

Nom: _____

Examen de fin d'études

Traitement numérique des signaux SS2014

Cursus: électrotechnique IK, E/ME option

Date d'examen: 4.7.2014 (90 minutes)

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

Outils de travail: calculatrice
tous les documents écrits (cours magistral, exercices, anciens examens, livres, ...)

Remarques générales:

- Les exercices marqués d'une * peuvent être effectués **indépendamment** des autres exercices partiels.
- Vérifiez que l'examen soit bien **complet** en vous appuyant sur le nombre de pages indiqué. Inscrivez votre **nom** sur l'examen et sur toutes les feuilles volantes que vous remettez.
- **Éteindre** et ranger les portables!
- **Les solutions ne comportant pas de raisonnement apparent ne seront pas prises en considération.**
- **Poser des questions en cas de points restés obscurs !**

Bonne chance!

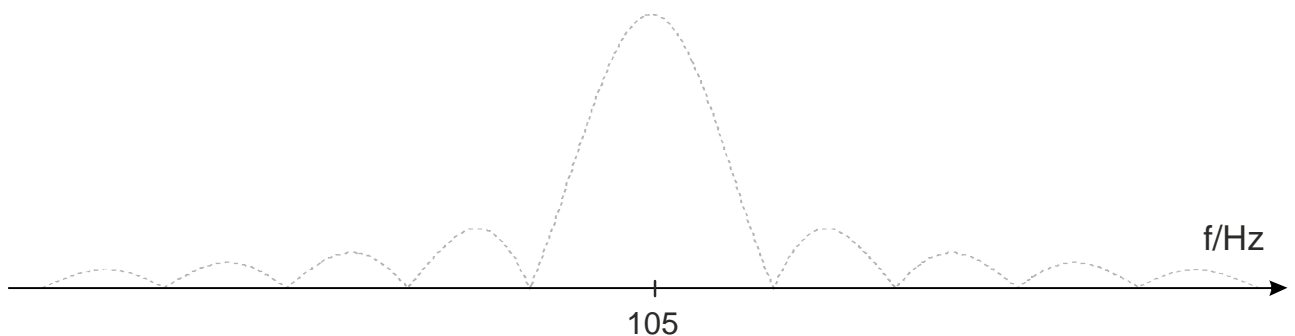
1. Signaux

- a) (*) Calculez la fonction d'autocorrélation non périodique R_k^{xx} du signal $x_k = \{1; 0; -2; 0\}$.

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

- b) (*) Peut-on calculer R_k^{xx} à partir de a) en passant par le spectre, c.à.d. $S_n^{xx} = |X_n|^2$ est-il ici valable?
 (avec $S_n^{xx} \xleftrightarrow{DFT} R_k^{xx}$ und $x_k \xleftrightarrow{DFT} X_n$) - justifiez brèvement votre réponse!

- c) (*) Á partir du signal $x(t) = \cos(2\pi \cdot 105\text{Hz} \cdot t) + \cos(2\pi \cdot 130\text{Hz} \cdot t)$ 100 valeurs sont balayées avec $f_A = 1\text{kHz}$. Tracez le spectre d'amplitude pour $60\text{Hz} \leq f \leq 150\text{Hz}$ et mettez à l'échelle l'axe f .

