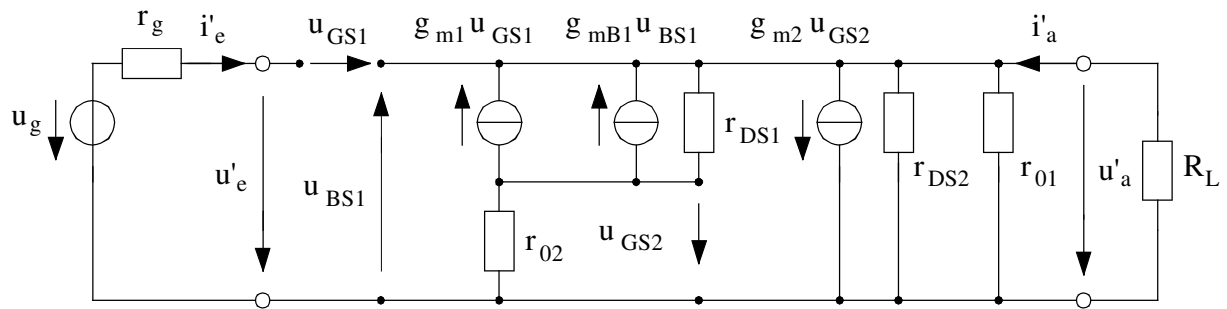
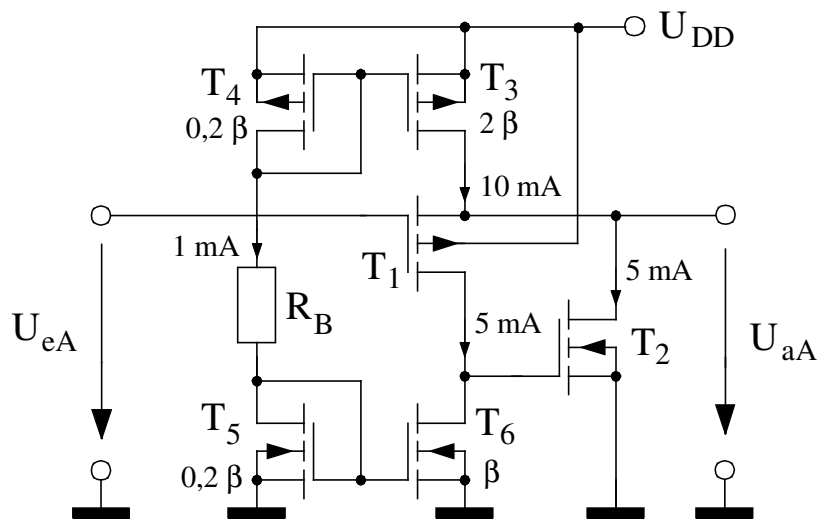


Ergänzungen zur Vorlesung "Verbesserte Grundschaltungen"

