

## 2 Techniques basse consommation

L'objectif de cet exercice est d'explorer des techniques architecturales permettant de réduire la consommation des circuits intégrés. Nous disposons d'une fonction de calcul combinatoire **F** pour laquelle nous connaissons :

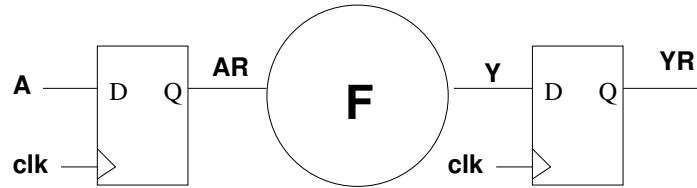
- Le temps de calcul  $T_{calc}$  en fonction de la tension d'alimentation  $V_{dd}$  (voir **figure 3**)
- L'énergie consommée par calcul  $E_{calc}$  en fonction de la tension d'alimentation  $V_{dd}$  (voir **figure 4**)

Nous rappelons que la puissance consommée par un opérateur de calcul est égale au produit de sa fréquence de fonctionnement  $F_{calc}$  par l'énergie consommée à chaque calcul :

- $P_{calc} = F_{calc} * E_{calc}$

### 2.1 Analyse d'une structure synchrone utilisant la fonction (F)

La **figure 1** présente une utilisation de la fonction (F) dans un environnement synchrone. La structure reçoit une suite de valeurs  $A_0, A_1, \dots$  et doit générer une suite de valeurs  $F(A_0), F(A_1), \dots$



**FIG. 1 : Architecture synchrone**

**Question 2.1.1** Complétez le chronogramme de la **figure 5**.

**Question 2.1.2** En négligeant le temps de propagation des bascules, déterminez la tension d'alimentation minimale  $V_{ref}$  permettant de faire fonctionner cette structure avec une horloge CLK de fréquence  $F_{ref} = 1GHz$ .

**Question 2.1.3** En négligeant la consommation des bascules, déterminez la puissance consommée par cette structure pour la tension  $V_{ref}$  et la fréquence  $F_{ref}$ . N'oubliez pas de préciser les unités...

### 2.2 Analyse d'une structure synchrone parallélisée

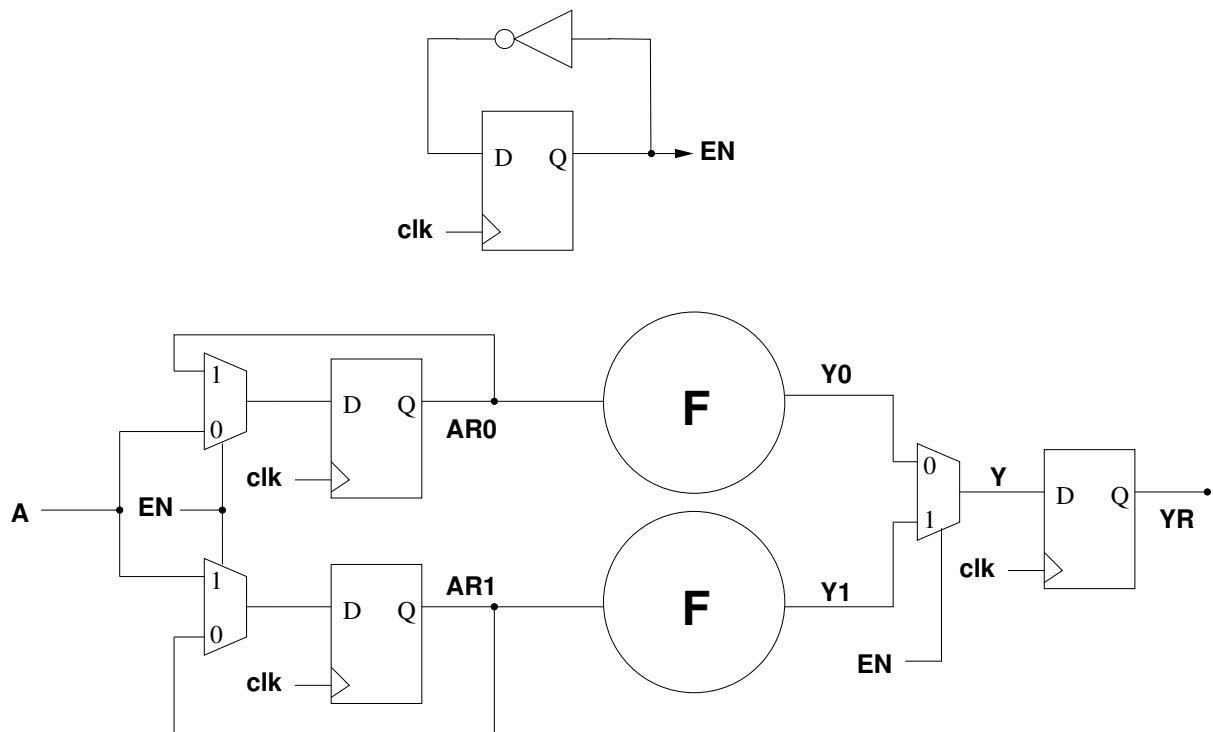
La **figure 2** présente une version parallélisée de l'architecture précédente, dans laquelle nous dédoublons la fonction F.

