

Name: \_\_\_\_\_

## Abschlussprüfung Digitale Signalverarbeitung **SS2015**

Studiengang: Elektrotechnik IK, E/ME Wahlfach

Prüfungstermin: 3.7.2015 (90 Minuten)

Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Großmann, Prof. Dr.-Ing. Stolle

Hilfsmittel: Taschenrechner  
alle schriftlichen Unterlagen (Vorlesung, Übung, alte Prüfungen,  
Bücher, ...)

Generelle Hinweise:

- Aufgaben, die mit einem \* gekennzeichnet sind, lassen sich **unabhängig** von anderen Teilaufgaben lösen.
- Überprüfen Sie die **Vollständigkeit** der Prüfungsangabe anhand der Seitennummerierung. Beschriften Sie die Prüfungsangabe und alle losen Blätter, die Sie abgeben, mit Ihrem **Namen**.
- Mobiltelefone **ausschalten** und wegpacken!
- **Lösungen ohne erkennbaren Lösungsweg werden nicht gewertet.**
  
- **Bei Unklarheiten bitte Fragen stellen!**

*Viel Erfolg!*

## 1. Signale und Systeme

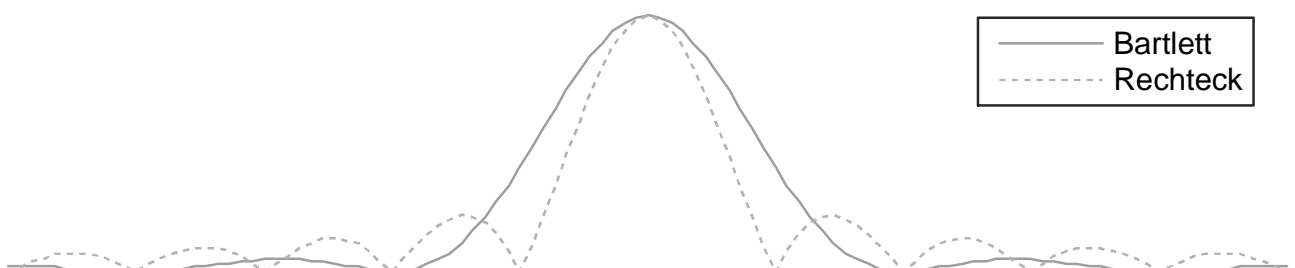
- a) (\*) Berechnen Sie die nichtperiodische Korrelationsfunktion  $R_k^{xy}$  der Signale  $x_k = \{1; 2; 3; 0; 0; \dots\}$  und  $y_k = \{-1; 0; 1; 0; 0; \dots\}$ .

k	$x_k=1$	2	3	$R_k^{xy}$
-2				
-1				
0	$y_k=-1$	0	1	
1				
2				
3				

- b) (\*) Die z-Transformierte eines Signals lautet  $X(z) = 2z - 1 - \frac{3}{z}$ . Kann dieses Signal die Impulsantwort eines kausalen Systems sein? (Kurze Begründung)

- c) (\*) Eine Sinusschwingung mit Frequenz 10 kHz wird abgetastet mit  $f_A = 300 \text{ Hz}$ . Wo liegt die Aliasfrequenz?

- d) (\*) Von einer Sinusschwingung ( $f = 100 \text{ Hz}$ ) werden genau 50 Perioden abgetastet mit  $f_A = 1 \text{ kHz}$ . Skizzieren Sie mit 2 Farben das Spektrum für die beiden Fälle: Signal wird nicht gefenstert (= Rechteck) bzw. Signal wird mit Bartlett-Window gefenstert. Skalieren Sie die Frequenzachse (mind. 2 Werte!).

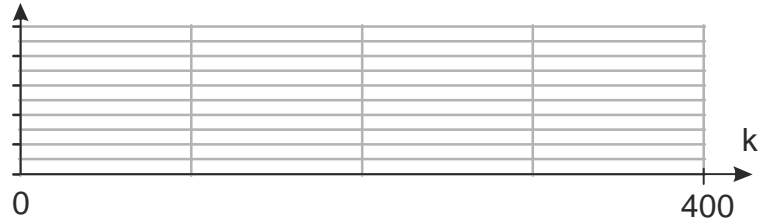


## 2. Echo

Das System mit der Übertragungsfunktion  $H(z) = 1 + \frac{0,3}{z^{300}}$  und Abtastfrequenz 10 kHz modelliert ein Echo. Am Eingang des Systems liegt ein reines Rauschsignal an.

a) (\*) Wie groß ist die Nachhall-Zeit (in Sekunden)?

b) (\*) Skizzieren Sie die Autokorrelationsfunktion  $R_k^{yy}$  des Ausgangssignals.



c) (\*) Ist das System linearphasig?  
(Kurze Begründung/Stichworte)

d) (\*) Geben Sie die Übertragungsfunktion des inversen Systems an.

