

Ideale Operationsverstärker

Goldene Regeln für gegengekoppelte Verstärker:

1. $I_{in} = 0$ "In die Eingänge fließt kein Strom", "Der Eingangswiderstand ist Unendlich"
2. $U_{NIV} = U_{IV} = 0V$

Reale Operationsverstärker

Bias- und Offsetströme

Offsetspannungen

Kompensationsschaltungen

Analoge Rechenschaltungen

Impedanzwandler:

Addierer:

-invertierend

-nicht invertierend

Subtrahierer:

Integrierer:

$U_{out}(t) = -\frac{1}{RC} \int U_{in}(t)$ Differenzierer:

Strom-Spannungs-Wandler:

Logarithmierer: (Schreibt man das so ?)

Exponenzierer:

Filter 1. Ordnung

Definitionen:

Ausgangsspannung des TP := U_A

Eingangsspannung des TP := U_E

Impedanz des Widerstands := Z_R

Impedanz des Kondensators := Z_C

Kapazität des Kondensators := C

Widerstand des Widerstands := R

Grenzfrequenz des Filters := f_c

Übertragungsfunktion Tiefpass:

Herleitung:

Allgemeiner Zusammenhang Spannungsteiler:

Einsetzen der Bauteilgleichungen:

Bruch mit $s \cdot C$ erweitern:

Einsetzen des Zusammenhangs $\frac{1}{RC} = 2\pi f_c$:

Einsetzen des Zusammenhangs $s = j2\pi f$:

Kürzen:

Übertragungsfunktion Hochpass:

Herleitung:

Allgemeiner Zusammenhang Spannungsteiler:

Einsetzen der Bauteilgleichungen:

Bruch mit $\frac{s \cdot C}{s \cdot C}$ erweitern:

Einsetzen des Zusammenhangs $\frac{1}{RC} = 2\pi f_c$ und Kürzen:

$$\begin{aligned} \frac{U_A}{U_E} &= \frac{Z_C}{Z_R + Z_C} \\ \frac{U_A}{U_E} &= \frac{\frac{1}{s \cdot C}}{R + \frac{1}{s \cdot C}} \\ \frac{U_A}{U_E} &= \frac{1}{s \cdot RC + 1} \\ \frac{U_A}{U_E} &= \frac{1}{1 + \frac{s}{2\pi f_c}} \\ \frac{U_A}{U_E} &= \frac{1}{1 + \frac{j2\pi f}{2\pi f_c}} \\ \frac{U_A}{U_E} &= \frac{1}{1 + \frac{jf}{f_c}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{U_A}{U_E} &= \frac{Z_R}{Z_R + Z_C} \\ \frac{U_A}{U_E} &= \frac{R}{R + \frac{1}{s \cdot C}} \\ \frac{U_A}{U_E} &= \frac{s \cdot RC}{s \cdot RC + 1} \\ \frac{U_A}{U_E} &= \frac{1}{1 + \frac{1}{j f_c}} \end{aligned}$$

Filter höherer Ordnung

Übertragungsfunktion TP allg: $G(s) = \frac{A_0}{1 + \frac{2D}{\omega_0}s + \frac{1}{\omega_0^2}s^2} = \frac{A_0}{1 + a_1s_n + b_1s_n^2}$, $s_n = \frac{s}{\omega_c}$ (TODO Überprüfung ob ω_0 oder ω_c in

1. Formel)

Dämpfung: $D = \frac{1}{2Q}$

Dämpfung aus Overshoot: $D = \sqrt{\frac{\ln^2(os)}{\ln^2(os)^2 + \pi^2}}$

Gleichspannungsverstärkung: $A_0 = -\frac{R_2}{R_1}$

Grenzkreisfrequenz: $\omega_c = \sqrt{b_1} \cdot \omega_0$

Sallen Key Filter

Übertragungsfunktion TP: $\frac{U_a}{U_e} = \frac{\alpha}{1 + s((1-\alpha)R_1C_2 + s^2R_1R_2C_1C_2)}$, $\alpha = A_0$

Multiple Feedback Filter

Übertragungsfunktion TP: $\frac{U_a}{U_e} = \frac{\frac{R_2}{R_1}}{1 + sC_1 \cdot (\frac{R_3R_2}{R_1} + R_2 + R_3) + s^2C_1C_2R_2R_3}$

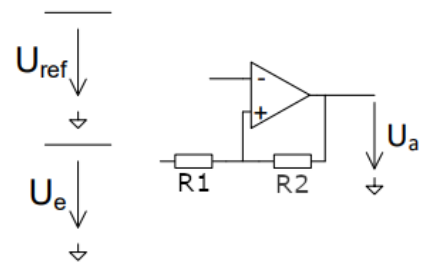
Eigenkreisfrequenz: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{C_1C_2R_2R_3}}$

Q-Faktor: $Q = \frac{1}{\omega_0 \left(\frac{R_2 R_3}{R_1} + R_2 + R_3 \right)}$

Amplitudengang: $|A_0(\omega)| = \frac{\frac{R_2}{R_1}}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 + \left(2D \frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}}$

Schaltungen mit Mitkopplung

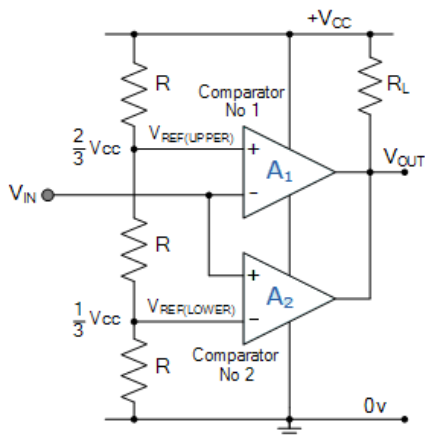
nichtinvertierender Komparator



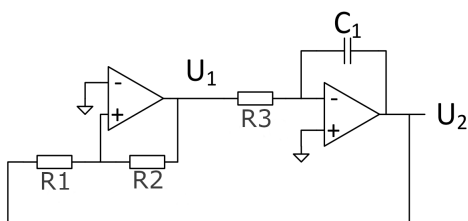
$$U_{ref} \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) - \frac{R_1}{R_2} * U_{out}$$

invertierender Komparator

Fensterkomparator



Rechteck - Dreiecksgenerator



Periodendauer: $U_{out}(t) = -\frac{1}{R_3 C} \cdot \int U_{in}(t) dt \Rightarrow \frac{T}{2} = -\frac{(U_{out} - U_0) \cdot R_3 C}{U_{in}}$

Schaltsschwellen: $U_{ref} \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) - \frac{R_1}{R_2} * U_{out}$

vereinfachter Dreiecksgenerator

Halbe Periodendauer: $t_1 = R_3 \cdot C \cdot \ln(1 + 2\frac{R_1}{R_2})$

Schaltsschwellen ($U_{ref} = 0$): $U_{1/2} = \pm \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot U_{A,max}$

PWM Generator