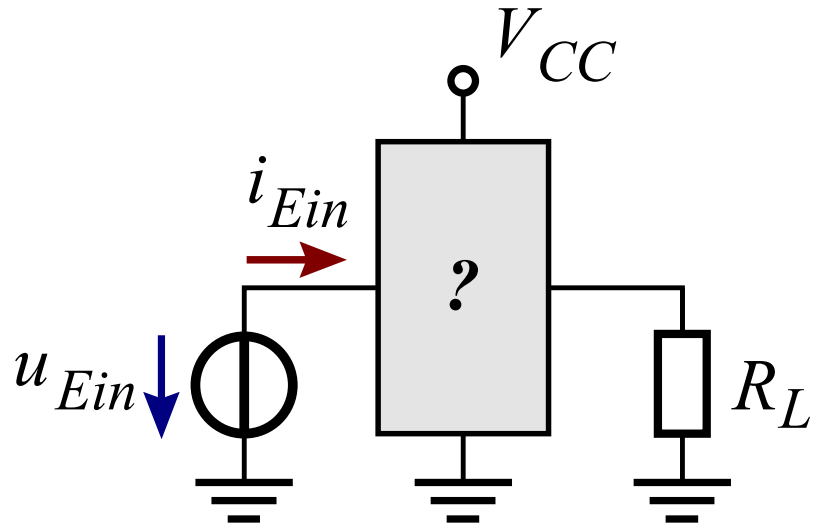
# Bipolar Transistorschaltung im System



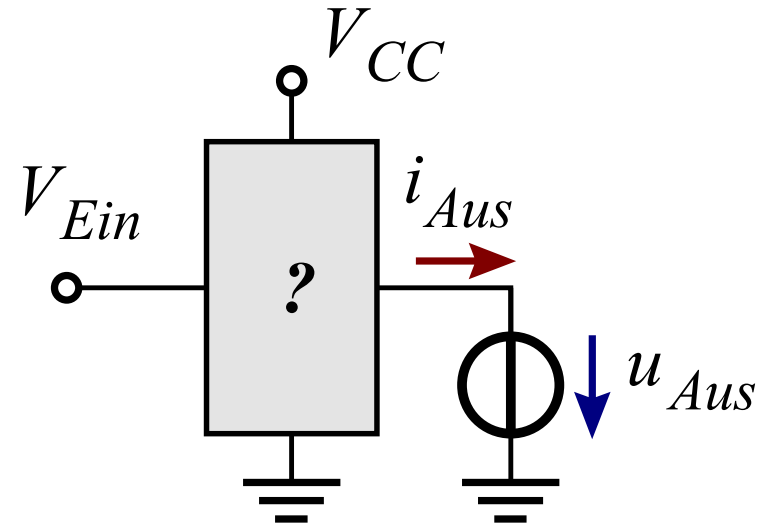
System-Einbindung von Bipolar-Schaltungen. Bei der Berechnung des Arbeitspunktes wird von einer Potenzialentkopplung der Ein- und Ausgänge ausgegangen