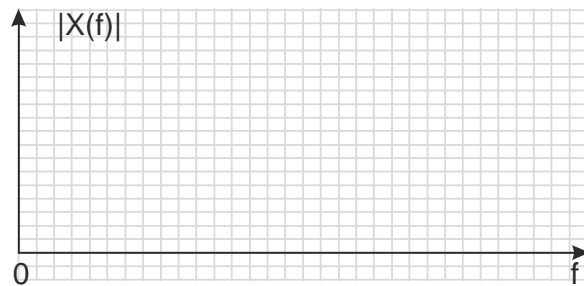
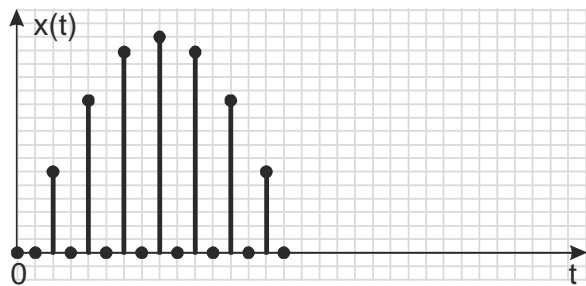
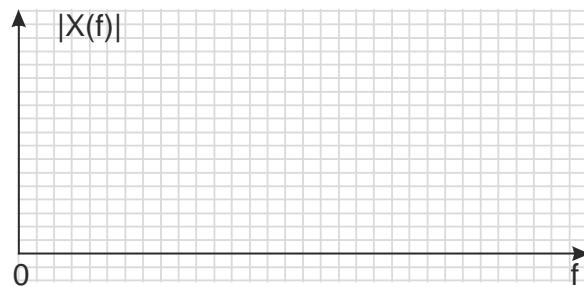
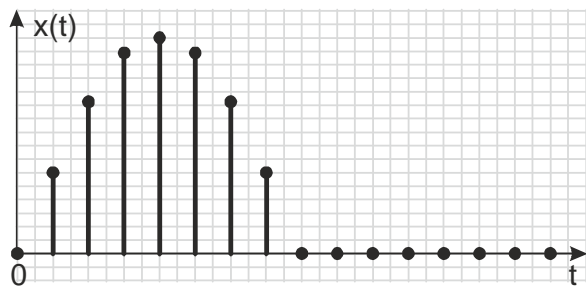
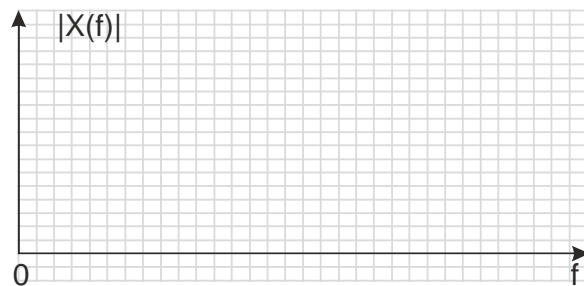
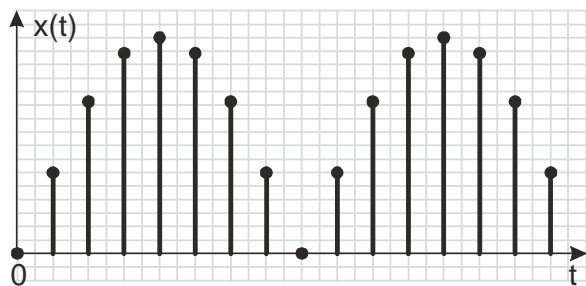
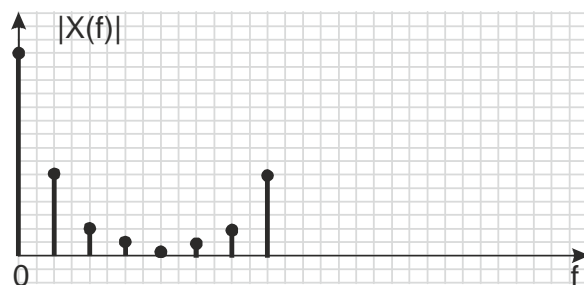
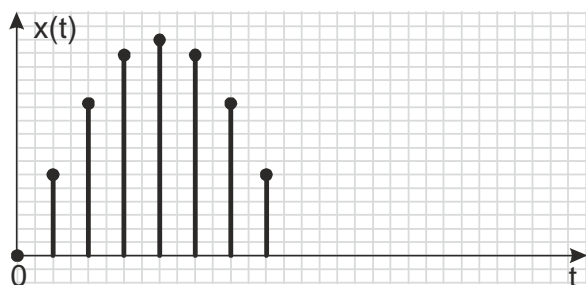


Un signal est balayé avec $f_A = 1$ MHz; la définition dans le spectre doit être $\Delta f = 1$ kHz.

d) (*) À partir de combien de valeurs le spectre X_n doit-il être calculé?