## 3. Modell

Ein analoger RC-Tiefpass mit der Übertragungsfunktion  $H(\omega) = \frac{1}{1 + j\omega\tau}$  wird digital nachgebildet.

a) (\*) Geben Sie mit Hilfe der bilinearen Transformation allgemein die digitale Übertragungsfunktion  $H(z)$  an. (Beliebiges Format, NICHT erweitern/kürzen!)

Für  $\tau = 90 \text{ ms}$  und  $f_A = 50 \text{ Hz}$  ergibt sich  $H(z) = \frac{0,1z + 0,1}{z - 0,8}$ .

b) (\*) Berechnen Sie  $|H(z)|$  für  $f = 0 \text{ Hz}$ ,  $12,5 \text{ Hz}$  und  $25 \text{ Hz}$ .  
Skizzieren Sie damit den Verlauf des Spektrums.



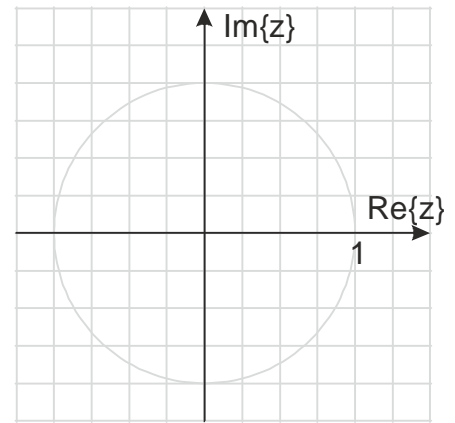
c) (\*) Berechnen Sie für die gleichen Frequenzen  $|H(\omega)|$  des analogen Systems und skizzieren Sie den Betrag in das Diagramm aus b).

### 3. IIR-System

Ein System ist gegeben durch

$$H(z) = \frac{z \cdot (z + 1)^2}{(z^2 + 0,25) \cdot (z - 1,25)} = \frac{z^3 + 2z^2 + z}{z^3 - 1,25z^2 + 0,25z - 0,3125}$$

a) (\*) Berechnen und zeichnen Sie die Pole und Nullstellen.



b) (\*) Bestimmen Sie die Differenzengleichung des Systems.

c) (\*) Das System soll in der Transponierten Direktstruktur II mit Koeffizienten im Format SFRAC(2.2) gezeichnet werden. Ändern Sie die Struktur so, dass die Koeffizienten darstellbar sind.

d) (\*) Das System ist instabil. Geben Sie die Übertragungsfunktion eines vorgeschalteten Allpasses 1. Ordnung an, mit dem das Gesamtsystem stabil wird. (Original- $H(z)$ ; nicht quantisiert!)

## 4. Algorithmen

- a) (\*) Die beiden Gleichungssysteme liefern im Idealfall dieselbe Lösung. Welche Form lässt sich mit besserer Genauigkeit auflösen (Nachweis durch Konditionszahlen)?

$$\begin{aligned}2x + y &= d_1 \\ x + 2y &= d_2\end{aligned}$$

oder:

$$\begin{aligned}2x + y &= d_1 \\ x - y &= d_1 - d_2\end{aligned}$$

- b) (\*) Gegeben sind die Punkte in der Tabelle. Berechnen Sie eine Interpolation 2. Ordnung für  $x = 1$  mit Hilfe des Neville-Algorithmus.

x	y	1. Ord.	2. Ord.
0	0		
2	4		
3	3		

- c) (\*) Wandeln Sie die Differentialgleichung in ein System von Differentialgleichungen 1. Ordnung um:  
$$y''' = x \cdot y - (y'')^2$$

## 5. ADC

Auszug aus dem Datenblatt eines ADC:

Parameter	Spec	Units	Parameter	Spec	Units
Full Scale Range	3.3	V	channels	1 ... 8	
Resolution	12	bits	Throughput rate	1	MSPS
SINAD	70.5	dB	THD	-80	dB

