

OPV

Laborübung 3

SS 2019

© Purzelbaum

FRAGEN 1

LABOR:

Schaltungen aufzeichnen

invertierender Verstärker

nicht invertierender Verstärker

Integrator

Summ Trigger

Frage 2

Spannung	$U [V]$	Wie viel Arbeit nötig ist, um eine Ladung in einem elektrischen Feld zu bewegen Um eine Ladung von 1As um einen Potentialunterschied von 1V zu bewegen muss eine Arbeit von 1J verrichtet werden
Strom	$I [A]$	1A ist die Stärke des zeitlich konstanten Stroms, der im Vakuum zwischen zwei parallelen unendlich langen Leitern mit Abstand von 1m zwischen den Leitern eine Kraft von $2 \cdot 10^{-7} \text{ N/m}$ Leitungsstärke hervorruft würde
Widerstand	$R [\Omega]$	Materialeigenschaft
Leistung	$P [W]$	$U \cdot I \rightarrow$ Arbeit pro Zeit

Phasenwinkel

Kondensator geht der Strom vor



Induktivität kommt der Strom zu spät



Ohmsches Gesetz

$$I = \frac{U}{R} \quad R = \frac{U}{I} \quad U = R \cdot I$$

Kirchhoff

Knotenregel

$$\sum I = 0$$

Maschenregel

$$\sum U = \sum IR = 0$$

Prinzip

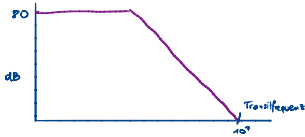
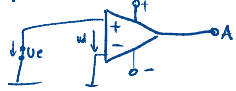
Ladung kann sich im Knoten nicht häufen \Rightarrow

SI - Präfixe

nano	10^{-9}
mikro	10^{-6}
milli	10^{-3}
	10
Kilo	10^3
mega	10^6
Giga	10^9

Frage 3

Operationsverstärker



Tiefpassverhalten

Verstärkung 80dB = 10.000 fache Verstärkung
Höhere Verstärkung durch open loop
Verstärker ist ungeschaltet → Verstärkung ist ca. 10⁵
closed loop → geringere Verstärkung, höhere Bandbreite

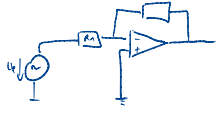
$$U_{out} = U_o \cdot U_{in}$$

$$\left| \frac{U_o}{U_e} \right| = \frac{U_o}{U_e \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_T} \right)^2}}$$

$$V(f) = \frac{V_o}{1 + j \left(\frac{f}{f_T} \right)}$$

$$U_o = V(u_+ - u_-)$$

invertierender OPV



$$R_e = R_1$$

$$R_a = 0$$

R1 führt nicht zur Masse, trotzdem 1 weil es virtuelles Nullpunkt ist.

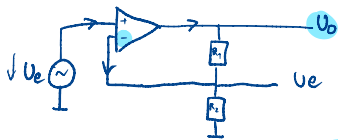
$$\begin{cases} I_1 = \frac{U_e}{R_1} \\ I_2 = \frac{U_o}{R_2} \end{cases} \quad I_1 + I_2 = 0 \quad \frac{U_e}{R_1} = -\frac{U_o}{R_2}$$

$$\frac{U_o}{U_e} = -\frac{R_2}{R_1}$$

$$U_{in} = 1$$

$$U_{out} = 0$$

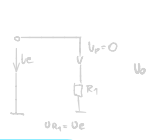
nichtinvertierender OPV



$$R_e = \infty$$

$$R_a = 0$$

Umzeichnen



$$\frac{U_o}{U_e} = \frac{R_2 + R_1}{R_1}$$

$$U_o = \frac{R_2 + R_1}{R_1} U_e$$

minimale Verstärkung um 1

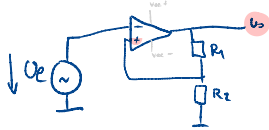
$$U_{in} = \infty$$

$$U_o = 0$$

Vorteile: Gegenkopplung

negativer Eingang hängt am Ausgang

OPV als invertierender Schmitt Trigger



Schmitt-Trigger: Hysteresis

Positiver Eingang hängt am Ausgang

•) (Eingang mit Ausgang verbunden)

