

Klausur Grundlagen Nachrichtentechnik
Semestergruppe E4b, 9.7.2003

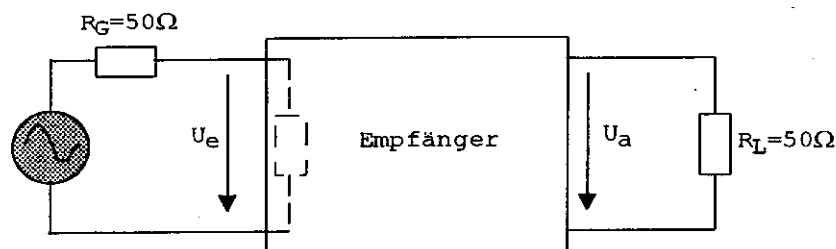
Name: Frank Uebig

Matr.-Nr. 1653522

Hinweis: Formeln dürfen nur aus dem Umdruck des Vorlesungsskriptums vom Sommersemester 2003 oder mathematischen Formelsammlungen übernommen werden (mit Quellenangebe!) Die Übernahme von Formeln aus Fachbüchern, Mitschriften usw. ist nur zur Kontrolle erlaubt! Es muss dann der Lösungsweg mit angegeben werden!

1. Aufgabe (20 Punkte)

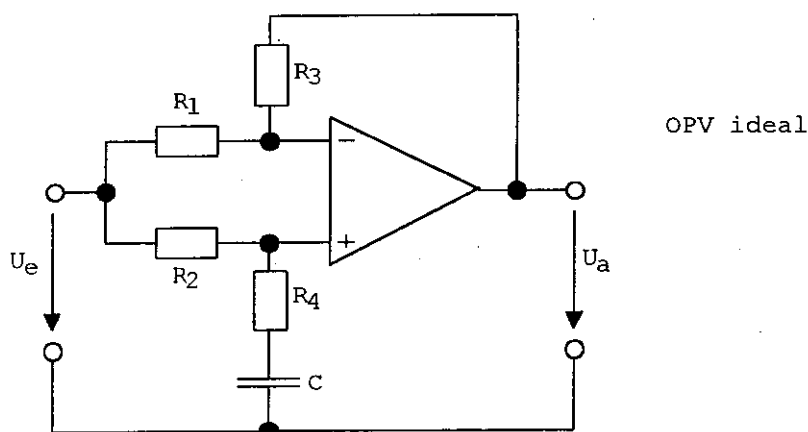
Ein Empfänger mit einer Eingangs- und Ausgangsimpedanz von 50Ω hat eine Rauschzahl von $F=3\text{dB}$ und eine Bandbreite von 6kHz . Seine Verstärkung beträgt 80dB .



- ✗ Bestimmen Sie die Eingangsspannung U_e für ein Ausgangs-SNR von 0dB , 26dB und 60dB !
- ✓ Am Eingang wird ein Signal mit 26 dB Signal-Rauschleistungsverhältnis eingespeist. Wie groß sind Ausgangsspannung U_a und Ausgangs-SNR?

2. Aufgabe (30 Punkte)

Analysieren Sie die dargestellte Schaltung!

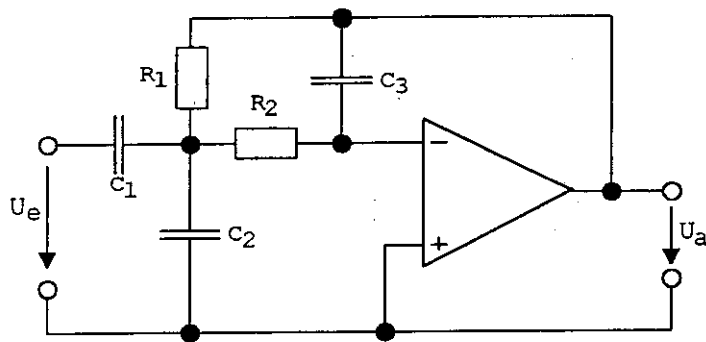


- a. Berechnen Sie allgemein die Übertragungsfunktion $U_a/U_e = f(\omega)$ in Normalform*!
- b. Geben Sie das Übertragungsverhalten für $\omega \rightarrow 0$ und $\omega \rightarrow \infty$ und den Fall $R_1=R_3$, $R_2=R_4$ an!
- c. Für welchen Widerstandswert von R_4 und welches Widerstandsverhältnis R_3/R_1 hat die Schaltung Allpassverhalten?