**Question 2.2.1** Complétez le chronogramme de la **figure 6**. N'oubliez pas la génération du signal EN.

**Question 2.2.2** Expliquez le fonctionnement de cette structure.

**Question 2.2.3** Pendant combien de périodes de l'horloge CLK chacune des données  $A_i$  est-elle maintenue en entrée de l'une ou l'autre des fonctions F ? De combien de temps dispose-t-on pour le calcul de chaque  $F(A_i)$  sachant que l'horloge a une fréquence  $F_{ref} = 1GHz$  ? (on négligera le temps de propagation dans les multiplexeurs).

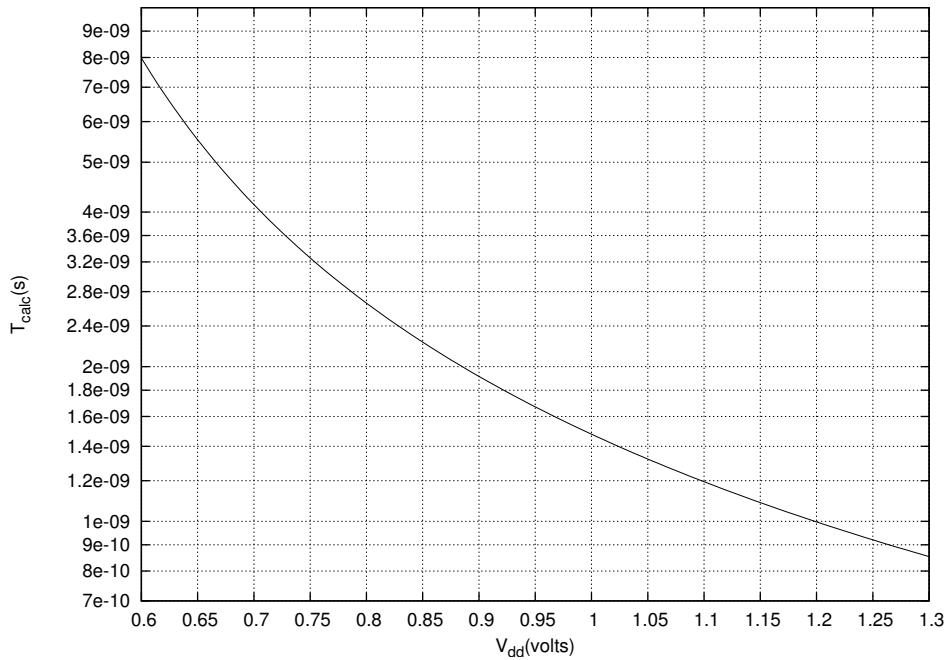
**Question 2.2.4** Compte tenu du nouveau temps de calcul disponible, montrez qu'il est possible de diminuer la tension d'alimentation du montage tout en fixant la fréquence  $F_{ref}$  à  $1GHz$ . Déterminez la tension d'alimentation minimale  $V_{min}$  permettant de conserver cette fréquence de  $1GHz$ .