# Ein- und Ausgangswiderstand



Bestimmung von  $r_{Ein}$

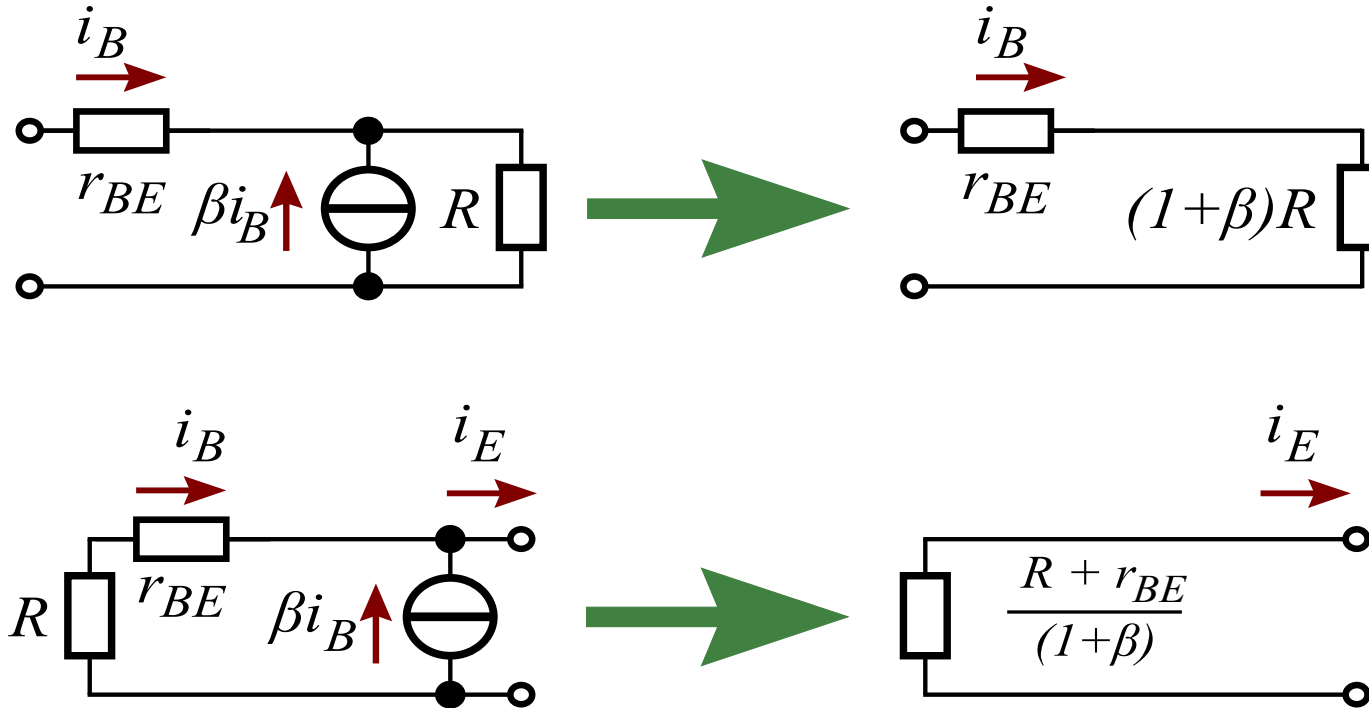


Bestimmung von  $r_{Aus}$

Modellvorstellungen zur Bestimmung von Ein- und Ausgangswiderstand



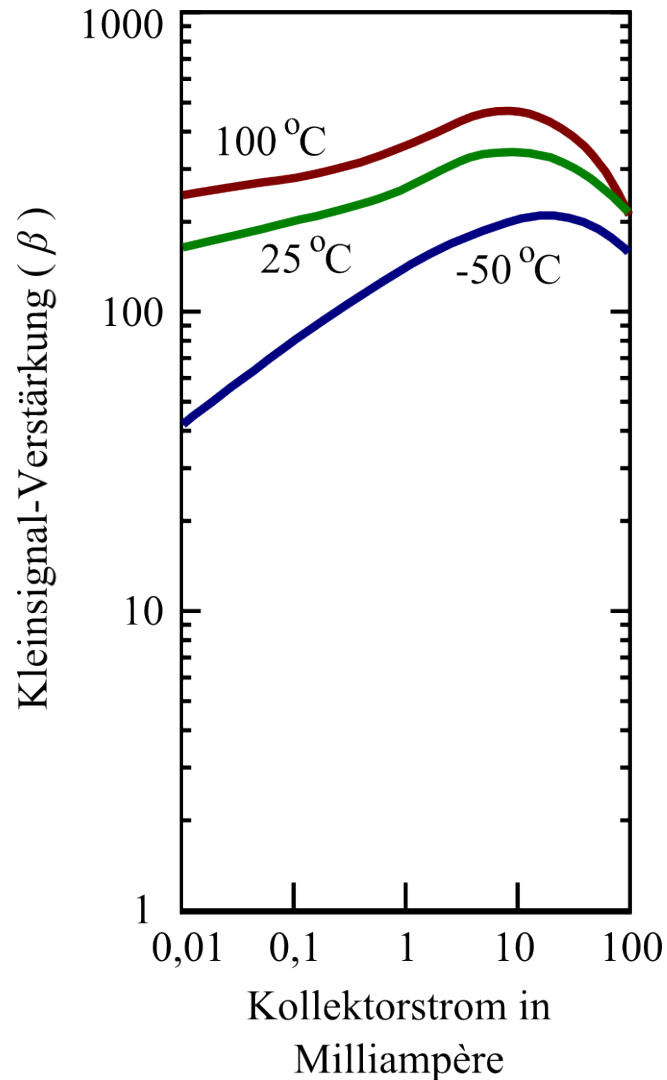
# Stromquellen und Widerstände



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



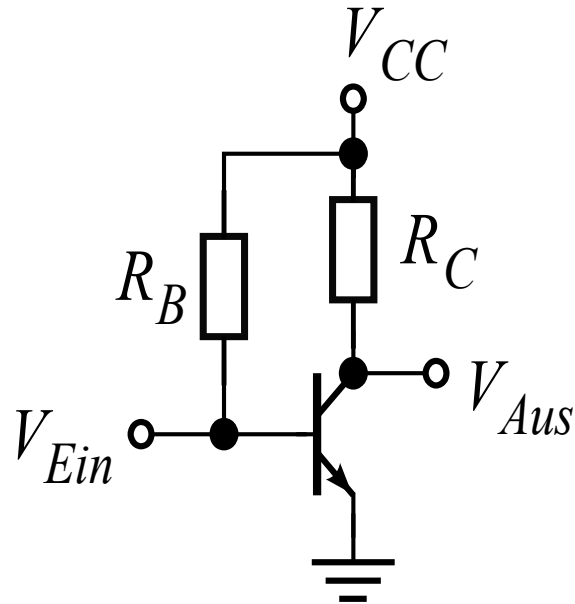
# Temperaturabhängigkeit



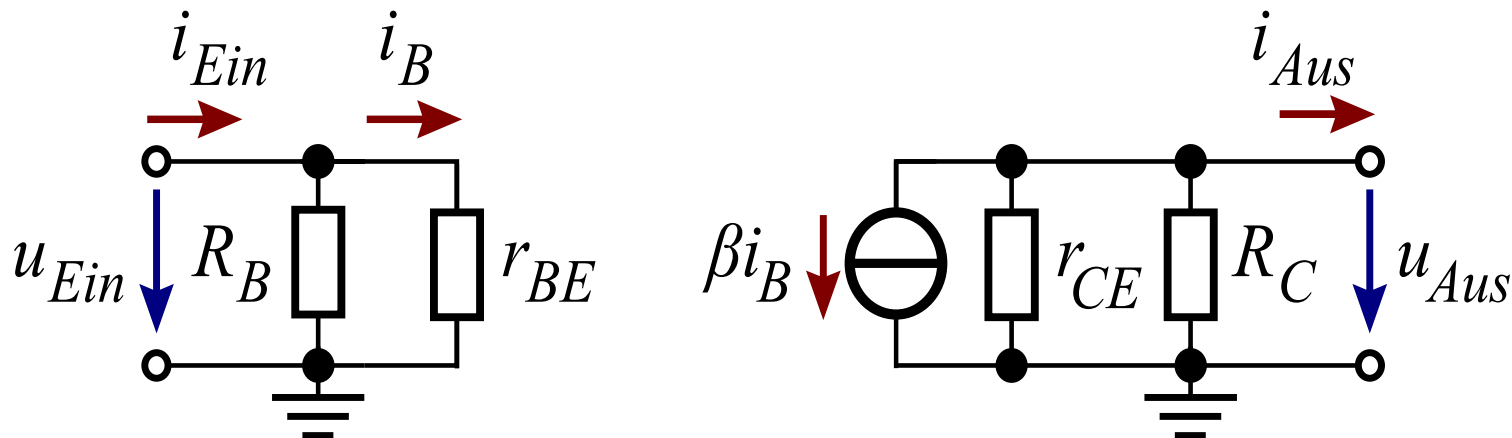
Temperaturabhängigkeit der Kleinsignal-Verstärkung als Funktion des Kollektorstromes für drei verschiedene Temperaturen am Beispiel des Transistors BC239. An diesem Beispiel wird deutlich: Robuste Schaltungen sind nur solche, deren Eigenschaften nicht von einem bestimmten Wert für  $\beta$  abhängen



# Emitter Grundschaltung



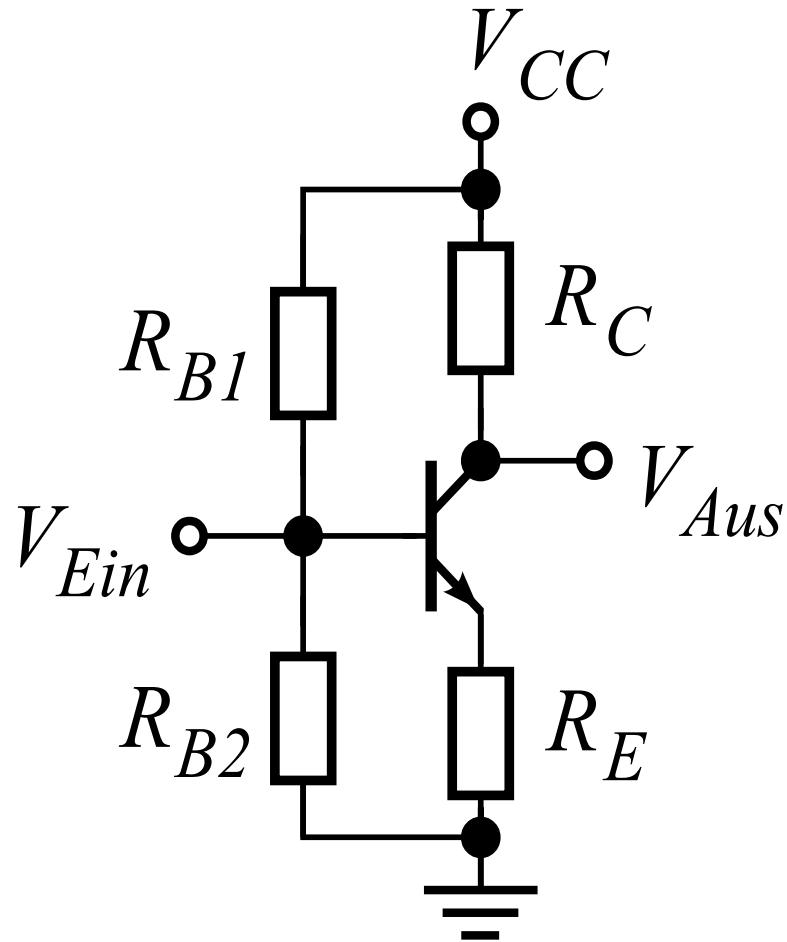
Oben:  
Minimalform der  
Emitterschaltung:  
Namensgebend  
ist das feste  
Emitterpotenzial



Unten:  
Kleinsignal-  
Ersatzschaltbild



# Stromgegenkopplung

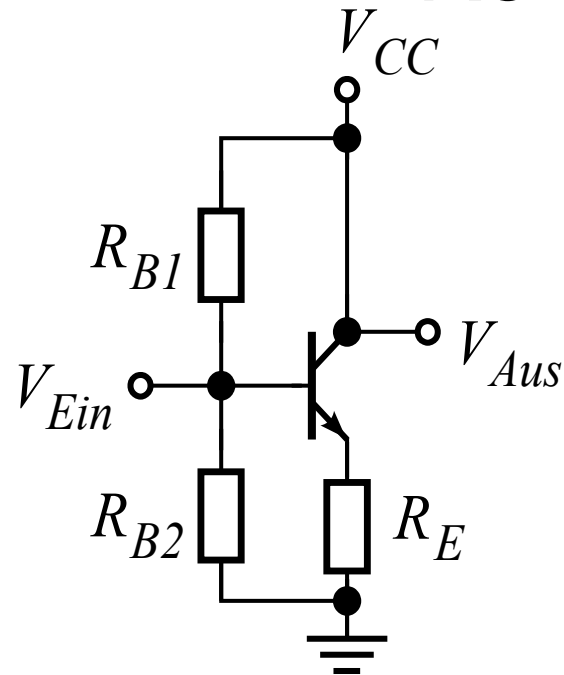


Emitterschaltung mit Stromgegenkopplung.

