

5.1

a)  $R_e \rightarrow \infty, \beta \rightarrow \infty$ ; Offsetgrößen = 0 ( $U_{os}, I_n, I_p, I_{os}$ );  $R_a = 0$

b)  $u_2 = 0 \rightarrow$  Verstärker arbeitet als  $u/u$ -Typ mit Eingangsspannteiler aus  $R_3, R_4$

$$\underline{u_{a2}} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) u_2$$

c)  $u_2 = 0 \rightarrow$  Verstärker arbeitet als Inverter mit  $R_2, R_1$

$$\underline{u_{a1}} = -\frac{R_2}{R_1} u_1$$

d) Superposition  $u_a = u_{a1} + u_{a2}$

$$\underline{u_a} = -\left(\frac{R_2}{R_1} u_1 - \frac{R_4}{R_3 + R_4} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) u_2\right)$$

e)  $\underline{R_1 = R_2, R_3 = R_4 = R} \rightarrow u_a = -(u_1 - u_2)$  häufig:  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$

f) zusätzlicher Summationseingang für  $U_1 \rightarrow u_a = -(u_1 + u_{in} - u_2)$

g)  $U_1$ -Eingang: Inverter  $\rightarrow \underline{R_e} = U_1 / I_1 = R_1$

$U_2$ -Eingang:  $u/u$  + Spgs-Teil  $\rightarrow \underline{R_e} = R_3 + R_4$

5.2

a)  $\underline{\beta} = u_a / u_e = 1 + \frac{R_1}{R_2} = 100$  (siehe Vorlesung)

b) eingepreagte Ausgangsspannung:  $u_a \neq$  (Lastwiderstand);

wie ideale Spannungsquelle mit Innenwiderstand  $R_g = 0$

c) mit  $\underline{R_2} \rightarrow \infty$

Impedanzwandlung

$$k_0 = 1 + R_1/R_2$$

d)  $R_1 = R_{10} (1 + \epsilon_1)$  mit  $R_{10} = 99 \Omega$ ,  $\epsilon_1 = \pm 0,01 \hat{=} \pm 1\%$

$R_2 = R_{20} (1 + \epsilon_2)$   $R_{20} = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $\epsilon_2 = \pm 0,05 \hat{=} \pm 5\%$

$$\underline{F_{\text{abs}}} = \frac{\partial B}{\partial R_1} \Delta R_1 + \frac{\partial B}{\partial R_2} \Delta R_2 = \frac{\Delta R_1}{R_2} - \frac{R_1}{R_2^2} \Delta R_2 = \frac{R_{10}}{R_{20}} (\epsilon_1 - \epsilon_2) = \underline{\underline{(k_0 - 1) (\epsilon_1 - \epsilon_2)}}$$

$$= 99 (\pm 0,01 \pm 0,05)$$

$$\underline{F_{\text{rel}}} = \frac{F_{\text{abs}}}{B_{\text{ZW}}} = \frac{F_{\text{abs}}}{k_0} = \underline{\underline{\left(1 - \frac{1}{k_0}\right) (\epsilon_1 - \epsilon_2)}}; \quad \underline{F_{\text{rel}}(k_0=1)} = 0, \quad \underline{F_{\text{rel}}(k_0=100)} = \underline{\underline{\pm 6\%}}$$

e) nein, da Rechnung mit Taylorreihe

f)  $F_{\text{abs}} = \sqrt{\left(\frac{\partial B}{\partial R_1}\right)^2 (\Delta R_1)^2 + \left(\frac{\partial B}{\partial R_2}\right)^2 (\Delta R_2)^2}$

$$= \sqrt{\left(\frac{1}{R_{20}}\right)^2 (R_{10} \epsilon_1)^2 + \left(-\frac{R_{10}}{R_{20}^2}\right)^2 (R_{20} \epsilon_2)^2} = \frac{R_{10}}{R_{20}} \sqrt{\epsilon_1^2 + \epsilon_2^2}$$

$$\underline{F_{\text{abs}}} = \frac{99}{1} \sqrt{(0,01)^2 + (0,05)^2}$$

g)  $U_{\text{os}} \leadsto U_a(U_{\text{os}}) = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) U_{\text{os}}$

