ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2011

Toute documentation permise
Calculatrices : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures

04-BIO-B6 BIOINSTRUMENTATION

PREMIÈRE PARTIE : QUESTIONS À CHOIX MULTIPLES (20%)

Pour chacune des questions suivantes, choisir l'énoncé LE PLUS APPROPRIÉ (*a, b, c ou d*).
Bien lire et relire chacune des questions.

1) Pour éviter l'aliasing, l'échantillonnage d'un signal doit:
   a) avoir une fréquence d'échantillonnage égale au double de la fréquence la plus élevée du signal;
   b) être réalisé avec un circuit échantillonneur/bloqueur (sample/hold);
   c) avoir une fréquence d'échantillonnage supérieure au double de la fréquence la plus élevée du signal;
   d) *avoir le plus grand nombre de bits possible.*

2) La fonction de transfert idéale d'un système de mesures possède, dans la bande passante du signal :
   a) une amplitude variant d'une manière linéaire avec la fréquence et une phase constante;
   b) une amplitude nulle et une phase constante;
   c) une amplitude constante et une phase variant d'une manière linéaire avec la fréquence;
   d) des caractéristiques connues.

3) Pour calculer la fonction de transfert d'un système décrit par une équation différentielle d'ordre *n*, on remplace les termes $(\delta^n/\delta\ t^n)$ par $(j\omega)^n$, on fait le rapport de la sortie sur l'entrée, puis, pour obtenir l'amplitude de la fonction de transfert, on calcule :
   a) la somme de la partie réelle et de la partie imaginaire;
   b) la racine carrée de la somme des carrés de la partie réelle et de la partie imaginaire;
   c) le rapport de la partie imaginaire sur la partie réelle;
   d) *la somme des carrés de la partie réelle et de la partie imaginaire.*

4) Par amplificateur opérationnel "idéal" on sous-entend un amplificateur différentiel ayant les caractéristiques suivantes :
   a) un gain de tension de 1, une tension de décalage nulle, une résistance d'entrée différentielle nulle, une résistance de sortie infinie, une bande passante infinie ;
   b) un gain de tension infini, une tension de décalage nulle, une résistance d'entrée différentielle infinie, une résistance de sortie nulle, une bande passante infinie ;
   c) un gain de tension infini, une tension de décalage nulle, une résistance d'entrée différentielle infinie, une résistance de sortie infinie, une bande passante infinie ;
   d) *aucune de ces réponses.*

5) En enregistrant l'ECG d'un patient couché sur une civière dans un corridor de l'urgence, le technicien constate un niveau élevé d'interférence à la fréquence du secteur (60Hz). Le niveau d'interférence diminue considérablement quand il rassemble les câbles d'électrodes de façon à diminuer la surface circonscrite par ces câbles. Compte tenu de cette observation, quelle est la principale cause de l'interférence :
   a) *une trop grande impédance de contact à l'interface peau/électrodes ;*
   b) *un couplage parasite entre les câbles d'électrodes et le champ magnétique produit par des appareils alimentés sur le secteur ;*
   c) *un couplage capacitif parasite entre les câbles d'électrodes et le fils d'alimentation du secteur;*
   d) *l'électrode du circuit d'asservissement de la jambe droite est décollée.*

6) La plupart des systèmes d'enregistrement de l'électrocardiogramme utilisent un dispositif appelé "circuit d'asservissement de la jambe droite" pour réduire le niveau d'interférence provenant d'un signal mode commun (c'est à dire, un signal parasite présent avec la même amplitude à toutes les entrées du système). Ce dispositif est efficace :
   a) *uniquement lorsque la fréquence du signal mode-commun est celle du secteur (60Hz) ;*
   b) *quelle que soit la fréquence du signal mode-commun, pourvu qu'elle soit dans la bande passante du circuit d'asservissement;*
   c) *pour réduire l'interférence provenant de l'activité électrique des muscles (électromyogramme);*
   d) *aucune de ces réponses.*

7) Soit un circuit électronique qui transforme le complexe QRS de l'électrocardiogramme en une impulsion d'amplitude et de durée constantes (par exemple, 1V crête et 50 ms de durée). Une série de telles impulsions représentant une série de complexes QRS est envoyée à un second circuit <u>analogique</u> qui les transforme en un signal qui indiquera <u>de façon approximative</u> la fréquence cardiaque du patient. Que serait ce second circuit ?
   a) *un intégrateur,*
   b) *un filtre passe-bas,*
   c) *un filtre passe-bande*
   d) *aucune de ces réponses.*

8) Les effets physiologiques liés au passage d'un courant électrique appliqué de façon externe :
   a) *sont fonction de l'intensité du courant;*
   b) *peuvent varier, pour une intensité donnée, d'un individu à l'autre;*
   c) *sont d'un plus grand danger à basse fréquence (moins de 1000 Hz) qu'à fréquence élevée;*
   d) *toutes ces réponses.*

9) Les microchocs électriques :
   a) *ne peuvent pas causer une fibrillation ventriculaire car leur intensité est sous le seuil de sensibilité;*
   b) *sont définis par un courant 60 Hz dans un dispositif en contact avec le cœur ou les vaisseaux;*
   c) *surviennent plus souvent avec un appareil alimenté par piles qu'avec un appareil branché au secteur (120V);*
   d) *aucune de ses réponses.*