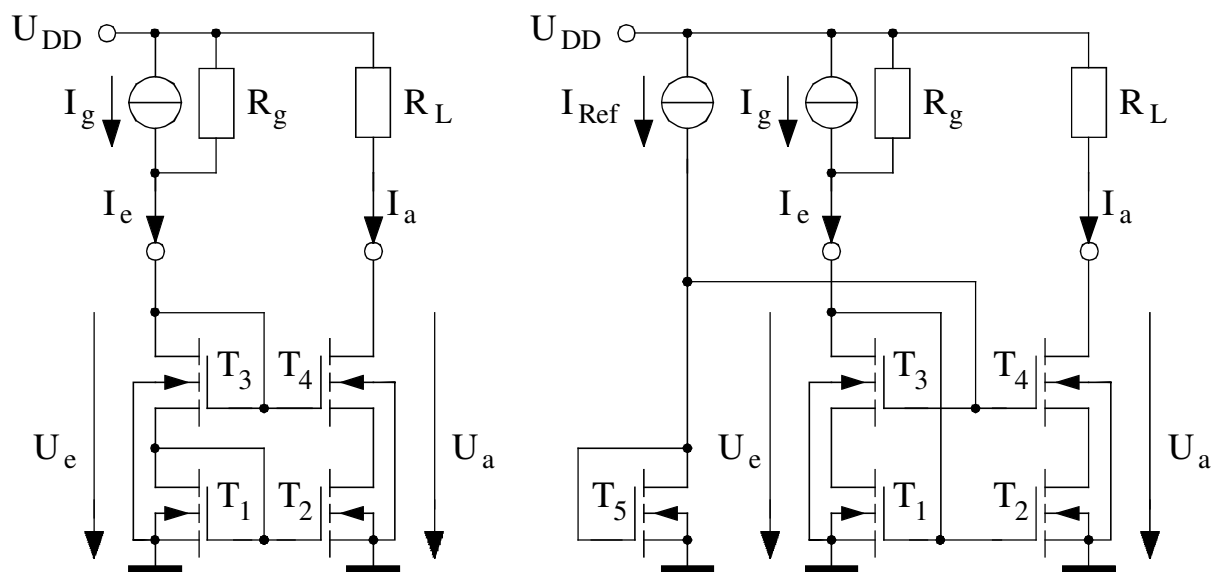
Supersourcefolger: Kleinsignal-Ersatzschaltung



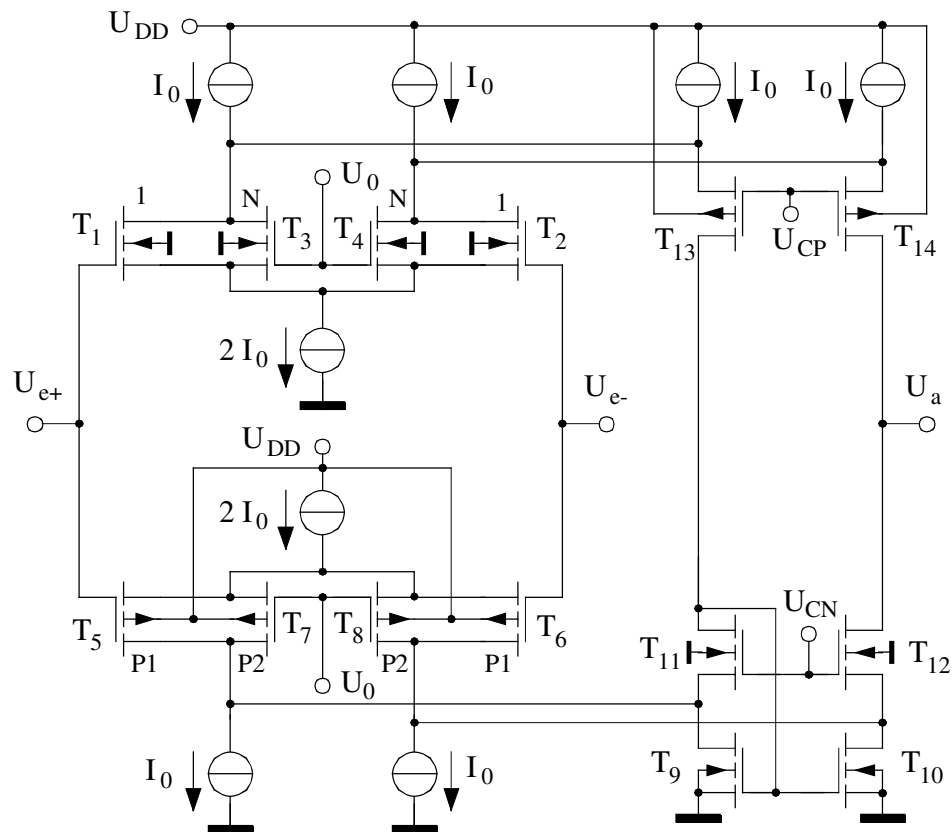
Schaltungsrealisierung Supersourcefolger (Arbeitspunkt)



