

77 Punkte

Fachhochschule Hamburg, FB E/I
Prof. Dr. J. Missun

SS/WS	Semester	Fach	Dozent
2001	E4	GN	MSS

FSR - Klausurensammlung 1/10

Klausur Grundlagen Nachrichtentechnik
Semestergruppe E4b, 1.2.2002

10LP *lms*

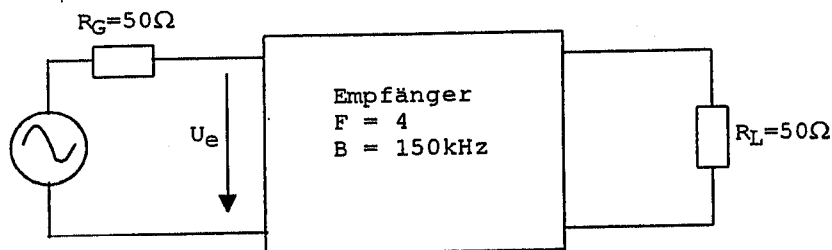
Name: Alexander Katzow

Matr.-Nr. 1578289

Hinweis: Formeln dürfen nur aus dem Umdruck des Vorlesungsskriptums vom Wintersemester 2001 oder mathematischen Formelsammlungen übernommen werden (mit Quellenangabe!) 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)

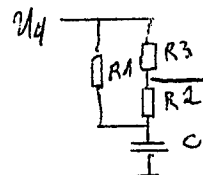
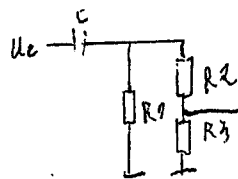
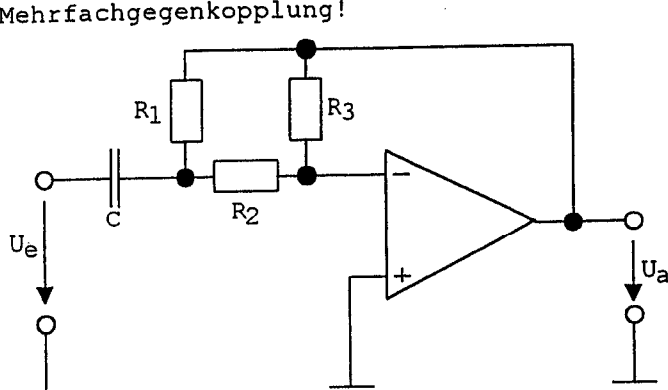
Ein Empfänger mit einer Eingangs- und Ausgangsimpedanz von 50Ω hat eine Rauschzahl von $F=4$ und eine Bandbreite von 150kHz .



- Bei welcher Eingangssignalleistung beträgt der Signal-Rauschabstand am Ausgang 0dB?
- Wie groß ist der Signal-Rauschabstand (in dB) am Ausgang bei $U_e = 10\mu\text{V}$, $100\mu\text{V}$ und 1mV ?

2. Aufgabe (15 Punkte)

Analysieren Sie die dargestellte Schaltung eines Verstärkers mit Mehrfachgegenkopplung!

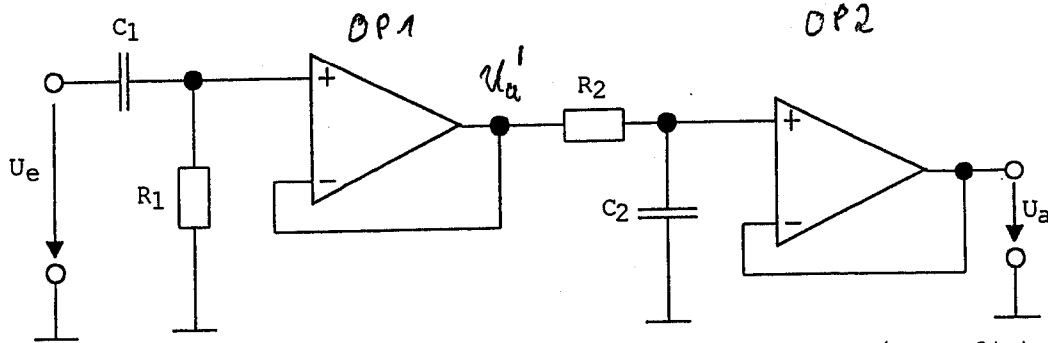


- Berechnen Sie allgemein die Übertragungsfunktion $U_a/U_e = f(\omega)$ in Normalform*!
- Geben Sie den Übertragungsfaktor für $\omega \rightarrow 0$ und $\omega \rightarrow \infty$ an?

