

66 Punkte

AOLP lms

HAW Hamburg, FB E/I
Prof. Dr. J. MissunKlausur Grundlagen Nachrichtentechnik
Semestergruppe E4b, 1.7.2004

Name: _____

Matr.-Nr. _____

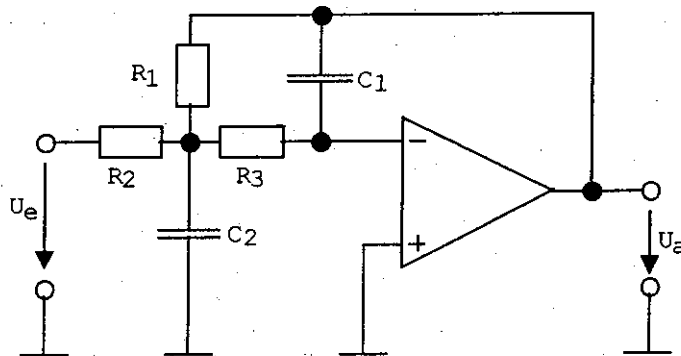
Hinweis: Formeln dürfen nur aus dem Umdruck des GNT-Vorlesungsskriptums bzw. aus Übungen vom SS 2004 oder mathematischen Formelsammlungen übernommen werden (mit Quellenangabe!) Die Übernahme von Formeln aus Fachbüchern, Mitschriften usw. ist nur zur Kontrolle erlaubt! Es muss dann der Lösungsweg mit angegeben werden!

1. Aufgabe (10 Punkte)

Ein Empfangssystem hat ein Rauschmaß von 7dB, eine Bandbreite von 100kHz und jeweils 50Ω Ein- und Ausgangswiderstand. Neben dem Eingangssignal tritt im System nur thermisches Rauschen auf.

- Wie groß ist das Signal-Rausch-Leistungsverhältnis am Eingang und am Ausgang bei einer Eingangsspannung von $1\mu\text{V}$? ($T=290\text{K}$).
- Bei welcher Eingangsspannung beträgt der Signal-Rauschabstand am Ausgang 26dB?

2. Aufgabe (20 Punkte)



- Stellen Sie die Übertragungsfunktion $U_a/U_e = f(\omega)$ in Normalform auf!
- Berechnen Sie die Widerstände R_1 und R_2 für den Fall $R_1 = R_3$, $C_2/C_1 = 4$, $C_1 = 10\text{nF}$, Grenzfrequenz = 5kHz, Butterworth-Verhalten
- Geben Sie die Gleichspannungsverstärkung an!

3. Aufgabe (20 Punkte)

Im folgenden sollen für den Entwurf eines linearphasigen FIR-Tiefpasses 5. Ordnung einige allgemeine Angaben gemacht werden.

- Skizzieren Sie das FIR-Filter 5. Ordnung und geben Sie den Frequenzgang an!
- Machen Sie Angaben zu den Filterkoeffizienten, wenn das Filter einen linearen Phasengang, eine Gleichspannungsverstärkung von 1 und bei der halben Abtastfrequenz eine Verstärkung von 0 haben soll!
- Die Abtastfrequenz betrage 50kHz. Welche Phasenverschiebung hat das Filter bei einer Signalfrequenz von 12,5kHz?

RÜCKSEITE!

----->

4. Aufgabe (15 Punkte)

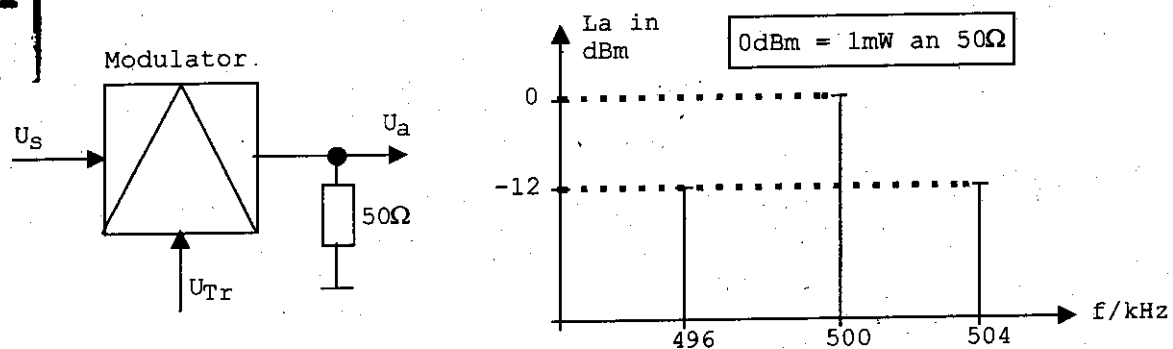
An einem Verstärker wurde bei sinusförmiger Ansteuerung und $f_e = 1\text{kHz}$ am Ausgang ein Klirrfaktor von 10% gemessen, wobei der Effektivwert der gesamten Ausgangsspannung 5V betrug. Im Ausgangsspektrum trat neben der Grundschiwingung nur noch die 2. Oberschwingung auf.