***Normalform:** Die Übertragungsfunktion muss als Quotient zweier Polynome in der Form $\underline{H}(\omega) = P_z/P_n$ mit $P_z, P_n = 1 + a_1 \cdot j\omega + a_2 \cdot (j\omega)^2 + \dots$ angegeben werden.

3. Aufgabe (20 Punkte)

Analysieren Sie den dargestellten Bandpass!



$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 5 \text{ k}\Omega$$

$$C_1 = 47 \text{ nF}$$

$$C_2 = 47 \text{ nF}$$

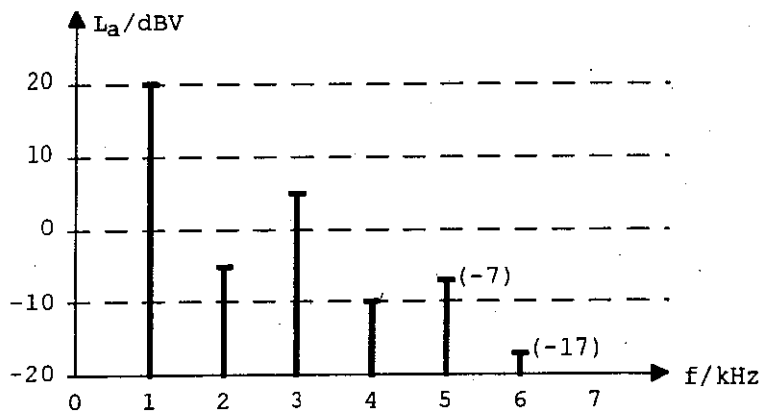
$$C_3 = 4,7 \text{ nF}$$

OPV ideal

- a. Ermitteln Sie die allgemeine Übertragungsfunktion $U_a/U_e = f(\omega)$ in Normalform*!
- b. Leiten Sie aus Aufgabe a. die allgemeinen Formeln für Mittenfrequenz f_m und maximale Verstärkung v_{\max} ab und berechnen Sie die Werte!
- Hinweis: Bei $f = f_m$ ist die Übertragungsfunktion reell

Aufgabe (15 Punkte)

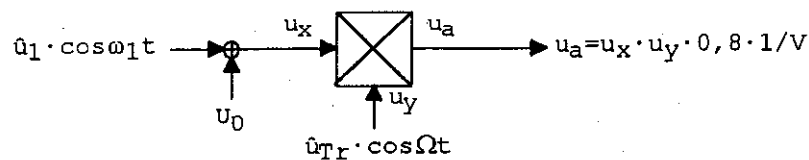
Am Ausgang eines Leistungsverstärkers wurde an einem Lastwiderstand $R_L = 4 \Omega$ das dargestellte Amplitudenspektrum (Effektivwerte) gemessen.



- a. Berechnen Sie den Klirrfaktor!
- b. Wie groß ist die Ausgangsleistung?

Aufgabe (20 Punkte)

Analysieren Sie den dargestellten AM-Modulator!



$$u_1 = 0,5 \text{ V}; \quad U_0 = 1,5 \text{ V};$$

$$U_{TR} = 1 \text{ V}$$

$$\omega_1 / 2\pi = 2,5 \text{ kHz};$$

$$\Omega / 2\pi = 500 \text{ kHz}$$

- a. Berechnen Sie die minimalen und maximalen Scheitelwerte von u_a !
- b. Skizzieren Sie das Spektrum am Ausgang mit der Angabe von Amplituden und Frequenzen!
- c. Wie groß muss U_0 für einen Modulationsgrad von 100% sein?

*Normalform: siehe Fußnote Seite 1

Matth. Ueb.

E4B

Matr.-Nr. 1658522

1) a) $SNR_2 = 0 \text{ dB}$

$$SNR_1 = F + SNR_2 = 3 \text{ dB} + 0 \text{ dB} = 3 \text{ dB} \hat{=} 2$$

$$P_{r1} = u \cdot T \cdot B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ W/Hz} \cdot 298 \text{ K} \cdot 6 \text{ kHz}$$

$$= 2,467 \cdot 10^{-17} \text{ W} \quad \checkmark$$

$$P_{s1} = SNR_1 \cdot P_r = 2 \cdot 2,467 \cdot 10^{-17} \text{ W} = 4,935 \cdot 10^{-17} \text{ W}$$

$$u_e = \sqrt{P_{s1} \cdot R} = \sqrt{4,935 \cdot 10^{-17} \text{ W} \cdot 50 \Omega} = 49,67 \text{ nV} \quad \checkmark$$