$R_E$  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.  $\beta$

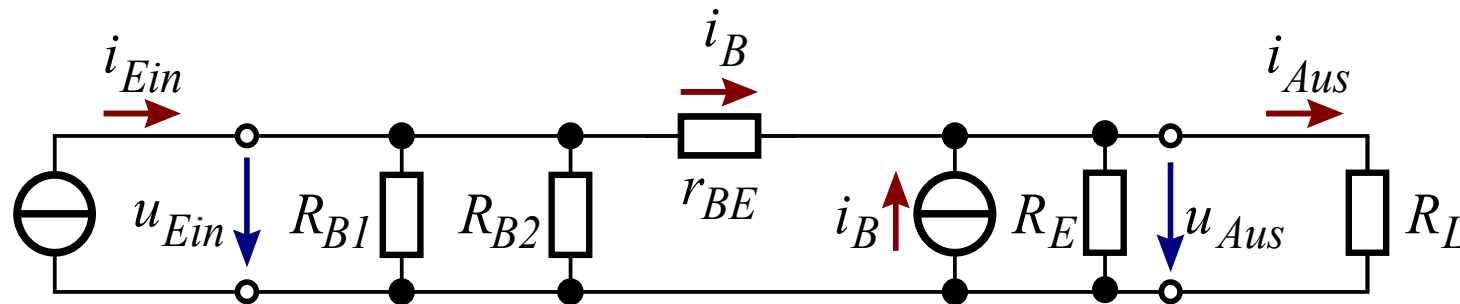


# Kollektor Grundschaltung



Oben:  
Kollektorschaltung.  
Der Kollektor liegt auf  
konstantem Potenzial

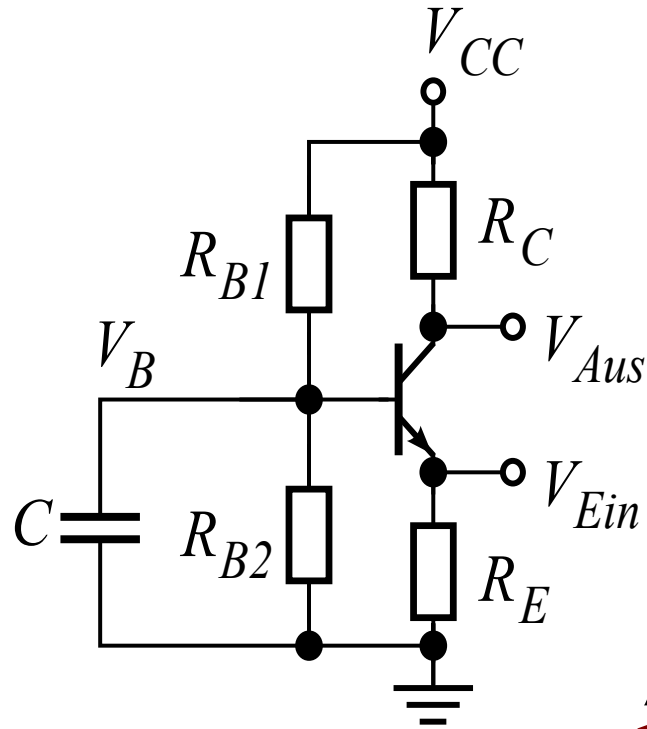
Unten:  
Kleinsignal-  
Ersatzschaltbild der  
Kollektorschaltung mit  
Quelle (links) und Last  
(rechts)



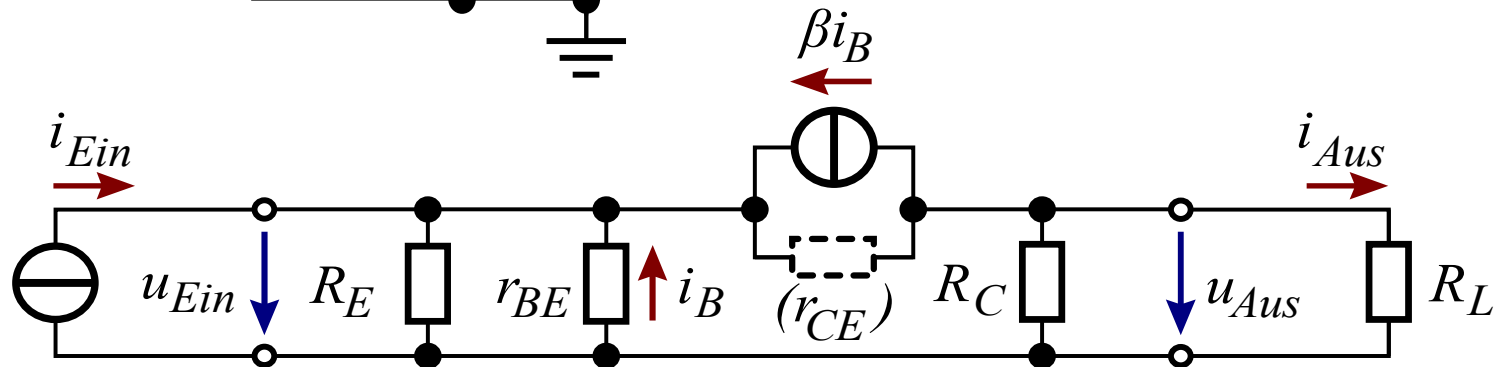




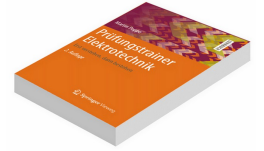
# Basis Grundschtaltung



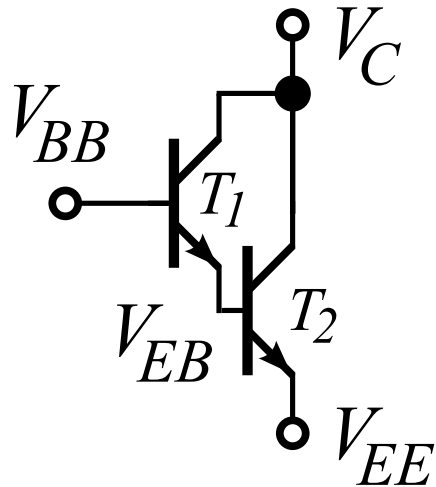
Oben:  
Basisschaltung. Sie hat ein (fast) konstantes Basispotenzial. Dafür sorgt der Kondensator.



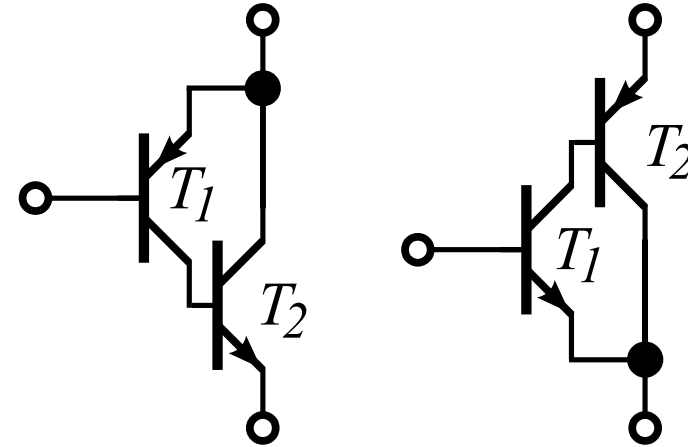
Unten:  
Kleinsignal-Ersatzschaltbild für den Grenzfall eines konstanten Basispotenzials



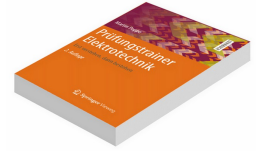
# Darlington Transistoren



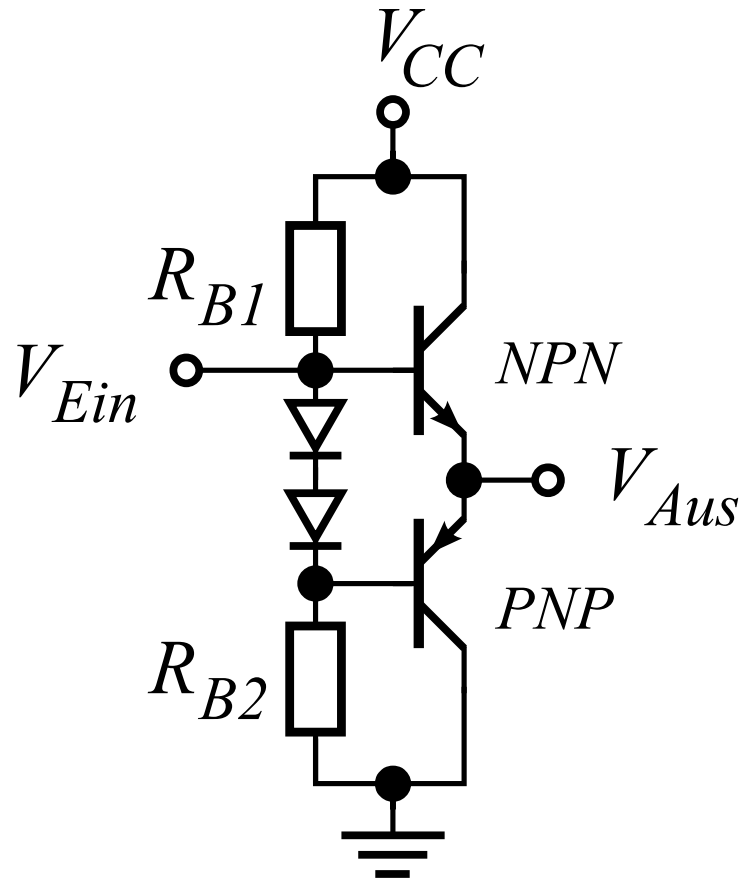
Darlington-Schaltung aus zwei NPN Transistoren.