$I_p \mid_{I_n=0} \leadsto U_a(I_p) = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) R_g I_p$  ( $R_g$ : Innenwiderstand der Quelle  $U_e$ )

$I_m \mid_{I_p=0} \leadsto U_a(I_m) = -R_1 I_m$

$$\underline{\underline{\epsilon \Delta U_a}} = U_a(U_{\text{os}}) + U_a(I_p) + U_a(I_m) = k_0 (U_{\text{os}} + R_g I_p) - R_1 I_m$$

5.3

a) Sägezahn/Dreieck-Generator z.B. Oszilloskop, ADU

Ladungsverstärker bei Piezoaufnehmern (mit  $R=0$ )

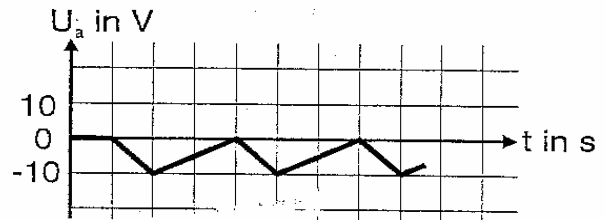
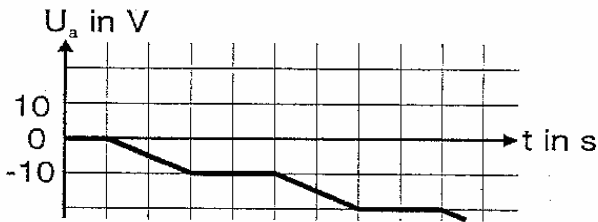
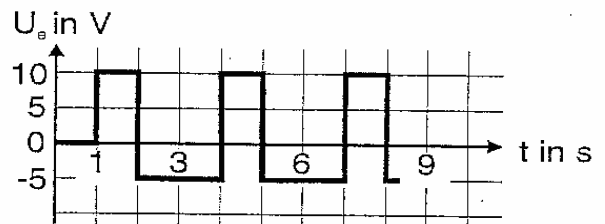
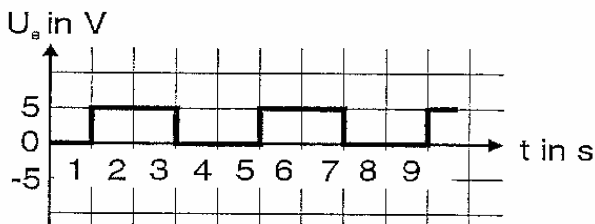
all. Integration z.B. Beschleunigung  $\rightarrow$  Weg

$$b) \underline{u_a(t)} = -\frac{1}{RC} \int_{t_0}^t u_e(t) dt + u_a(t=t_0)$$

$$c) \underline{u_a(t)} = -\frac{1}{\tau} U_0 t + 0 = -U_0$$

$$d) \tau = RC = 1 \text{ M}\Omega \cdot 1 \mu\text{F} = 1 \text{ s}$$

$$\underline{u_a(t)} = -U_0 \frac{t}{1 \text{ s}} + u_a(t=0)$$

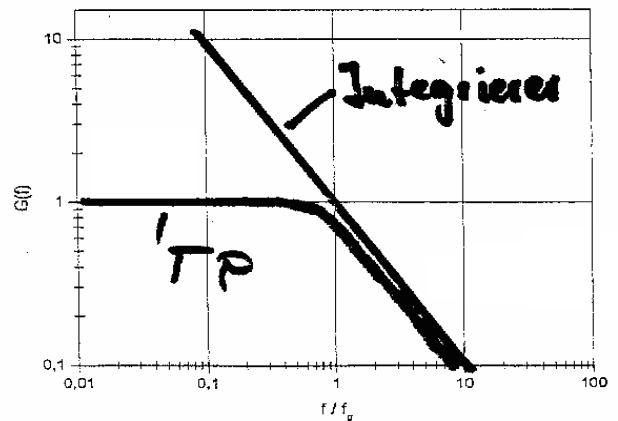


e) Integrator:  $\underline{G} = \frac{Z_C}{Z_R} = \frac{1}{j\omega RC} = \frac{1}{j f / f_g}$