Skizzieren Sie das Amplitudenspektrum der Ausgangsspannung mit Angabe der Effektivwerte und Frequenzen der einzelnen Spektralanteile!

Bei Erhöhung der Eingangsspannung nimmt die Amplitude Oberschwingung schneller zu als die Amplitude der Grundschiwingung. Begründen Sie das Verhalten!

Aufgabe (20 Punkte)

An Ausgang eines linearen AM-Modulators wurde das dargestellte Amplitudenspektrum gemessen.

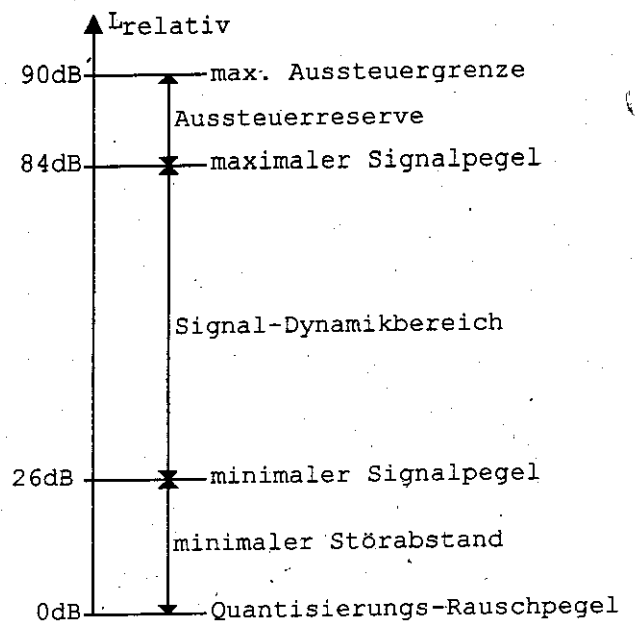


- Berechnen Sie den Modulationsgrad und die minimalen und maximalen Scheitelwerte der Ausgangsspannung U_a !
- Die Amplitude der Signalspannung U_s wird verdoppelt. Wie ändert sich das Spektrum?

6. Aufgabe (15 Punkte)

Ein PCM-System zur Digitalisierung von Signal-Wechselspannungen soll die nebenstehend dargestellten Forderungen hinsichtlich des Signal-Störabstandes und des Signaldynamikbereichs erfüllen.

- Wieviele Bits werden für eine lineare Quantisierung benötigt?
Hinweis: Im Pegeldiagramm werden nur Beträge dargestellt!
- Der maximale Aussteuerbereich des A/D-Umsetzers beträgt $1V_{ss}$. Wie groß ist der Effektivwert der Quantisierungs-Rauschspannung?
(Annahme: Quantisierungsfehler hat dreieckförmigen Verlauf)
- In welchem Amplitudenbereich (Effektivwerte) liegt die Signalspannung?



GN

$$F = 7 \text{ dB}$$

$$B = 100 \text{ kHz} \quad R = 50 \Omega$$

$$a) P_{s1} = \frac{U_e^2}{R} = \frac{(1 \mu\text{V})^2}{50 \Omega} = 20 \cdot 10^{-15} \text{ W} \quad \checkmark$$

$$P_{R1} = k \cdot T \cdot B = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Ws}}{\text{K}} \cdot 250 \text{ K} \cdot 100 \text{ kHz}$$

$$= 4 \cdot 10^{-16} \text{ W} \quad \checkmark$$

$$\text{SNR}_e = \frac{P_{s1}}{P_{R1}} = \frac{20 \cdot 10^{-15} \text{ W}}{4 \cdot 10^{-16} \text{ W}} = 49,97 \quad \checkmark$$