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



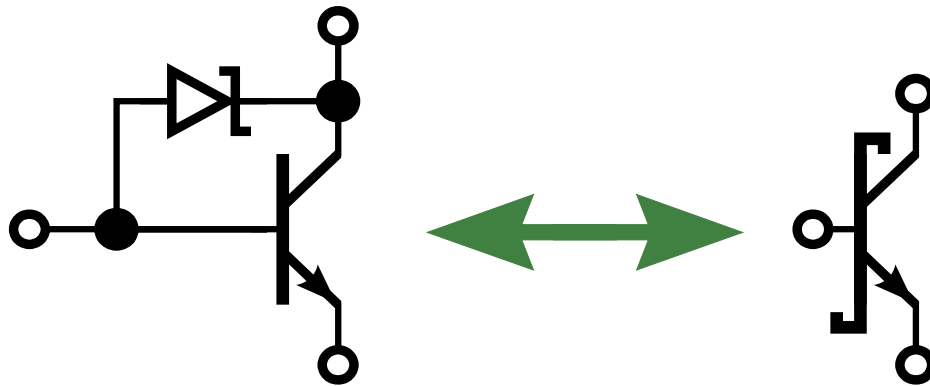
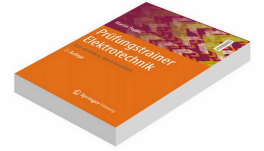
# Gegentakt Endstufe



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

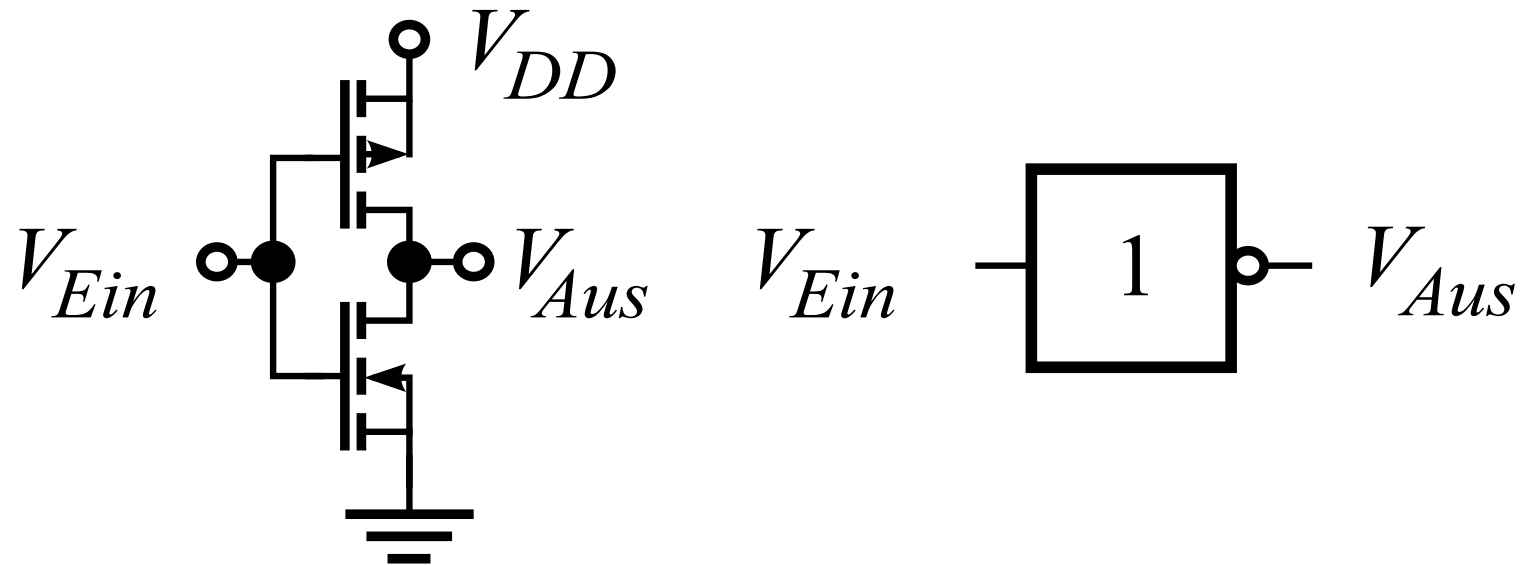
# Schottky-Transistor



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



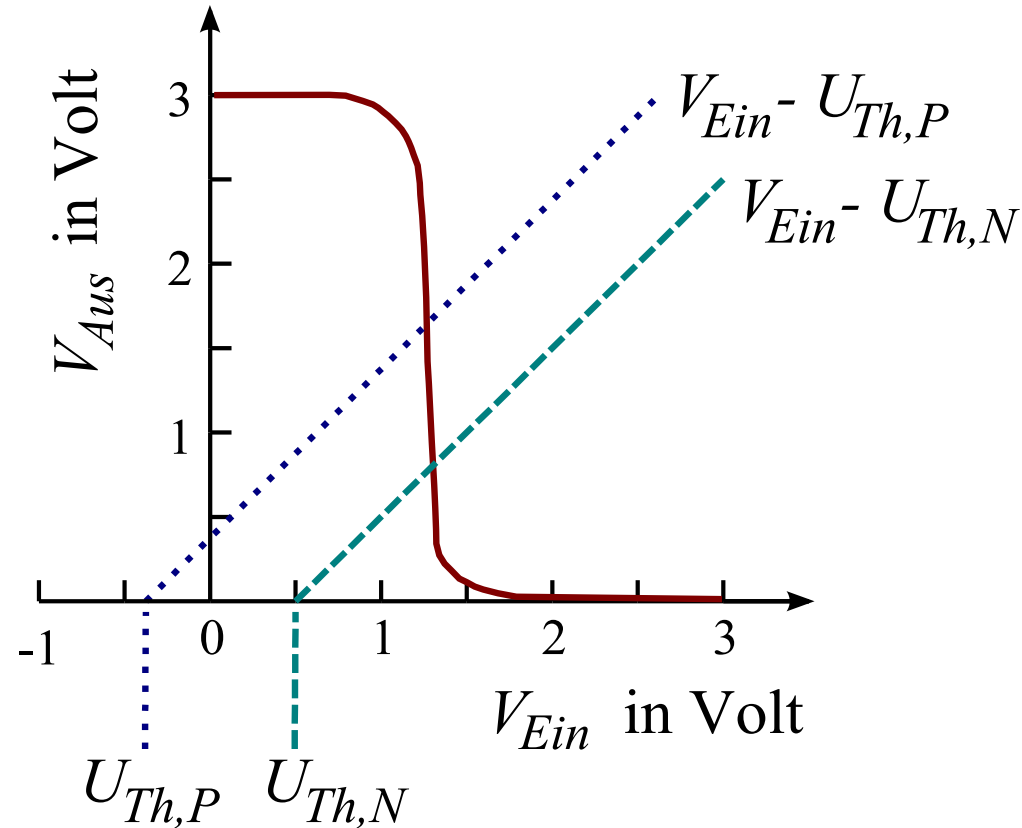
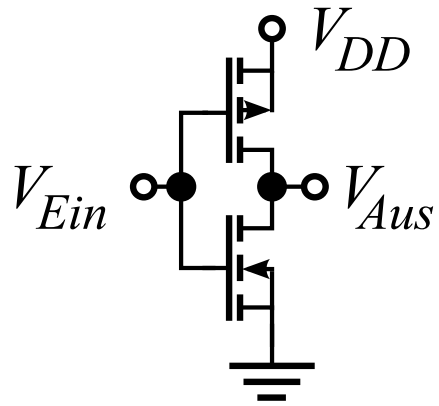
# CMOS Inverter



