

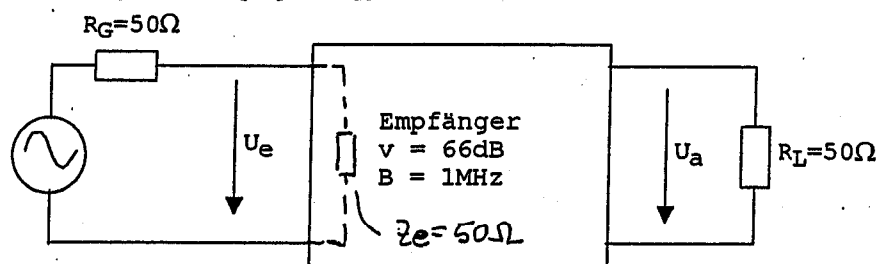
Klausur Grundlagen Nachrichtentechnik
Semestergruppe E4b, 4.7.2001

Name: _____

Matr.-Nr. _____

1. Aufgabe (20 Punkte)

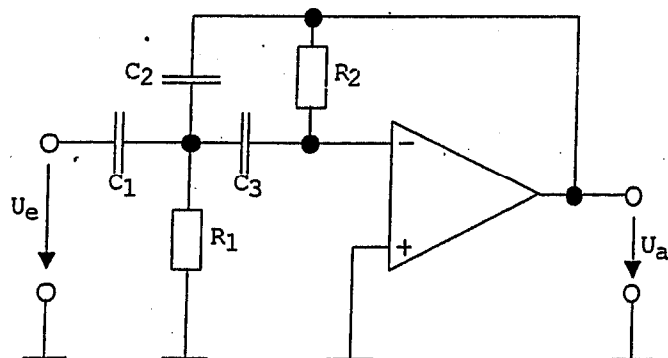
In dem dargestellten Empfangssystem beträgt bei fehlendem Eingangssignal der Ausgangsrauschpegel $L_{r2} = -43\text{dBm}$.



- Wie groß sind das Rauschmaß (in dB) und die Ausgangsrauschspannung?
- Die Ausgangssignalspannung soll 200mal so groß sein wie die Ausgangsrauschspannung. Wie groß muß dafür der Signal-Rausch-Abstand (in dB) am Eingang sein? Wie groß ist für diesen Fall die Eingangs-Signalspannung?

2. Aufgabe (20 Punkte)

Analysieren Sie die dargestellte Schaltung eines aktiven Filters!

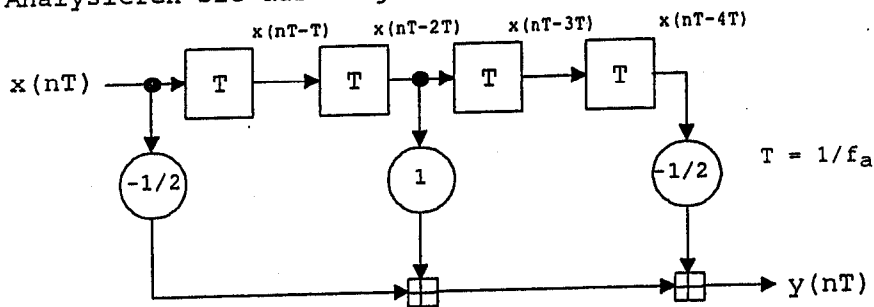


- Berechnen Sie allgemein die Übertragungsfunktion $U_a/U_e = f(\omega)$ in Normalform*!
- Geben Sie den Übertragungsfaktor für $\omega \rightarrow 0$ und $\omega \rightarrow \infty$ an?
- Berechnen Sie R_1 und R_2 für $C_1 = C_2 = C_3/3 = 10\text{nF}$ und eine Grenzfrequenz von 1kHz . Das Filter soll Butterworth-Verhalten ($a_1 = 1,414$; $b_1 = 1$) haben!

*Normalform: Nennerpolynome müssen mit 1 beginnen!

3. Aufgabe (20 Punkte)

Analysieren Sie das dargestellte FIR-Filter!



- ☒ a. Geben Sie den komplexen Frequenzgang nach Real- und Imaginärteil an!
- ☒ b. Berechnen Sie den Betrag des Frequenzgangs für $f/f_a = 0, 1/8, 1/4, 3/8$ und $1/2$.

