

PROJET N° 3

La Calculatri'ECE

D'abord mécanique (Pascaline, 1645), puis électromécanique (*Pringtime*, 1960), la machine à calculer est devenue électronique en 1961 pour s'appeler calculatrice (ANITA Mark VII).

Tout comme pour les processeurs, la miniaturisation des circuits intégrés a permis de miniaturiser les calculatrices, de les rendre plus performantes et de les complexifier en permettant maintenant de respecter les priorités entre opérations, d'utiliser des fonctions trigonométriques, et même de tracer des représentations graphiques de fonction ou de les programmer.



Lors de ce projet, nous allons nous restreindre à la calculatrice simple dite "à quatre opérations" sur 4-bit, et tenter de comparer les performances de calcul entre une addition et une multiplication à logique discrète (composant discret externe à la DE10 Lite) et les mêmes opérations purement décrite en VHDL.

Le but de ce projet est d'acquérir des compétences techniques en concevant, fabriquant et testant un projet décrit en langage de description hardware VHDL, tout en apprenant à travailler en groupe en appliquant une méthodologie de projet de type cycle en V.

Présentation du projet

La Figure 3.1 expose le diagramme fonctionnel du projet. Ce dernier comporte plusieurs entrées :

- Les **opérandes** : les deux nombres à partir desquels on souhaite faire un calcul ;
- un bouton **reset** qui permet de réinitialiser le système ;
- différents boutons permettant de choisir le **mode d'opération** : nombres signés ou non, addition ou multiplication, opération *in situ* (circuit purement synthétisé en VHDL ou basé sur un additionneur externe), etc.

Comme on peut s'en douter, la fonction principale du système est d'effectuer des opérations mathématiques sans effort. Les sorties de ce dernier sont :

- l'affichage des chiffres sur des afficheurs 7 segments ;
- biper un nombre de fois correspondant au résultat de l'opération ;
- l'affichage de la calculatrice sur une interface VGA (moniteur ou vidéoprojecteur¹)

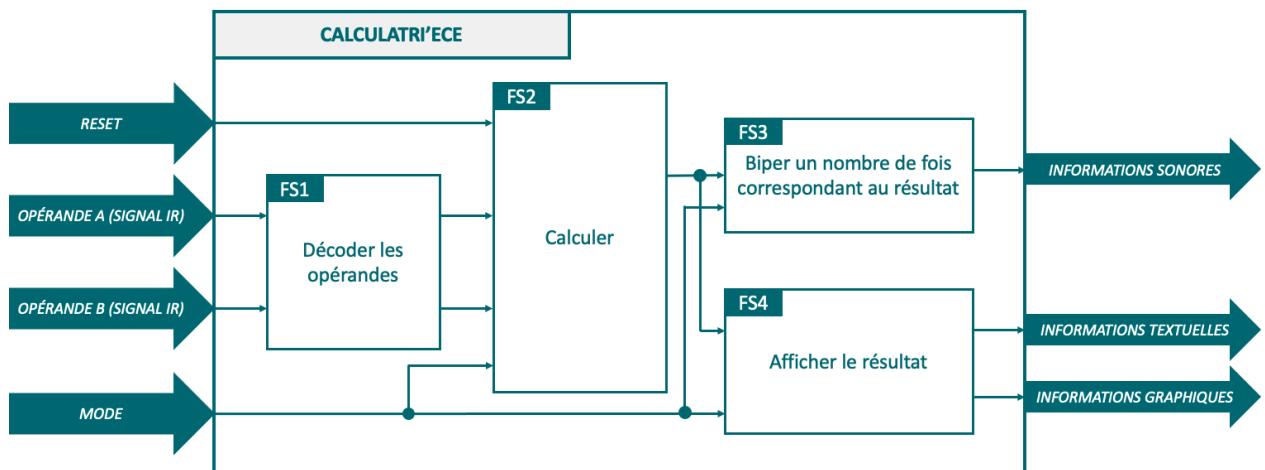


Figure 3.1: Diagramme fonctionnel

La saisie des nombres se fait à l'aide d'une télécommande infrarouge. À vous d'étudier la télécommande de votre kit et de faire des mesures à l'oscilloscope afin d'en déduire la fréquence d'émission et la trame pour chacune des touches, en vue de décoder ces dernières².

¹à ce titre des adaptateurs VGA - HDMI sont à disposition.

²Certains pourront préparer une étiquette autocollante pour leur télécommande afin de faciliter l'utilisation de la calculatrice

La fonction secondaire **FS1** permet donc de capter les nombres codés et transmis par la télécommande et l'émetteur infrarouge. Il se peut que vous ayez à ralentir l'horloge interne de 50 MHz afin de synchroniser la lecture. D'autres approches sont possibles mais fonctionnellement, **FS1** transmets à **FS2** les deux nombres émis saisis sur la télécommande.