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



# Kennlinie des CMOS Inverters



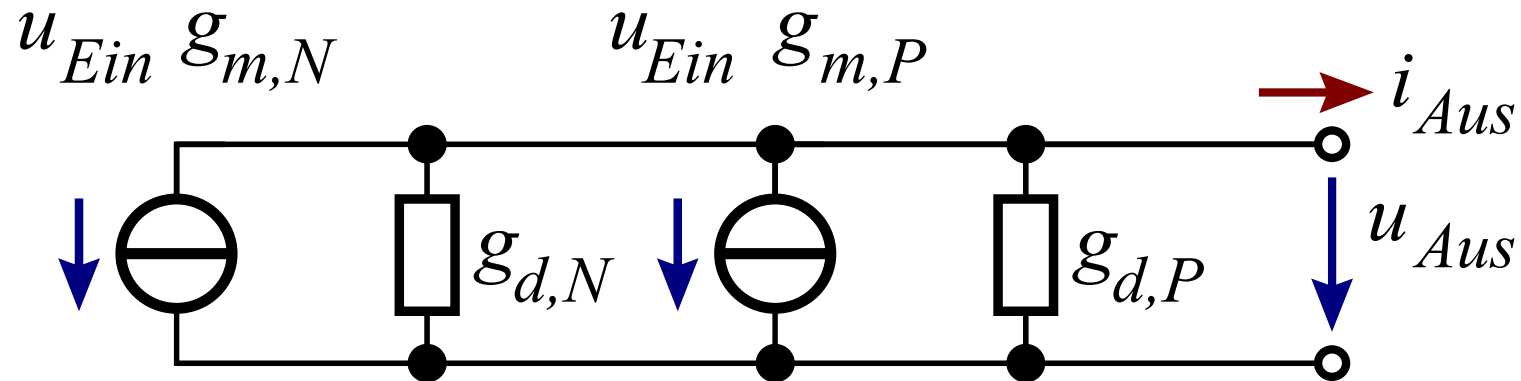
Kennlinie des CMOS-Inverters.

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

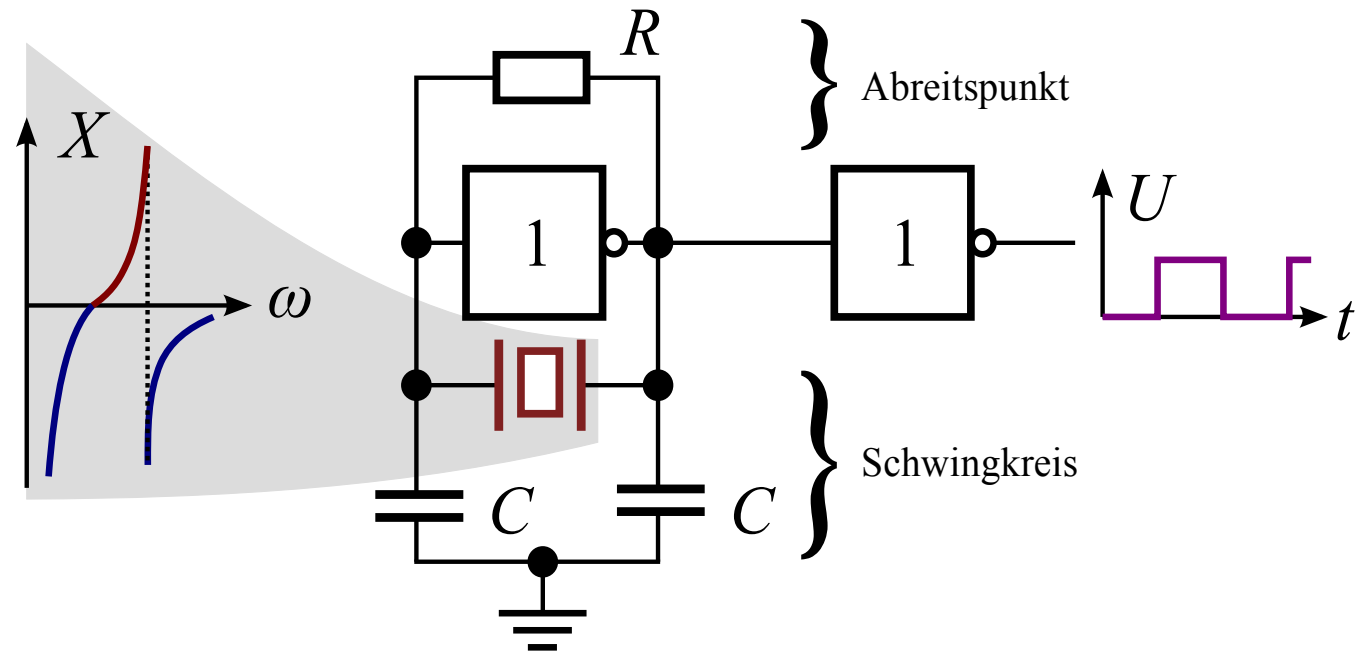
# CMOS Inverter Kleinsignal Ersatzschaltbild



Kleinsignal-Ersatzschaltbild des in CMOS-Inverters



# Quarz



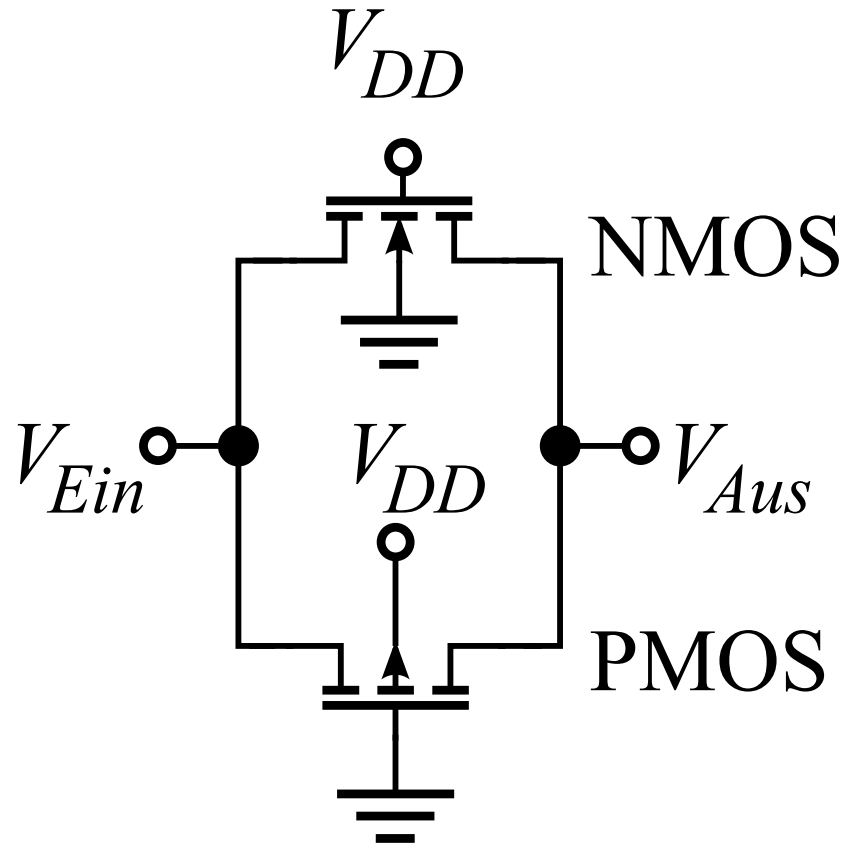
Quarz und zwei seiner Piezo-elektrischen Anwendungen: Feuerzeug und Oszillator (unter Verwendung eines Bildes aus WIKIPEDIA)

Verlauf des Blindwiderstandes eines Quarzes und diesen nutzende Oszillatorschaltung



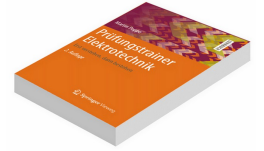


# Elektronischer Schalter



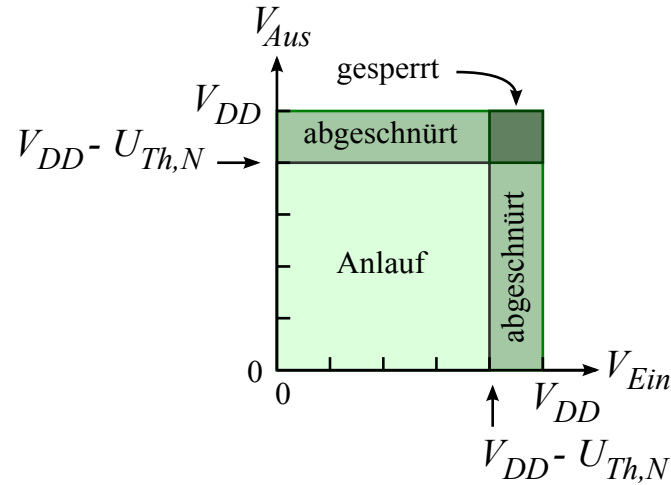
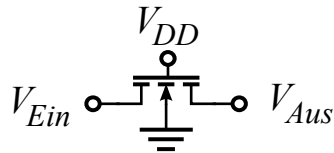
Transfer-Gatter,  
auch bekannt als  
elektronischer  
Schalter.