*Normalform: Der Zähler muss in der Form $1 + a_1 \cdot j\omega + a_2 \cdot (j\omega)^2 + \dots$ auftreten!

3. Aufgabe (25 Punkte)

Analysieren Sie den dargestellten Bandpass!



- Ermitteln Sie die allgemeine Übertragungsfunktion $U_a/U_e = f(\omega)$ in Normalform*!
- Geben Sie die Mittenfrequenz und die maximale Verstärkung an, wenn $R_1 \cdot C_1 = R_2 \cdot C_2 = 0,5 \text{ msec}$ ist!

4. Aufgabe (15 Punkte)

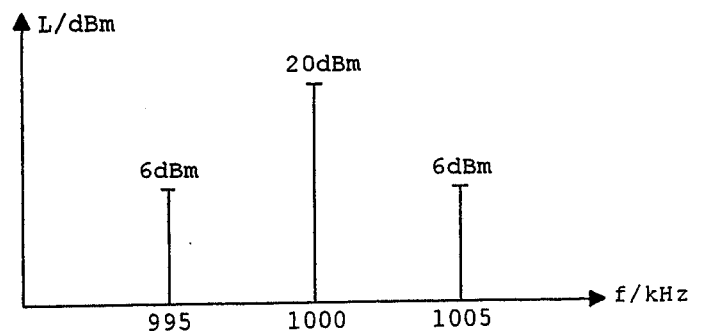
Ein nichtlinearer Verstärker habe die Übertragungskennlinie $U_a = U_e + 1,5V^{-2} \cdot U_e^3$ und wird im Arbeitspunkt $U_{e0} = 0V$ mit einer Spannung $u_e(t) = 0,5V \cdot \sin(2\pi \cdot 1 \text{ kHz})$ angesteuert.

- Berechnen Sie den Zeitverlauf der Ausgangsspannung und ihren Effektivwert!!
- Wie groß ist der Klirrfaktor der Ausgangsspannung?

5. Aufgabe (15 Punkte)

Am Ausgang eines AM-Modulators wurde an einem Lastwiderstand von 50Ω das nebenstehend dargestellte Spektrum gemessen.

- Wie groß ist der Modulationsgrad?
- Wie groß sind die maximalen und minimalen Scheitelwerte der Spannung am Lastwiderstand und wie groß ist die Gesamtleistung?



6. Aufgabe (10 Punkte)

Die Forderungen an ein PCM-Übertragungssystem lauten:

- lineare Quantisierung
- minimaler Störabstand der Signalspannung: 30dB
- Signal-Dynamikbereich: 40dB
- Aussteuerreserve: 10dB

- Wieviele Bits benötigt man zur Quantisierung?
- Der Aussteuerbereich des AD-Umsetzers beträgt $\pm 1V$. In welchem Spannungsbereich (Effektivwerte!) darf die Signal-Eingangsspannung bei normaler Aussteuerung liegen?

WS	Semester	Fach	Dozent
2001	E4	GN	MSS
FSR - Klausurensammlung 3110			

① a) $P_{R1} = k \cdot T \cdot B = 1,3805 \cdot 10^{-23} \frac{W}{Hz} \cdot 290K \cdot 150kHz = 6 \cdot 10^{-16} W$ ✓

$$SNR_2(dB) = 10 \log \frac{P_{S2}}{P_{R2}}$$

$$0dB = 10 \cdot \log \frac{P_{S2}}{P_{R2}}$$

$$\Rightarrow \frac{P_{S2}}{P_{R2}} = 1$$

Formeln: Skript S 2-8

$$F = \frac{P_{S1}/P_{R1}}{P_{S2}/P_{R2}}$$

$$\Rightarrow 4 = \frac{P_{S1}/6 \cdot 10^{-16} W}{1}$$

$$\Rightarrow P_{S1} = 4 \cdot 6 \cdot 10^{-16} W = \underline{\underline{2,4 \cdot 10^{-15} W}} \quad \checkmark$$

8P

b) $F = \frac{SNR1}{SNR2}$

$$SNR1 = 10 \cdot \log \frac{P_{S1}}{P_{R1}}$$

$$P_{S1} = \frac{U_e^2}{R_G}$$

$$\Rightarrow SNR2 = \frac{SNR1}{F}$$

$$\Rightarrow SNR2 = \frac{1}{F} \cdot 10 \cdot \log \frac{P_{S1}}{P_{R1}}$$

$$\Rightarrow SNR2 = \frac{10}{F} \cdot \log \frac{U_e^2}{R_G \cdot P_{R1}}$$

$$\Rightarrow SNR2 = \frac{10}{4} \cdot \log \frac{U_e^2}{500 \cdot 6 \cdot 10^{-16} W}$$

