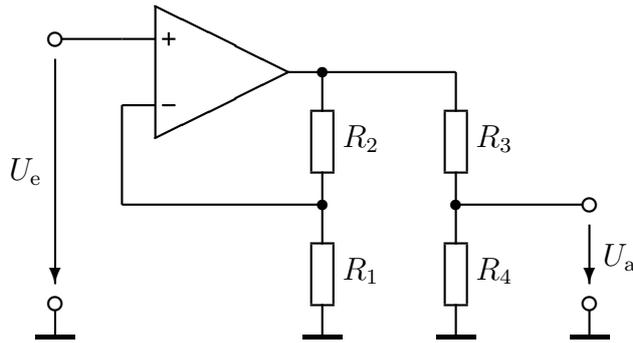


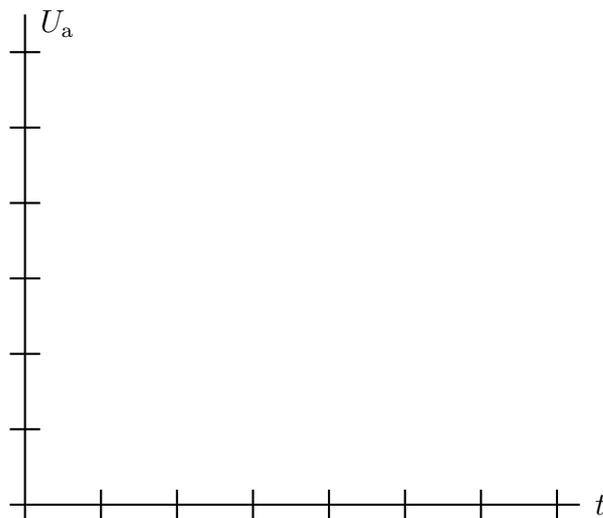
## BEISPIEL 6.4: Elektrometerverstärker mit Abschwächer



Widerstandswerte:  $R_1 = 100 \Omega$   
 $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$   
 $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$   
 $R_4 = 1,5 \text{ k}\Omega$

Aussteuerbereich:  $|U_{a,OPV}| < 14 \text{ V}$

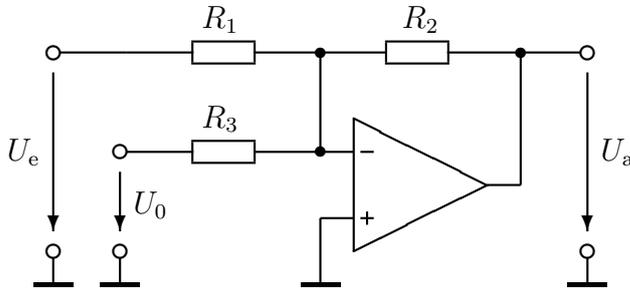
- Berechnen Sie die Spannungsverstärkung  $v_u = u_a/u_e$ .
- Bestimmen Sie den Eingangswiderstand  $r_e$ .
- Bestimmen Sie den Ausgangswiderstand  $r_a$ .
- An den Eingang werde eine sinusförmige Spannung  $U_e(t) = \hat{U}_e \sin \omega t$  gelegt. Berechnen Sie die maximale Amplitude  $\hat{U}_{e,max}$ , sodass es zu keinen Verzerrungen des Ausgangssignals kommt. Zeichnen Sie den Verlauf der Ausgangsspannung, wenn diese Grenze um 50% überschritten wird.



## BEISPIEL 6.5: Nullpunktverschiebung

Dimensionieren Sie in den folgenden Schaltungen die nicht gegebenen Bauelementwerte so, dass die Ausgangsspannung  $U_a$  den Bereich  $[0 \text{ V} \dots 10 \text{ V}]$  überstreicht, wenn die Eingangsspannung im Bereich  $[-2 \text{ V} \dots +2 \text{ V}]$  variiert:

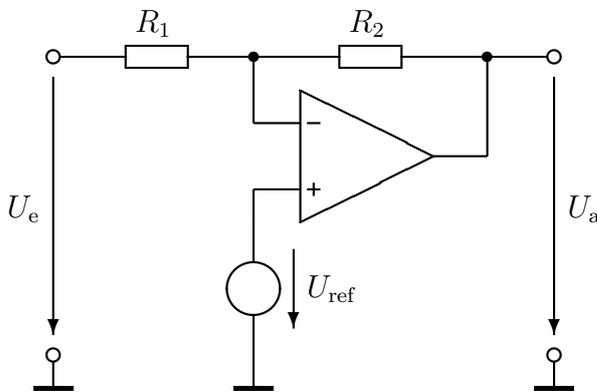
(a)



