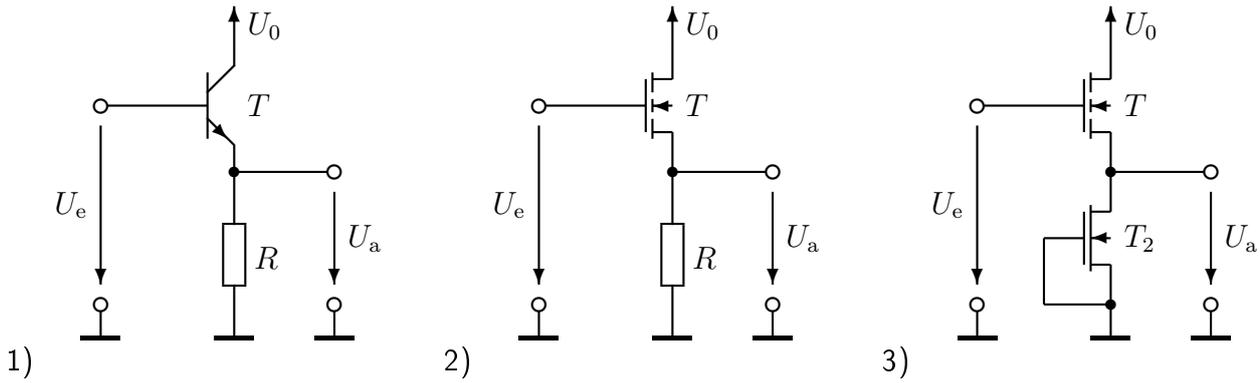


## BEISPIEL 5.1: Sourcefolger



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:*

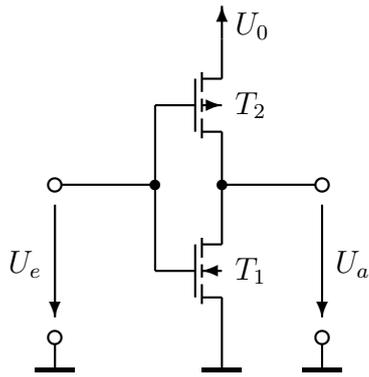
Schwellspannung  $T$ :  $U_T = 1 \text{ V}$   
 Steuerfaktor  $T$ :  $\beta = 2,5 \text{ mA/V}^2$   
 Schwellspannung  $T_2$ :  $U_{T2} = -1 \text{ V}$   
 Early-Spannung:  $U_Y = 50 \text{ V}$  ( $\lambda = 0,02 \text{ V}^{-1}$ )

Lösen Sie für jede der 3 Schaltungen folgende Aufgaben:

- Dimensionieren Sie den Widerstand  $R$  bzw. den Steuerfaktor  $\beta_2$  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. $\beta_2$			
$1/g_m$			
$1/g_{CE}$ bzw. $1/g_{DS}$			
$v_u$			
$r_e$			
$r_a$			
$U_{e,\min}$			

