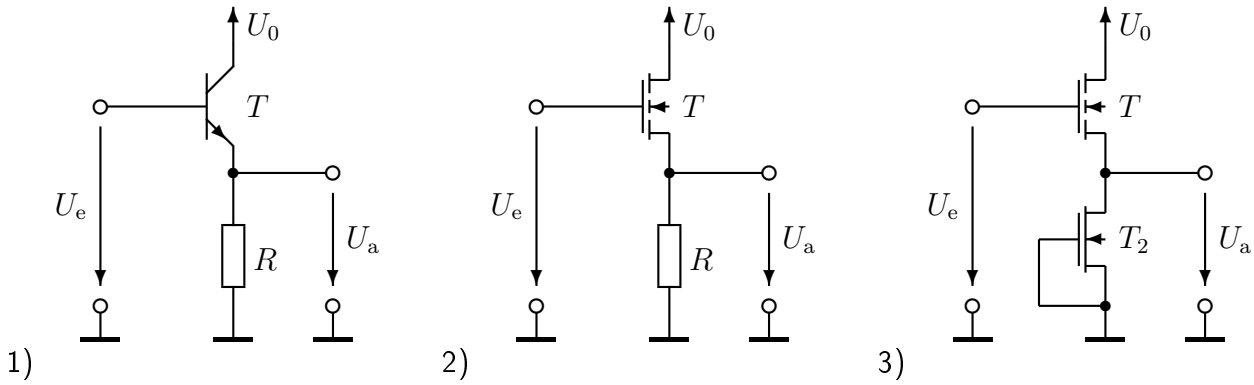


BEISPIEL 5.1: Sourcefolger



Versorgungsspannung: $U_0 = 5 \text{ V}$
 Eingangsruespannung: $U_{e0} = 4 \text{ V}$
 GeneratorInnenwiderstand: $R_G = 1 \text{ k}\Omega$

Kollektor-Ruhestrom: $I_{C0} = 1 \text{ mA}$
 Drain-Ruhestrom: $I_{D0} = 1 \text{ mA}$

Bipolartransistor:

Flussspannung: $U_f = 0,6 \text{ V}$
 Temperaturspannung: $U_T = 25 \text{ mV}$
 Stromverstärkung: $B = 100$
 Early-Spannung: $U_Y = 50 \text{ V}$
 Restspannung: $U_{CEsat} = 0,1 \text{ V}$

MOSFETs:

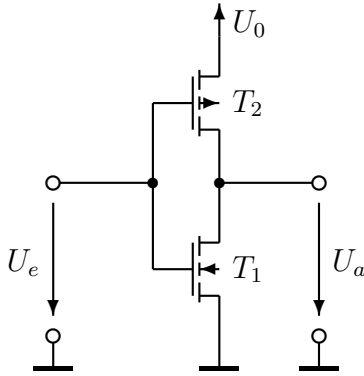
Schwellspannung T : $U_T = 1 \text{ V}$
 Steuerfaktor T : $\beta = 2,5 \text{ mA/V}^2$
 Schwellspannung T_2 : $U_{T2} = -1 \text{ V}$
 Early-Spannung: $U_Y = 50 \text{ V}$ ($\lambda = 0,02 \text{ V}^{-1}$)

Lösen Sie für jede der 3 Schaltungen folgende Aufgaben:

- Dimensionieren Sie den Widerstand R bzw. den Steuerfaktor β_2 von MOSFET T_2 , sodass sich der Arbeitspunkt einstellt.
- Berechnen Sie unter Berücksichtigung der Early-Leitwerte die Spannungsverstärkung v_u .
- Berechnen Sie unter Berücksichtigung der Early-Leitwerte den Eingangswiderstand r_e .
- Berechnen Sie unter Berücksichtigung der Early-Leitwerte den Ausgangswiderstand r_a .
- Welchen Wert $U_{e,\min}$ darf die Eingangsspannung nicht unterschreiten, damit alle Transistoren im aktiven Bereich (Stromquellenbereich) bleiben?

| | Schaltung 1 | Schaltung 2 | Schaltung 3 |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| R bzw. β_2 | | | |
| $1/g_m$ | | | |
| $1/g_{CE}$ bzw. $1/g_{DS}$ | | | |
| v_u | | | |
| r_e | | | |
| r_a | | | |
| $U_{e,\min}$ | | | |