Gegeben:  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$   
 $U_0 = -10 \text{ V}$

Gesucht:  $R_2, R_3$

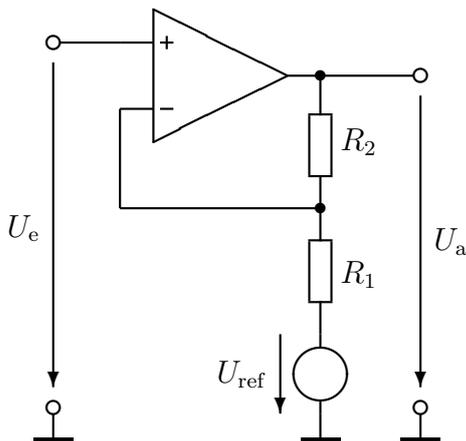
(b)



Gegeben:  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$

Gesucht:  $R_2, U_{\text{ref}}$

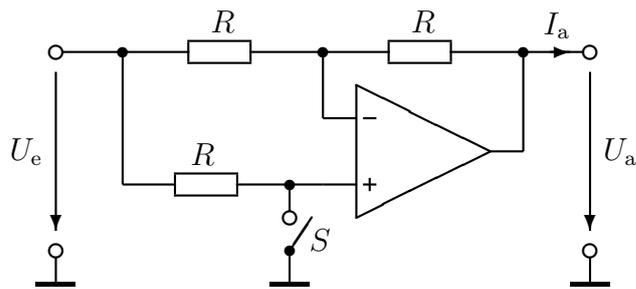
(c)



Gegeben:  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$

Gesucht:  $R_2, U_{\text{ref}}$

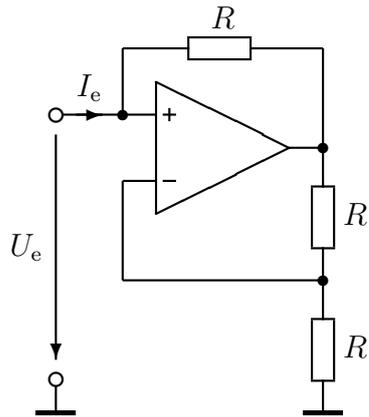
## BEISPIEL 6.6: Verstärker mit umschaltbarer Funktion



Betriebsgrenzen:  $|U_{a,OPV}| < 14 \text{ V}$   
 $|I_{a,OPV}| < 20 \text{ mA}$

- Bestimmen Sie den Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung  $U_a(U_e)$  bei geöffnetem bzw. geschlossenem Schalter.
- Dimensionieren Sie den Widerstand  $R$  so, dass man der Schaltung im ungünstigsten Fall ( $U_a = 14 \text{ V}$ , ungünstigere Schalterstellung) gerade noch einen Ausgangsstrom von  $I_a = 6 \text{ mA}$  entnehmen kann.
- Bestimmen Sie den Eingangswiderstand bei geöffnetem bzw. geschlossenem Schalter.

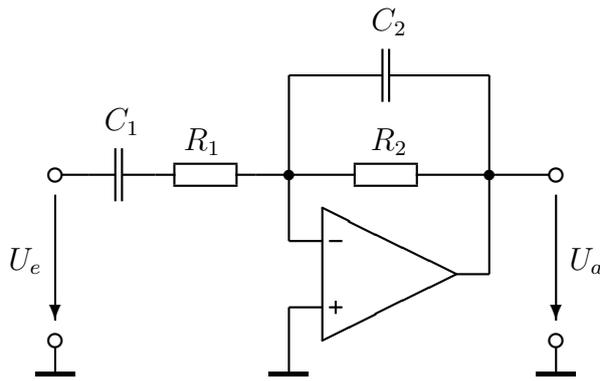
## BEISPIEL 6.7: Negativer Widerstand



Betriebsgrenzen:  $|U_{a,OPV}| < 14 \text{ V}$   
 $|I_{a,OPV}| < 20 \text{ mA}$

- Bestimmen Sie den Eingangswiderstand der Schaltung als Funktion des Widerstandswertes  $R$ .
- Welchen Wert  $U_{e,max}$  darf die Eingangsspannung  $U_e$  nicht überschreiten, damit die Funktion der Schaltung gewährleistet ist?
- Bestimmen Sie den Minimalwert  $R_{min}$  von  $R$ , sodass der Operationsverstärker bei  $U_e = U_{e,max}$  den benötigten Strom liefern kann.