$SNR_2 = 26 \text{ dB}$

$$SNR_1 = F + SNR_2 = 29 \text{ dB} \hat{=} 794,3$$

$$P_{s1} = SNR_1 \cdot P_r = 1,96 \cdot 10^{-14} \text{ W}$$

$$u_e = \sqrt{P_{s1} \cdot R} = \sqrt{1,96 \cdot 10^{-14} \text{ W} \cdot 50 \Omega} = 0,99 \text{ } \mu\text{V} \quad (\checkmark)$$

$SNR_2 = 60 \text{ dB}$

$$SNR_1 = F + SNR_2 = 63 \text{ dB} = 1,995 \cdot 10^6$$

$$P_{s1} = SNR_1 \cdot P_r = 4,9 \cdot 10^{-11} \text{ W}$$

$$u_e = \sqrt{P_{s1} \cdot R} = \sqrt{4,9 \cdot 10^{-11} \text{ W} \cdot 50 \Omega} = 49,6 \text{ } \mu\text{V} \quad \checkmark$$

(12P)

$$\text{zu 1) 6)} \quad \text{SNR}_1 = 26 \text{ dB} \approx 398,1$$

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2003	E4	GA	MSS
FSR - Klausurensammlung 4/11			

$$\text{SNR}_2 = \text{SNR}_1 - F = 26 \text{ dB} - 3 \text{ dB} = 23 \text{ dB} \quad \checkmark$$

$$\begin{aligned} P_{S1} &= \text{SNR}_1 \cdot P_n = 398,1 \cdot 2,467 \cdot 10^{-17} \text{ W} \\ &= 9,821 \cdot 10^{-15} \text{ W} \end{aligned}$$

$$v = 80 \text{ dB} \approx 10^8$$

$$\begin{aligned} P_{S2} &= v \cdot P_{S1} = 10^8 \cdot 9,821 \cdot 10^{-15} \text{ W} \\ &= 9,821 \cdot 10^{-3} \text{ W} \end{aligned}$$

8P

$$U_a = \sqrt{P_{S2} \cdot R} = \sqrt{9,821 \cdot 10^{-3} \text{ W} \cdot 50 \Omega} = 7,101 \text{ mV} \quad \checkmark$$

$$2) \quad u_+ = u_e \cdot \frac{R_4 + \frac{1}{j\omega C}}{R_4 + R_2 + \frac{1}{j\omega C}} \quad \checkmark$$

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2003	E4	GN	MSS
FSR - Klausurensammlung 5/11			

$$u_- = u_e(u_{e=0}) + u_c(u_{e=0})$$

$$= u_e \frac{R_1}{R_1 + R_3} + u_c \frac{R_2}{R_1 + R_3} \quad \checkmark$$

$$u_e = u_-$$

$$u_e \cdot \frac{R_4 + \frac{1}{j\omega C}}{R_4 + R_2 + \frac{1}{j\omega C}} = u_e \frac{R_1}{R_1 + R_3} + u_e \frac{R_2}{R_1 + R_3}$$

$$u_e \left(\frac{R_4 + \frac{1}{j\omega C}}{R_4 + R_2 + \frac{1}{j\omega C}} - \frac{R_2}{R_1 + R_3} \right) = u_e \frac{R_1}{R_1 + R_3}$$

~~$$u_e \left(\frac{1 + j\omega C R_4}{1 + j\omega C (R_2 + R_4)} - \frac{R_2}{R_1 + R_3} \right) = u_e \frac{R_1}{R_1 + R_3}$$~~

$$u_e \left(\frac{1 + j\omega C R_4}{1 + j\omega C (R_2 + R_4)} - \frac{R_2}{R_1 + R_3} \right) = u_e \frac{R_1}{R_1 + R_3}$$

$$u_e \left(\frac{R_1 + R_3 + j\omega C R_4 (R_1 + R_3) - R_2 (1 + j\omega C (R_2 + R_4))}{(R_1 + R_3) (1 + j\omega C (R_2 + R_4))} \right) = u_e \frac{R_1}{R_1 + R_3}$$

$$u_e = \frac{R_1 + R_3 + j\omega C (R_4 R_1 + R_4 R_3 - R_2 R_2 - R_2 R_4)}{(R_1 + R_3) (1 + j\omega C (R_2 + R_4))} = u_e \frac{R_1}{R_1 + R_3}$$

$$\frac{u_e}{u_e} = \frac{R_1 + j\omega C (R_4 R_1 + R_4 R_3 - R_2 R_2 - R_2 R_4)}{(R_1 + R_3) (1 + j\omega C (R_2 + R_4))} \cdot \frac{R_1 + R_3}{R_1}$$

✓

zu 2)

a)

$$\frac{u_a}{u_e} =$$

$$\frac{R_1 + j\omega C (R_4 R_1 + R_4 R_3 - R_2 R_3 - R_4 R_3)}{R_1 + j\omega C (R_1 (R_2 + R_4))}$$