Schwellpunkte zum Schalten sind vorgegeben

$$U_{out} = \pm 10V$$

Spannungsteiler, R müssen gleich groß sein

ausl + eingang wirkt voll



Schwelle ist bei Schaltschwellen Null!
5V liegen an
5V = Schwellen

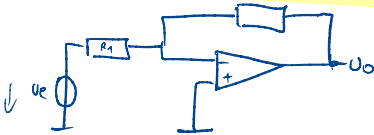
Schaltverhalten: wenn Uo = 0V

Schaltpunkt wenn Uo = 0 → sonst ∞ fache Verstärkung

$$U_{out} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot U_{in}$$

$$5 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot 10 \quad \frac{1}{2} \approx \frac{R_1}{R_2}$$

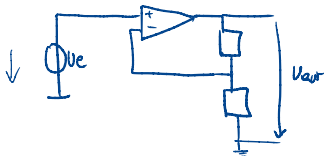
OPV als invertierender Verstärker



•) Eingangs R = R1

Ausgangs R = 0

OPV als nicht invertierender Verstärker

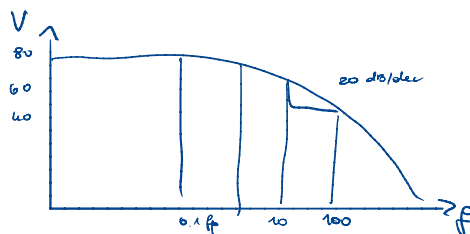
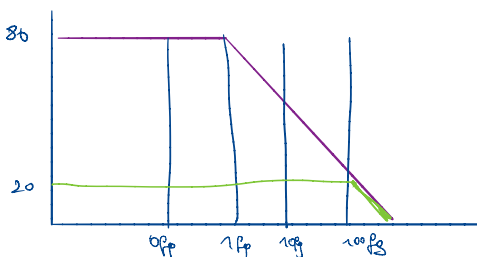


$$\text{Eingangswiderstand} \propto R_e = \frac{U_e}{I_e} = \infty$$

Ausgangswiderstand: 0V

OPV → Tiefpass, weil OPV selbst schon schonen beginnt.

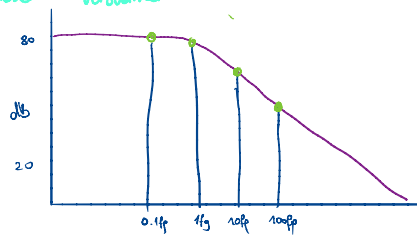
$r_a \approx 0 \Omega$ Schaltung wirkt wie Spannungsquelle



Frage 4

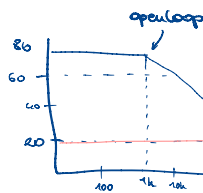
OPV als nicht invertierender Verstärker

- Funktion der Frequenz
- maximale Verstärkung



immer 20 dB, weil -20 dB/decade

- Gegenkopplung R ist 9kΩ
Verstärkung mit 80dB
Grenzfrequenz 1kHz



dB	Hz
80	1k open loop
60	10k
40	100k
20	1k closed loop
0	10 M \rightarrow Transistfrequenz

Verstärkungsbereich: $\rightarrow 10 \text{ kHz}$

$$\text{Gleichspannungsverstärkung: } U_{\text{out}} = U_{\text{in}} \left(1 + \frac{R_f}{R_e}\right) = 1 \cdot \left(1 + \frac{9k}{1k}\right) = 10$$

10 fache Verstärkung wird bis 1kHz erreicht

$$f_g = 1 \text{ kHz mit } 80 \text{ dB} \hat{=} 10.000 \text{ fache Verstärkung} = \text{open loop}$$

$$-20 \text{ dB/Dekade} \rightarrow f_g + 10^5 = 1 \text{ MHz}$$

Berechnung wie oben

- Gegenkopplung R ist 9kΩ
Verstärkung mit 80dB
Grenzfrequenz 1kHz

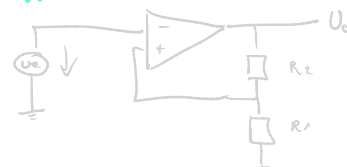
1kHz Rechteckspannung: Ja, weil Transit $\approx \frac{1}{10}$ der Grenzfrequenz der Schaltung ist (10kHz $f_g \rightarrow$ akzeptabel wäre min 10 fache)

1MHz Rechteckspannung: Nein, da sie über Grenzfrequenz der Schaltung bei um 3dB abgesenkt wird.

