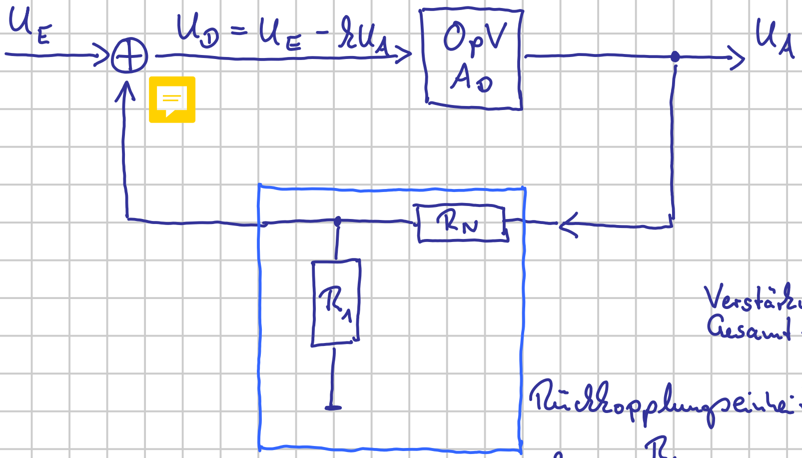
2. Hörsaalübung: 09.07.2015 18⁰⁰ – 18³⁰
LSF-Anmeldung und „Sonderkurs Signale und Systeme B“
Veranstaltungs-Nr. 080016a

Zahlenformate | Schaltwerke | Operationsverstärker

Gegenkopplung

nicht-invertierender Verstärker



$$U_A = A_D \cdot U_D$$
$$= A_D (U_E - k U_A)$$
$$\Leftrightarrow U_A (1 + k A_D) = A_D U_E$$
$$\Leftrightarrow V = \frac{U_A}{U_E} = \frac{A_D}{1 + k A_D}$$

Verstärkung der Gesamt-Schaltung

Gegenkopplungsgrad

Rückkopplungseinheit

$$k = \frac{R_1}{R_1 + R_N}$$

$$\Rightarrow V = \frac{1}{\frac{1}{A_D} + k} < A_D$$

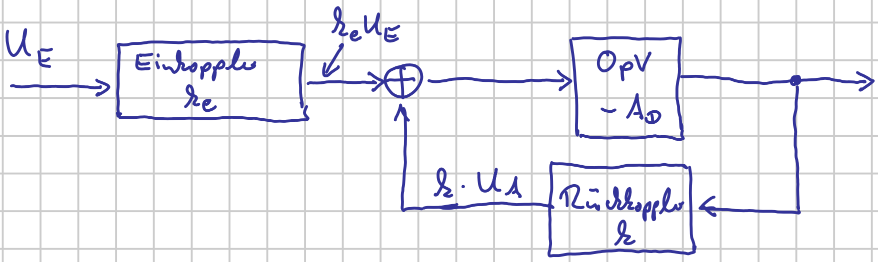
R_1 und R_2 üblicherweise so gewählt, dass $k \ll 1$

$$\lim_{A_D \to \infty} V = \lim_{A_D \to \infty} \frac{1}{\frac{1}{A_D} + k} = \frac{1}{k}$$

$\Downarrow$

keine Frequenzabhängigkeit von V, wenn A_D hinreichend groß, V nur durch R_1 und R_N gegeben

invertierender Verstärker



Wie wirkt sich die Leerlaufverstärkung auf die effektive Verstärkung aus?

$$V = -k_e \frac{A_D}{1 + k A_D} = -k_e \frac{1}{\frac{1}{A_D} + k} \to -\frac{k_e}{k} \text{ für } A_D \to \infty$$

