

MIC-4220
Traitement numérique des signaux.
Examen de mi-session
Durée : 3 heures. Répondre sur le questionnaire.

Nom _____

code permanent _____

1. Spécifier, selon l'application, s'il elle requiert l'utilisation d'un DSP (5 pts).

- a) [o] Un téléphone cellulaire
- b) [o] Un décodeur de musique MP3
- c) [n] Un modem à faible vitesse (≤ 56 kb/s)
- d) [o] Un systèmes de traitement d'images
- e) [n] Un filtre anti-alias

2. Répondre par Vrai ou Faux entre les crochets aux questions suivantes (10 pts) :

- 1) [F] Un circuit analogique peut toujours remplacer un DSP si on accepte une dégradation de performance.
- 2) [F] Un DSP permet de réaliser des fonctions analogiques avec plus de précision lorsque la fréquence des signaux traitée est élevée.
- 3) [V] La différence majeure entre un DSP et un microprocesseur est la vitesse d'exécution des opérations de multiplication et d'addition.
- 4) [F] Un convertisseur analogique-numérique est toujours nécessaire à l'entrée d'un circuit de DSP.
- 5) [F] Les DSP à virgule fixe sont plus courants que ceux à virgule flottante parce qu'ils sont plus faciles à programmer.
- 6) [F] Le format Q est utilisé dans les DSP à virgule fixe pour éviter les débordements dus à l'addition.
- 7) [F] Un filtre de reconstruction d'ordre 0 n'est efficace que si la fréquence du signal de sortie est faible devant la fréquence d'échantillonnage.
- 8) [V] Le bruit de quantisation est surtout nuisible en présence de signaux de faible amplitude.

- 9) [V] La notation en virgule flottante n'améliore pas la résolution pour une taille de registre donnée.
- 10) [V] L'algorithme exécuté par un DSP doit nécessairement se faire à l'intérieur d'un intervalle de temps inférieur à la période d'échantillonnage.

3. Répondre aux questions suivantes (9 pts) :

- a) En quoi l'architecture d'un DSP est-elle plus efficace que celle d'un microprocesseur pour les algorithmes de traitement du signal ?

Réponse : ____ Elle utilise une architecture de Harvard ____

- b) Pourquoi trouve-t-on typiquement deux bus de données à l'intérieur d'un DSP ?

Réponse : ____ Parce que les opérations de multiplication et d'addition demandent deux arguments. ____

- c) Pourquoi est-il plus difficile de programmer un DSP qu'un microcontrôleur en langage assembleur ?

Réponse : ____ Pas d'opérations qui exécutent en parallèle, pas d'unités d'exécution multiples ____

4. Faire les exercices suivants (46 pts) :

- I. (9 pts) Un signal sinusoïdal de fréquence 1 kHz et d'amplitude 1 v est échantillonné dans le temps et converti en binaire par un convertisseur a/n de 8 bits qui sort un code maximal FF_{hex} pour une tension de 5 v. Le signal binaire résultant est lu par un DSP à virgule fixe qui le divise par 2 avant de l'envoyer vers un convertisseur n/a de 8 bits dont la tension de sortie maximale est de 10 v pour un code FF_{hex} . Compléter la table suivante pour le signal de sortie :

Amplitude	0.98 V
Fréquence pour une fréquence d'échantillonnage de 9000 Hz	1 kHz
Fréquence pour une fréquence d'échantillonnage de 900 Hz	100 Hz

- II. (10 pts) Donner la représentation, en notation hexadécimale, des chiffres 30.5 et -0,625 dans les formats suivants, en utilisant la longueur de mot indiquée :

	30.5	-0.625
Binaire signé sur 16 bit	001E	8000
Binaire en complément de 2 sur 16 bit	001E	0000
binaire Q31 sur 32 bit	s/o	B0000000
binaire Q15 sur 16 bit	s/o	B000
virgule flottante de TI sur 32 bit	$1.90625 \cdot 2^4 =$ 04740000	$-1.25 \cdot 2^{-1} =$ FFE00000

- III. (7 pts) On veut concevoir un système à base de DSP qui comprend un DSP à virgule fixe de 16 bit, un convertisseur a/n et un convertisseur n/a. On veut que le système opère avec une résolution relative de 0.1% et qu'il puisse traiter des signaux d'entrée dont la bande passante couvre les fréquences de 40 à 15,000 Hz. Déterminer :

- Le nombre de bits à utiliser dans les convertisseurs a/n et n/a ;
- La nécessité d'utiliser un filtre anti-alias si la fréquence d'échantillonnage du système est de 44.1 kHz ;
- La nécessité d'ajouter un filtre de reconstruction, s'il y a lieu

___ a) ___ $Q = 0.1 \% \Rightarrow n \geq 10 \text{ bit}$ _____

___ b) En théorie, pas besoin ($44.1 \text{ kHz} > 2 \cdot 15 \text{ kHz}$)

___ c) Oui si la fréquence d'échantillonnage est de 44.1 kHz

- IV. (20 pts) Une manière simple de calculer la dérivée d'un signal par un DSP est l'utilisation de

l'approximation $\frac{dy(t)}{dt} = \frac{y_k - y_{k-1}}{T_e}$, où y_k et y_{k-1} représentent les valeurs du signal aux instants

kT_e et $(k-1)T_e$. Supposons qu'on veuille résoudre l'équation différentielle $\frac{dy(t)}{dt} + y(t) = x(t)$,

où $x(t)$ est un signal d'entrée et $y(t)$ est un signal de sortie, en écrivant un programme pour DSP avec la valeur de T_e normalisée à 1.

- Montrer en substituant dans l'équation l'approximation ci-dessus, et en donnant les valeurs des coefficients, que cela revient à résoudre une équation aux différences de la forme : $y_k = \alpha y_{k-1} + \beta x_k$.

α	0.5
β	0.5

- b. Donner la séquence d'opérations que doit effectuer le DSP pour calculer chaque valeur de y_k et se préparer pour la valeur suivante.

_____ 1) Initialiser y_{k-1} à 0 _____

_____ 2) lire α et x_k _____

_____ 3) Calculer $\text{temp} = \alpha x_k$ _____

_____ 4) lire β et y_{k-1} _____

_____ 5) Calculer $y_k = \beta y_{k-1} + \text{temp}$ _____

_____ 4) Envoyer y_k vers la sortie _____

_____ 4) poser $y_{k-1} = y_k$ _____

_____ 5) aller à l'étape 2 _____

- c. En supposant que le DSP peut effectuer chaque opération en 100 ns, et qu'il peut effectuer une multiplication et une addition simultanément, combien de temps lui faut-il pour calculer chaque valeur de y_k et sortir la valeur correspondante ?

_____ 800 ns _____

- d. En déduire la fréquence maximale que peut avoir d'entrée $x(t)$.

_____ $(1/800 \text{ ns})/2 = 625 \text{ kHz}$ selon le critère de Nyquist _____