☒ 4. Aufgabe (15 Punkte)

Ein nichtlinearer Verstärker habe die Übertragungskennlinie

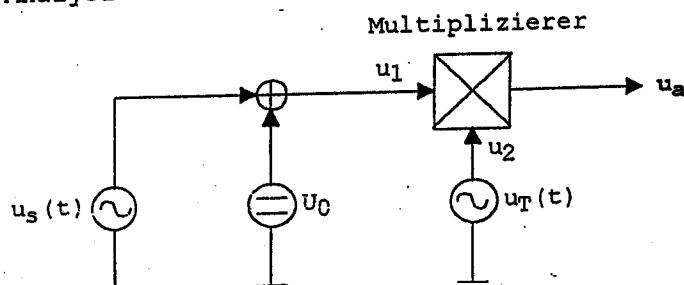
$$U_a = 2 \cdot U_e + 0,5 V^{-1} \cdot U_e^2$$

und wird im Arbeitspunkt $U_{e0} = 1V$ mit einer Spannung $u_e(t) = 1V \cdot \sin(2\pi \cdot 1kHz) \cdot t$ angesteuert.

- ☒ a. Berechnen Sie alle Spektralkomponenten (Beträge, Frequenzen) der Ausgangsspannung!
- ☒ b. Wie groß ist der Klirrfaktor der Ausgangsspannung?

☒ 5. Aufgabe (15 Punkte)

Analysieren Sie den dargestellten AM-Modulator!



$$\text{Multiplizierer: } u_a = u_1 \cdot u_2 \cdot 2V^{-1}$$

$$u_s(t) = 0,8V \cdot \cos(\omega_s t)$$

$$U_0 = 2V$$

$$u_T(t) = 1,5V \cdot \cos(\Omega_0 t)$$

$$\Omega_0 = 2\pi \cdot 1MHz, \quad \omega_s = 2\pi \cdot 4kHz$$

- ☒ a. Berechnen Sie den maximalen und minimalen Scheitelwert von u_a !
- ☒ b. Wie groß ist der Modulationsgrad?
- ☒ c. Skizzieren Sie das Spektrum von u_a mit Angabe der Amplituden und Frequenzen!

6. Aufgabe (10 Punkte)

Ein linearer 8bit-PCM-Encoder hat einen Aussteuerbereich von $\pm 1V$ ($2V_{ss}$).

- ☒ a. Ermitteln Sie den Effektivwert des Quantisierungsrauschens bei gleichverteilten Signalamplituden!
- ☒ b. Mit welchem Signal-Effektivwert muß angesteuert werden, damit der Signal-Störabstand 26dB beträgt?
- ☒ c. Wie groß ist der maximal erreichbare Signal-Störabstand?

Matrikel-Nr.: [REDACTED]

SS	WS	Semester	Fach	Datum	Seite
2001	2001	E4	GN	MSS	1
FSR - Klausurensammlung 3/10					

① a) $L_{r2} = -43 \text{ dBm}$

$$P_{r2} = 10^{\frac{-43}{10}} \text{ mW} = \underline{50,12 \cdot 10^{-6} \text{ mW}} \quad \checkmark$$

$$P_{r1} = k \cdot T_0 \cdot \beta$$

$$= 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Ws}}{\text{K}} \cdot 290 \text{ K} \cdot 10^6 \frac{1}{\text{s}} = \underline{4,0 \cdot 10^{-15} \text{ W}} \quad \checkmark$$

$$v = 66 \text{ dB} = 10^{\frac{66}{10}} = \underline{3,98 \cdot 10^6}$$

$$P_{r2} = F \cdot \frac{P_{s2}}{P_{s1}} \cdot P_{r1} = F \cdot v \cdot P_{r1}$$

$$F = \frac{P_{r2}}{v \cdot P_{r1}} = \frac{50,12 \cdot 10^{-6} \text{ W} \cdot 10^{-3}}{3,98 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 10^{-15} \text{ W}}$$

$$F = \underline{3,145 \cdot 10^3} \quad \checkmark$$

(8P)

$$F(\text{dB}) = 10 \cdot \lg(F) = \underline{34,97 \text{ dB}} \quad \checkmark$$

$$U_{ar} = \sqrt{R_L P_{r2}} = \sqrt{50 \Omega \cdot 50,12 \cdot 10^{-6} \text{ W}} = \underline{50 \text{ mV}} \quad \checkmark \checkmark$$

b) $U_{as} = 200 \cdot U_{ar}$

$$SNR_{r1} = ? \text{ (dB)}$$

$$SNR_{r1} = \frac{P_{s1}}{P_{r1}}$$

$$U_{as} = 200 \cdot 50 \text{ mV} = \underline{10 \text{ V}} \quad \checkmark \checkmark$$

$$P_{s2} = \frac{U_{as}^2}{50 \Omega} = \frac{10 \text{ V}^2}{50 \Omega} = \underline{2 \text{ W}} \quad \checkmark \checkmark$$

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2001	E4	GN	MSS
FSR - Klausurensammlung 4/10			