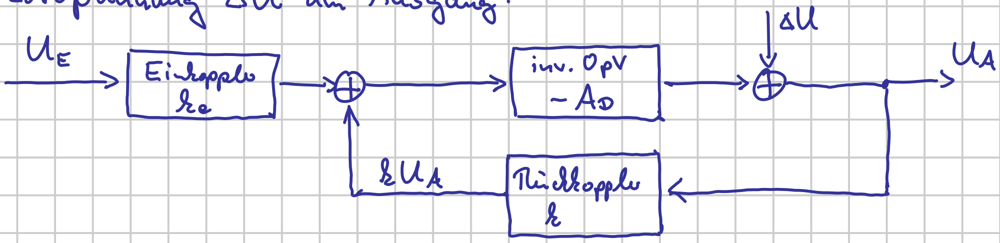
$$U_A = -A_D U_D = -A_D (k_e U_E + k U_A)$$

$$\frac{\partial V}{\partial A_D} = -k_e \frac{1}{(1 + k A_D)^2}$$ (Empfindlichkeit von V bzgl. Änderungen von A_D)

$$\Delta V = \frac{\partial V}{\partial A_D} \Delta A_D$$ kleine Schwankungen

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{1}{(1+kA_D)}\,\frac{\Delta A_D}{A_D} \quad\Rightarrow\quad \frac{\Delta V}{V} \ll \frac{\Delta A_D}{A_D} \quad \text{für } kA_D \gg 1$$

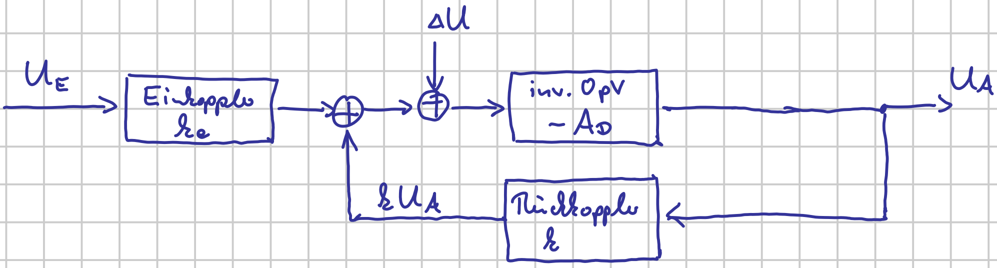
Störspannung ΔU am Ausgang:



$$U_A = -A_D\left(k_e U_E + kU_A\right) + \Delta U \quad\Leftrightarrow\quad U_A = -k_e\,\frac{A_D U_E}{1+kA_D} + \frac{\Delta U}{1+kA_D}$$

Einfluss der Störspannung wird durch Gegenkopplung stark herabgesetzt

Störspannung ΔU am Eingang:



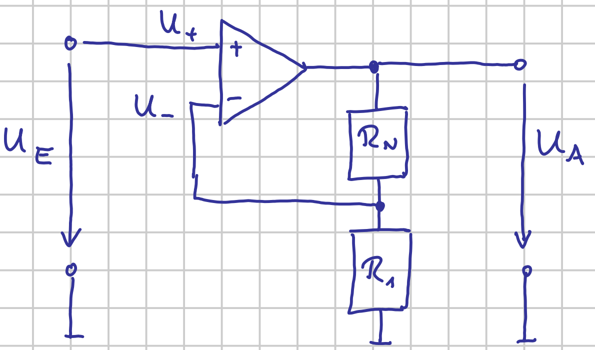
$$U_A = -A_D\left(k_e U_E + kU_A + \Delta U\right)$$ Ausgangsspannung mit Störung

$$\Leftrightarrow U_A = -k_e\,\frac{A_D U_E}{1+kA_D} \quad \frac{A_D\,\Delta U}{1+kA_D}$$

Einfluss der Störspannung ΔU auf Ausgangsspannung U_A

$$\Rightarrow \frac{dU_A}{d(\Delta U)} = -\frac{A_D}{1+kA_D} \approx \frac{1}{k}$$

