

Übungsaufgabe 3.2.1

Die Aufgabe:

Ein Messverstärker ist mit dem Operationsverstärkerschaltkreis TBA 221B (kompatibel mit μA 741 Tabelle 3.1) aufzubauen und zu erproben.

Gegeben:

Eingangsspannung (Leerlaufspannung des Messwandlers) = 0 bis 250 mV
 Innenwiderstand des Messwandlers = 200 Ω und
 Ausgangsspannung entsprechend dem Standardsignal = 0 bis 10 V.

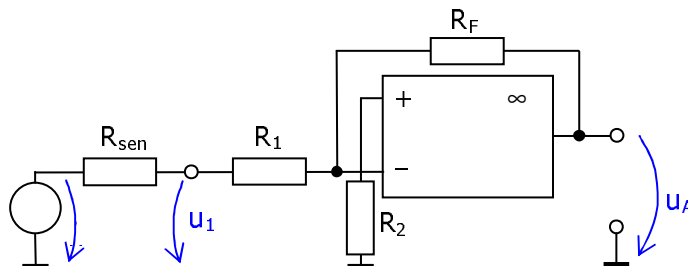
- Frage 1: Kann der invertierende Verstärker verwendet werden?
- Frage 2: Welche Werte sind für R_1 und R_2 zu wählen?
- Frage 3: Wie groß muss v_u sein?
- Frage 4: Was ergibt sich für R_F ?
- Frage 5: Welche Versorgungsspannungen sollten für die notwendige Aussteuerbarkeit gewählt werden?
- Frage 6: Wie groß werden der Eingangs-, der Ausgangswiderstand, der Frequenzgang und die Drift?

	idealer OV	Standardtyp z.B. μA 741	MOS Eingänge z.B. CA 3140	Präzisionstyp z.B. μA 714
v_0	∞	200 000	100 000	500 000
Eingangswiderstand	∞	2 M Ω	1,5 T Ω	50 M Ω
Ausgangswiderstand	0	75 Ω	60 Ω	60 Ω
max. Ausgangsstrom	unbegrenzt	20 mA	22 mA	20 mA
Eingangsspannungsdifferenz (Offsetspannung)	0	1 mV	8 mV	30 μV
Eingangsruhestrom	0	80 nA	5 pA	1,2 nA
Eingangsruhestromdifferenz (Offsetstrom)	0	20 nA	0,5 pA	0,5 nA
Offsetspannungsdrift	0	6 $\mu\text{V}/\text{K}$	10 $\mu\text{V}/\text{K}$	0,3 $\mu\text{V}/\text{K}$
Gleichtaktunterdrückung	∞	90 dB	90 dB	123 dB
Transitfrequenz	unbegrenzt	1 MHz	4,5 MHz	0,6 MHz

Lösung von Frage 1:

Frage 1: Kann der invertierende Verstärker verwendet werden?

Der invertierende Verstärker als Messverstärker hätte einen typischen Eingangswiderstand von 10 ...20 k Ω . Am Innenwiderstand des Messwandlers von 200 Ω würden $200/(10000...20000 + 200) = 2...1 \%$ der Wandlerspannung verloren gehen. Das ist vertretbar. Es kann der invertierende Verstärker gewählt werden.



Lösung von Frage 2:

Frage 2: Welche Werte sind für R_1 und R_2 zu wählen?

Wir wählen für $R_1 = 10k\Omega$ und aus Symmetriegründen für $R_2 = 10k\Omega$, und nehmen 2 % Verlust in Kauf.

Lösung von Frage 3:

Frage 3: Wie groß muss v_u sein?

Die maximale Eingangsspannung ist 250 mV und die maximale Ausgangsspannung soll 10 V sein.

Daraus ergibt sich eine Spannungsverstärkung: $|v_u| = \frac{10V}{250mV} = 40$ für den invertierenden Verstärker also -40 .

Lösung von Frage 4:

Frage 4: Was ergibt sich für R_F ?

Die Verstärkung ist: $|v| = \frac{R_F}{R_1}$. Also ist: $R_F = |v| \cdot R_1 = 40 \cdot 10k\Omega = 400k\Omega$.

Lösung von Frage 5:

Frage 5: Welche Versorgungsspannungen sollten für die notwendige Aussteuerbarkeit gewählt werden?

Die maximale Ausgangsspannung soll 10 V sein. Damit der Bereich von 0 bis 10 V linear dargestellt wird, sollte die Versorgungsspannung 0,7...2 V über 10 V liegen. Damit dies auch in negativer Hinsicht gilt (-10 V), muss auch eine negative Versorgungsspannung angeschlossen werden.

Die Versorgungsspannungen werden zu -12 V und +12 V gewählt.

Lösung von Frage 6:

Frage 6: Wie groß werden der Eingangs-, der Ausgangswiderstand, der Frequenzgang und die Drift?

Laut Tabelle sind für den Operationsverstärker ohne äußere Bauelemente

$$R_E = 2M\Omega, R_A = 75\Omega.$$

Die Verstärkung wird um $v_u / v_0 = 40 / 200000 = 0,0002$ verringert.

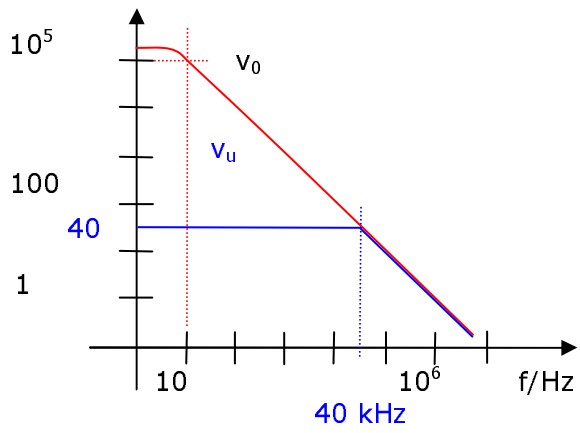
Der Eingangswiderstand des Verstärkers wird:

$$R_{E_GES} = R_1 = 10k\Omega$$

Der Ausgangswiderstand des Verstärkers errechnet sich zu:

$$R_{A_GES} = R_A \cdot \frac{v_u}{v_0} = 75\Omega \cdot 0,0002 = 15m\Omega.$$

Der Frequenzgang wird graphisch bestimmt:



Zur Drift von 90 dB kommt der Faktor $v_0/v_u = 5000$ entspricht 74 dB dazu also 164 dB.