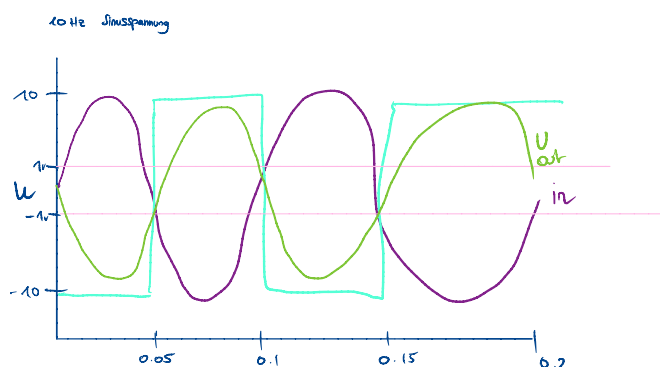
Der dargestellte Schmitt Trigger wirkt nicht-invertierend. Er schaltet seine Ausgangsspannung bei Erreichen einer positiven Schaltschwelle U_{EIN} am Eingang nach $+U_{\text{a max}}$ und bei einer bestimmten negativen Schaltschwelle U_{AUS} nach $-U_{\text{a max}}$.

OPV als invertierender Schmitt Trigger

- Verstärkung: 80dB
- Grenzfrequenz: 1kHz \rightarrow auf open loop
- Schaltspanne $\approx 1V$
- Transistfrequenz Verstärkung ≈ 1



Schaltet erst, wenn Schaltschwellen von richtiger Flanke überschritten werden
weil inv. Sch. Tr. ergibt sich ein zu U_{in} invertiertes Rechtecksignal



10 MHz Sinusspannung

\rightarrow Es gibt keinen Ausgang, da die f_g überschritten ist.

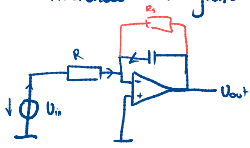
Liste für Frequenzspanner!

Keine Spannung an U_{out} weil Grenzfrequenz nicht überschritten ist.

Frage 5

OPV als invertierender Integrator

invertierender Integrator



$$I_1 = \frac{U_e}{R}$$

$$I_2 = C \cdot \frac{dU_o}{dt}$$

$$I_1 = -I_2$$

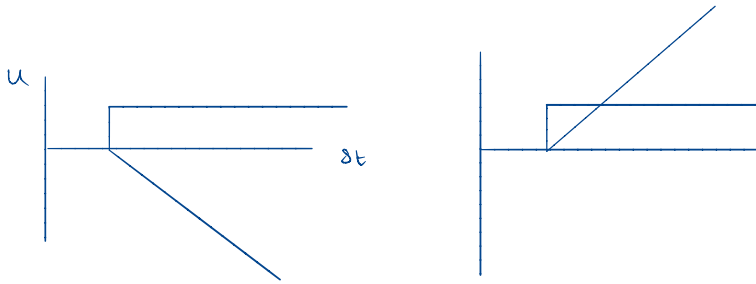
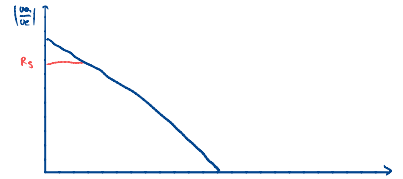
$$\frac{U_e}{R} = C \cdot \frac{dU_o}{dt}$$

$$U_o = -\frac{1}{RC} \int U_e(t) dt + \underbrace{U_o(0)}_{\text{Anfangswert}}$$

$$U_e = +1V$$

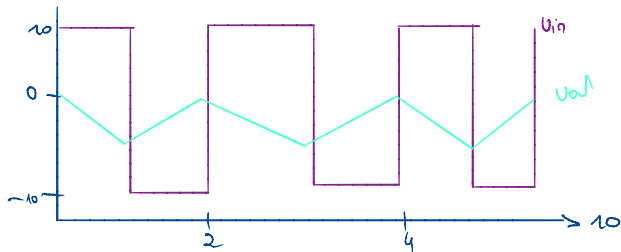
$$U_{out} = -\frac{1}{RC} \int U_{in}(t) dt = -\frac{1}{RC} \cdot t$$

Übertragungsfunktion:



$U_e = \pm 10V$ (Rechteck)

$U_{out} =$



$U_e = \sin$, or

$U_{out} = \cos$, 10

