Electronique Numérique et Logique **Durée 3 heures**

LICENCE EEA & LPA Examen écrit, 19 mai 1997

Indications : Les différents exercices, et dans une large mesure, les questions dans les exercices, sont indépendants les uns des autres. Certains documents (PAL 16R4) sont à rendre avec la copie. L'étudiant(e) portera son nom et la mention de sa filière sur ces documents.

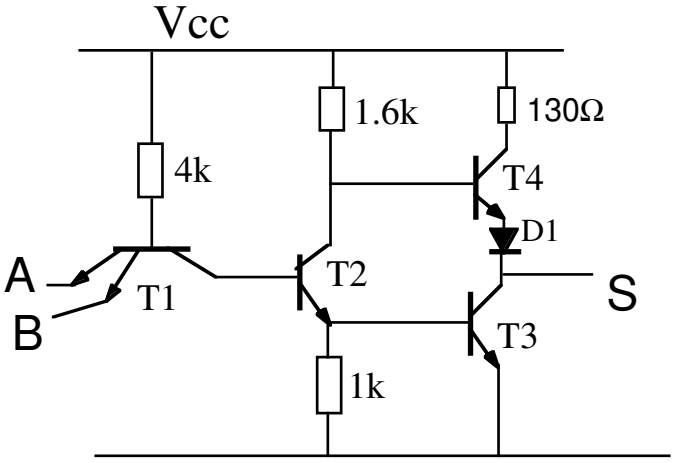
Notations : Tout au long de ce sujet la notation "NOT A" (= "A barre") sera indifféremment notée /A (dans le texte) ou A surmonté d'une barre horizontale (dans les figures). Le "ET" logique, lorsqu'il n'est pas indiqué en toutes lettres, sera noté "**.**" (multiplié) ; de même, le "OU" logique, lorsqu'il n'est pas indiqué en toutes lettres, sera noté "**+**" (plus). Le OU exclusif sera noté "**xor**". Les nombres en hexadécimal sont précédés du signe **$**.

I - Questions de cours

• Indiquer le sens des courants et leur ordre de grandeur en entrée et en sortie d'une porte NAND (voir schéma simplifié sur la figure 1, dans les deux configurations suivantes :
1) A et B à l'état H.
2) A état H, B état L.

• Expliquer comment la diode D1 aide les deux transistors T3 et T4 à ne pas être passant en même temps.

Figure 1



II - Compteurs

On souhaite concevoir un compteur synchrone comptant en boucle de 5 à 2, à l'aide de bascules D pour pouvoir utiliser un circuit PAL.
1) Combien de bascules sont-elles nécessaires ? On notera $Q_nQ_{n-1}...Q_1$ les sorties de ces bascules, Q_n étant le MSB et Q_1 le LSB.
2) Etablir le graphe des états a, b, c, d souhaités en indiquant la valeur de $Q_n...Q_1$ à côté de chaque état. Portez également sur ce graphe les états supplémentaires ne faisant pas partie du cycle 5—>2 recherché.
3) Comment prenez-vous en compte ces états afin que le système ne soit jamais bloqué ? On portera les transitions supplémentaires éventuelles *en sautant toujours dans l'état où la sortie vaut **010***.

4) A partir de la liste des états présents et futurs, établir les équations logiques des entrées Di en fonction des sorties Qi **sans chercher à les simplifier** (sommes de produits de n termes).
5) Utilisez le schéma de circuit PAL 16R4 fourni avec le sujet pour cabler le compteur demandé, *en respectant la pré-attribution des No de bascules en sortie*.

III - Transcodeur

On souhaite établir un circuit qui calcule l'opposé A'B'C'D' d'un nombre de 4 bits ABCD signé (A et A' sont les MSB).

1) Donner la liste des nombres signés que peut coder le nombre ABCD ?
2) Etablir la table de vérité qui donne A'B'C'D' pour toutes les valeurs de ABCD.
3) Pourquoi n'a t-on pas A'=/A ?
4) De quel nombre -8 est-il l'opposé ?
5) Etablir la table de Karnaugh puis l'expression logique de B' en fonction de ABCD.

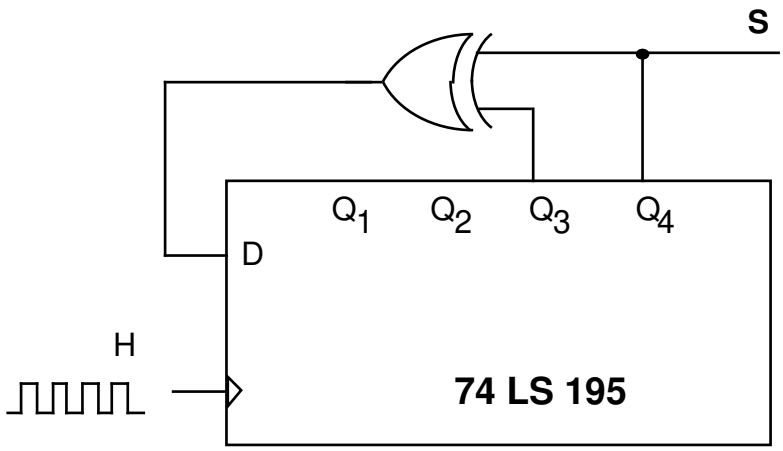
On décide d'utiliser une mémoire PROM dont les entrées d'adresse sont attaquées par ABCD et qui fournisse en sortie le résultat A'B'C'D'.

