Electronique Numérique et Logique **Durée 3 heures**

LICENCE EEA & LPA Examen écrit, 9 septembre 1998

Indications : Les différents exercices, et dans une large mesure, les questions dans les exercices, sont indépendants les uns des autres.
Notations : Tout au long de ce sujet la notation "NOT A" (= "A barre") sera indifféremment notée **/**A (dans le texte) ou A surmonté d'une barre horizontale (dans les figures). Le "ET" logique, lorsqu'il n'est pas indiqué en toutes lettres, sera noté "**.**" (multiplié) ; de même, le "OU" logique, lorsqu'il n'est pas indiqué en toutes lettres, sera noté "**+**" (plus). Le OU exclusif sera noté "**xor**". Les nombres en hexadécimal sont précédés du signe **$**.
Evaluation : la présentation sera notée sur 2 points. Attention à bien rendre la feuille de schémas fournie page 4 ou à réaliser vous même ces schémas proprement.

Sans documents ni calculatrice

I - Questions de cours

• Rappeler le rôle des entrées d'une bascule JK et donner la table de vérité au front d'horloge. Indiquer comment obtenir une bascule D à partir d'une bascule JK. Expliquer la différence entre entrées synchrones et asynchrones.

• Définir les temps t_{PLH} et t_{PHL}. Comment calcule-t-on le temps de retard d'un montage comprenant plusieurs circuits ? Illustrer votre réponse par un chronogramme.

II - Compteurs

On considère 3 bascules D que l'on désire cabler en compteur de 0 à 7.
• Rappeler la différence de principe de fonctionnement existant entre un compteur synchrone et un compteur asynchrone.
• Donner le schéma de cablage pour les deux solutions en complétant le schéma fourni en dernière page, en donnant notamment toutes les entrées de chaque bascule.
• Comment faut-il modifier le(s) schéma(s) pour obtenir dans chaque cas un compteur de 0 à 5 ? • Comparez les avantages et les inconvénients respectifs du montage synchrone et asynchrone, en particulier sur la base d'un exemple où l'on souhaiterais obtenir un compteur de 3 à 7 (c'est à dire comptant 3-4-5-6-7-3- ...).

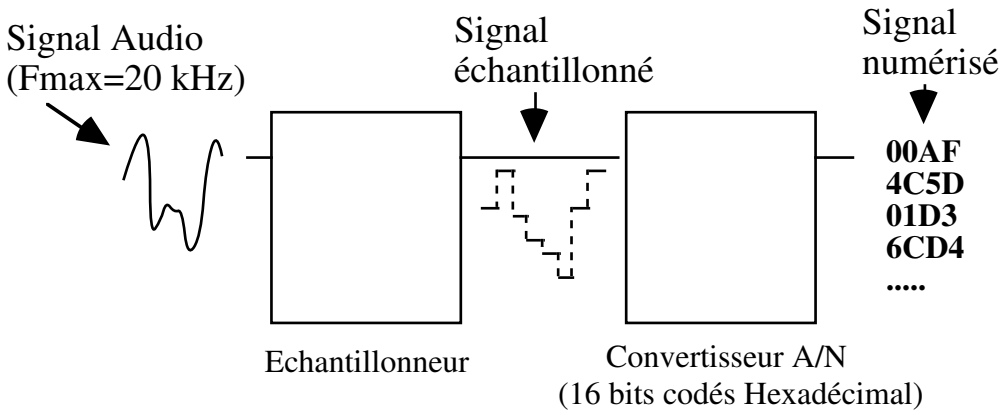
III - Mémoire

On considère une mémoire de format un octet et de capacité 4 kilo-octets.
• Combien ce circuit mémoire a-t-il d'entrées ? De sorties ?
• Indiquer comment utiliser 2 signaux supplémentaires RAS et CAS pour réduire le nombre des entrées.
• Combien faudra-t-il de temps pour lire la mémoire intégralement si on la commande par un compteur piloté par une horloge à 10 MHz ?
• On donne le contenu hexadécimal des 10 premières cases mémoires : $0A, $4F, $B2, $B6, $C3, $FF, $01, $7A, $24, $47.