## BEISPIEL 6.8: Aktiver Bandpass



Widerstandswerte:  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$

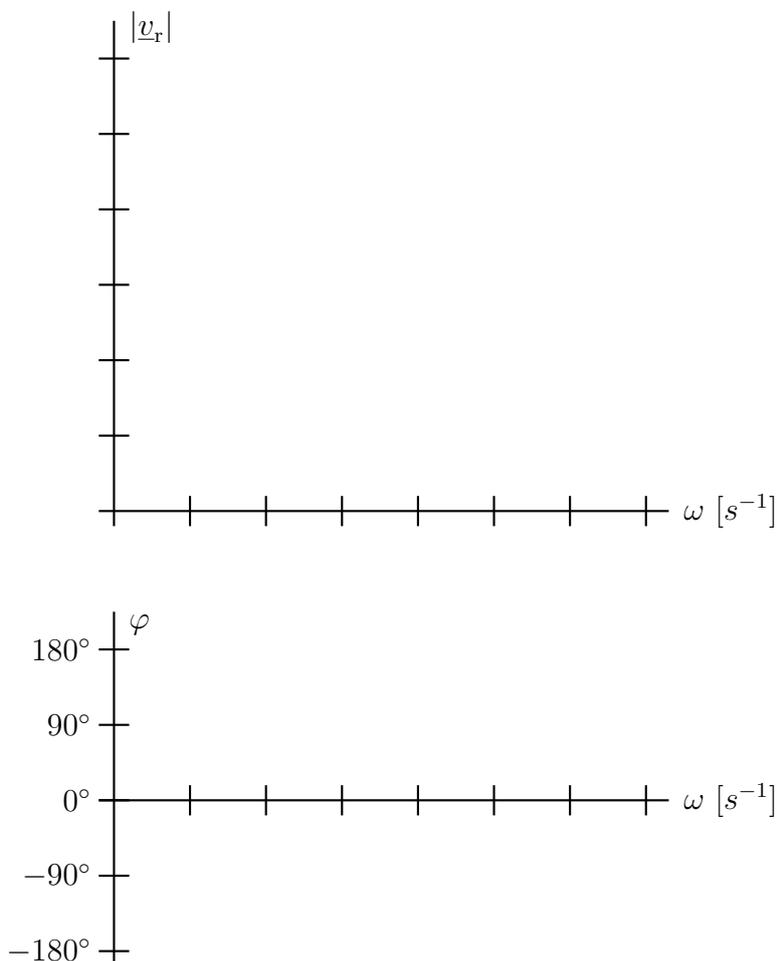
$R_2 = 10 \text{ k}\Omega$

Kapazitätswerte:  $C_1 = 100 \text{ nF}$

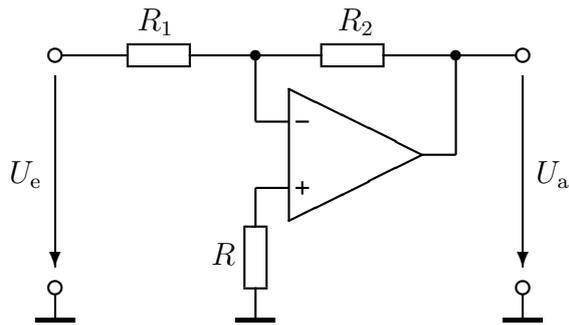
$C_2 = 1 \text{ nF}$

Gegenüber einem passiven Bandpass hat dieser Bandpass den Vorteil, dass das Ausgangssignal gegenüber dem Eingangssignal verstärkt sein kann und dass er einen niedrigen Ausgangswiderstand hat.

- Schreiben Sie die komplexe Verstärkung  $\underline{v}_r = \underline{U}_a / \underline{U}_e$  als Funktion der Kreisfrequenz  $\omega$  an.
- Geben Sie die Grenzkreisfrequenzen an und zeichnen Sie das Bodediagramm der Verstärkung  $\underline{v}_r$ .
- Berechnen Sie Betrag und Phase des Eingangswiderstands  $r_e$  im Maximum des Amplitudengangs der rückgekoppelten Verstärkung  $|\underline{v}_r|$ . ( $\omega = \sqrt{\omega_{g1}\omega_{g2}}$ )