① b) $P_{S2} = 2W$

$$L_{S2} = 10 \cdot \lg \cdot \frac{2W}{1mW} = 33dBm \quad \text{!FF}$$

$$L_{S1} = L_{S2} - v = 33dBm - 66dB = -33dB \quad \text{!FF}$$

$$P_{S1} = 10^{-\frac{33}{10}} mW = \underline{501 \cdot 10^{-6} W}$$

$$SNR_n = \frac{P_{S1}}{P_{r1}} = \frac{501 \cdot 10^{-6} W}{4 \cdot 10^{-15} W} = \underline{125,3 \cdot 10^9}$$

$$SNR_n = 10 \cdot \lg \cdot \left(\frac{P_{S1}}{P_{r1}} \right) = \underline{111 dB} \quad \text{!FF}$$

$$\underline{U_{a1}} = \sqrt{P_{S1} \cdot R_G} = \underline{158,3 mV} \quad \text{!FF}$$

unrealistisch!

8P

② Skript Gl. (4-10)

$$\begin{aligned}
 a) \quad \frac{U_a}{U_e} &= \frac{-j\omega C_1 \cdot j\omega C_3 \cdot \left(\frac{1}{j\omega C_3 \cdot j\omega C_2}\right)}{\frac{1}{R_2} \cdot (j\omega C_1 + \frac{1}{R_1} + j\omega C_3 + j\omega C_2) + j\omega C_3 \cdot j\omega C_2 \cdot \left(\frac{1}{j\omega C_3 \cdot j\omega C_2}\right)} \\
 &= \frac{-\frac{C_1}{C_2}}{1 + \frac{1}{R_2} \cdot \frac{1}{j\omega C_3 \cdot j\omega C_2} \cdot (j\omega C_1 + \frac{1}{R_1} + j\omega C_3 + j\omega C_2)} \\
 &= \frac{-\frac{C_1}{C_2}}{1 + \frac{1}{R_2} \cdot \frac{C_1}{j\omega C_3 C_2} + \frac{1}{R_2 R_1} \cdot \frac{1}{j\omega C_3 j\omega C_2} + \frac{1}{j\omega C_3 R_2} + \frac{1}{j\omega C_2}}
 \end{aligned}$$

$$b) \quad \left| \frac{U_a}{U_e} \right|_{\omega \rightarrow 0} = \underline{\underline{0}} \quad \left(\begin{array}{l} \text{weil Nenner term geht gegen} \\ \infty, \frac{C_1}{C_2} = 0 \end{array} \right)$$

$$\left| \frac{U_a}{U_e} \right|_{\omega \rightarrow \infty} = \underline{\underline{-\frac{C_1}{C_2}}}$$

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2001	E4	GN	MSS

FSR - Klausurensammlung S/10

② c) $C_1 = C_2 = 10 \mu F$ $C_3 = 30 \mu F$

$f_g = 1 \text{ kHz}$

$R_1 = \frac{3}{a_1} \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_g \cdot C}$

OP

$R_1 = \frac{3}{1,414} \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 1 \text{ kHz} \cdot 10 \mu F} = \underline{33,76 \text{ k}\Omega}$

$R_2 = \frac{a_1}{3 \cdot b_1} \cdot \frac{1}{2 \pi f_g \cdot C} = \underline{7,5 \text{ k}\Omega}$

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2001	E4	GN	MSS
FSR - Klausurensammlung 6/10			

③ a) $H(f) = -\frac{1}{2} + 1 \cdot (e^{-j2\pi f/f_a} + e^{-j4\pi f/f_a}) - \frac{1}{2} \cdot (e^{-j6\pi f/f_a} + e^{-j8\pi f/f_a})$

$= \cancel{e^{-j6\pi f/f_a} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)}$

Re-Teil?
Im-Teil?

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2001	E4	GN	MSS
FSR - Klausurensammlung 7/10			

b) $f = f_a - 0$: $|H(f)| = -\frac{1}{2} + 1(1+1) - \frac{1}{2}(1+1)$

$= -\frac{1}{2} + 2 - 1 = \underline{\underline{\frac{1}{2}}}$

$f = \frac{f_a}{8}$: $|H(f)| = -\frac{1}{2} + 1 \cdot (-i + \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot i)$

$- \frac{1}{2} \cdot (-\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot i - 1)$

$= -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{1}{2} \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot i - \frac{\sqrt{2}}{2}$

$= \underline{\underline{1,061 - i}} = \sqrt{1,061^2 + 1^2} = \underline{\underline{1,46}}$

(OP)

$f = \frac{f_a}{4}$: $|H(f)| = -\frac{1}{2} + 1 \cdot (-i - 1) - \frac{1}{2}(i + 1)$