Compléter sur le graphe sur le schéma fourni en dernière page, le chronogramme des signaux observés en sortie sur le LSB (D0) et sur le bit D3 de la mémoire, lorsqu'on lit ces 10 premières cases mémoires avec une horloge à 10 MHz.

IV - Echantillonnage et CD ROM

Lorsqu'on souhaite enregistrer un signal analogique sous forme numérique, deux opérations sont nécessaires : l'*échantillonnage* du signal d'entrée puis la *conversion* de ces échantillons sous forme numérique à l'aide d'un convertisseur analogique/numérique (CAN, figure ci-dessous).



C A N

Si le spectre de fréquence du signal d'entrée est nul au delà d'une fréquence Fmax, l'échantillonnage doit avoir lieu à une cadence telle que l'intervalle de temps τ_E séparant 2 échantillons respecte la relation : τ_E**<1/(2.Fmax)** (théorème de Shannon).

• Calculer l'intervalle de temps τ_E nécessaire pour échantillonner un signal audio (**20Hz -20kHz**). Si on appelle $f_E = 1/\tau_E$, la cadence d'échantillonnage, que vaut f_E dans ce cas ? Quelle est la relation entre f_E et Fmax ? Dans la pratique on adopte souvent $f_E = 4 . Fmax$; on conservera cette relation pour la suite de l'exercice.

• On convertit ensuite chaque échantillon sur 16 bits. Quel débit (en Kilo-octets / seconde) faut-il assurer pour pouvoir numériser un signal audio ?

• Quelle valeur maximale du signal numérique peut-on ainsi coder ? Exprimer ce nombre en dB. La plupart des lecteurs de "disque laser" du commerce annoncent des rapports signal/bruit supérieurs à 95 dB. Si on considère que ce rapport est égal au quotient 'signal numérique maximum' / bruit numérique (qu'on prendra égal au pas de conversion : 1 bit), donnez le nombre de bits sur lequel ces disques sont codés.

V - Parité et code de Hamming

Lors de la transmission de données, des erreurs de transmission peuvent modifier un ou plusieurs bits dans un mot binaire. Afin de détecter, et si possible, de corriger ces erreurs, on ajoute au mot transmis un ou plusieurs bits supplémentaires. Le codage minimal permettant de vérifier qu'une erreur est intervenue (sans pouvoir la corriger !) est le codage de la parité : on effectue la somme des N bits du mot et on ajoute un bit supplémentaire à 1 ou à 0 pour que la somme des N+1 bits ainsi obtenus soit paire (en parité paire) ou impaire (en parité impaire).

• On se place en parité paire ; déterminer dans la liste ci-dessous les mots qui comportent une erreur après transmission : **$1E** ; **$B5** ; **$A2** ; **$07** ; **$00** ; **$E4**.

• Dans le cas d'un mot de 4 bits XYZT ; pour quel choix de parité (paire/impaire) l'opération **X xor Y xor Z xor T** fournit-elle le bit de parité supplémentaire ?
• Quelle opération logique supplémentaire est nécessaire pour obtenir le bit de la parité opposée ?

Pour déterminer non seulement si une erreur est intervenue mais encore trouver dans le mot transmis la position du bit qui est en erreur, on peut utiliser le code de *Hamming*.
On traitera un exemple où on veut transmettre des mots de 4 bits (data D1D2D3D4, D1 étant le MSB), et on fabrique le mot finalement envoyé qui comporte 7 bits : A1A2A3A4A5A6A7 (A1=MSB). Les bits A3A5A6A7 contiennent les données D1D2D3D4 (**attention à l'ordre** des bits Ai par rapport aux Di !) et les bits A1A2A4 contiennent le contrôle, calculé à l'émission de la manière suivante :

A1 = A3 xor A5 xor A7 = D1 xor D2 xor D4
A2 = A3 xor A6 xor A7 = D1 xor D3 xor D4
A4 = A5 xor A6 xor A7 = D2 xor D3 xor D4

A la réception on évalue les bits d'erreur en prenant aussi en compte les bits de contrôle :

E1 = A1 xor A3 xor A5 xor A7
E2 = A2 xor A3 xor A6 xor A7
E3 = A4 xor A5 xor A6 xor A7

• Montrer que lorsque la transmission a lieu sans erreur, le nombre E3E2E1 est toujours égal à 000.