6) Quel est la capacité en bits de la mémoire nécessaire ?
7) Donner en hexadécimal la liste des valeurs stockées dans la mémoire.

IV - Générateur Aléatoire

1) Rappeler comment fonctionne un registre à décalage de 4 bits à base de bascules D.

On considère le montage de la figure suivante où le circuit '195 est un registre à décalage de 4 bits et on ré-injecte le résultat D = Q_4 **xor** Q_3 en entrée. La sortie S est prise sur le bit Q_4.



2) Montrer que si le registre se trouve chargé avec le nombre 0000, il conserve cette valeur indéfiniment.

3) On considére que le registre est chargé avec la valeur 1111. Donner la suite des nombres $Q_1Q_2Q_3Q_4$ (considérés comme des entiers non signés) obtenus au fil des coups d'horloge successifs. On donnera cette liste en binaire et en décimal.

4) Est-ce que la liste précédente présente une périodicité et si oui, combien d'états sont parcourus avant de retrouver le nombre initial ? Expliquer pourquoi on appelle un tel registre "registre de longueur maximum".

5) Montrer qu'on aurait obtenu le même résultat quel que soit le mot $Q_1Q_2Q_3Q_4$ de départ.

6) Tracer le chronogramme de la sortie S en fonction du temps pour une horloge H à 10 Mhz (Echelle : 10 cm pour une micro-seconde).

On s'intéresse à l'autocorrélation de la séquence générée en S. Pour cela on effectue l'opération suivante : on décale la séquence d'un nombre N de crans (N= ..., -3, -2, -1, 0, 1, 2, ...) et on compare (en la repliant) la séquence décalée à la séquence originale. Lorsque les bits correspondent, on indique +1, et si ils différent on indique -1. Le résultat de l'opération est la somme $\Sigma(N)$ des +/-1 obtenus. Le tableau ci-dessous montre l'opération pour un décalage N=+6 crans (décalage positif vers la droite, négatif vers la gauche) :

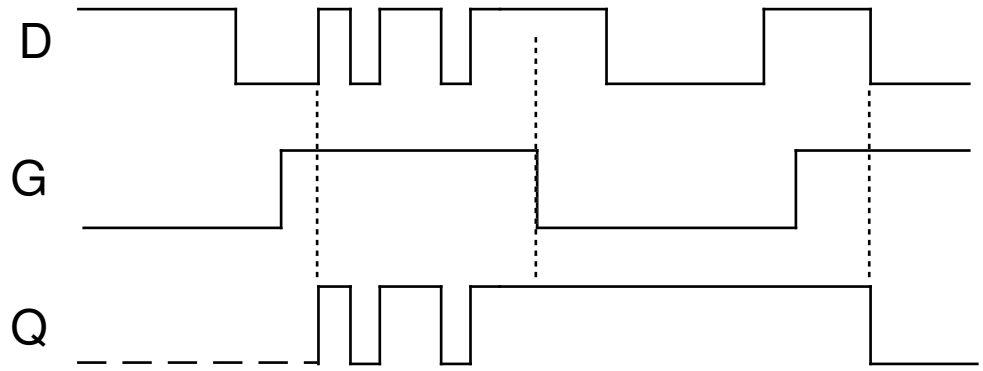
N=+6 →

Originale	**1**	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0
Décalée (+6)	0	1	1	0	1	0	**1**	1	1	1	0	0	0	1	0
$\Sigma(+6)=-1$	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1

7) Tracer sur un graphe la fonction $\Sigma(N)$ pour N allant de -3 à +3 (on aura avantage à préparer un tableau). Quelle est la forme de S(N) ? Quelle est la forme de son spectre de Fourier ? Comment appelle t-on un signal aléatoire possédant ces caractéristiques ?

V - Mini mémoire

Le circuit '670 (voir documentation jointe) permet de stocker 4 mots de 4 bits avec commande 3-états en sortie. La cellule de stockage élémentaire de ce circuit est une bascule D commandée par une entrée G fonctionnant ainsi : lorsque G=H, Q recopie D de manière asynchrone (si D change, Q change) et lorsque G=L, la sortie Q est verrouillée, comme indiqué sur le chronogramme exemple suivant (Q=0 au départ).



1) Comment distingue t-on les 4 mots en écriture ? En lecture ? Quel mot adresse t-on lorsqu'on fournit $W_B W_A$=10 ?

2) Pourquoi (et comment ?) peut-on lire et écrire simultanément dans cette mémoire ?

3) Pourquoi l'entrée $/E_R$ commande t-elle également l'état haute impédance des sorties ?

On repère les bascules D par deux indices qui sont le mot (la ligne) auquel elles appartiennent (0-3) et la colonne correspondant à la sortie (Q 1-4). Par exemple, la première bascule en haut à droite du schéma est la bascule 01.

4) Etablir l'expression logique de G_{23}. En déduire les valeurs de W_B, W_A, etc., $/E_W$ qui permettent d'écrire dans la bascule 23.

5) Etablir l'expression logique de Q_4. En déduire les valeurs de R_B, R_A, $/E_R$, etc., qui permettent de lire Q_{14} en Q_4.

6) Indiquer en détail comment utiliser plusieurs circuits '670 pour constituer une mémoire de 8 mots de 4 bits.

7) Indiquer en détail comment utiliser plusieurs circuits '670 pour contituer une mémoire de 4 mots de 8 bits.

8) Quel peut-être l'intérêt d'un tel circuit ?