BEISPIEL 5.2: CMOS-Inverter



Versorgungsspannung: $U_0 = 5 \text{ V}$

Schwellspannungen: $U_{T1} = \bar{U}_{T2} = 1 \text{ V}$

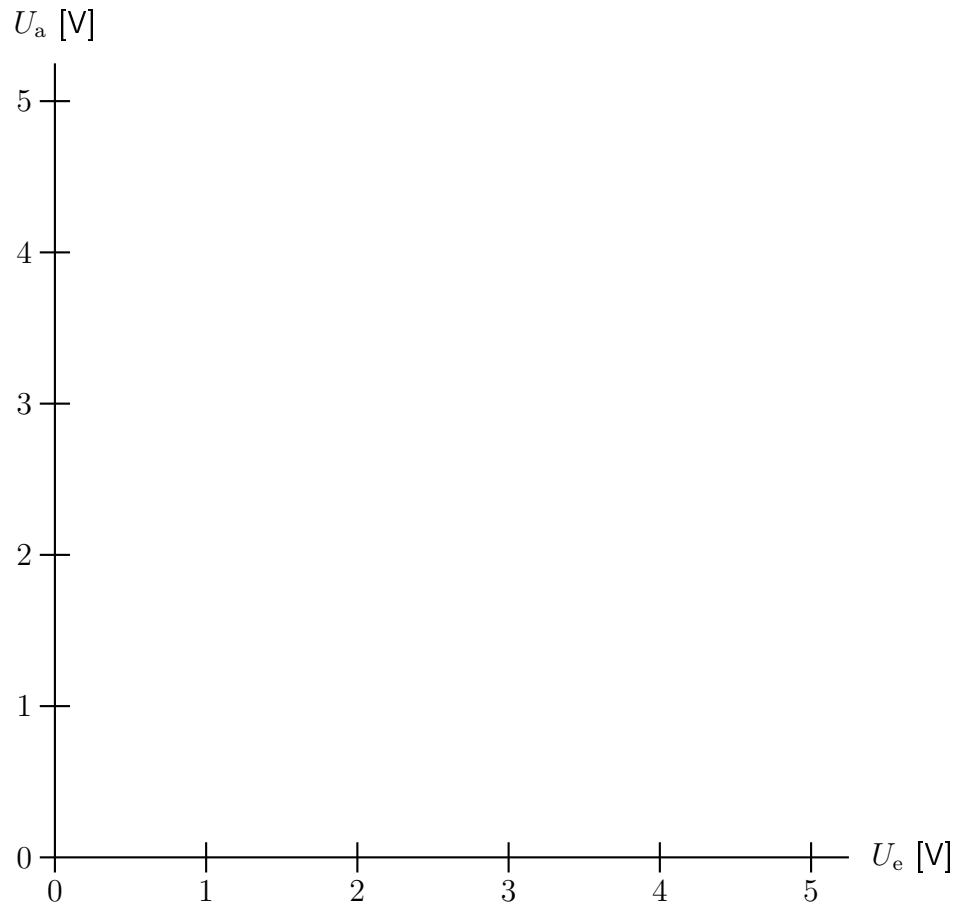
Steuerfaktoren: $\beta_1 = \beta_2 = 0,25 \text{ mA/V}^2$

Der CMOS-Inverter ist das einfachste logische Glied in CMOS-Technologie.

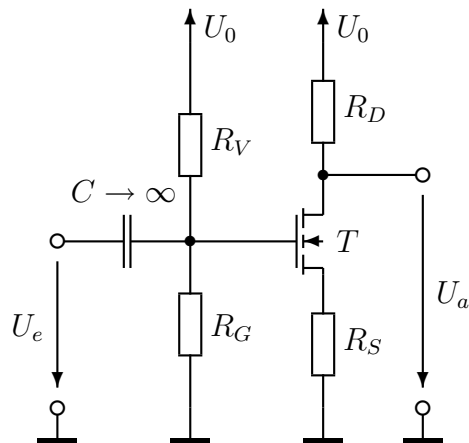
Ermitteln Sie die Übertragungskennlinie $U_a(U_e)$

- in jenen Bereichen, in denen jeweils einer der Transistoren sperrt.
- in jenem Bereich, in dem beide Transistoren im Stromquellenbereich arbeiten.
- in jenen Bereichen, in denen jeweils ein Transistor im Stromquellenbereich und der andere im Ohmschen Bereich arbeitet.

Hinweis: Die einzelnen Bereiche der Kennlinie gehen stetig mit stetigen Tangenten ineinander über.