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2003	F4	GN	MSS

FSR - Klausurensammlung 0/11

$$= \frac{1 + j\omega C (R_4 R_1 + R_4 R_3 - R_2 R_3 - R_4 R_3)}{1 + j\omega C (R_2 + R_4)}$$

$$\frac{u_a}{u_e} = \frac{1 + j\omega C (R_4 + \frac{R_4 R_3}{R_1} - \frac{R_2 R_3}{R_1} - \frac{R_4 R_3}{R_1})}{1 + j\omega C (R_2 + R_4)}$$

20P

b) $\omega \rightarrow 0$: $\frac{u_a}{u_e} = 1$

$\omega \rightarrow \infty$: $\frac{u_a}{u_e} = \frac{R_4 + \frac{R_4 R_3}{R_1} - \frac{R_2 R_3}{R_1} - \frac{R_4 R_3}{R_1}}{R_2 + R_4}$

$= 0$

c) $\left| \frac{u_a}{u_e} \right| = \frac{\sqrt{1 + (\omega C (R_4 + \frac{R_4 R_3}{R_1} - \frac{R_2 R_3}{R_1} - \frac{R_4 R_3}{R_1}))^2}}{\sqrt{1 + (\omega C (R_2 + R_4))^2}}$

Allpass-Verhalten $\left| \frac{u_a}{u_e} \right| = 1$

zu 2)
c)

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2003	F4	GN	MSS
FSR - Klausurensammlung 7/11			

$$\cancel{14} \quad (\cancel{42} (R_2 + R_4))^2 = \cancel{14} \quad (\cancel{42} (R_4 - \frac{R_4 R_3}{R_1}))^2$$

$$(R_2 + \cancel{R_4})^2 = (R_4 - \frac{R_4 R_3}{R_1})^2$$

nicht
Kürzbar!!

$$R_2 = \frac{R_4 R_3}{R_1} \quad \downarrow$$

$$R_4 = \frac{R_2 R_1}{R_3} //$$

$$\frac{R_1}{R_3} = 1 //$$

(2P)

3) Formel aus Skript: S. 4-6 Gl. (4-10)

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2003	E4	GN	MSS
FSR - Klausurensammlung 8/11			

$$a) \frac{u_a}{u_e} = \frac{-Y_1 \cdot Y_3}{Y_5(Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4) + Y_3 \cdot Y_4}$$

✓

$$Y_1 = j\omega C_1$$

$$Y_2 = j\omega C_2$$

$$Y_3 = \frac{1}{R_2}$$

$$Y_4 = \frac{1}{R_1}$$

$$Y_5 = j\omega C_3$$

$$\frac{u_a}{u_e} = \frac{-j\omega C_1 \cdot \frac{1}{R_2}}{j\omega C_3(j\omega C_1 + j\omega C_2 + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1}) + \frac{1}{R_2} \cdot \frac{1}{R_1}}$$

$$= \frac{-j\omega C_1 \cdot \frac{1}{R_2}}{(j\omega)^2 C_3 C_1 + (j\omega)^2 C_3 C_2 + j\omega C_3 \cdot \frac{1}{R_2} + j\omega C_3 \cdot \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 R_1}}$$

$$= \frac{-j\omega C R_1}{1 + j\omega(C_3 R_1 + C_3 R_2) + (j\omega)^2(C_3 C_1 R_1 R_2 + C_3 C_2 R_1 R_2)}$$

10P

✓

$$4) R_L = 4 \Omega$$

$$U_a = 10 \frac{L_a}{20} \cdot 1V$$

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2003	F4	GN	MS
FSR - Klausurensammlung 9/11			

$$U_{a1} = 20 \text{ dBV} \Rightarrow$$

$$U_{a1} = 10V$$

$$U_{a2} = -5 \text{ dBV}$$

$$U_{a2} = 0,562V$$

$$U_{a3} = 5 \text{ dBV}$$

$$U_{a3} = 1,778V$$

$$U_{a4} = -10 \text{ dBV}$$

$$U_{a4} = 0,316V$$

$$U_{a5} = -7 \text{ dBV}$$

$$U_{a5} = 0,447V$$

$$U_{a6} = -17 \text{ dBV}$$

$$U_{a6} = 0,141V$$

$$a) U_{a_{\text{rms}}} = \sqrt{\sum_{i=1}^6 U_{ai}^2} = 10,188V$$

$$u = \frac{\sqrt{U_{a_{\text{rms}}}^2 - U_{a1}^2}}{U_{a_{\text{rms}}}} = 19,13\%$$

$$b) P = \frac{U_{a_{\text{rms}}}^2}{R_L} = \frac{(10,188V)^2}{4\Omega} = 25,95W$$