- a) (\*) Wie groß wäre der SINAD bei einem idealen ADC?
- b) (\*) Nennen Sie zwei nichtlineare Fehlerquellen, die hier den SINAD verschlechtern.
- c) (\*) Wie viele effektive Bit hat der ADC?
- d) (\*) Berechnen Sie den SNR (also ohne Oberwellen).
- e) (\*) Wie groß darf die höchste Signalfrequenz sein, wenn alle 8 Kanäle des ADC genutzt werden und kein Alias auftreten soll?
- f) (\*) Wie groß ist die zeitliche Verschiebung beim Abtasten zwischen 1. und 8. Kanal?

Nun wird nur ein Kanal genutzt. Von einem sinusförmigen 10 kHz-Signal werden 2000 Werte mit 1 MHz abgetastet und daraus ein Spektrum berechnet.

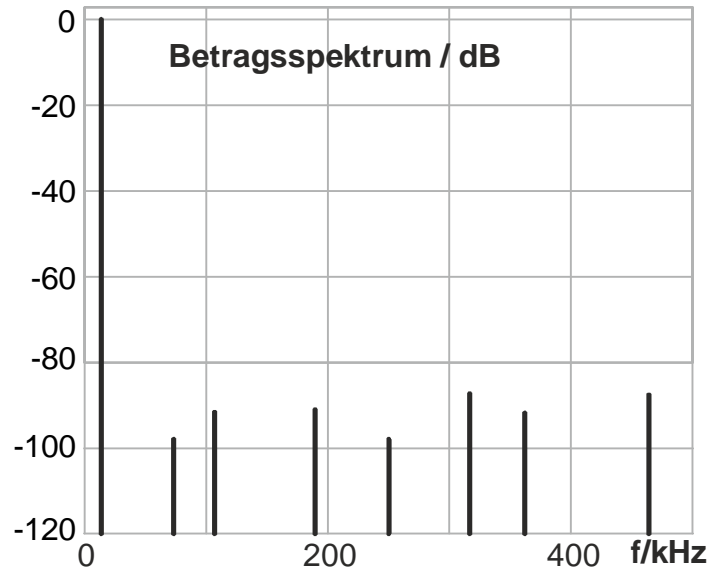
- g) (\*) Welche Frequenzauflösung  $\Delta f$  hat das Spektrum?

Das Spektrum (rechts) zeigt nur das Signal und Oberwellen.

h) (\*) Zeichnen Sie dazu den Rauschteppich ein (Annahme  $SNR \approx SINAD$ ).

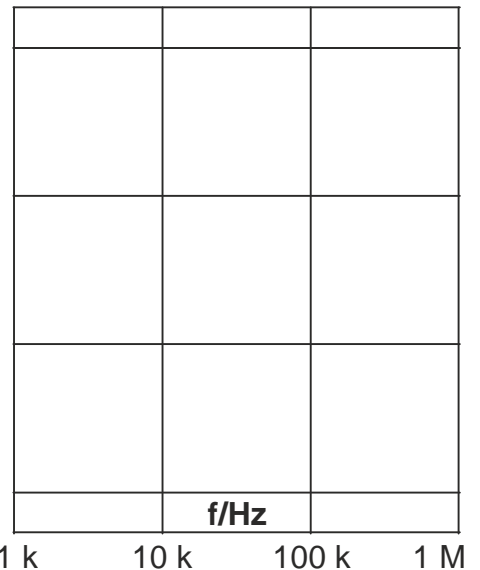
i) (\*) Wie groß ist der SFDR ungefähr?

j) (\*) Welche Amplitude (in V) muss ein zusätzliches Signal mindestens haben, damit man es erkennen kann?



Das Anti-Alias-Filter (AAF) soll Störungen ab 500 kHz um mindestens den Faktor 1000 dämpfen.

k) (\*) Schätzen Sie die nötige Filterordnung ab, wenn die Grenzfrequenz  $f_g = 30 \text{ kHz}$  ist.



l) (\*) Welche Grenzfrequenz ergibt sich, wenn die Filterordnung = 2 sein soll?

m) (\*) Welchen Filter-Typ würden Sie verwenden, wenn  
 - der Durchlassbereich wellig sein darf und  
 - die Dämpfung im Sperrbereich für höhere Frequenzen immer stärker werden soll?