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

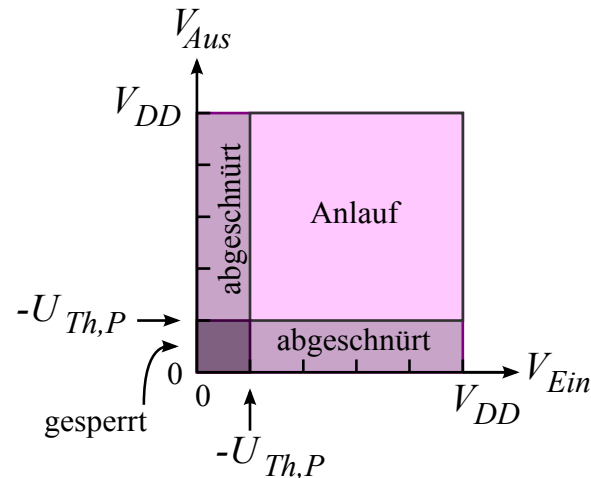
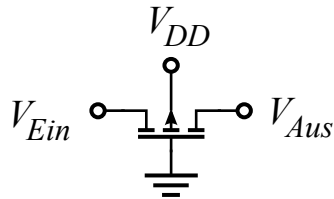


# Zustände am Transfer-Gatter

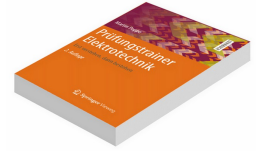
**NMOS**



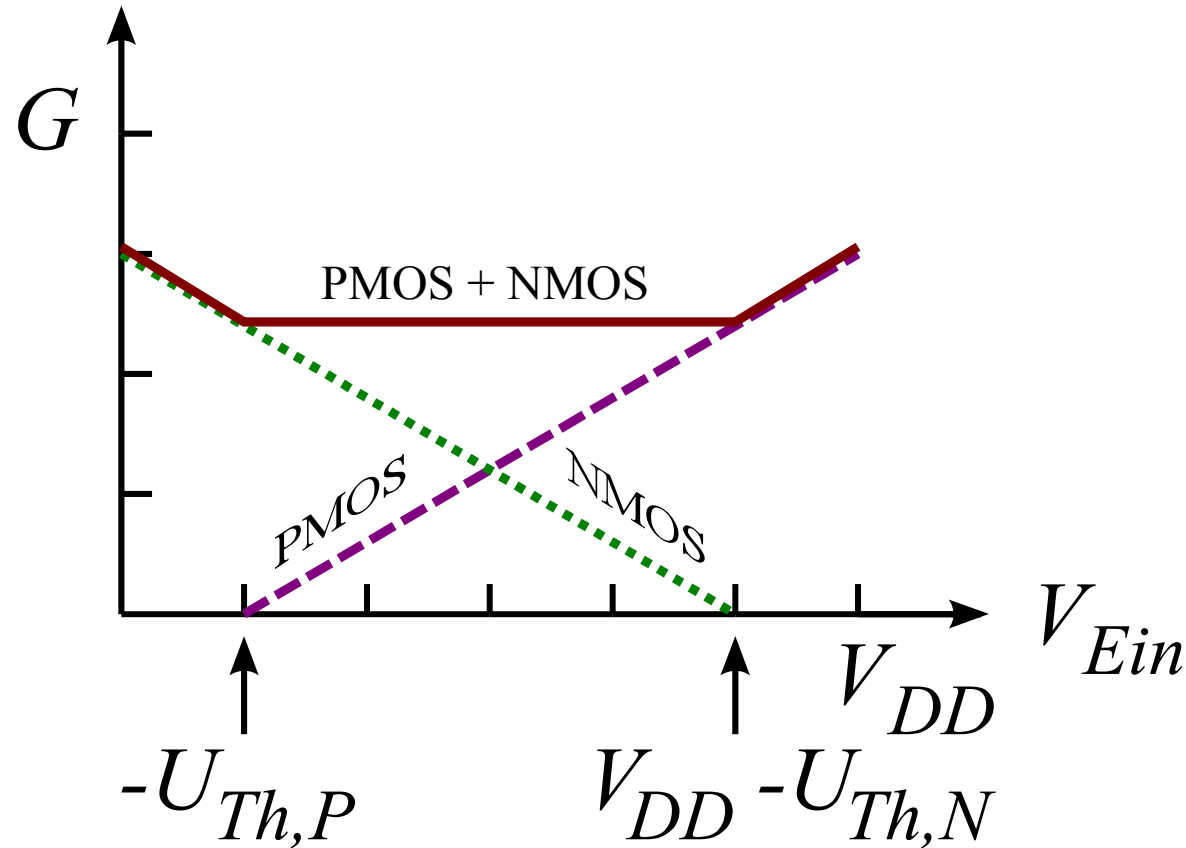
**PMOS**



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

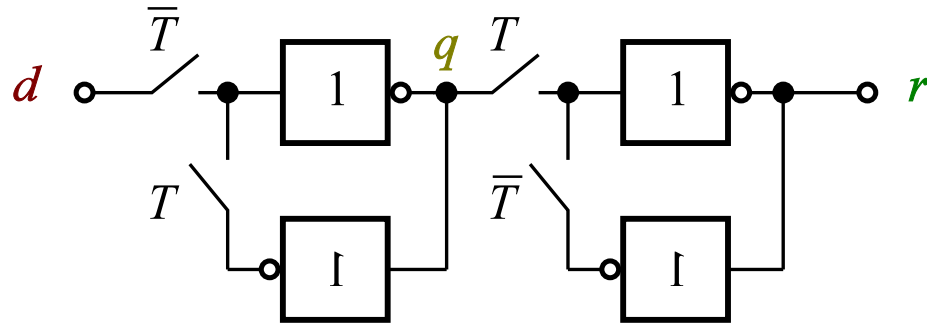


Leitwertverlauf des Transfer-Gatters für sich langsam ändernde Eingangspotenziale.

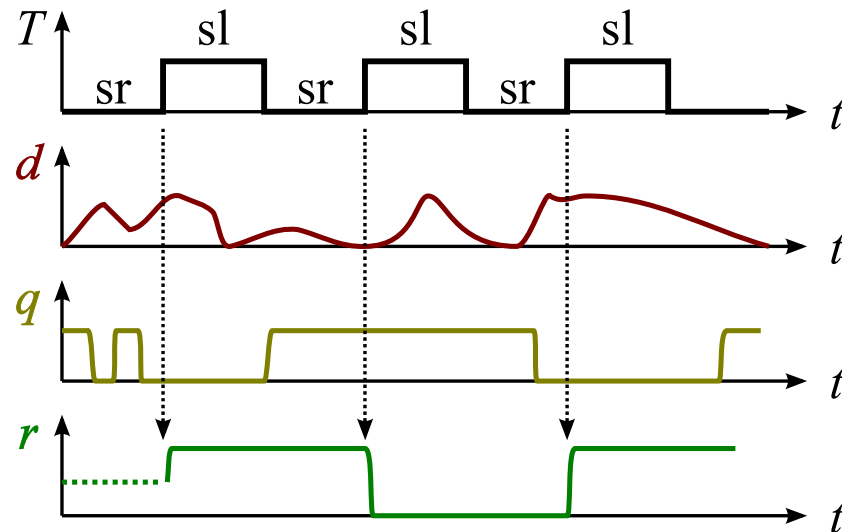
Bei symmetrischer Wahl der Transistorparameter verhält sich die Schaltung um  $V_{Ein} = V_{DD}/2$  herum wie ein Ohm'scher Widerstand