Ausatz in
Prinzip richtig!

$$U_e = 10 \mu V: SNR2 = \underline{\underline{8,81 dB}}$$

$$U_e = 100 \mu V: SNR2 = \underline{\underline{13,81 dB}}$$

$$U_e = 1 mV: SNR2 = \underline{\underline{18,81 dB}}$$

7

5P

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2001	E4	GN	MSS
FSR - Klausurensammlung 4110			

②

a) $U_+ = 0V$

$$U_- = U_e \cdot \frac{\frac{(R_2+R_3) \cdot R_1}{(R_2+R_3)+R_1}}{\frac{(R_2+R_3)R_1}{R_2+R_3+R_1} + \frac{1}{j\omega C}} + U_a \cdot \frac{\frac{(R_2+R_3) \cdot R_1}{(R_2+R_3)+R_1}}{\frac{(R_2+R_3) \cdot R_1}{R_2+R_3+R_1} + \frac{1}{j\omega C}} \cdot \frac{R_2}{R_2+R_3} + U_a \cdot \frac{\frac{1}{j\omega C}}{\frac{(R_2+R_3) \cdot R_1}{R_2+R_3+R_1} + \frac{1}{j\omega C}}$$

$$\Rightarrow U_- = U_e \cdot \frac{\frac{(R_2+R_3) \cdot R_1}{(R_2+R_3)+R_1}}{\frac{(R_2+R_3)R_1}{R_2+R_3+R_1} + \frac{1}{j\omega C}} + U_a \cdot \frac{\frac{(R_2+R_3) \cdot R_1}{(R_2+R_3)+R_1}}{\frac{(R_2+R_3) \cdot R_1}{R_2+R_3+R_1} + \frac{1}{j\omega C}} \cdot \frac{R_2}{R_2+R_3} + U_a \cdot \frac{\frac{1}{j\omega C}}{\frac{(R_2+R_3) \cdot R_1}{R_2+R_3+R_1} + \frac{1}{j\omega C}}$$

$$+ U_a \cdot \frac{R_2+R_3+R_1}{(R_2+R_3)R_1j\omega C + R_2+R_3+R_1}$$

$$\Rightarrow U_- = U_e \cdot \frac{R_1R_3j\omega C}{(R_2+R_3)R_1j\omega C + R_1+R_2+R_3} + U_a \cdot \frac{R_1R_2j\omega C}{(R_2+R_3)R_1j\omega C + R_1+R_2+R_3} + U_a \cdot \frac{R_1+R_2+R_3}{(R_2+R_3)R_1j\omega C + R_1+R_2+R_3}$$

$U_+ = U_- :$

$$\Rightarrow -U_e \cdot \frac{R_1R_3j\omega C}{(R_2+R_3)R_1j\omega C + R_1+R_2+R_3} = U_a \cdot \left(\frac{R_1R_2j\omega C + (R_1+R_2+R_3)}{(R_2+R_3)R_1j\omega C + R_1+R_2+R_3} \right)$$

$$\Rightarrow -U_e \cdot R_1R_3j\omega C = U_a \cdot (R_1R_2j\omega C + (R_1+R_2+R_3))$$

$$\Rightarrow \frac{U_a}{U_e} = - \frac{R_1R_3j\omega C}{R_1R_2j\omega C + (R_1+R_2+R_3)}$$

$$\Rightarrow \frac{U_a}{U_e} = - \frac{j\omega C \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1+R_2+R_3}}{1 + j\omega C \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1+R_2+R_3}}$$

✓ 10P

$$b) \lim_{w \rightarrow 0} \frac{u_a}{u_e} = \underline{\underline{0}} \quad \checkmark$$

2P

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2001	E4	GM	MSS
FSR - Klausurensammlung 5140			

$$\lim_{w \rightarrow \infty} \frac{u_a}{u_e} = \underline{\underline{1}} \quad \checkmark$$

SS / WS 2001	Semester E4	Fach GN	Dozent HSS
-----------------	----------------	------------	---------------