La fonction secondaire **FS2** calcule en fonction de l'opération souhaitée. Les modes sont saisis à l'aide de boutons poussoirs ou de la télécommande et à tout instant, on peut vérifier l'opération choisie à l'aide de LEDs sur la carte DE10 Lite. Les opérations demandées correspondent au croisement des paramètres suivants :

- opération sur des nombres signés ou non signés ;
- addition ou multiplication ;
- opération faite à partir d'un circuit logique totalement synthétisé en VHDL ou effectué à l'aide d'une logique externe (additionneur ou d'autres composants du kit tel que le registre à décalage si nécessaire).

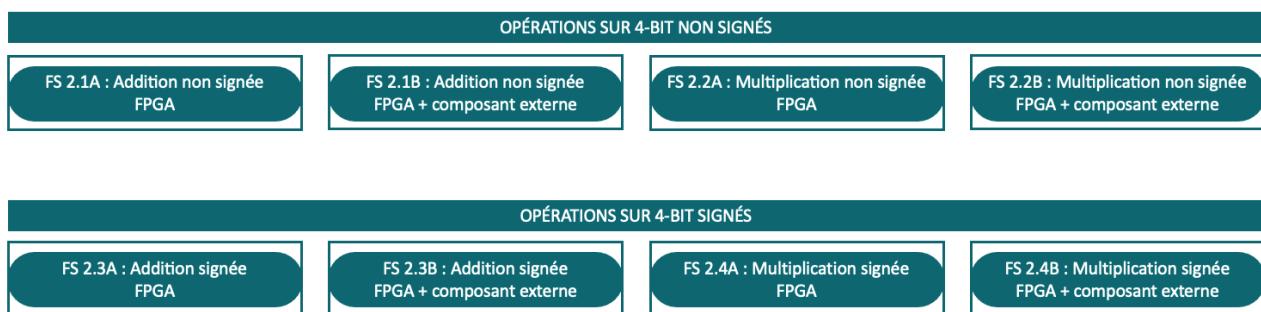


Figure 3.2: Fonctionnalités de calcul demandées pour la Fonction secondaire FS2.

Remarque :

- Il serait souhaitable que vous fassiez au moins une comparaison de performance (mesure de temps de propagation) comparant une même opération faite à partir d'un circuit logique totalement synthétisé en VHDL, et effectué à l'aide d'une logique externe (à l'aide de mesures à l'oscilloscope).

La fonction secondaire **FS3** donne le résultat de l'opération à l'utilisateur sous la forme d'un signal sonore. Dans le cas d'une opération signée, le signe '-' pourra être donné à l'aide d'un bip d'une fréquence différente de celle des bips correspondant au résultat.

La fonction secondaire **FS4** (fonctionnalité avancée) permettra d'avoir un aperçu graphique de l'ensemble des données sur un moniteur VGA ou HDMI en utilisant un adaptateur, ainsi que sur les afficheurs 7-SEG, et les LEDs (affichage en binaire).

La Figure 3.3 présente une vue structurelle de la réalisation attendue autour de la carte de développement DE10-Lite et du matériel présent dans le kit d'électronique.