10) Le seuil de fibrillation ventriculaire chez 50% des hommes pour un courant de 60 Hz circulant entre les mains est d'environ :
   a) *1 mA;*
   b) *15 mA;*
   c) *100 mA;*
   d) *1000 mA;*

SECONDE PARTIE : QUESTIONS À DÉVELOPPEMENT (80%)

---

11) Concepts de base, fonction de transfert (20%)

Concevoir un filtre RC passe-haut :

a) dessinez le schéma d'un filtre RC passe-haut; (4%)
b) développer l'équation de sa fonction de transfert (forme complexe, amplitude et phase); (4%)
c) tracer sa courbe de réponse en fréquence (amplitude et phase); (4%)
d) déterminer les valeurs des composantes pour obtenir une fréquence de coupure de 50 Hz; (4%)
e) donner deux exemples d'application de ce type de filtre dans le traitement de signaux physiologiques.(4%)

---

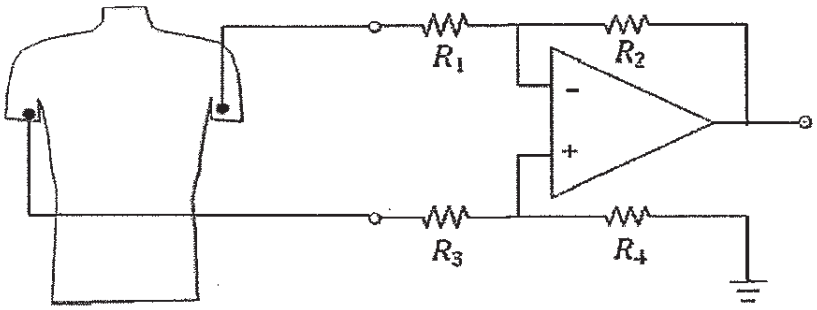
12) Amplificateur de biopotentiels (20%)

Vous voulez amplifier la différence de potentiel mesurée entre deux électrodes placées sur le corps humain à l'aide du circuit suivant. Calculer les valeurs des résistances R_1, R_2, R_3 et R_4 pour obtenir un gain différentiel de 100. Considérer que l'impédance des électrodes est faible (<2000 Ω). (6%)

Décrivez les caractéristiques principales que vous rechercherez pour l'ampli op dans ce circuit. Par exemple, les valeurs des caractéristiques suivantes doivent-elles être élevées ou faibles? (8%)

a) les courants de polarisation ?
b) le produit gain bande passante ?
c) le taux de rejet de mode commun ?
d) etc.

Donnez un ordre de grandeur des valeurs requises pour les caractéristiques les plus pertinentes et décrivez votre démarche de conception de ce circuit. (6%)



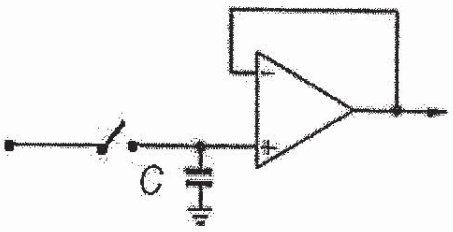
---

13) Numérisation de signaux (20%)

a) Un convertisseur analogue/numérique qui n'est pas précédé d'un filtre anti-aliasing opère à une fréquence d'échantillonnage de 100 Hz. Un signal sinusoïdal ayant une fréquence de 65 Hz est présent à l'entrée du convertisseur. Quelle sera la fréquence apparente du signal numérisé? (6%)

b) Un convertisseur analogue/numérique à 18 bits ayant une plage d'entrée de ± 1 V est utilisé pour convertir un signal ECG : trouver la taille du pas de quantification. (6%)

c) Un circuit « échantillonneur bloqueur » comme celui illustré ci-contre contient un interrupteur (constitué d'un transistor à effet de champ FET). Le circuit « échantillonne » quand l'interrupteur est fermé et « bloque » quand l'interrupteur est ouvert. Le condensateur est chargé par une source ayant une résistance de sortie de 650Ω. La capacité est de 10nF. Trouver le temps d'acquisition t jusqu'à 99% de la valeur recherchée pour un changement de 10 V à la sortie lorsque le mode est changé entre le mode « bloqueur » et le mode « échantillonneur ». (Note : une durée égale à 4.6 fois la constante de temps est requise pour atteindre 99% de la valeur finale lorsqu'on charge un condensateur à travers une résistance). On suppose que le courant requis pour charger initialement le condensateur n'est pas plus grand que la limite de courant de sortie de la source de signal. (8%)



14) Sécurité électrique à l'hôpital (20%)

a) Décrire les procédures de mesure et les variables impliquées dans la vérification de la sécurité électrique d'un instrument qui est électriquement relié à un patient par des électrodes (par exemple, ECG). (10%)

b) Identifier tous les éléments de conception à considérer dans l'optique d'une installation électrique alimentant les appareils électriques au voisinage d'un lit de patient dans un hôpital. Expliquer comment ces éléments contribuent à assurer un environnement sûr pour le patient. (10%)