

Name: _____

Abschlussprüfung Digitale Signalverarbeitung **SS2014**

Studiengang: Elektrotechnik IK, E/ME Wahlfach

Prüfungstermin: 4.7.2014 (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!

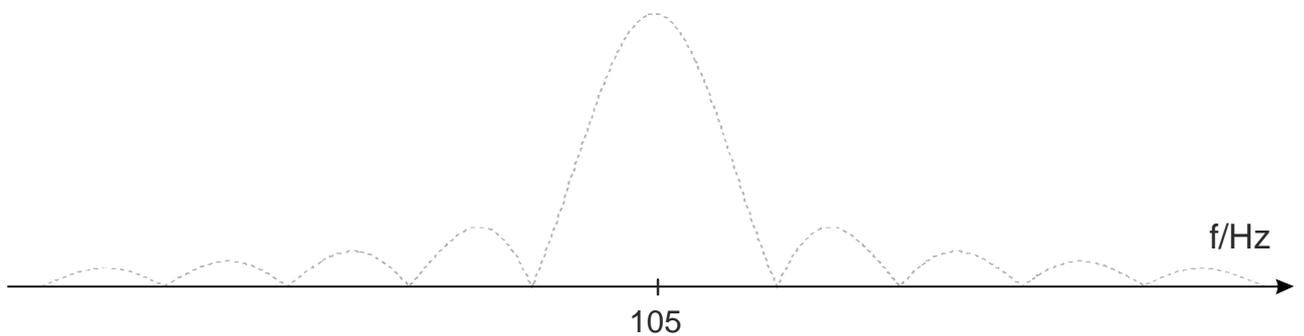
1. Signale

- a) (*) Berechnen Sie die nichtperiodische Autokorrelationsfunktion R_k^{xx} des Signals $x_k = \{1; 0; -2; 0\}$.

k	1	0	-2	0	R_k^{xx}
0					
1					
2					
3					
4					

- b) (*) Kann man R_k^{xx} aus a) über das Spektrum berechnen, d.h. gilt hier $S_n^{xx} = |X_n|^2$?
 (mit $S_n^{xx} \xleftrightarrow{DFT} R_k^{xx}$ und $x_k \xleftrightarrow{DFT} X_n$) - Kurze Begründung!

- c) (*) Vom Signal $x(t) = \cos(2\pi \cdot 105\text{Hz} \cdot t) + \cos(2\pi \cdot 130\text{Hz} \cdot t)$ werden 100 Werte mit $f_A = 1\text{kHz}$ abgetastet. Skizzieren Sie das Betragsspektrum für $60\text{Hz} \leq f \leq 150\text{Hz}$ und skalieren Sie die f -Achse.