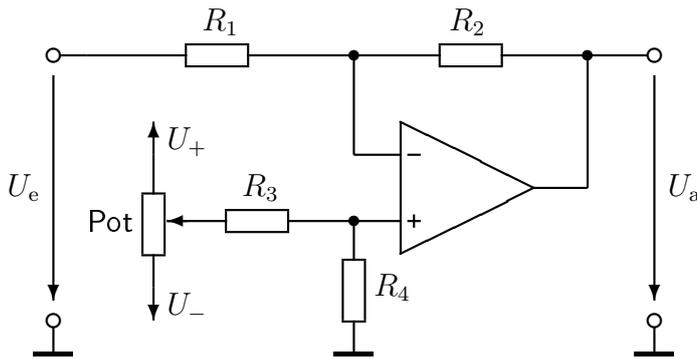
## BEISPIEL 6.9: Biasstrom-Kompensation



Widerstandswerte:  $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$   
 $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$   
Biasstrom:  $-500 \text{ nA} < I_{e0} < 0$   
Offsetstrom:  $|I_{ed0}| < 200 \text{ nA}$   
Eingangsspannung:  $U_e = 100 \text{ mV}$

- In welchem Bereich liegt die Ausgangsspannung  $U_a$  für  $R = 0$  unter Berücksichtigung des Biasstromes und Vernachlässigung des Offsetstromes.
- Wie muss der Widerstand  $R$  gewählt werden, damit die Ausgangsspannung  $U_a$  nicht mehr vom Biasstrom abhängt? Lassen Sie den Offsetstrom weiterhin außer Acht.
- In welchem Bereich liegt die Ausgangsspannung  $U_a$  unter Berücksichtigung des Offsetstromes  $I_{ed0}$ , wenn der Widerstand  $R$  den in (b) bestimmten Wert hat?

## BEISPIEL 6.10: Offsetspannungs-Kompensation



Versorgungsspannung:  $U_+ = 5 \text{ V}$   
 $U_- = -5 \text{ V}$

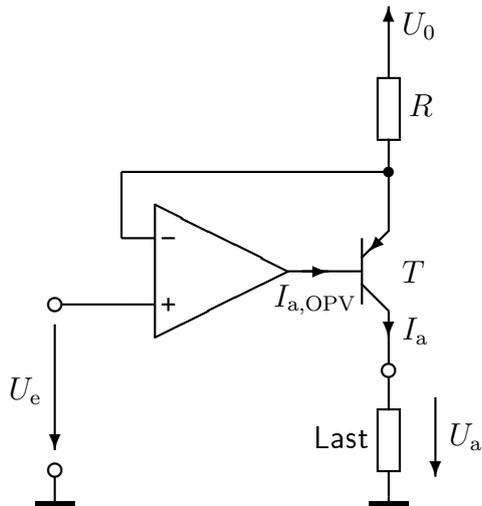
Biasstrom:  $-500 \text{ nA} < I_{e0} < 0$

Offsetspannung:  $-6 \text{ mV} < U_{ed0} < 6 \text{ mV}$   
 $dU_{ed0}/dT = 3 \text{ } \mu\text{V/K}$

Widerstandswerte:  $R_1 = 2,7 \text{ k}\Omega$   
 $R_2 = 270 \text{ k}\Omega$   
 $R_{\text{pot}} = 10 \text{ k}\Omega$

- Berechnen Sie die Spannungsverstärkung  $v_r = u_a/u_e$  bei idealem Operationsverstärker.
- Dimensionieren Sie  $R_3$  und  $R_4$  so, dass die Offsetspannung  $U_{ed0}$  korrigiert werden kann.  $R_3$  und  $R_4$  sollen möglichst hochohmig sein, der Einfluss des Eingangsstromes  $I_{e0+}$  des nicht-invertierenden Eingangs auf die Ausgangsspannung  $U_a$  soll aber nicht stärker als 1% des Einflusses der Offsetspannung  $U_{ed0}$  sein.
- Berechnen Sie die Ausgangsspannungsdrift  $dU_a/dT$  bei fixer Potentiometerstellung.

## BEISPIEL 6.11: Steuerbare Stromquelle



Transistor:

$$B = 60$$

$$U_f = 0,7 \text{ V}$$

$$U_{\text{ECsat}} = 0,2 \text{ V}$$

Operationsverstärker:  $|I_{\text{a,OPV}}| < 25 \text{ mA}$

- Welchen Ausgangsstrom  $I_{\text{a,max}}$  kann man der Stromquelle maximal entnehmen?
- Dimensionieren Sie den Widerstand  $R$  so, dass sich beim maximalen Ausgangsstrom Ausgangsspannungen bis zu 2 V unter der Versorgungsspannung einstellen lassen.
- Bestimmen Sie den Zusammenhang zwischen Stromquellenstrom  $I_{\text{a}}$  und Steuerspannung  $U_e$ .