# Master-Slave Flipflop



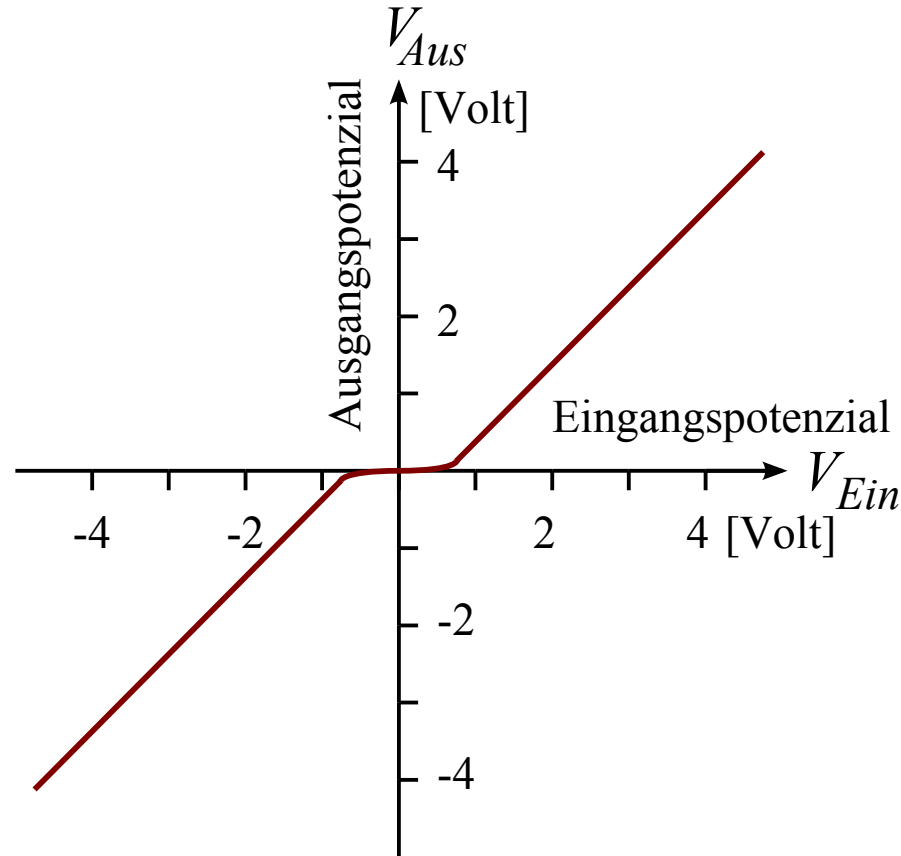
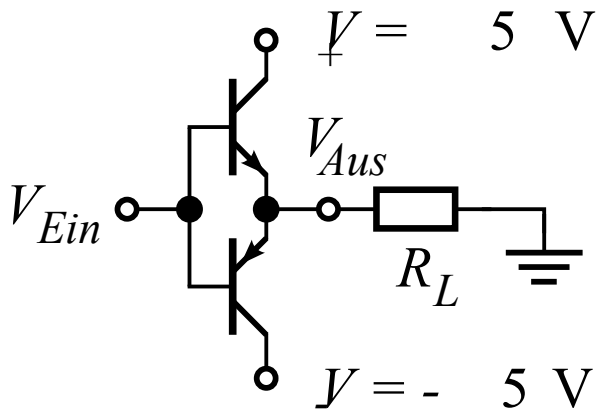
Ein Master-Slave Flipflop (oben) und seine Wirkung auf den zeitlichen Verlauf von Signalen (unten):



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



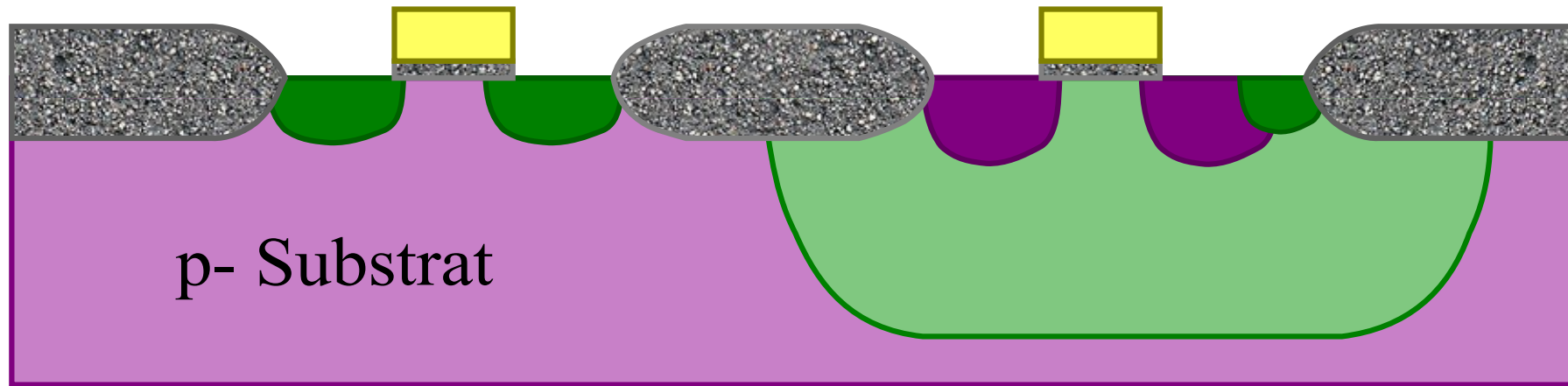
# Fehlerhafte Gegentakt-Endstufe



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

Sie führt, wie rechts gezeigt zu  
Verzerrungen

# CMOS Inverter-Querschnitt

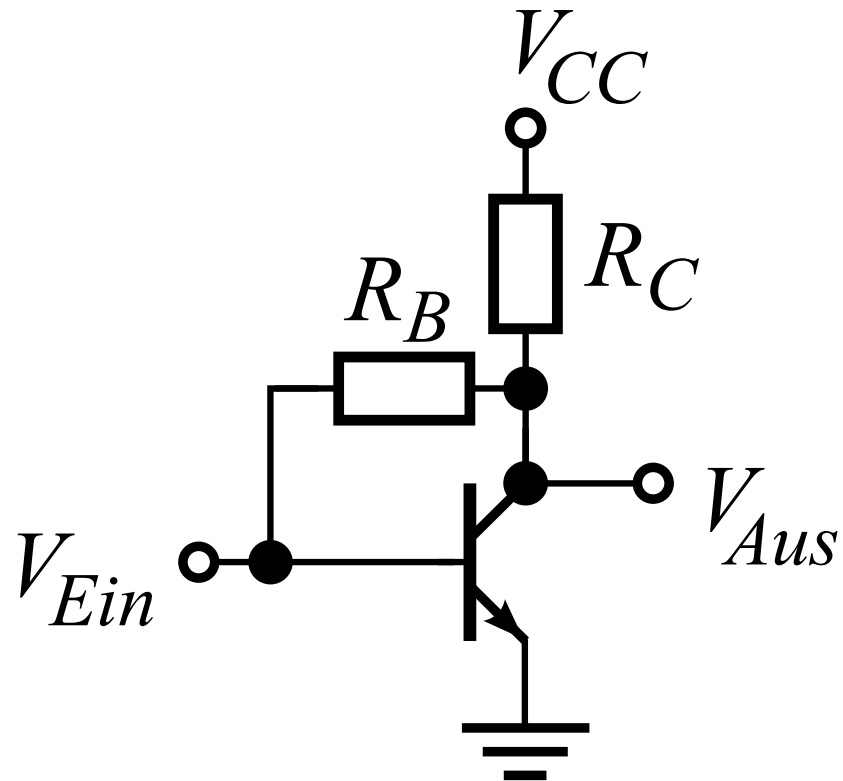


Aufgabe:

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

Gesucht: Was ist wie dotiert und wie angeschlossen?