$$\text{SNR}_e(\text{dB}) = 10 \cdot \log(\text{SNR}_e) = 10 \cdot \log(49,97)$$

$$= 16,99 \text{ dB}$$

$$\text{SNR}_e(\text{dB}) \approx \underline{\underline{17 \text{ dB}}} \quad \checkmark$$

$$F(\text{dB}) = \text{SNR}_e(\text{dB}) - \text{SNR}_a(\text{dB})$$

(6P)

$$\text{SNR}_a(\text{dB}) = \text{SNR}_e(\text{dB}) - F(\text{dB})$$

$$= 17 \text{ dB} - 7 \text{ dB}$$

$$\text{SNR}_a(\text{dB}) = \underline{\underline{10 \text{ dB}}} \quad \checkmark$$

$$b) \text{SNR}_a(\text{dB}) \stackrel{!}{=} 26 \text{ dB}$$

$$\text{SNR}_e(\text{dB}) = F(\text{dB}) + \text{SNR}_a(\text{dB})$$

$$= 7 \text{ dB} + 26 \text{ dB} \quad \checkmark$$

$$= 33 \text{ dB}$$

GN

1) b)

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
4	6	GN	MSS
FSR - Klausuren Sammlung 4/13			

$$SNR_e \text{ (dB)} = 33 \text{ dB}$$

$$SNR_e = 10^{\left(\frac{SNR_e \text{ (dB)}}{10}\right)} = 10^{\left(\frac{33}{10}\right)}$$

$$= 1995,26$$

$$SNR_e = \frac{P_{s1}}{P_{R1}} = \frac{U_R^2}{K \cdot F \cdot B}$$

$$\Rightarrow U_R = \sqrt{K \cdot F \cdot B \cdot SNR_e \cdot R}$$

$$= \sqrt{1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{W}}{\text{K}} \cdot 290\text{K} \cdot 100\text{kHz} \cdot 1995,26 \cdot 50\Omega}$$

$$= \underline{6,31 \mu\text{V}}$$

✓

(4P)

GN

2)

a)

SS	WS	Semester	Fach	Dozent
4	4	FSR	GN	MSS

FSR - Klausurensammlung S. 113

$$\frac{U_a}{U_e} = \frac{-Y_1 \cdot Y_3}{Y_5 \cdot (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4) + Y_3 \cdot Y_4}$$

script
(4-10)

✓

$$Y_1 = \frac{1}{R_2} ; Y_2 = j\omega C_2 ; Y_3 = \frac{1}{R_3}$$

$$Y_4 = \frac{1}{R_1} ; Y_5 = j\omega C_1$$

$$\frac{U_a}{U_e} = \frac{-\frac{1}{R_2} \cdot \frac{1}{R_3}}{j\omega C_1 \cdot \left(\frac{1}{R_2} + j\omega C_2 + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_1}\right) + \frac{1}{R_3} \cdot \frac{1}{R_1}}$$

$$\frac{U_a}{U_e} = \frac{-\frac{1}{R_2} \cdot \frac{1}{R_3}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_1} + j\omega C_1 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_1}\right) + (j\omega)^2 C_1 C_2 R_1 R_3}$$

$$\frac{U_a}{U_e} = \frac{-\frac{R_1}{R_2}}{1 + j\omega C_1 \left(\frac{R_3 R_1}{R_2} + R_1 + R_3\right) + (j\omega)^2 C_1 C_2 R_1 R_3}$$

✓

$$\frac{U_a}{U_e} = \frac{-\frac{R_1}{R_2}}{1 + j\omega C_1 \left(\frac{R_3 R_1}{R_2} + R_1 + R_3\right) + (j\omega)^2 C_1 C_2 R_1 R_3}$$

10P

GN

SS	Semester	Fach	Datum
4	5-6	GN	18.11.13

FSR - Klausurensammlung 6 (13)

2)

b)

$$f_0 = 8 \text{ kHz}$$

$$R_1 = R_3 = R$$

$$\frac{C_2}{C_1} = 4 ; C_1 = 10 \text{ nF}$$

$$\Rightarrow C_2 = 4 \cdot C_1 = 40 \text{ nF}$$

Butterworth Verhalten: $b_1 = 1, a_1 = 1,414$

$$\frac{b_1}{\omega_0^2} = C_1 C_2 R_1 R_3$$

$$R \cdot R = R^2$$

$$\frac{b_1}{\omega_0^2} = 40 \text{ nF} \cdot 10 \text{ nF} \quad (2R) \downarrow$$