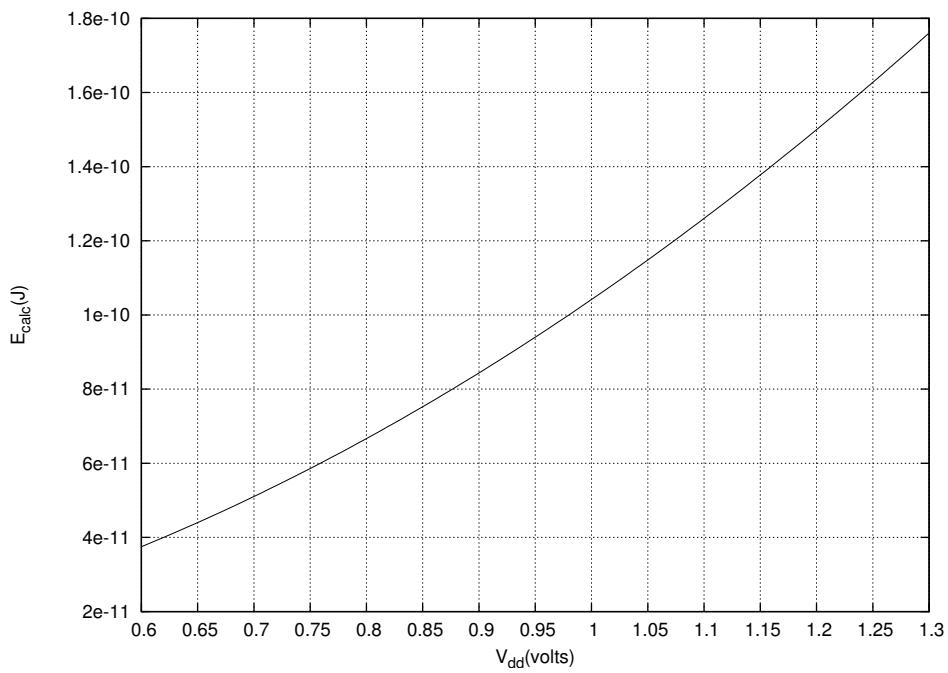
**FIG. 2 : Architecture synchrone parallèle**

**Question 2.2.5** En déduire l'énergie  $E_{min}$  consommée par la fonction  $F$  à la tension  $V_{min}$ . Puis la puissance totale consommée par la structure parallèle. N'oubliez pas la encore de préciser les unités.

**Question 2.2.6** Nous avons utilisé une technique de parallélisme pour diminuer la consommation d'une structure de calcul synchrone. Pensez vous qu'une technique de pipeline (pipeline de la fonction  $F$  en deux sous-fonctions  $F1$  et  $F2$  de temps de calcul  $T_{calc}/2$ ) permettrait d'obtenir un résultat similaire ? Expliquez.



**FIG. 3 :** Temps de calcul de la fonction  $F$



**FIG. 4 :** Energie consommée par calcul de la fonction  $F$

Nom / Prénom : .....

Groupe : .....

Numéro de casier : .....

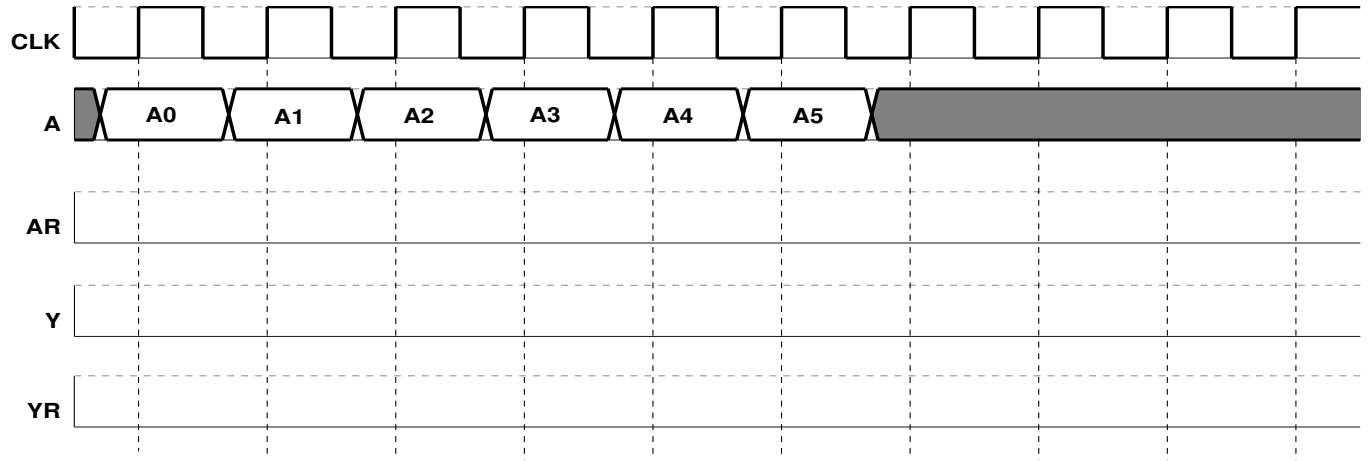


FIG. 5 : Chronogramme de fonctionnement de la structure synchrone (Question 2.1.1)