FSR - Klausurensammlung 6/10

③ OP1: Impedanzwandler $\Rightarrow U_a' = U_+$

a) $\Rightarrow U_a' = U_e \cdot \frac{R_1}{R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}} = U_e \cdot \frac{j\omega R_1 C_1}{1 + j\omega R_1 C_1}$ ✓

OP2: Impedanzwandler $\Rightarrow U_a = U_+$

$\Rightarrow U_a = U_a' \cdot \frac{\frac{1}{j\omega C_2}}{R_2 + \frac{1}{j\omega C_2}} = U_a' \cdot \frac{1}{1 + j\omega R_2 C_2}$

$\Rightarrow U_a = U_e \cdot \frac{j\omega R_1 C_1}{1 + j\omega R_1 C_1} \cdot \frac{1}{1 + j\omega R_2 C_2}$

$\Rightarrow \frac{U_a}{U_e} = \frac{j\omega R_1 C_1}{1 + j\omega R_1 C_1 + j\omega R_2 C_2 - \omega^2 R_1 R_2 C_1 C_2}$

$\Rightarrow \frac{U_a}{U_e} = \frac{j\omega R_1 C_1}{1 + j\omega (R_1 C_1 + R_2 C_2) - \omega^2 R_1 R_2 C_1 C_2}$ ✓

ASP

b) $R_1 \cdot C_1 = R_2 \cdot C_2 = 0,5 \text{ msec}$

$\frac{U_a}{U_e} = \frac{j\omega \cdot 0,5 \text{ msec}}{1 + j\omega \cdot 1 \text{ msec} - \omega^2 \cdot 0,25 \mu\text{sec}^2}$

$\left| \frac{U_a}{U_e} \right| = \frac{\omega \cdot 0,5 \text{ msec}}{\sqrt{(1 - 0,25 \mu\text{sec}^2 \cdot \omega^2)^2 + (\omega \cdot 1 \text{ msec})^2}} = \frac{\omega \cdot 0,5 \text{ msec}}{\sqrt{6,25 \cdot 10^{-14} \text{ sec}^4 \cdot \omega^4 + 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ sec}^2 \omega^2 + 1}}$

$\left| \frac{U_a}{U_e} \right|^2 = \frac{\sqrt{\dots} \cdot 0,5 \text{ msec} - \omega \cdot 0,5 \text{ msec} \cdot \frac{1}{\sqrt{\dots}} (4\omega^3 \cdot 6,25 \cdot 10^{-14} \text{ sec}^4 + 2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ sec}^2 \omega)}{\sqrt{\dots}^2}$

$\left| \frac{U_a}{U_e} \right|^2 = 0$ ✓

$\Rightarrow \sqrt{\dots} = \frac{\omega}{\sqrt{\dots}} \cdot (4\omega^3 \cdot 6,25 \cdot 10^{-14} \text{ sec}^4 + 1 \cdot 10^{-6} \text{ sec}^2 \omega)$

$\Rightarrow 6,25 \cdot 10^{-14} \text{ sec}^4 \omega^4 + 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ sec}^2 \omega^2 + 1 = 4 \cdot 6,25 \cdot 10^{-14} \text{ sec}^4 \omega^4 + 1 \cdot 10^{-6} \text{ sec}^2 \omega^2$

$$\Rightarrow -3 \cdot 6,25 \cdot 10^{-14} \text{ sec}^4 \omega^4 - 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ sec}^2 \omega^2 + 1 = 0$$

$$\omega^2 = x$$

\Rightarrow

$$x^2 - 26,6 \cdot 10^5 \text{ sec}^{-2} x + 5,3 \cdot 10^{12} = 0$$

$$\Rightarrow x_{1,2} = \frac{26,6 \cdot 10^5 \text{ sec}^{-2}}{2} \pm \sqrt{\frac{(26,6 \cdot 10^5 \text{ sec}^{-2})^2}{4} - 5,3 \cdot 10^{12}}$$

$$\Rightarrow x_1 = 4 \cdot 10^6 \text{ sec}^{-2}, \quad x_2 = -1,3 \cdot 10^6 \text{ sec}^{-2}$$

$$\Rightarrow \omega_1 = \sqrt{x_1} = 2 \text{ kHz}; \quad \omega_2 \text{ wäre komplexe Frequenz}$$

Also: $2\pi f = 2 \text{ kHz}$

$$\Rightarrow f = \underline{\underline{318,31 \text{ Hz}}} \quad \checkmark$$

munten drin!