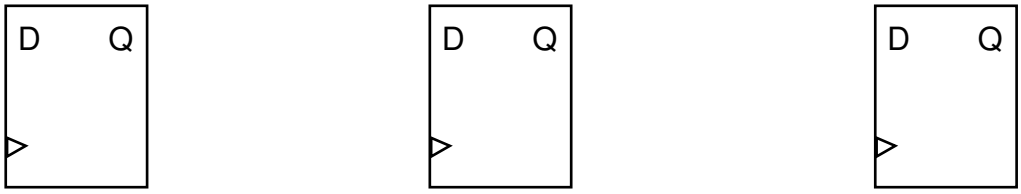
Lorsqu'une seule erreur intervient, le nombre E3E2E1 donne la position du bit en erreur. • Vérifiez ce résultat sur un exemple.

• Après une transmission, on reçoit les mots **$78**, **$5E**, **$25**, **$15**. Utiliser le contrôle de Hamming pour déterminer quels mots sont en erreur et si c'est le cas, la position du bit en erreur et donc la valeur initialement transmise.

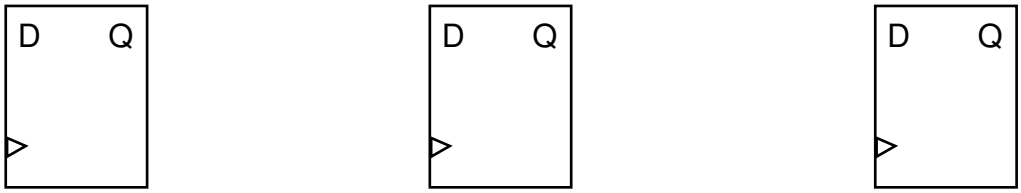
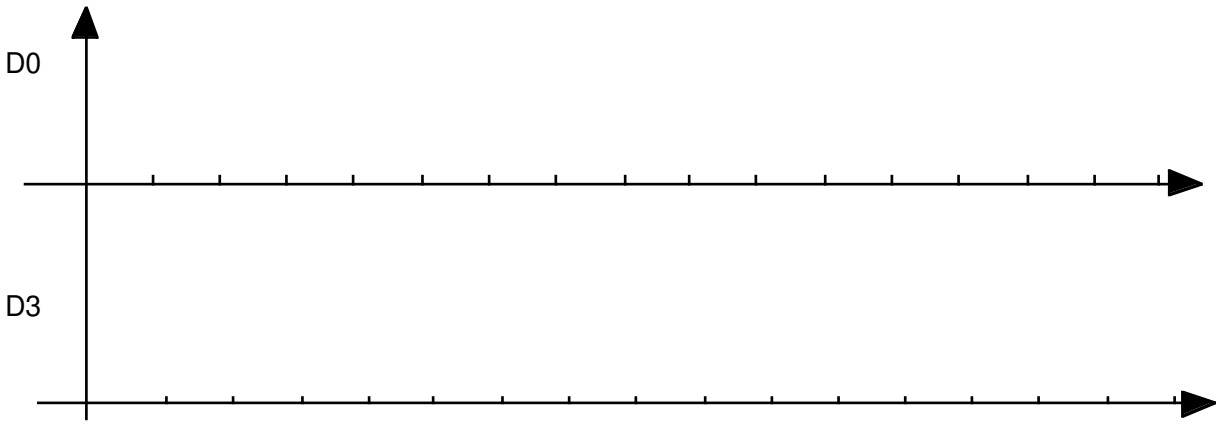
Nom : **Prénom :** **Filière :**

Exercice I (Compteurs)

Asynchrone :



Synchrone :



Exercice II (Mémoire)