BEISPIEL 5.3: Sourceschaltung mit Stromgegenkopplung

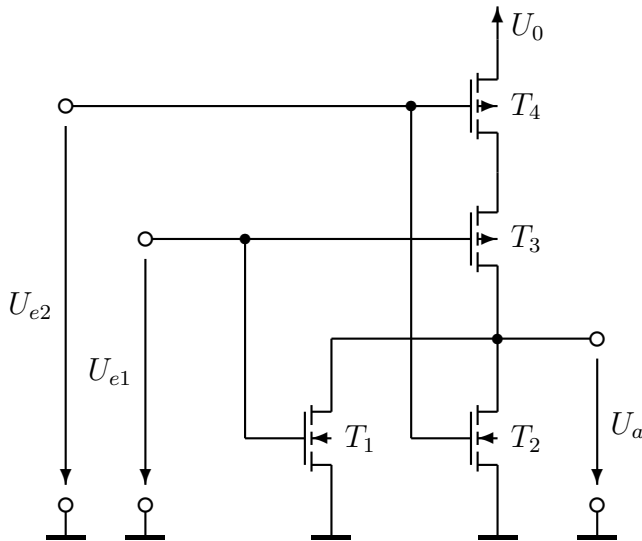


Versorgungsspannung: $U_0 = 15 \text{ V}$
 Schwellspannung: $U_T = 1 \text{ V}$
 Steuerfaktor: $\beta = 1 \text{ mA/V}^2$
 Widerstandswerte: $R_V = 4 \text{ M}\Omega$
 $R_G = 1 \text{ M}\Omega$
 $R_S = 600 \text{ }\Omega$
 $R_D = 8 \text{ k}\Omega$

- Berechnen Sie die Ausgangs-Ruhespannung U_{a0} .
- Berechnen Sie die Kleinsignal-Spannungsverstärkung v_u .
- Berechnen Sie den Eingangswiderstand r_e .
- Berechnen sie den Ausgangswiderstand r_a .
- Bestimmen Sie die maximale Amplitude $(\hat{u}_a)_{\max}$ für sinusförmige Eingangsspannungen, sodass der Transistor den Stromquellenbereich nicht verlässt.

Vergleichen Sie die Eigenschaften mit jenen der Emitterschaltung mit Stromgegenkopplung.

BEISPIEL 5.4: CMOS-NOR-Gatter



Versorgungsspannung: $U_0 = 5 \text{ V}$

Schwellspannungen: $U_{T1} = U_{T2} = U_{T3} = U_{T4} = 1 \text{ V}$

Steuerfaktoren: $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0,5 \text{ mA/V}^2$

- (a) Tragen Sie in die nachfolgende Tabelle für die gegebenen Eingangsspannungen ein, in welchem Betriebszustand sich die einzelnen Transistoren befinden („S“ für Sperrbereich, „O“ für Ohmschen Bereich, „I“ für Stromquellenbereich). Geben Sie weiters die Ausgangsspannung an.

| U_{e1} | U_{e2} | T_1 | T_2 | T_3 | T_4 | U_a |
|----------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | | | | | |
| U_0 | 0 | | | | | |
| 0 | U_0 | | | | | |
| U_0 | U_0 | | | | | |

- (b) Betrachten Sie in diesem und den folgenden Punkten die Übertragungskennlinie $U_a(U_{e1})$ für $U_{e2} = 0$. Bis zu welchem Wert darf U_{e1} von $U_{e1} = 0$ ausgehend erhöht werden, ohne dass sich die Ausgangsspannung ändert? Bis zu welchem Wert darf U_{e1} von $U_{e1} = U_0$ ausgehend vermindert werden, ohne dass sich die Ausgangsspannung ändert?
- (c) Bei welcher Eingangsspannung U_{e1} gibt es einen vertikalen Teil der Übertragungskennlinie $U_a(U_{e1})$?
Hinweis: Der Transistor T_4 befindet sich im Ohmschen Bereich (warum?). Approximieren Sie die Kennlinie im Ohmschen Bereich durch den linearen Term in U_{SD} .
- (d) Zwischen welchen Werten der Ausgangsspannung U_a verläuft der vertikale Teil der Übertragungskennlinie $U_a(U_{e1})$?
- (e) Skizzieren Sie die Übertragungskennlinie $U_a(U_{e1})$ des CMOS-NOR-Gatters und vergleichen Sie sie mit der Übertragungskennlinie des aus T_1 und T_3 gebildeten CMOS-Inverters.