$$\left| \frac{U_4}{U_e} \right| = \frac{2\pi \cdot 0,5 \text{ m sec} \cdot 318,31 \text{ Hz}}{\sqrt{6,25 \cdot 10^{-14} \text{ sec}^4 (2\pi \cdot 318,31 \text{ Hz})^4 + 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ sec}^2 (2\pi \cdot 318,31 \text{ Hz})^2 + 1}}$$

$$= \underline{\underline{0,5}} \quad \checkmark$$

10P

$$\sin^3(x) = \frac{1}{4} (3 \sin(x) - \sin(3x))$$

(4) $U_a = 0,5V \cdot \sin(\omega t) + 1,5V^{-2} \cdot (0,5V \sin(\omega t))^3$

a) $U_a = 0,5V \cdot \sin(\omega t) + 1,5V^{-2} \cdot \left(\frac{1}{8} V^3 \left[\frac{1}{4} \cdot (3 \cdot \sin(\omega t) - \sin(3\omega t)) \right] \right)$

$$\Rightarrow U_a = 0,5V \cdot \sin(\omega t) + \frac{3}{64} V^{+1} (3 \cdot \sin(\omega t) - \sin(3\omega t))$$

$$\Rightarrow U_a = 0,5V \cdot \sin(\omega t) + \frac{9}{64} V \cdot \sin(\omega t) - \frac{3}{64} V \cdot \sin(3\omega t)$$

$$\Rightarrow U_a = 0,641V \cdot \sin(\omega t) - 46,875mV \cdot \sin(3\omega t)$$

$$\Rightarrow U_a = \underline{\underline{0,641V \cdot \sin(2\pi \cdot 1kHz \cdot t) - 46,875mV \cdot \sin(2\pi \cdot 3kHz \cdot t)}}$$

$$U_{a,FF} = \sqrt{(0,641V)^2 + (46,875mV)^2} = \underline{\underline{0,643V}}$$

b) $\theta = \frac{46,875mV}{\sqrt{(0,641V)^2 + (46,875mV)^2}} = \underline{\underline{7,3\%}}$

15P

5) a) $20 \text{ dBm} = 10 \cdot \log\left(\frac{x}{1 \text{ mV}}\right) \Rightarrow x = 0,1 \text{ V}$ $P_{Tr} = 0,1 \text{ W}$
 $6 \text{ dBm} = 10 \cdot \log\left(\frac{y}{1 \text{ mV}}\right) \Rightarrow y = 3,98 \text{ mV}$ $P_{Leite} = 4 \text{ mW}$
 $m = \frac{0,1 \text{ V} - 3,98 \text{ mV}}{0,1 \text{ V} + 3,98 \text{ mV}} = \underline{\underline{0,92}}$ Skript S. 6-8 OP

b) $U_{\text{max}} = 0,1 \text{ V} \cdot (1 + 0,92) = \underline{\underline{0,192 \text{ V}}}$
 $U_{\text{min}} = 0,1 \text{ V} \cdot (1 - 0,92) = \underline{\underline{0,008 \text{ V}}}$ FTF

$U_{AM} = \hat{U}_T \cdot (1 + m \cdot \cos(\omega_m \cdot t)) \cdot \cos(\omega_0 \cdot t)$
 $= \hat{U}_T \cdot \cos(\omega_0 \cdot t) + \frac{\hat{U}_T \cdot m}{2} \cdot \cos((\omega_0 + \omega_m) \cdot t) + \frac{\hat{U}_T \cdot m}{2} \cdot \cos((\omega_0 - \omega_m) \cdot t)$

$P = \frac{U^2}{R}$

$\Rightarrow P_{AM} = \frac{\hat{U}_T^2}{2 \cdot R} + \frac{\hat{U}_T^2 \cdot m^2}{2 \cdot 2 \cdot R} + \frac{\hat{U}_T^2 \cdot m^2}{2 \cdot 2 \cdot R}$

$= \hat{U}_T^2 \cdot \left(\frac{1}{2R} + \frac{m^2}{4R} \right)$

$\Rightarrow P_{AM} = (0,1 \text{ V})^2 \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot 5000} + \frac{(0,92)^2}{4 \cdot 5000} \right)$

$= \underline{\underline{142,32 \text{ } \mu\text{W}}}$ FTF

10P

⑥ a) Signal-Störverhältnis = $n \cdot 6 \text{ dB}$

$\Rightarrow 30 \text{ dB} = n \cdot 6 \text{ dB}$

$\Rightarrow n = 5 \text{ Bit}$

Skript S. 7-5

b) $\overline{U_H^2} = \frac{U_{\max}^2}{3}$

$\Rightarrow \overline{U_H^2} = \frac{(1 \text{ V})^2}{3} = \frac{1}{3} \text{ V}^2$