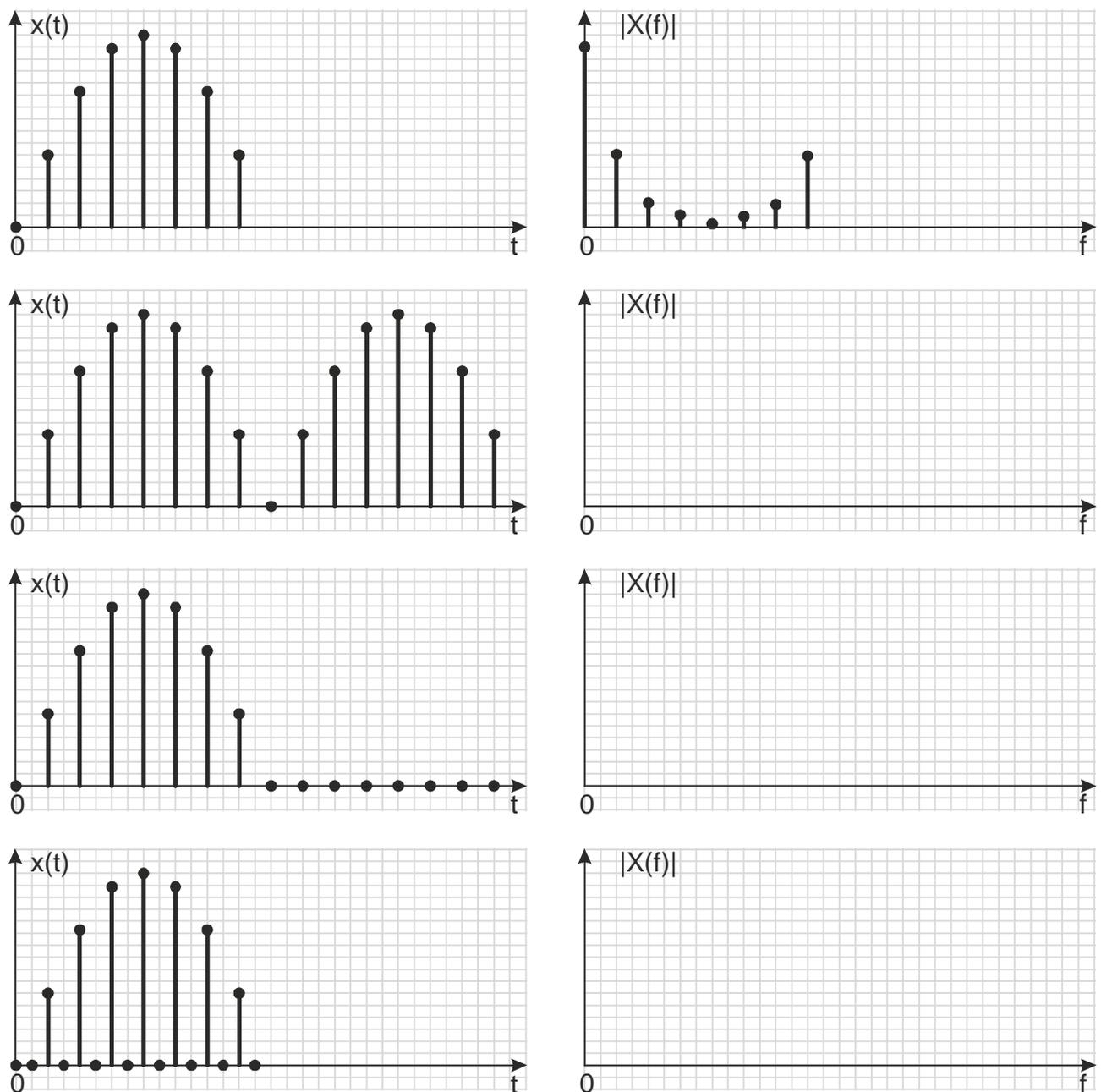


Ein Signal wird mit $f_A = 1$ MHz abgetastet; die Auflösung im Spektrum soll $\Delta f = 1$ kHz sein.

d) (*) Aus wie vielen Werten muss das Spektrum X_n berechnet werden?

e) Wie viele Werte würde man für eine FFT verwenden? Welche Auflösung Δf ergäbe sich dann?

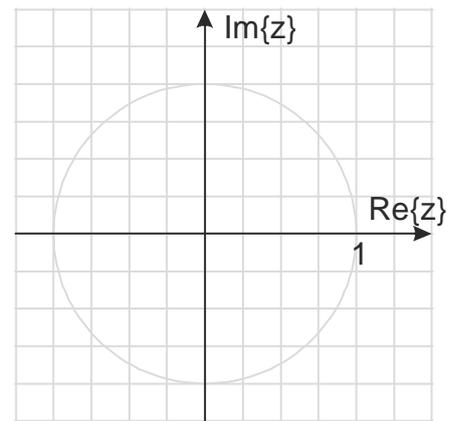
f) (*) Die obere Reihe der Diagramme zeigt ein diskretes Signal (8 Werte) und seine DFT. Skizzieren Sie die DFT zu den unteren drei Reihen (die Zeitsignale haben 16 Werte; überall gleicher Frequenz-Maßstab).



2. IIR-System

Ein System ist gegeben durch $H(z) = \frac{z^2 - 0,6z + 1}{z^2 + 0,33}$

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



b) Berechnen Sie $|H|(z = e^{j2\pi f\Delta t})$ für $f = 0$, $f = \frac{f_A}{4}$ und $f = \frac{f_A}{2}$. Skizzieren Sie daraus und aus a) (Nullstellen) das Spektrum. Um welchen Filtertyp handelt es sich?



c) (*) Bestimmen Sie die Differenzengleichung des Systems.

d) (*) Zeichnen Sie das System in der Transponierten Direktstruktur II.

e) (*) Wie lautet die Übertragungsfunktion, wenn die Koeffizienten in SFRAC1.3 quantisiert werden? (Hinweis: Multiplikationen mit 1 werden nicht ausgeführt, „1“ werden also nicht quantisiert.)

3. FIR-System

Ein linearphasiges FIR-System hat die Ordnung 111 (also 112 Koeffizienten) und arbeitet mit der Abtastfrequenz $f_A = 1 \text{ MHz}$.

- a) (*) Wie groß sind die Phasenlaufzeiten für eine Sinusschwingung mit 10 kHz und eine mit 100 kHz?
- b) (*) Warum muss eine der Nullstellen bei $z = +1$ oder bei $z = -1$ liegen? (Kurze Begründung!
Hinweis: ungerade Zahlen lassen sich nicht durch 2 oder 4 teilen)
- c) (*) Ein Signal soll mit dem System blockweise mit Hilfe der FFT gefiltert werden; die Blocklänge ist 100. Wie viele Nullen müssen an einen Block angehängt werden?

Ein Moving-Average -Filter mittelt über 10 Zeitwerte $(y_k = \frac{1}{10} \cdot \sum_{p=0}^9 x_{k-p})$.