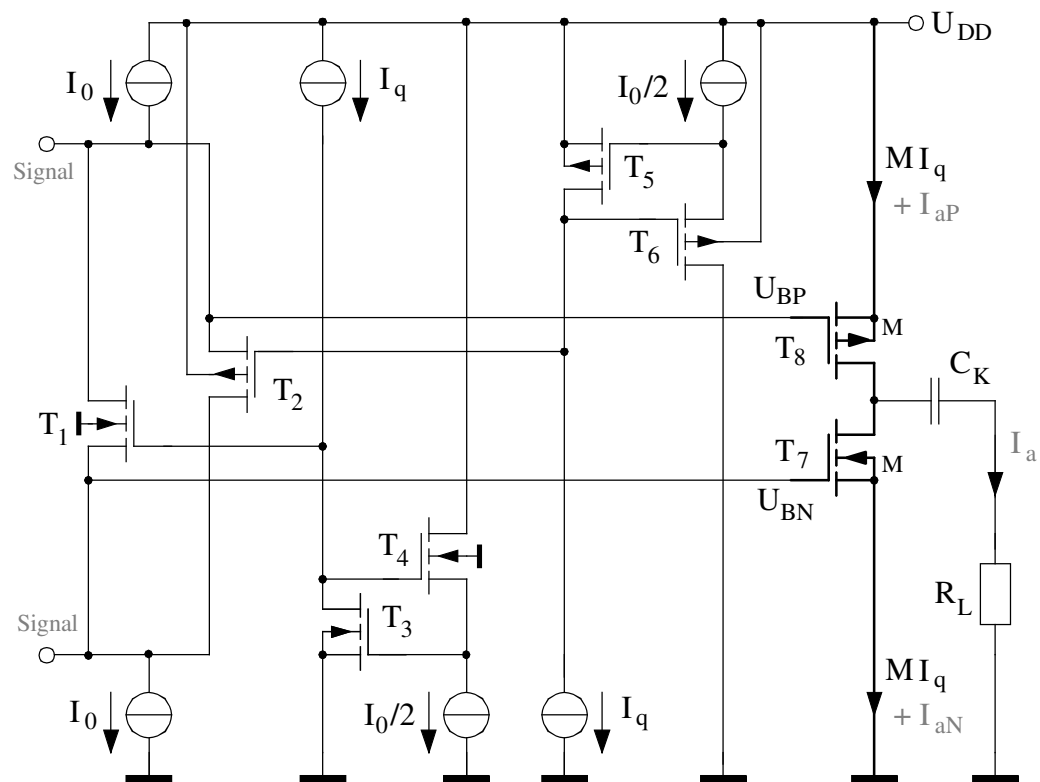
Kaskoden



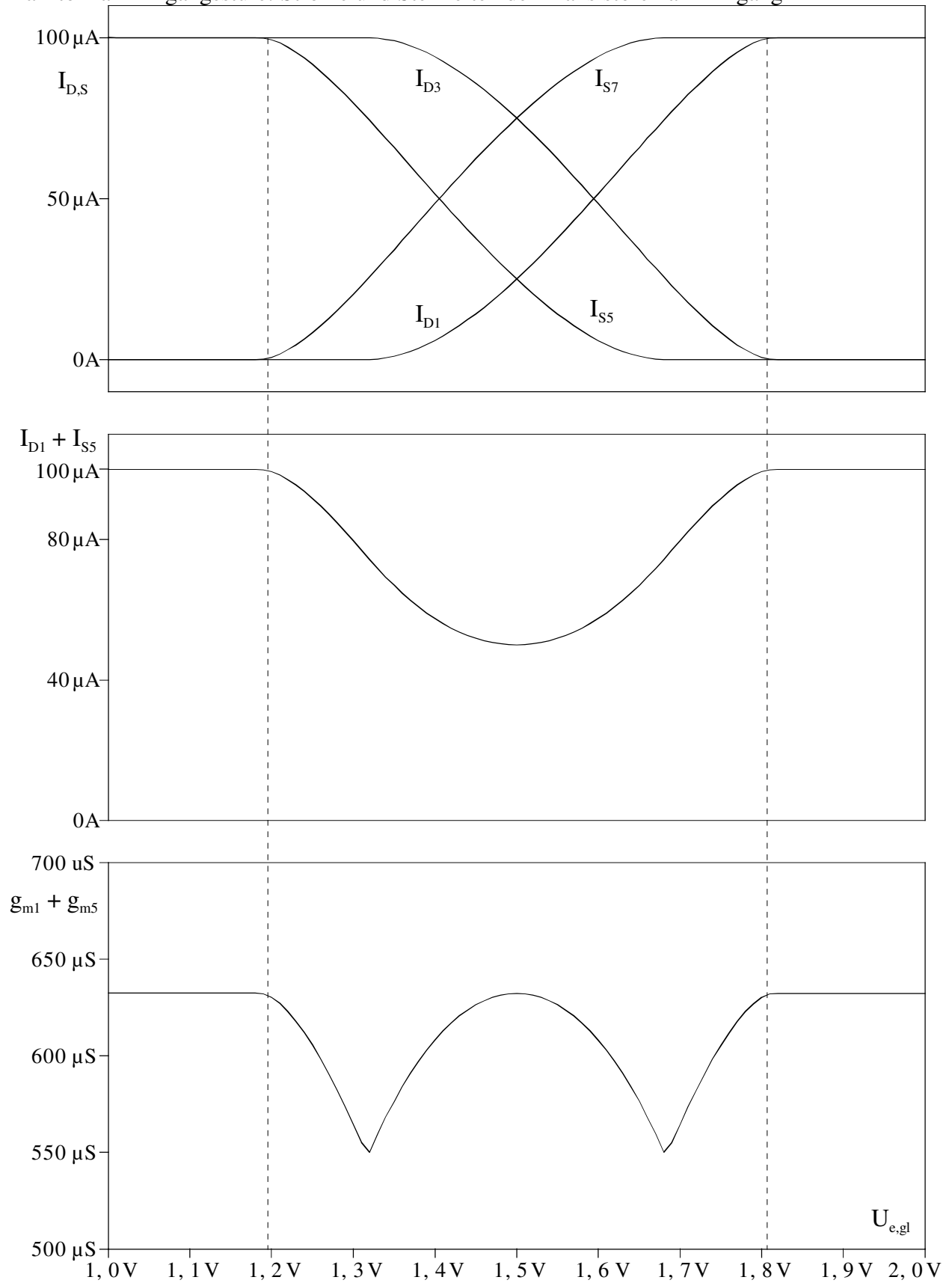
Rail-to-Rail-Eingangsstufe



Rail-to-Rail-Ausgangsstufe



Rail-to-Rail-Eingangsstufe: Ströme und Steilheiten der Transistoren am Eingang



Anhang: Temperaturmodell des Feldeffekttransistors

Das Temperaturverhalten des Feldeffekttransistors wird mit einem temperaturabhängigen Steilheitskoeffizienten $\beta(T)$ und einer temperaturabhängigen Schwellspannung $U_{th}(T)$ modelliert.

$$I_D = \frac{\beta(T)}{2} \cdot (U_{GS} - U_{th}(T))^2 \quad \text{mit} \quad \beta(T) = \beta_0 \cdot \left(\frac{T}{T_0}\right)^{-3/2}$$
$$U_{th}(T) = U_{th}(T_0) - 1 \frac{\text{mV}}{\text{K}} \cdot (T - T_0)$$

Es existieren zwei gleichwertige Kleinsignalmodelle, die ineinander umgerechnet werden können.

