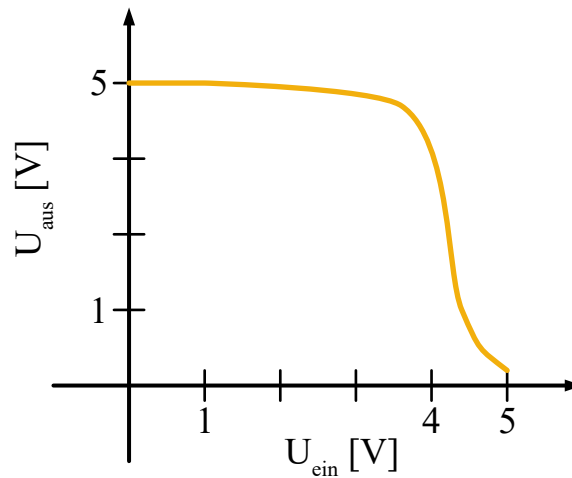


Teilaufgabe e - Qualitative Übertragungskennlinie



Aufgabe 13 - Differenzstufe

Teilaufgabe a - Bulkanschluss

Schaltungstechnisch sinnvoll ist es den Bulk-Anschluss mit dem Sourceanschluss zu verbinden. Dies findet typischerweise bei diskreten MOS-Transistoren und in der CMOS-Technik statt.

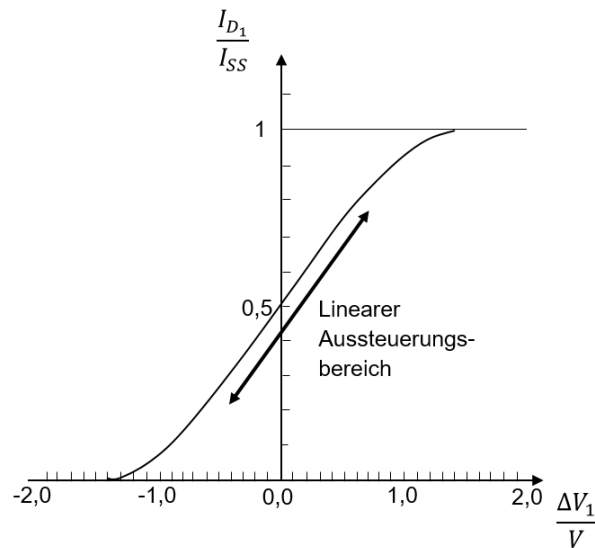
Allerdings liegt der Sourceanschluss beim Differenzverstärker nicht auf Groundpotential. Technologisch ist es einfacher den Bulkanschluss auf Ground zu legen. Dies ist die zweite Möglichkeit. Allerdings hat dies eine höhere Thresholdspannung als Folge, was die Common mode range reduziert.

Teilaufgabe b - Warum Sättigungsbereich

Ziel der Differenzstufe ist es, eine hohe Differenzverstärkung zu haben. Diese ist proportional zum Ausgangswiderstand. Der Ausgangswiderstand des MOSFETs ist im Sättigungsbereich wesentlich größer als im linearem Bereich.

Teilaufgabe c - Verlauf von I_{D1}

Gewollt ist der lineare Aussteuerungsbereich. Dies ist dann der Fall, wenn beide Transistoren im Sättigungsbereich arbeiten. Der maximale Strom wird durch die Stromquelle festgelegt. Der minimale Strom ist 0A. Nähert man sich den Grenzwerten an, wechselt irgendwann der Transistor in den Bereich der sehr hohen Eingangsspannung in den Anlaufbereich, da die Drainspannung irgendwann nicht mehr groß genug ist. Die sinkende Drain-Source-Spannung wirkt einer weiteren linearen Aussteuerung entgegen.



Aufgabe 14 - Common Mode Range

Teilaufgabe a - Was versteht man unter dem CMR einer Differenzstufe

CMR ist der Bereich, indem die Eingangsspannung eines Differenzverstärkers liegen dürfen. Wird der Bereich verlassen, sind die Transistoren nicht mehr im Sättigungsbereich.

Teilaufgabe b - Was kennzeichnet eine ideale Stromquelle?

Konstanter Strom, unendlicher Ausgangswiderstand, unendlich großer Spannungsbereich.

Durch die Veränderung der Knotenspannung N1 wird die Berechnung des Ausgangswiderstands der Transistoren schwieriger, da U_{in} nicht U_{GS} ist. Außerdem wird die Thresholdspannung beeinflusst.