$= -\frac{1}{2} - 1 - \frac{1}{2} - i - \frac{1}{2}i$

$= \underline{\underline{-2 - \frac{3}{2}i}} = \underline{\underline{2,5}}$

$f = \frac{f_a}{2}$: $|H(f)| = -\frac{1}{2} + 1(-1+1) - \frac{1}{2}(-1+1)$

$= \underline{\underline{1}}$

④ a) $U_a = 2 \cdot U_e + 0,5 V^{-1} \cdot U_e^2$ $U_{e0} = 1V$

$$u_e(t) = 1V \cdot \sin(2\pi \cdot 1kHz) \cdot t$$

$$\begin{aligned} U_a &= 2 \cdot (1V + 1V \cdot \sin(\omega t)) + 0,5 V^{-1} \cdot (1V + 1V \cdot \sin(\omega t))^2 \\ &= 2V + 2V \sin(\omega t) + 0,5 V^{-1} \cdot (1V^2 + 2V^2 \cdot \sin(\omega t) + 1V^2 \sin^2(\omega t)) \\ &= 2V + 2V \sin(\omega t) + 0,5V + 1V \cdot \sin(\omega t) + 0,25V \cdot (1 - \cos(2\omega t)) \\ &= 2,5V + 3V \sin(\omega t) + 0,25V - 0,25V \cdot \cos(2\omega t) \\ &= 2,75V + 3V \sin(\omega t) - 0,25V \cdot \cos(2\omega t) \end{aligned}$$

A_0	$f = 0Hz$ ✓	$ Amplitude = 2,75V$ ✓	Gleichspg, Mittelwert
A_1	$f = 1kHz$ ✓	$= 3V$ ✓	Grundschiwingung
A_2	$f = 2kHz$ ✓	$= 0,25V$ ✓	Oberschwingung

b.) $k = \sqrt{\frac{A_2^2}{A_1^2 + A_2^2}} = 0,083 \hat{=} \underline{\underline{8,3\%}}$ ✓

ASP

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

⑤ a) $\hat{u}_a = u_1 \cdot u_2 \cdot 2V^{-1}$

$$\hat{u}_a = (0,8V \cdot \cos(\omega_s t) + 2V) \cdot (1,5V \cdot \cos(\omega_s t)) \cdot 2V^{-1}$$

$$\hat{u}_{a,max} = 2,8V \quad \hat{u}_{a,min} = 2V \quad \text{f}$$

$$\begin{aligned} \hat{u}_{a,max} &= \hat{u}_{a,min} \cdot u_2 \cdot 2 \cdot V^{-1} \\ &= 2,8V \cdot 1,5V \cdot 2 \cdot V^{-1} = \underline{8,4V} \quad \checkmark \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \hat{u}_{a,min} &= \hat{u}_{a,min} \cdot u_2 \cdot 2 \cdot V^{-1} \\ &= 2V \cdot 1,5V \cdot 2 \cdot V^{-1} = \underline{6V} \quad \text{f} \end{aligned}$$

b) $m = \frac{\hat{u}_{a,max} - \hat{u}_{a,min}}{\hat{u}_{a,max} + \hat{u}_{a,min}} = \underline{0,167} \stackrel{!}{=} \underline{16,7\%} \quad \text{f}$

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2001	E4	GN	MSS

6) a) $q = \frac{2V_{DS}}{2^8} = \frac{1 \cdot V}{128} = \underline{\underline{7,8125 \text{ mV}}} \quad \checkmark$

$$\overline{\Delta u^2} = \frac{q^2}{12} = \underline{\underline{5,09 \cdot 10^{-6} \text{ V}^2}}$$

$$\sqrt{\overline{\Delta u^2}} = \underline{\underline{2,25 \text{ mV}}} \quad \checkmark \text{ (Effektivwert)}$$

(4P)

b) $\left. \frac{S}{N} \right|_{\text{dB}} = \underline{\underline{26 \text{ dB}}} \hat{=} 10^{\frac{26}{10}} = \underline{\underline{398,1}}$

$$\overline{u_a^2} = \frac{\overline{\Delta u^2}}{\left(\frac{S}{N} \right)} \downarrow = \underline{\underline{12,79 \cdot 10^{-9} \text{ V}^2}}$$

$$\sqrt{\overline{u_a^2}} = \underline{\underline{113,1 \mu\text{V}}} \downarrow$$

(2P)

c) $\left(\frac{S}{N} \right)_{\text{dB max}} = n \cdot 6 \text{ dB} \quad \text{bei gleichverteilten Amplituden}$

$$= 8 \cdot 6 \text{ dB}$$

$$= \underline{\underline{48 \text{ dB}}} \quad \checkmark$$

(2P)

SS: WS	Semester	Fach	Dozent
2001	E4	GN	MSS