$$R = \frac{b_1}{\omega_0^2 \cdot 40 \text{ nF} \cdot 10 \text{ nF} \cdot 2}$$

$$= \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot 8 \text{ kHz})^2 \cdot 40 \text{ nF} \cdot 10 \text{ nF} \cdot 2}$$

$$R = 1,266 \text{ M}\Omega$$

$$R_1 = R_3 = \underline{\underline{1,266 \text{ M}\Omega}}$$

$$\frac{a_1}{\omega_0} = C_1 \left(\frac{R_3 R_1}{R_2} + R_1 + R_3 \right) \quad \checkmark$$

$$\frac{R_3 R_1}{R_2} = \frac{a_1}{\omega_0 \cdot C_1} - R_1 - R_3$$

$$\frac{1}{R_2} = \frac{a_1}{\omega_0 \cdot C_1 \cdot R_3 \cdot R_1} - \frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_1}$$

GN

21

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
4	EU	GN	MSS

FSR - Klausurensammlung 7/13

$$R_2 = \frac{1}{\frac{a_n}{\omega_g \cdot C_1 \cdot R_3 \cdot R_1} - \frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_1}} \quad \checkmark$$

$$R_2 = \frac{1}{\frac{1414}{2 \cdot \pi \cdot 5 \text{ kHz} \cdot 10 \text{ nF} \cdot 1,266 \text{ k}\Omega \cdot 1,266 \text{ k}\Omega} - \frac{1}{1,266 \text{ k}\Omega} - \frac{1}{1,266 \text{ k}\Omega}}$$

$$= \underline{\underline{80,3 \text{ k}\Omega}} \quad \text{1 PP}$$

(4P)

a) Gleichspannung Verstärkung:

$$-\frac{R_1}{R_2} = \frac{1,266 \text{ k}\Omega}{80,3 \text{ k}\Omega} = \underline{\underline{-15,77}}$$

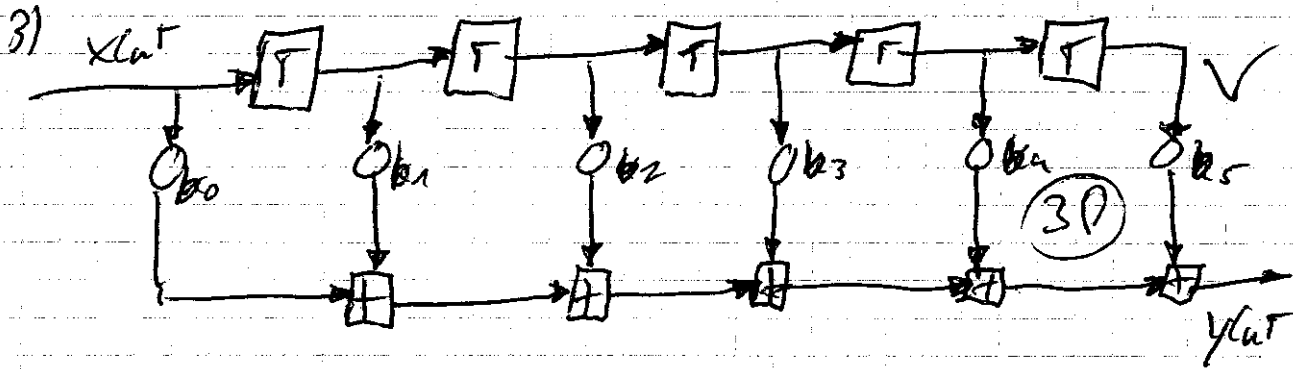
\checkmark (2P)

GN

FIR-Filter 5. Ordnung

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
4	54	GN	MS

FSR - Klausurensammlung 8/13



$$H_{FIR}(f) = \sum_{i=0}^K b_i \cdot e^{-j2\pi f i \cdot T} \quad K=?$$

(2P)

lineare Phasengang: - für einen linearen Phasengang müssen die Koeffizienten symmetrisch sein (hier: $b_0 = b_5; b_1 = b_4 \dots$)

oder Summe aller Koeffizienten $\neq 1$: $\sum b_i$ müssen gleich 1 sein, bzw. ~~hier~~ diese

halbe Abtastfrequenz $f=0$: Filter mit ungerader Ordnung haben bei $f = \frac{f_a}{2}$ eine Nullstelle.
 (8P)
 nicht hier allgemein b_i !
 (✓)

c)

$$K=5 \quad T = \frac{1}{f_a} = \frac{1}{20\text{kHz}} = 50\text{ns}$$

$$t = -\frac{K}{2} \cdot T = -\frac{5}{2} \cdot 50\text{ns} = -125\text{ns}$$

nicht gefragt!