- d) (*) Geben Sie die Übertragungsfunktion als Bruch in der Form $H(z) = c \cdot (1 - z^{-a}) / (1 - z^{-b})$ an.
- e) (*) Am Eingang liegt das nichtperiodische Signal $x_k = \{1; -1; 0; 0; 0 \dots\}$ an. Bestimmen Sie das Ausgangssignal y_k ($k = 0 \dots \infty$).

4. Algorithmen

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

$$2x + y = d_1$$

$$x + 2y = d_2$$

oder:

$$2x + y = d_1$$

$$x - y = d_1 - d_2$$

Die Punkte $(-1;-1)$, $(0;0)$, $(1;2)$ und $(2;4)$ sollen mit Splines interpoliert werden.

- b) (*) Wie viele Splines benötigt man und wie viele Unbekannte ergeben sich?

- c) (*) Geben Sie alle Gleichungen an, die man für den Punkt $(1;2)$ aufstellen kann.

5. ADC

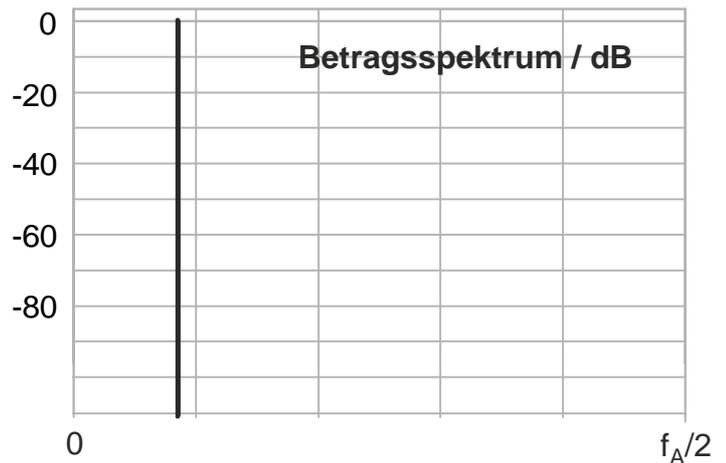
Auszug aus dem Datenblatt eines ADC:

Parameter	Spec	Units	Errors	Spec	Units
Full Scale Range	5	V	Integral Nonlinearity	± 0.7	LSB
Resolution	13	bits	Differential Nonlinearity	± 0.7	LSB
Throughput rate	1	MSPS	Gain Error	± 7	LSB
SINAD \approx SNR	74	dB	Offset Error	± 4	LSB
SFDR \approx THD	85	dB			

- a) (*) Wie groß ist ein LSB (in V)?
- b) (*) Berechnen Sie den SINAD aus allen Fehlern. Warum ist der Wert kleiner als im Datenblatt?
- c) (*) Wie viele effektive Bit hat der ADC gemäß Datenblatt?

Das Spektrum rechts zeigt ein sinusförmiges Signal (Amplitude = $FSR/2 = 2,5$ V).
Es wurde aus 8192 Werten berechnet.

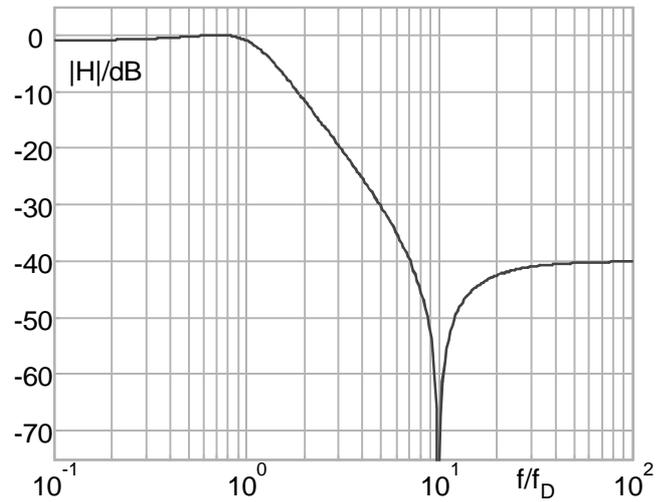
- d) (*) Bei $f_A/4$ findet sich die größte Oberwelle.
Zeichnen Sie sie ins Diagramm ein.
- e) Zeichnen Sie den Rauschteppich entsprechend dem Datenblatt-SNR ein.



- f) Kann man ein zusätzliches sinusförmiges Signal mit Amplitude $75 \mu\text{V}$ als Signal erkennen? (Rechnung + kurze Begründung!)

Das Anti-Alias-Filter (AAF) soll Störungen ab $f_A/2 = 500 \text{ kHz}$ um mindestens den Faktor 100 dämpfen.

g) (*) Bestimmen Sie grafisch die Durchlassfrequenz f_D .



h) (*) Das Filter ist elliptisch. Nennen Sie einen Vorteil und einen Nachteil dieses Typs.

i) (*) Der ADC wird mit einem Mikrocontroller über SPI verbunden. Zeichnen Sie die nötigen Verbindungen und (falls benötigt) Widerstände ein.