Teilaufgabe c - Erklären Sie wodurch die obere und untere Grenze des CMR festgelegt sind

Untere Grenze

Dadurch gegeben, dass die Gate-Source-Spannung groß genug sein muss, um $\frac{I_{SS}}{2}$ im Sättigungsbereich zu treiben:

$$I_D = \frac{\beta}{2}(U_{GS} - U_{th})^2$$

umstellen nach U_{GS} :

$$U_{GS} > \sqrt{\frac{2I_D}{\beta}} + U_{th} = \sqrt{\frac{I_{SS}}{\beta}} + U_{th}$$

Obere Grenze

Dadurch gegeben, dass die Transistoren irgendwann nicht mehr in Sättigung sind. Strom durch die Widerstände ist gegeben durch $\frac{I_{SS}}{2}$. Damit lässt sich U_{out} bzw U_d bestimmen:

$$U_{out} = U_D = U_{dd} - \frac{I_{SS}}{2} \cdot R$$

Grenze für den Wechsel in den linearen Bereich:

$$U_{DS} = U_{GS} - U_{th}$$

Grenze durch folgende Masche:

$$U_{in} = U_{GS} - U_{DS} + U_{out}$$

Vorherige Gleichungen einsetzen und streichen. Dann folgt:

$$U_{in} > U_{th} + U_{DD} - \frac{I_{ss}}{2} \cdot R$$

Teilaufgabe d - Wie ändert sich die CMR, wenn ein einfacher Stromspiegel als Stromquelle verwendet wird?

Der einfache Stromspiegel funktioniert nur dann als Stromquelle, wenn T2 im Sättigungsbereich arbeitet. Dazu ist eine Mindestspannung notwendig. Dies führt zu einer verringerten Common Mode Range des Differenzverstärkers.

Aufgabe 15 - Kleinsignalverhalten

Teilaufgabe a - Wie und warum kann man die Differenzstufe zur Berechnung vereinfachen

Da nur der Differenzteil betrachtet wird, können die Gleichanteile (Common-Mode) zu 0 gesetzt werden;

$$u_{ic} = 0$$

$$\rightarrow u_{oc} = 0$$

Damit gilt außerdem, dass die Eingangsspannungen (und Ströme aufgrund der Linearisierung im AP) betragsmäßig gleich sind, aber unterschiedliche Vorzeichen haben:

$$i_1 = -i_2$$

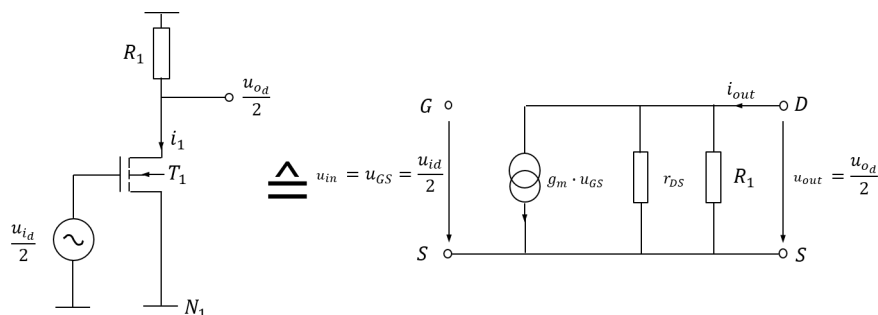
Dies führt dazu, dass sich die Ströme der beiden Zweige „kompensieren“ und kein Strom über R_{SS} fließt. Das Knotenpotential N_1 bleibt somit konstant und kann im Kleinsignalersatzschaltbild auf Maße gezogen werden:

$$u_{in} = u_{GS}$$

Damit erhält man zwei voneinander entkoppelte Inverter.

Teilaufgabe b - Kleinsignalersatzschaltbild

Stromquelle wird zur offenen Quelle



Teilaufgabe c - Differenzverstärkung

Die Ausgangsspannung ergibt sich aus der resultierenden Spannung an der Parallelschaltung der beiden Widerstände:

$$u_{out} = g_m \cdot u_{GS} \cdot (r_{DS} \parallel R_1) = g_m \cdot u_{in} \cdot (r_{DS} \parallel R_1)$$

$$A_{DM} = \frac{u_{out}}{u_{in}} = g_m \cdot \frac{1}{g_{DS} + \frac{1}{R_1}}$$