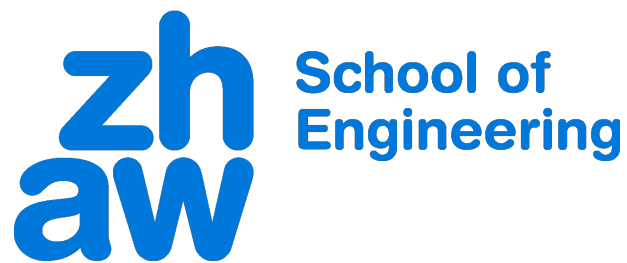


ZHAW Zurich University of Applied Sciences
Winterthur



Zusammenfassung EK1

Studienwochen 1-4

Written by: Severin Sprenger
October 13, 2025
Zf. EK1 SW 1-4

1 Impedanzwandler (Spannungsfolger)

$$\begin{aligned} R_{in} &\rightarrow \infty \Omega \\ R_{out} &\rightarrow 0 \Omega \\ v_{out} &= v_{in} \end{aligned}$$

2 Nicht-invertierender Verstärker

$$\begin{aligned} R_{in} &\rightarrow \infty \Omega \\ R_{out} &\rightarrow 0 \Omega \\ A &= \frac{R_1 + R_2}{R_1} \\ v_{out} &= A \cdot v_{in} \end{aligned}$$

3 Invertierender Verstärker

$$\begin{aligned} R_{in} &= R_1 \\ R_{out} &\rightarrow 0 \Omega \\ A &= \frac{-R_2}{R_1} \\ v_{out} &= A \cdot v_{in} \end{aligned}$$

4 Addierer

$$\begin{aligned} R_{in,n} &= R_n \\ R_{out} &\rightarrow 0 \Omega \\ v_{out} &= -R_0 \cdot \left(\sum_{n=1}^N \frac{v_{in,n}}{R_n} \right) \end{aligned}$$

5 Subtrahierer 1

$$v_{out} = -R_c \cdot \left(\sum_{n=1}^{N_{add}} \frac{V_{add,n}}{R_n} \right) + (R_a \cdot R_c) \cdot \left(\sum_{n=1}^{N_{sub}} \frac{v_{sub,n}}{R_{sub,n} \cdot R_b} \right)$$

6 Subtrahierer 2

$$\begin{aligned} v_{out} &= \frac{-R_2}{R_1} \cdot v_{in,1} + \frac{R_4 \cdot (R_1 + R_2)}{R_1 \cdot (R_3 + R_4)} \cdot v_{in,2} \\ &= \frac{R_2}{R_1} \cdot (v_{in,2} - v_{in,1}) \end{aligned}$$

7 Integrator

$$\begin{aligned}
 v_{out}(t) &= \frac{-1}{R \cdot C} \cdot \int_0^t v_{in}(t) dt \\
 H(s) &= \frac{v_{out}(s)}{v_{in}(s)} \\
 &= \frac{-1}{s \cdot R \cdot C} \\
 s &= 2 \cdot \pi \cdot f \cdot j
 \end{aligned}$$

7.1 Reale Schaltung

In der realen Integrator Schaltung wird parallel zu C ein Widerstand R_2 geschaltet. Dieser wird aufgrund der Bias Strömen und Offset Spannungen des OP Amp's benötigt.

$$H(s) = \frac{-R_2}{R_1 \cdot (1 + R_2 \cdot C \cdot s)}$$

Der reale Integrator funktioniert als ein aktiver Tiefpass mit den folgenden Eigenschaften.

$$\begin{aligned}
 \omega_G &= \frac{1}{R_2 \cdot C} \\
 \text{Betrieb unter } \omega_G : A &= \frac{-R_2}{R_1} \\
 \text{Betrieb über } \omega_G : \text{fallend mit } 20 \frac{\text{dB}}{\text{dek.}}
 \end{aligned}$$

8 Differenzierer

$$\begin{aligned}
 v_{out} &= -R \cdot C \cdot \frac{dv_{in}(t)}{dt} \\
 H(s) &= \frac{-1}{s \cdot R \cdot C}
 \end{aligned}$$

8.1 Reale Schaltung

In der realen Differenzierer Schaltung wird seriell zu C ein Widerstand R_1 geschaltet.

$$H(s) = \frac{-s \cdot R_2 \cdot C}{1 + s \cdot R_1 \cdot C}$$

Der reale Differenzierer funktioniert als ein aktiver Hochpass mit folgenden Eigenschaften.

$$\begin{aligned}
 \omega_G &= \frac{1}{R_1 \cdot C} \\
 \text{Betrieb über } \omega_G : A &= \frac{-R_2}{R_1} \\
 \text{Betrieb unter } \omega_G : \text{fallend mit } 20 \frac{\text{dB}}{\text{dek.}}
 \end{aligned}$$

9 Strom-Spannungs-Wandler

$$v_{out} = \frac{-R_2}{I_{in}}$$

10 Spannungs-Strom-Wandler

$$I_L = \frac{v_{in}}{R_1}$$
$$U_1 = v_{in}$$

10.1 Für Last mit GND

$$I_L = \frac{v_{in}}{R_2}$$

11 Unity Gain Bandwidth Product (GDB)

$$A_{@f_{max}} \cdot f_{max} = f_T = \text{GBP} = \text{const.}$$
$$A(f) = \frac{\text{GBP}}{f}$$

12 Slew Rate (SR)

$$\text{SR} = \frac{\Delta U}{\Delta t}$$
$$[\text{SR}] = \frac{\text{V}}{\mu\text{s}}$$