$$\underline{G} = \frac{1}{f / f_g}$$

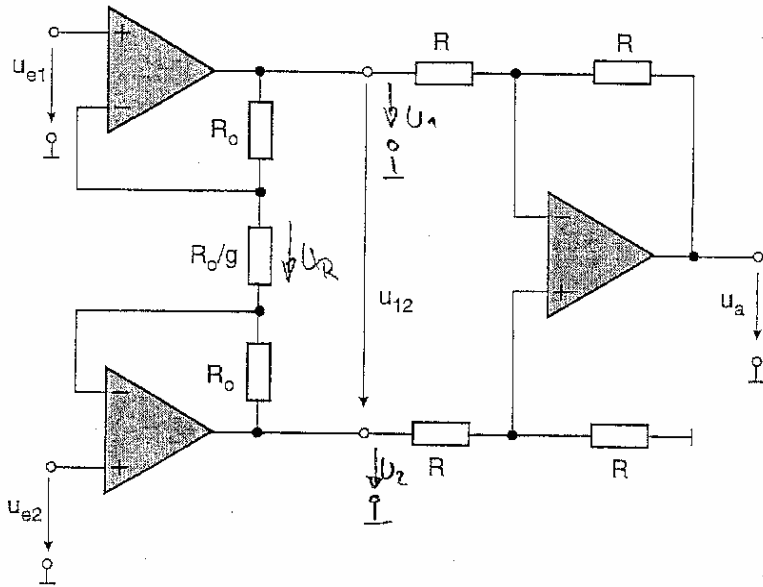
TP:  $\underline{G} = \frac{1}{\sqrt{1 + (f/f_g)^2}} \rightarrow \underline{G}(f \ll f_g) \approx 1$   
 $\underline{G}(f \gg f_g) \approx \frac{1}{f/f_g}$

d.h.  $G_{TP} \approx G_{\text{Integrator}}$  für  $f \gg f_g$



f) Cond R vertauschen

# Instrumentierverstärker



$$a) \quad U_R = U_{e1} - U_{e2} \quad ; \quad U_{12} = U_R \cdot \frac{R_0 + R_0/g + R_0}{R_0/g} \rightarrow \underline{\underline{G_1 = \frac{U_{12}}{U_{e1} - U_{e2}} = 1 + 2g}}$$

$$U_{12} = U_1 - U_2 \quad ; \quad \underline{\underline{G_2 = -1}}$$

$$b) \quad \underline{\underline{G_g = \frac{U_a}{U_{e1} - U_{e2}} = \frac{U_{12}}{U_{e1} - U_{e2}} \cdot \frac{U_a}{U_{12}} = G_1 \cdot G_2 = -(1 + 2g)}}$$

$$c) \quad |G_g| \geq 1$$

$$d) \quad \text{Typ } \mu\text{A-Verstärker} \rightarrow \underline{\underline{R_2 \rightarrow \infty}}$$

$$e) \quad \text{auf beiden Eingängen: } \underline{\underline{R_2 \rightarrow \infty}}$$

$$f) \quad \underline{\underline{U_a = G_g (U_{e1} - U_{e2}) = G_g \cdot 25\text{mV} \rightarrow \underline{\underline{G_g \text{ gerade}} = 0}}$$

g) gleichkonstante Verstärkung nicht unterdrücken nicht Gegenstandsanteile, evtl. Drift