Modell mit gesteuerter Drainstromquelle

Das Kleinsignalmodell wird aus einer TAYLOR-Entwicklung gewonnen.

$$I_D(U_{GS}, T) = I_{DA} + \left. \frac{dI_D}{dU_{GS}} \right|_{U_{GSA}, T_0} \cdot (U_{GS} - U_{GSA}) + \left. \frac{dI_D}{dT} \right|_{U_{GSA}, T_0} \cdot (T - T_0)$$
$$\left. \frac{dI_D}{dU_{GS}} \right|_{U_{GSA}, T_0} = \sqrt{2 \cdot \beta_0 \cdot I_{DA}} = g_m, \text{ der Arbeitspunkt ist zweckmäßig als } I_{DA} \text{ angegeben.}$$

mit $\Delta T = T - T_0$:

$$\left. \frac{dI_D}{dT} \right|_{U_{GSA}, T_0} = \sqrt{2 \cdot \beta_0 \cdot I_{DA}} \cdot \left(-\frac{3}{4 \cdot T_0} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot I_{DA}}{\beta_0}} + 1 \frac{\text{mV}}{\text{K}} \right) = \frac{i_{DT}}{\Delta T}$$

$$i_D = I_D - I_{DA} = g_m \cdot u_{GS} + i_{DT} \quad \text{mit } u_{GS} = U_{GS} - U_{GSA}$$

Die Ersatzschaltung (a) unten im Bild repräsentiert diese Gleichung.

Modell mit gesteuerter Gate-Source-Spannungsquelle

Die Modellgleichung wird nach der Spannung U_{GS} umgestellt und die TAYLOR-Entwicklung vorgenommen.

$$U_{GS}(I_D, T) = U_{GSA} + \left. \frac{dU_{GS}}{dI_D} \right|_{I_{DA}, T_0} \cdot (I_D - I_{DA}) + \left. \frac{dU_{GS}}{dT} \right|_{I_{DA}, T_0} \cdot (T - T_0)$$

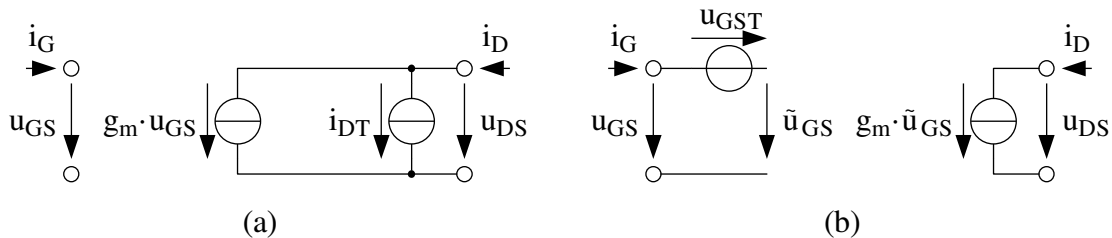
$$\left. \frac{dU_{GS}}{dI_D} \right|_{I_{DA}, T_0} = \left(\left. \frac{dI_D}{dU_{GS}} \right|_{I_{DA}, T_0} \right)^{-1} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \beta_0 \cdot I_{DA}}} = \frac{1}{g_m}$$

$$\left. \frac{dU_{GS}}{dT} \right|_{I_{DA}, T_0} = \frac{3}{4 \cdot T_0} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot I_{DA}}{\beta_0}} - 1 \frac{\text{mV}}{\text{K}} = \frac{u_{GST}}{\Delta T}$$

$$i_D = I_D - I_{DA} = g_m \cdot (u_{GS} - u_{GST}) \quad , \quad \tilde{u}_{GS} = u_{GS} - u_{GST}$$

Die Ersatzschaltung (b) unten im Bild repräsentiert diese Gleichung. Aus einem Vergleich der beiden Darstellungen folgt der Zusammenhang zwischen den Ersatzquellen u_{GST} und i_{DT} .

$$i_{DT} = -g_m \cdot u_{GST}$$



Temperaturmodell des Feldeffekttransistors. (a) mit gesteuerter Drainstromquelle, (b) mit gesteuerter Gate-Source-Spannungsquelle.