Störung wird im selben Maß mitverstärkt wie das eigentliche Eingangssignal U_E



$$U_- = U_A\,\frac{R_1}{R_1+R_N}\,, \quad U_A = A_D\left(U_+ - U_-\right)$$
$$= A_D\left(U_E - \frac{R_1}{R_1+R_N}\,U_A\right)$$

$$U_+ = U_E$$

$$\Rightarrow V = \frac{U_A}{U_E} = \frac{1}{\frac{1}{A_D} + \frac{R_1}{R_1+R_N}}$$

$$\lim_{A_D\to\infty} V = \frac{R_1+R_N}{R_1}$$

real: $A_D, G < \infty$
$U_0 \neq 0$

endliche Differenzverstärkung A_D: $\quad U_- = U_A \dfrac{R_1}{R_1+R_N}, \quad U_+ = U_E$

$$U_A = A_D(U_+ - U_-) = A_D\left(U_E - \frac{R_1}{R_1+R_N} U_A\right)$$

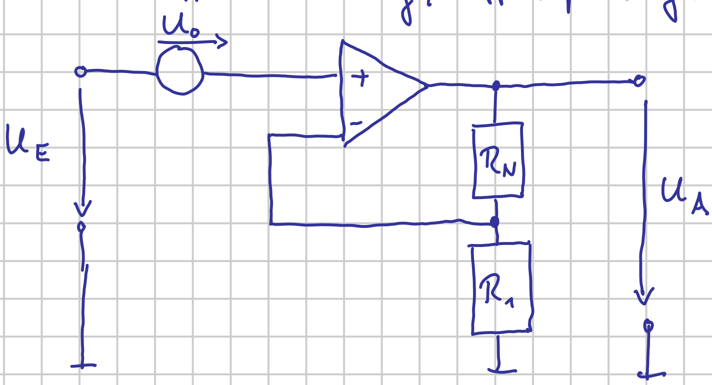
$$\Rightarrow V = \frac{U_A}{U_E} = \frac{1}{\frac{1}{A_D} + \frac{R_1}{R_1+R_N}}$$

endliche Differenzverstärkung und Gleichtaktunterdrückung:

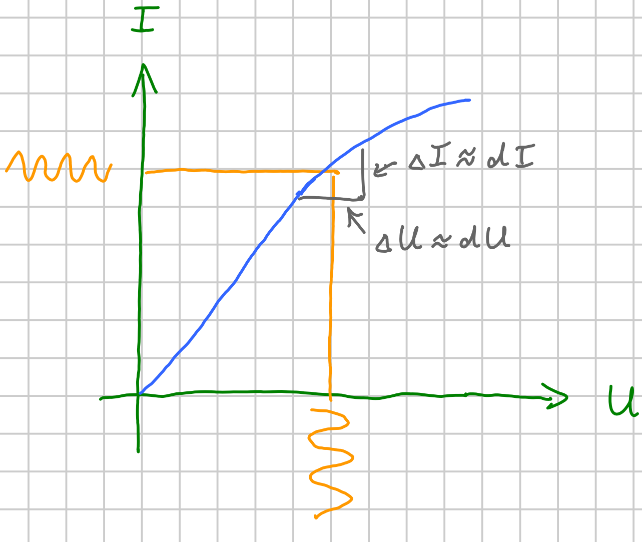
$$U_A = A_D\left(U_E - \underbrace{\frac{R_1}{R_1+R_N} U_A}_{\text{Rückkopplungsterm}} + \underbrace{\frac{1}{G} U_{Gl}}_{\text{Gleichanteil}}\right)$$

$$\Rightarrow V = \frac{U_A}{U_E} = \frac{1 + \frac{1}{2G}}{\frac{1}{A_D} + \frac{R_1}{(R_1+R_N)}\left(1 - \frac{1}{2G}\right)}$$

endliche Differenzverstärkung, Offsetspannung und Gleichtaktunterdrückung



$$U_A = A_D\left(U_E - \frac{R_1}{R_1+R_N} U_A - U_0 + \frac{U_{Gl}}{G}\right)$$



Kleinsignalwiderstand: $r = \dfrac{dU}{dI} \approx \dfrac{\Delta U}{\Delta I}$