GN

4)

$$f_e = 1 \text{ kHz}$$

$$u = 10\%$$

$$U_{eff,gs} = 5 \text{ V}$$

~~$$k = \frac{\sqrt{U_{gs}^2 - U_2^2}}{\sqrt{U_{gs}^2}}$$~~

$$k = \frac{\sqrt{U_2^2}}{\sqrt{U_1^2 + U_2^2}} = \frac{\sqrt{U_2^2}}{\sqrt{U_{gs}^2}} \quad \checkmark$$

$$k = \frac{U_2}{U_{gs}} \Rightarrow U_2 = k \cdot U_{gs}$$

$$U_2 = 0,1 \cdot 5 \text{ V} = 0,5 \text{ V} \quad \checkmark$$

$$U_1 = \frac{-\sqrt{1-k^2} \cdot U_2}{k}$$

$$= \frac{+\sqrt{1-0,1^2} \cdot 0,5 \text{ V}}{0,1}$$

$$= 4,975 \text{ V} \quad \checkmark$$

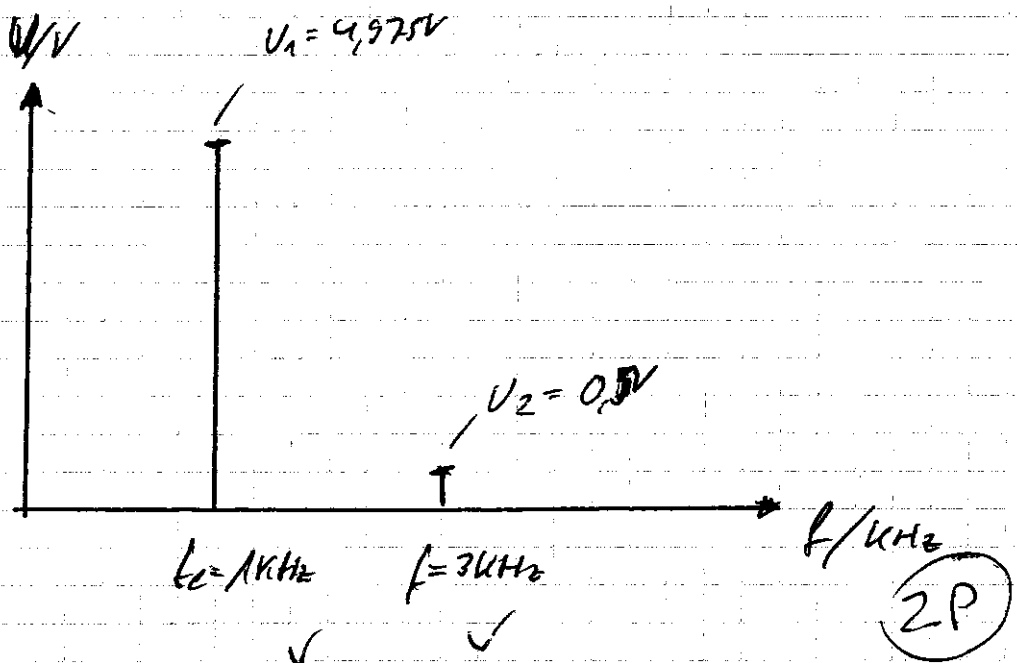
(8P)

CN

SS WS	Semester	Fach	Dozent
4	14	GN	MSS
FSR - Klausurensammlung 10/13			

9)

a)



b)

~~Es handelt sich um eine nichtlineare~~
Verstärker mit Verzerrungen (0P)

GN

SS	Semester	Fach	Datum
4	14	GN	15.11.13

FSR - Klausurensammlung 11/13

5)

$$U_{Tr} = \sqrt{P_a \cdot R} = \sqrt{10^{\left(\frac{L_a(\text{dBm})}{10}\right)} \cdot 1\text{mW} \cdot 50\Omega}$$

$$= \sqrt{10^{\left(\frac{0\text{dBm}}{10}\right)} \cdot 1\text{mW} \cdot 50\Omega}$$

$$= \underline{223\text{mV}} \quad \checkmark$$

$$U_{SB} = \sqrt{10^{\left(\frac{-12\text{dBm}}{10}\right)} \cdot 1\text{mW} \cdot 50\Omega}$$