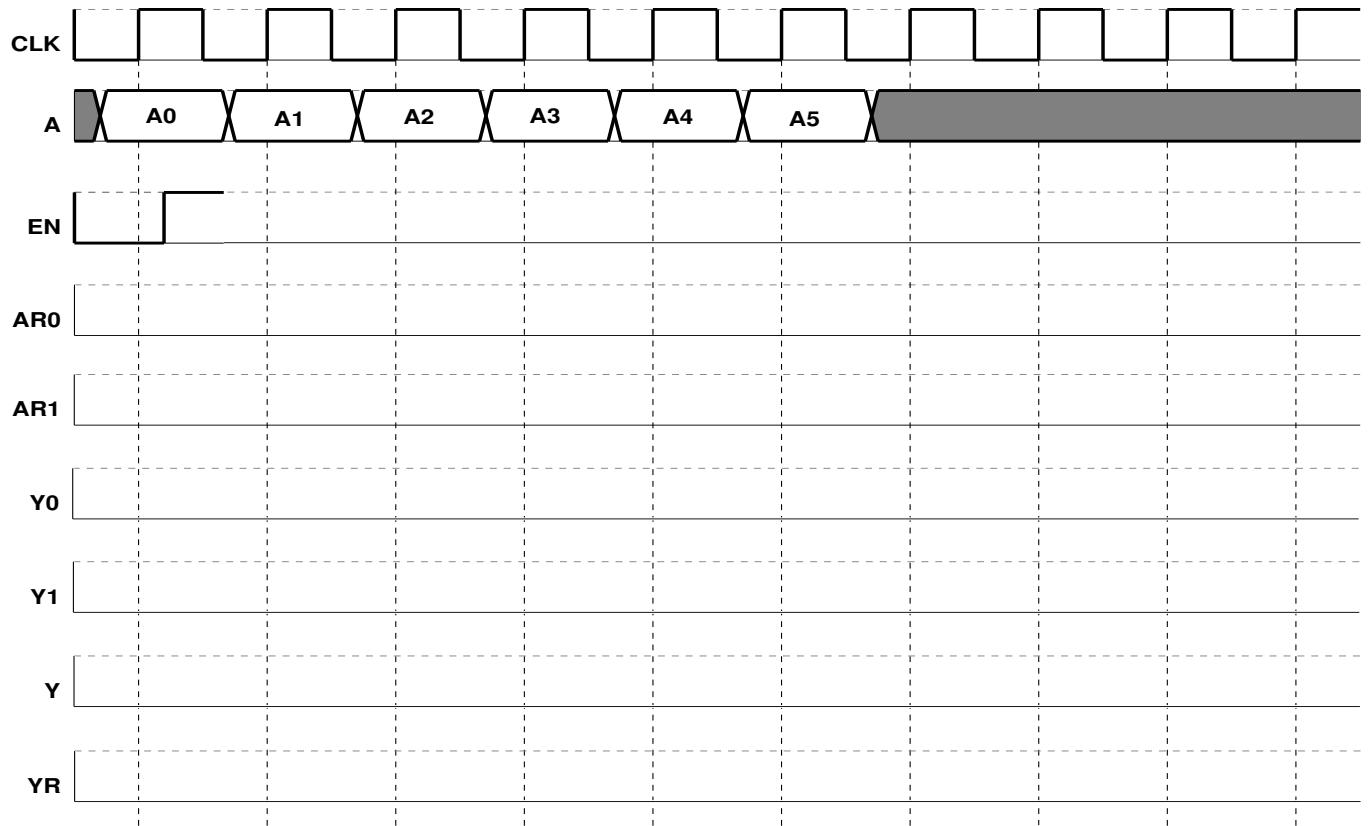


FIG. 6 : Chronogramme de fonctionnement de la structure parallèle synchrone (Question 2.2.1)