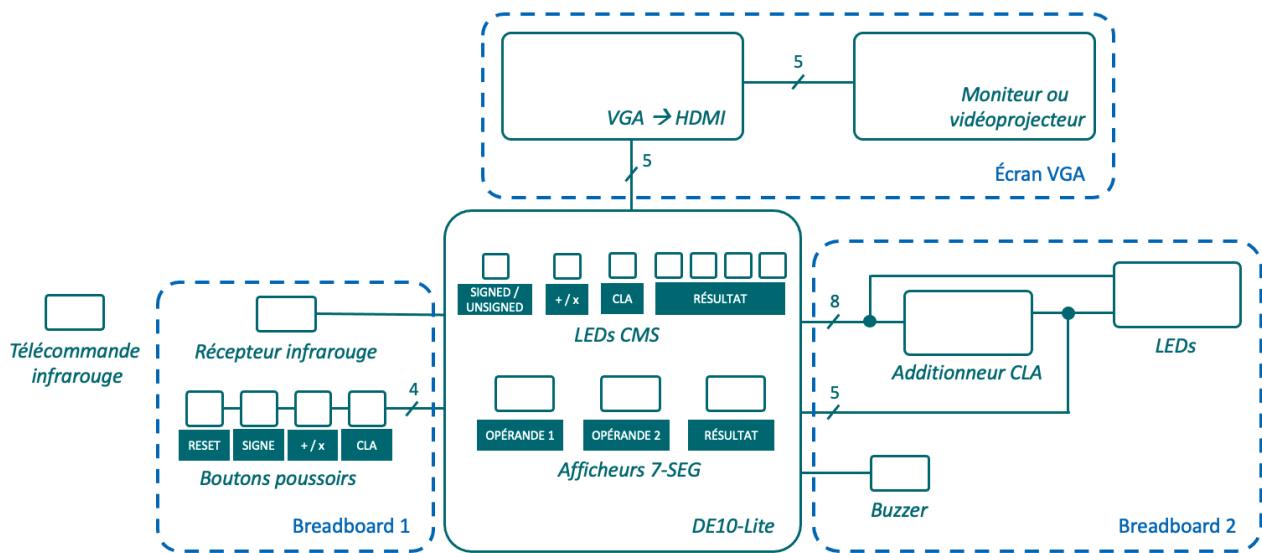


Figure 3.3: Diagramme structurel

Voici un récapitulatif des contraintes techniques et quelques exigences en terme de performances :

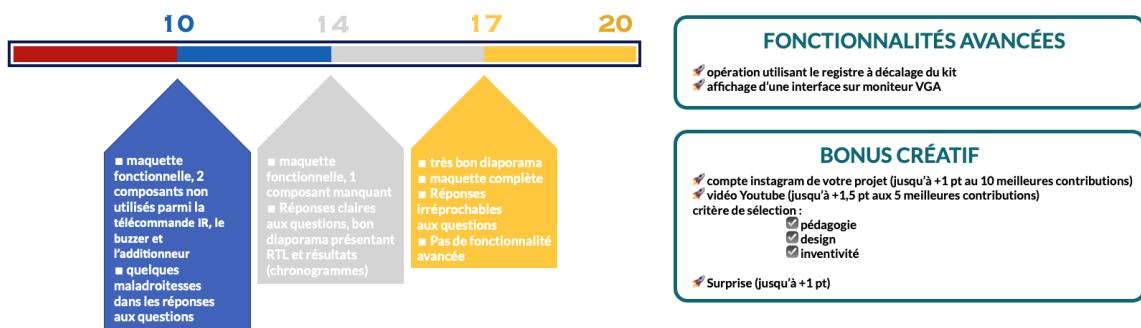
- Utiliser une machine à état ;
- Utiliser au maximum une approche de description structurelle ;
- Proposer un diagramme RTL optimisé (lecture limpide utilisant des descriptions structurelles) ;
- Avoir un reset est asynchrone ;
- Être capables d'expliquer l'intérêt de disposer d'un additionneur à retenue anticipée (Carry Look ahead Adder) tel que le 74LS283 fourni pour le projet³.

³Seuls la carte DE10 Lite (avec boîte et câbles) et l'éventuel adaptateur VGA - HDMI prêté pour le projet sont à rendre le jour de la soutenance. Vous pourrez garder l'additionneur

Évaluation

A. La soutenance

Les notes seront attribuées comme suit :



Les fonctionnalités avancées permettent d'avoir une note à la soutenance supérieure à 17/20.

Les bonus créatifs s'ajoutent à la note globale du projet⁴

B. Le rapport

Le rapport n'est pas à négliger, il fait partie de la moitié de la note du projet et sachez qu'une fois ingénieurs, vous serez amenés à documenter vos travaux et/ ou à vous référer à des documentations diverses. La grille de notation ne vous sera pas communiquée avant le rendu mais pensez à soigner à la fois le fond et la forme, et à bien tout expliquer. La répartition des points suivra celle qui est exposée dans le document "comment rédiger un rapport" section rapport de projet.

On attendra notamment à ce que pour chaque module, vous présentiez une vue RTL (pas de code dans le corps du rapport), que vous les expliquez correctement et que vous présentiez des chronogrammes commentés qui ont permis de valider le bon fonctionnement des différents modules avant intégration dans le top level entity. Il s'agit donc d'un rapport s'approchant du SAD que vous rendez pour ECE Cup.

Liste non exhaustive de modules dont le RTL et un chronogramme sont attendus :

- division d'horloge ;
- génération des PWM pour le buzzer ;
- les différentes opérations.

Par ailleurs, les états de la machine à état, l'utilisation des entrées / sorties de la DE10-Lite et le fonctionnement - branchement des composants externes (additionneur) devront clairement être exposés.

Bon courage !

⁴un dépôt à part sera demandé avec le nom des étudiants et un lien, un jury se réunira pour identifier les meilleures contributions.)