$$= \underline{56\text{mV}} \quad \checkmark$$

~~U_{Tr}~~

$$U_m = 2 \cdot U_{SB} = 2 \cdot 56\text{mV}$$

$$= \underline{112\text{mV}}$$

$$m = \frac{U_m}{U_{Tr}} = \frac{112\text{mV}}{223\text{mV}} = 0,502$$

$$\hat{=} \underline{50,2\%} \quad \checkmark$$

(5P)

$$\hat{U}_{Tr} = U_{Tr} \cdot \sqrt{2} = 223\text{mV} \cdot \sqrt{2} = \underline{316\text{mV}} \quad \text{10P}$$

$$\hat{U}_m = U_m \cdot \sqrt{2} = 112\text{mV} \cdot \sqrt{2} = \underline{158\text{mV}}$$

$$\hat{U}_{a\text{max}} = \hat{U}_{Tr} + \hat{U}_m = 316\text{mV} + 158\text{mV} = \underline{475\text{mV}} \quad \checkmark$$

$$\hat{U}_{a\text{min}} = \hat{U}_{Tr} - \hat{U}_m = 316\text{mV} - 158\text{mV} = \underline{157\text{mV}} \quad \checkmark$$

GN

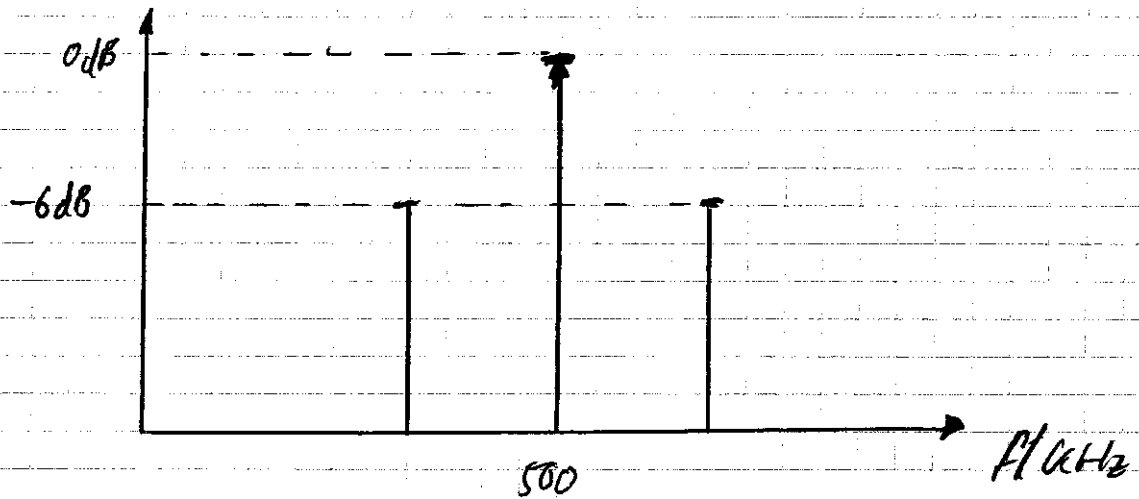
SS	Semester	Fach	Dozent
4	EU	GN	MS

FSR - Klausurensammlung 12/13

5)

b)

$$U_s' \hat{=} 2 \cdot U_s$$



GN

6)

$$SNR(dB) = 90 \text{ dB}$$

a)

$$SNR(dB) = n \cdot 6 \text{ dB}$$

je Bit 6 dB

$$n = \frac{90 \text{ dB}}{6 \text{ dB}} = 15$$

$$n = \frac{SNR(dB)}{6 \text{ dB}} = \frac{90 \text{ dB}}{6 \text{ dB}} = \underline{15}$$

15 bit + 1 Vorzeichenbit
(OP)

b)

$$q = \frac{2V}{15 \text{ bit}} = \frac{2V}{(2^{15})} = \underline{61 \mu V}$$

$$U_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{q^2}{12}} = \sqrt{\frac{(61 \mu V)^2}{12}} = \underline{17,62 \mu V}$$

c)

$$90 \text{ dB} \hat{=} 0,707V$$

$$84 \text{ dB} \hat{=} 0,354V$$

$$26 \text{ dB} \hat{=} 446 \mu V$$

$$U_{\text{max}} = \underline{0,354V}$$

$$U_{\text{min}} = \underline{446 \mu V}$$

Bem. : Quantisierungsrauschen!
(OP)