ASP

$$5) a) u_a = u_x \cdot u_y \cdot 0,8 V^{-1}$$

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2003	E4	GN	MSS
FSR - Klausurensammlung 10/11			

$$u_x = u_1 + u_0$$

$$= \hat{u}_1 \cdot \cos \omega_1 t + u_0$$

$$= 0,5 V \cdot \cos(2\pi \cdot 2,5 kHz \cdot t) + 1,5 V$$

✓

$$u_y = u_{Tr} \cdot \cos \omega_2 t$$

$$= \hat{u}_{Tr} \cdot \cos \omega_2 t$$

$$= 1 V \cdot \cos(2\pi \cdot 500 kHz \cdot t)$$

$$u_a = (0,5 V \cdot \cos(2\pi \cdot 2,5 kHz \cdot t) + 1,5 V) \cdot 1 V \cdot \cos(2\pi \cdot 500 kHz \cdot t) \cdot 0,8 V^{-1}$$

$$= (0,5 V \cos(\omega_1 t) + 1,5 V) \cdot 0,8 \cos(\omega_2 t)$$

$$\cdot \cos(\omega_1 t)$$

$$= 0,5 V \cdot 0,8 \cdot \cos(\omega_2 t) + 1,5 V \cdot 0,8 \cdot \cos(\omega_2 t)$$

Einschub: $\cos(x) \cdot \cos(y) = \frac{1}{2} \cos(x+y) + \frac{1}{2} \cos(x-y)$
(Stöcker, S. 52)

$$u_a = 0,4 V \cdot 0,5 \cdot \cos(\omega_2 t - \omega_1 t) + 0,4 V \cdot 0,5 \cos(\omega_2 t + \omega_1 t) + 1,2 V \cdot \cos(\omega_2 t)$$

$$u_a = 0,2 V \cdot \cos(\omega_2 t - \omega_1 t) + 0,2 V \cdot \cos(\omega_2 t + \omega_1 t) + 1,2 V \cdot \cos(\omega_2 t)$$

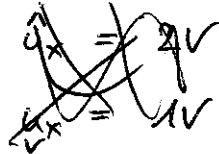
✓

zu 5/

9) $u = \frac{2 \cdot u_{XB}}{u_{T}} = \frac{0,4V}{1,2V} = 33,33\%$

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2003	54	GM	MSS
FSR - Klausurensammlung ^{11/11}			

~~u_{min}~~



$u_{\min} = 1,2V - 2 \cdot 0,2V = 0,8V$

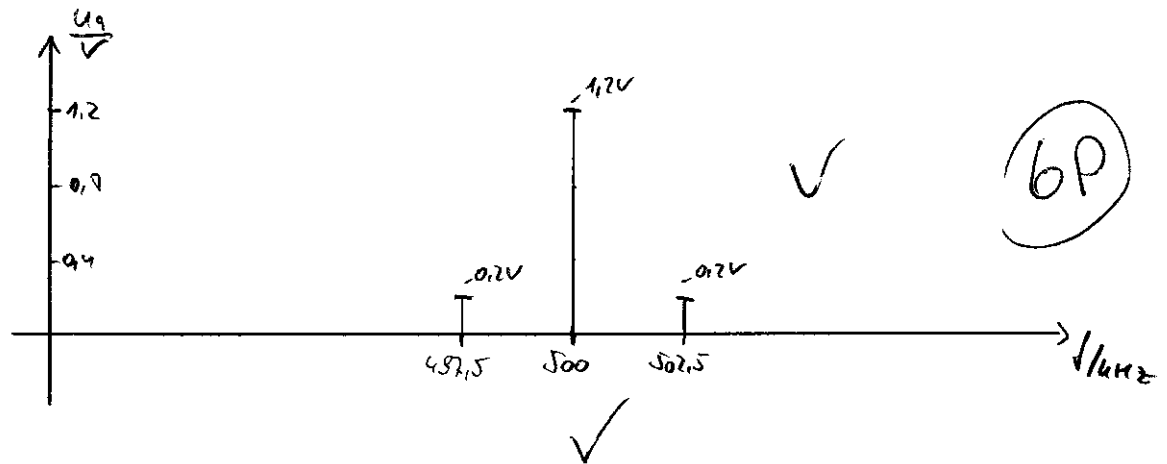
$u_{\max} = 1,2V + 2 \cdot 0,2V = 1,6V$

✓

10P

✓

5)



✓

6P

c)