## BEISPIEL 5.2: CMOS-Inverter



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

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

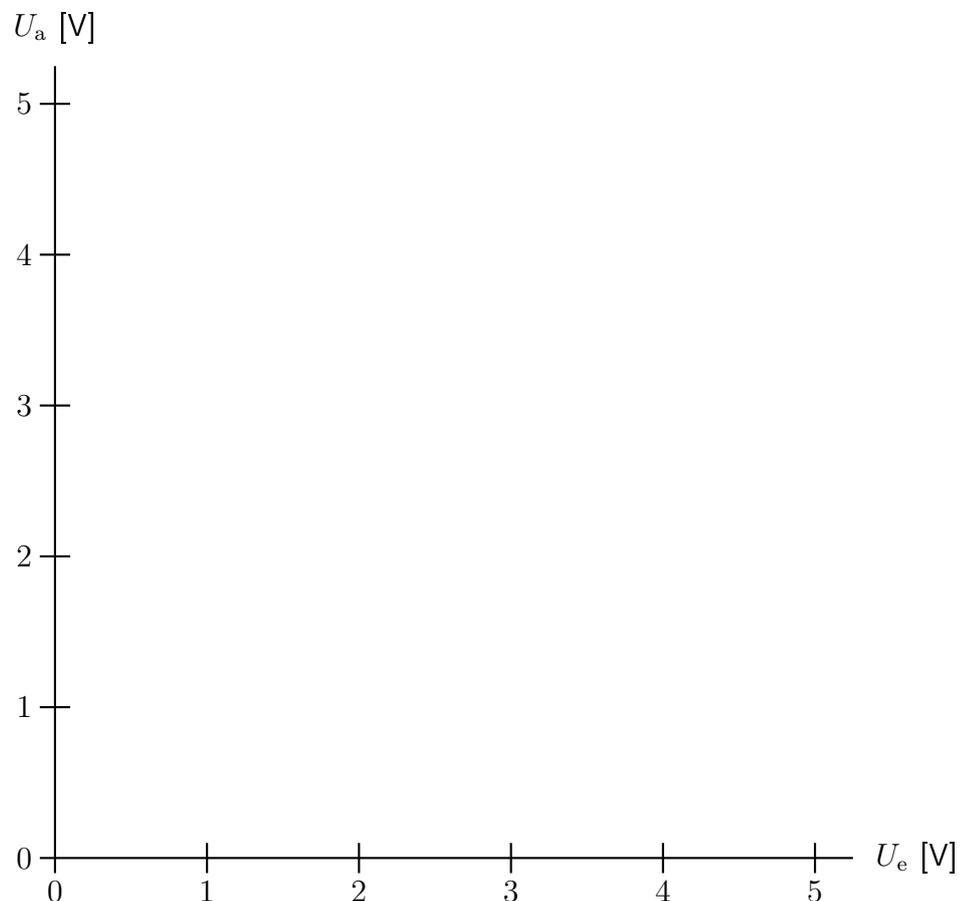
Steuerfaktoren:  $\beta_1 = \beta_2 = 0,25 \text{ mA/V}^2$

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

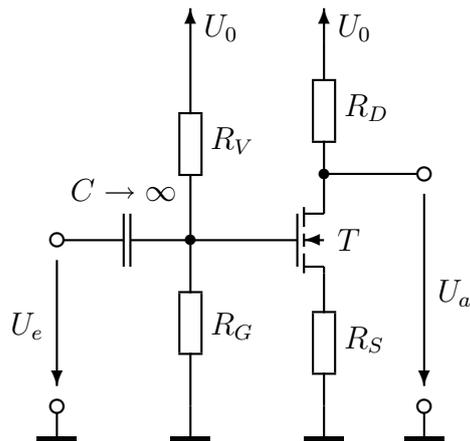
Ermitteln Sie die Übertragungskennlinie  $U_a(U_e)$

- 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

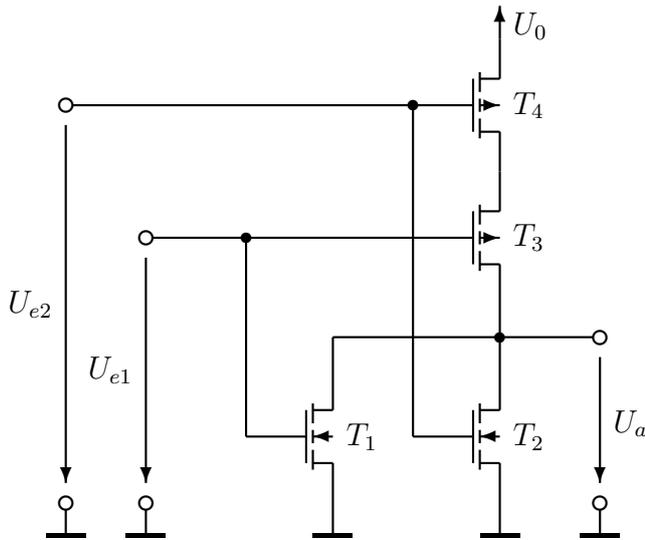


Versorgungsspannung:  $U_0 = 15 \text{ V}$   
 Schwellspannung:  $U_T = 1 \text{ V}$   
 Steuerfaktor:  $\beta = 1 \text{ mA/V}^2$   
 Widerstandswerte:  $R_V = 4 \text{ M}\Omega$   
 $R_G = 1 \text{ M}\Omega$   
 $R_S = 600 \text{ }\Omega$   
 $R_D = 8 \text{ k}\Omega$

- 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.