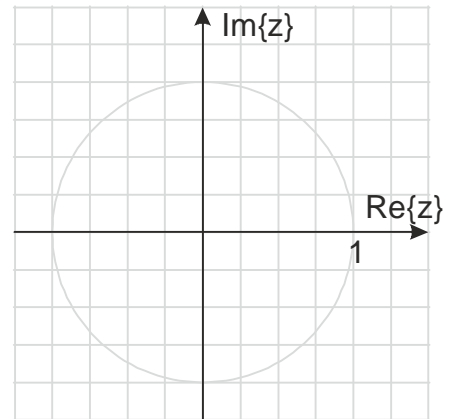
e) Combien de valeurs utiliserait-on pour une FFT? Quelle définition Δf en résulterait-il alors?

f) (*) La rangée supérieure des diagrammes montre un signal discret (8 valeurs) et sa DFT. Tracez la DFT des trois rangées inférieures (les signaux horaires ont 16 valeurs; partout même échelle de fréquence).



2. Système IIR

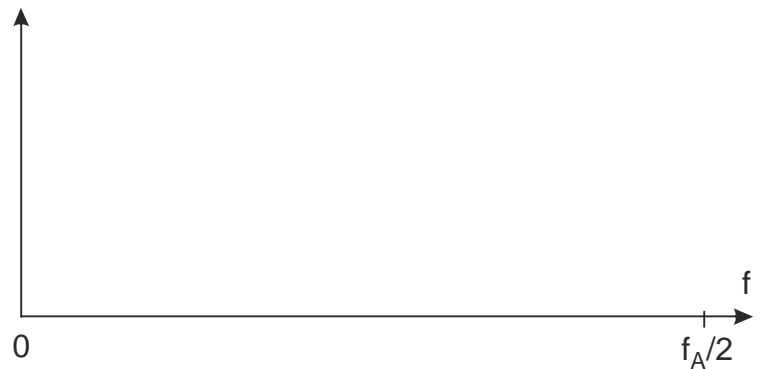
Un système existe quand $H(z) = \frac{z^2 - 0,6z + 1}{z^2 + 0,33}$



a) (*) Calculez et dessinez les pôles et les zéros.

b) Calculez $|H|(z = e^{j2\pi f \Delta t})$ pour $f = 0$, $f = \frac{f_A}{4}$ et $f = \frac{f_A}{2}$.

Tracez le spectre à partir de cela et de a) (zéros). De quel type de filtre s'agit-il?



c) (*) Définissez l'équation différentielle du système.

d) (*) Dessinez le système dans la structure directe transposée II.

e) (*) Comment s'appelle la fonction de transfert quand les coefficients sont quantifiés dans SFRAC1.3 ?
(Remarque: les multiplications par 1 ne sont pas effectuées, les „1“ ne sont donc pas quantifiés .)

3. Système FIR

Un système FIR à phase linéaire a l'ordre 111 (donc 112 coefficients) et travaille avec la fréquence d'échantillonnage $f_A = 1 \text{ MHz}$.

- a) (*) Quels sont les temps de propagation de phase pour une oscillation sinusoïdale avec 10 kHz et une avec 100 kHz ?
- b) (*) Pourquoi un des zéros doit-il se trouver à $z = +1$ ou à $z = -1$? (Justifiez brièvement votre réponse !
Remarque: les chiffres impairs ne se laissent pas diviser par 2 ou 4)
- c) (*) Un signal doit être filtré avec le système par blocs avec l'aide du FFT; la longueur de bloc est de 100. Combien de zéros doivent être rajoutés à un bloc?

Un filtre Moving-Average fait la moyenne de 10 valeurs.

$$(y_k = \frac{1}{10} \cdot \sum_{p=0}^9 x_{k-p}).$$

- d) (*) Indiquez la fonction de transfert en fraction dans la forme $H(z) = c \cdot (1 - z^{-a}) / (1 - z^{-b})$.

- e) (*) A l'entrée on trouve le signal non périodique $x_k = \{1; -1; 0; 0; 0 \dots\}$. Définissez le signal de sortie y_k ($k = 0 \dots \infty$).