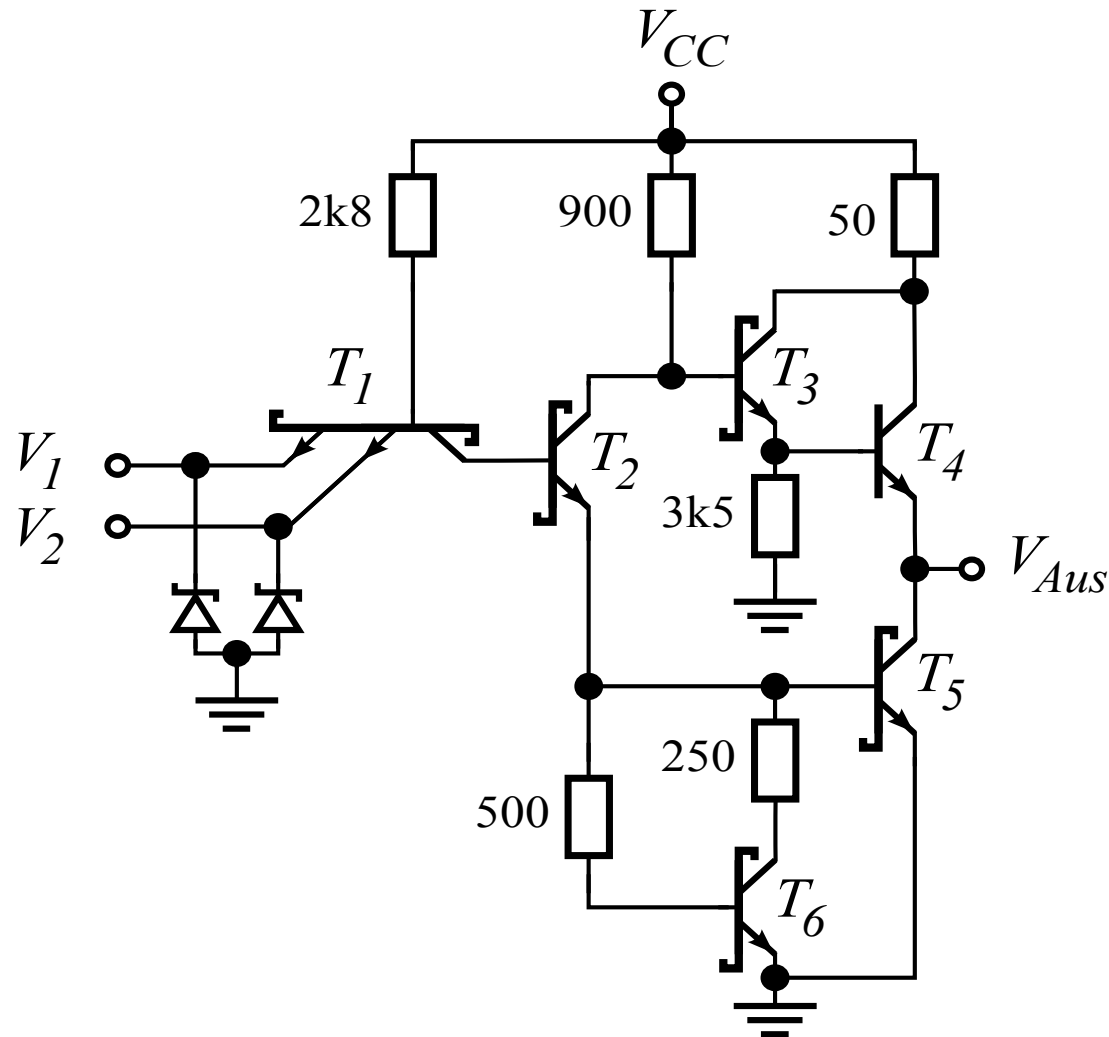
# Emitterschaltung mit Spannungsgegenkopplung



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

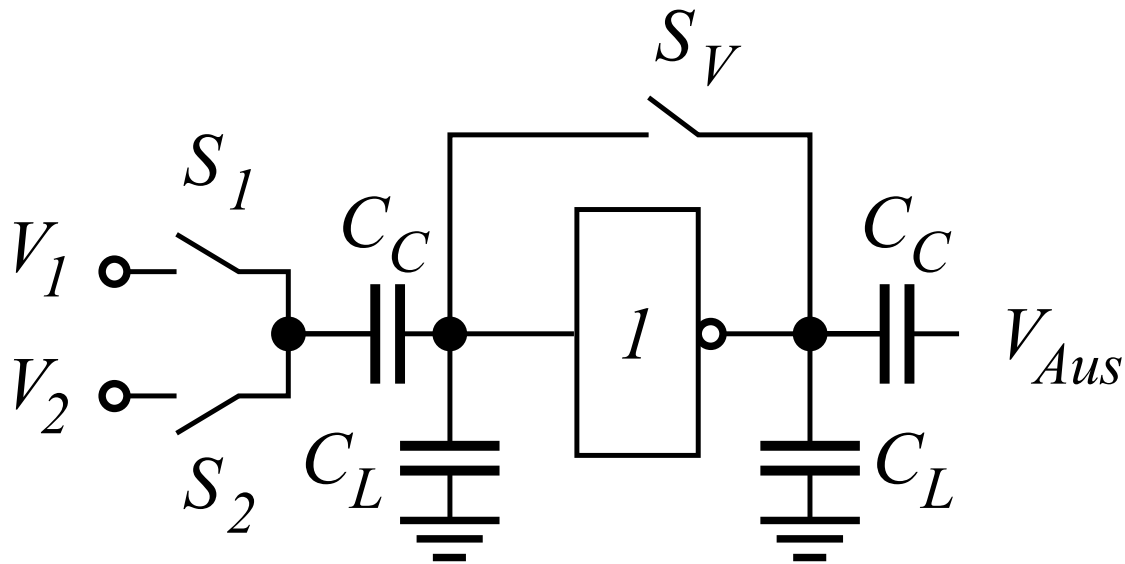
$V_1 = V_2 = 5 \text{ V}$  als auch für

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





# Comparator



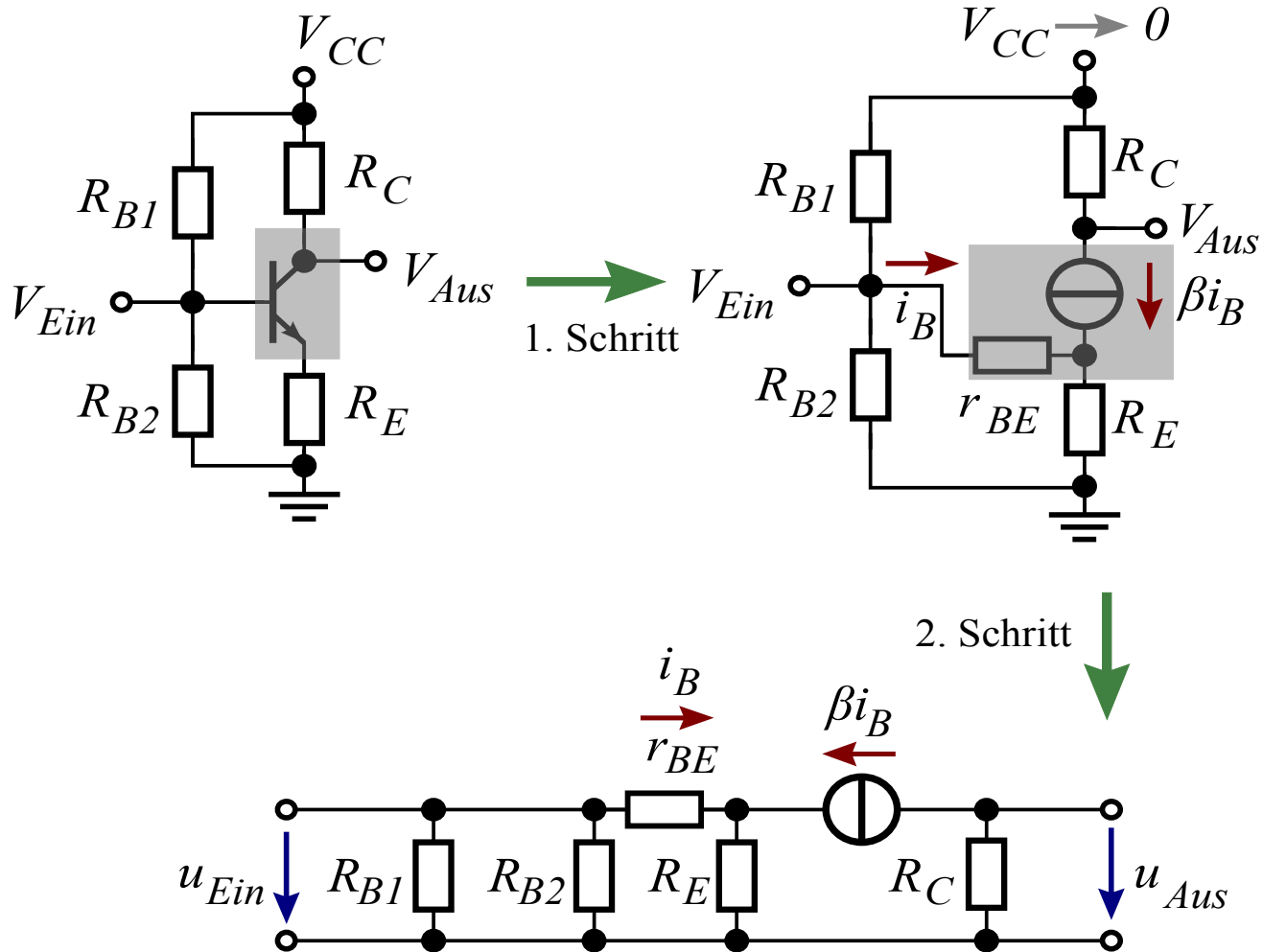
Aufgabe:  
Finden Sie eine vernünftige Abfolge von Schalterstellungen, so dass am Ende  $V_{Aus}$  mit möglichst großer Verstärkung den Unterschied von  $V_1$  und  $V_2$  weitergibt.

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)