⑥ a) Ausgangsleistungsgrenze = $30 \text{ dB} + 40 \text{ dB} + 10 \text{ dB} = 80 \text{ dB}$

$n = \frac{80 \text{ dB}}{6 \text{ dB/Bit}} = \underline{13.3 \text{ Bit}} \rightarrow 14 \text{ Bit}$

(2P)

b) $\overline{U_H^2} = \frac{U_{\max}^2}{3} = \frac{1 \text{ V}^2}{3} = \frac{1}{3} \text{ V}^2$

$\Rightarrow \overline{U_H} = \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ V}$

$U_{\min} = 80 \text{ dB} - (40 \text{ dB} + 20 \text{ dB}) = 50 \text{ dB}$

$\Rightarrow \hat{U}_{\min} = \frac{1}{2} \cdot U_{50} = \frac{1}{2} \cdot 2 \text{ V} = 1 \text{ V}$

$\hat{U}_{\max} = 0.9 \cdot 2 \text{ V} = 1.8 \text{ V}$

(OP)

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2001	E4	GN	MSS

88 Punkte

12LP

HAW Hamburg, FB E/I
Prof. Dr. J. Missun

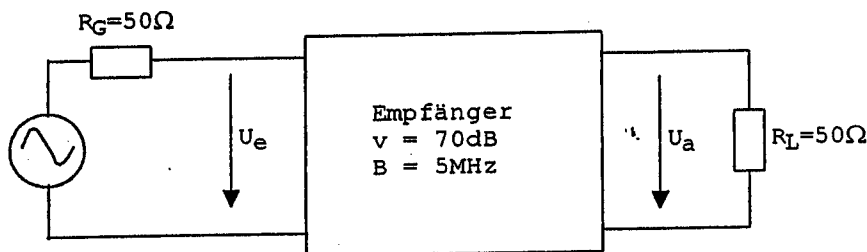
Klausur Grundlagen Nachrichtentechnik
Semestergruppe E4b, 12.7.2002

Name: Dirk Wilschusen

Matr.-Nr. 16 16 584

1. Aufgabe (15 Punkte)

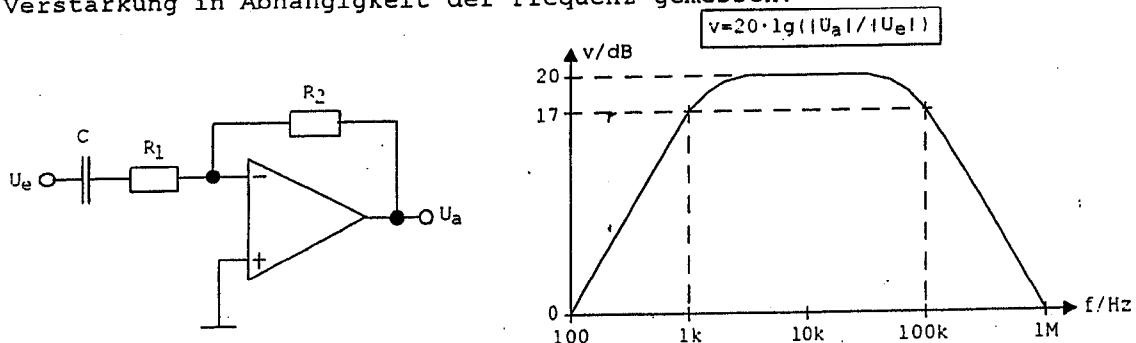
In dem dargestellten Empfangssystem wird bei einer Eingangs-Signalspannung von $U_e = 15 \mu\text{V}$ am Ausgang ein Signal-Störabstand $\text{SNR}_a = 20 \text{ dB}$ gemessen.



- Welche Rauschzahl hat der Empfänger ($T = 290 \text{ K}$)?
- Bei welcher Eingangsspannung sind am Ausgang Signalleistung und Rauschleistung gleich groß?

2. Aufgabe (20 Punkte)

An dem dargestellten Breitbandverstärker wurde der nebenstehende Verlauf der Verstärkung in Abhängigkeit der Frequenz gemessen.



- Warum fällt die Verstärkung bei tiefen und hohen Frequenzen ab?
- Berechnen Sie C und R_1 wenn $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ ist!

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2002	E4	GN	MSS
FSR - Klausurensammlung 1/8			