4. Algorithmes

- a) (*) Les deux systèmes d'équations fournissent dans l'idéal le même résultat. Quelle forme se laisse résoudre avec plus de précision (preuve établie par des nombres de conditionnement)?

$$2x + y = d_1$$

$$x + 2y = d_2$$

ou:

$$2x + y = d_1$$

$$x - y = d_1 - d_2$$

Les points $(-1;-1)$, $(0;0)$, $(1;2)$ et $(2;4)$ doivent être interpolés avec des splines.

- b) (*) Combien de splines a-t-on besoin et combien d'inconnues en résulte-t-il?

- c) (*) Indiquez toutes les équations que l'on peut formuler pour le point $(1;2)$.

5. ADC

Extrait de la fiche technique d'un 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) (*)

Quel est la grandeur d'un LBS (en V) ?

b) (*) Calculez le SINAD à partir de toutes les erreurs . Pourquoi la valeur est-elle inférieure à celle sur la fiche technique ?

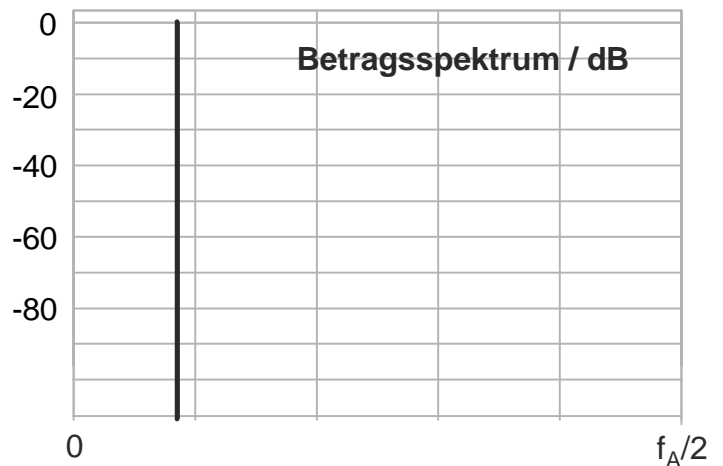
c) (*) Combien de bits effectifs a l'ADC conformément à la fiche technique?

Le spectre à droite montre un signal sinusoïdal (Amplitude = FSR/2 = 2,5 V).

Il a été calculé à partir de 8192 valeurs.

d) (*) À $f_A/4$ se situe la plus grande onde harmonique. Dessinez-la sur le diagramme.

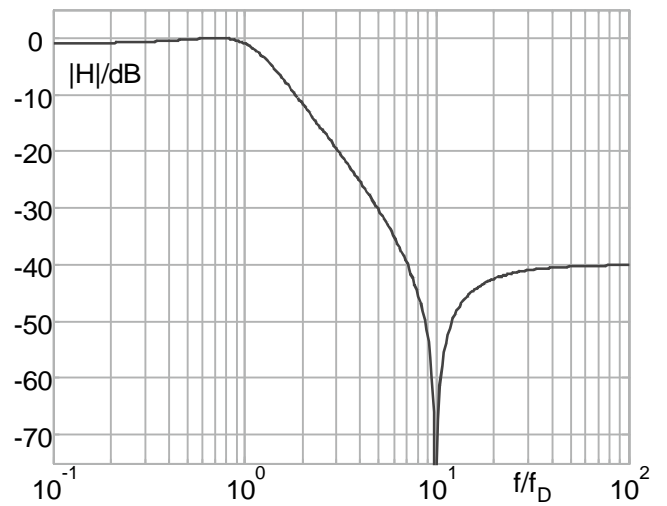
e) Dessinez le bruit de fond conformément au SNR de la fiche technique.



f) Peut-on reconnaître un signal sinusoïdal supplémentaire avec une amplitude de $75 \mu\text{V}$ comme signal ? (calcul + brève explication!)

Le filtre Anti-Alias (AAF) est supposé réduire les perturbations à partir de $f_A/2 = 500$ kHz d'au moins un facteur 100.

g) (*) Déterminez graphiquement la fréquence de passage f_D .



g) (*) Le filtre est elliptique. Citez un avantage et un désavantage de ce type.

h) (*) Le ADC est relié à un micro-contrôleur par SPI. Inscrivez les liaisons nécessaires et (le cas échéant) les résistances.

