

Rapport : Conception d'une montre digitale

Description générale

Le projet de système logique de cette année consistait en la conception d'une montre digitale sur le logiciel de simulation Logisim. La montre fonctionne sur la carte électronique programmable DE10-Lite. Les entrées utilisées de la montre sont deux boutons poussoirs et un DIP-Switch. En sortie, il y a un buzzer, 6 afficheurs 7-Segments et 10 LEDs. La montre dispose de 5 fonctions principales :

- Une horloge classique (HH.MM.SS) réglable
- Une alarme réglable
- Un système permettant de changer de fuseau horaire
- Un chronomètre
- Un minuteur

Mode d'emploi

La montre dispose de deux boutons poussoirs A (celui du haut) et B (celui du bas). Pour naviguer entre les différentes fonctions de la montre, il suffit d'appuyer sur le bouton A pendant une seconde. Les LEDs indicatrices vont s'allumer petit à petit. Une fois la barre de LEDs entièrement allumée, on passe au mode suivant (flèche orange) comme indiquée sur la figure 1 ci-contre. Le

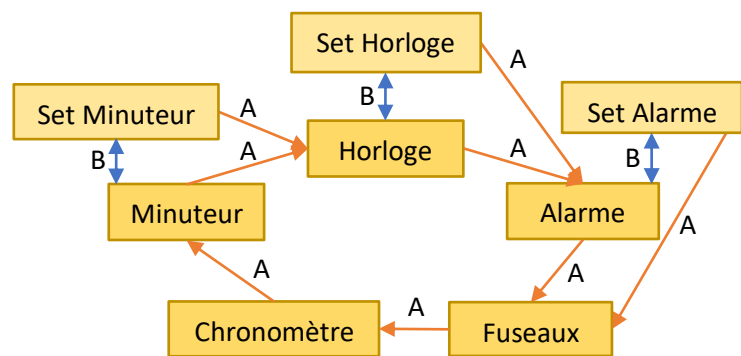


Figure 1 - Diagramme des fonctions

Le nom du mode s'affiche brièvement en défilement lors du changement (HORL, ALARME, FUSEAU, CHRONO, TIMER). Pour entrer dans le mode Set (réglage) d'une fonction (flèche bleue), il suffit d'appuyer sur le bouton B pendant une seconde. A nouveau la barre de LED va s'allumer pour indiquer le changement. Pour en ressortir, il faut réappuyer sur le bouton B pendant une seconde.

- Pour réinitialiser la montre, appuyer sur le bouton B longuement puis relâcher après le bip.
- Tous les modes de Set des différents modules fonctionnent de la même manière. Le chiffre qui clignote est celui qui est en cours d'édition. En appuyant, sur le bouton A, on peut changer la valeur de ce chiffre. En appuyant sur le bouton B, on peut éditer le chiffre suivant. L'édition des heures se fait de 0 à 23 et non de 0 à 9 ou de 0 à 5 comme pour les autres chiffres. L'horloge et le minuteur sont réglable à la seconde près alors que l'alarme est réglable à la minute près.
- L'alarme est (dés)activable à l'aide du DIP-Switch 8 depuis n'importe quel mode de la montre.
- Pour le mode fuseau, en appuyant sur le bouton B, on peut naviguer entre quatre capitales (Londres (par défaut), Paris, Pékin et Lima abrégée respectivement LON, PAS, PEI et LIA). Le décalage horaire par rapport au temps universel est affiché à côté du sigle de la capitale. L'heure de la montre sera changée en fonction de la capitale choisie. Attention, le réveil prend en compte le changement de fuseau horaire.
- Le chronomètre et le minuteur sont déclenchés lorsque le bouton B est pressé. On peut les mettre en pause en réappuyant sur le bouton B et les réinitialiser en appuyant sur le bouton A. Lorsque le minuteur arrive à zéro, il sonne. En appuyant sur le bouton A, on peut arrêter la sonnerie. Le minuteur peut être réglé à 23h59m59s maximum.

Machine d'états finis générale

Le diagramme représentant la machine d'états finis générale est présenté dans le mode d'emploi (figure 1). Il faut noter que les changements d'états symbolisés par des flèches ne sont pas de simples appuis sur des boutons. Vu que chaque transition (flèche orange) est déclenchée par la même condition logique (long appui sur A), le circuit de

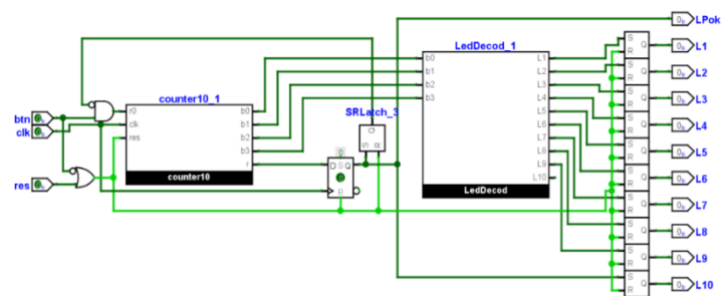


Figure 2 - Circuit d'appui long

changement de modes présenté ci-dessus (figure 2) possède un mécanisme permettant d'éviter une oscillation sur le cycle des modes. La flèche à double sens signifie que la condition pour aller d'une fonction à son mode de Set est la même condition que pour faire le chemin inverse : appuyer longtemps sur le bouton B. Là aussi, l'oscillation est bloquée par le circuit ci-dessus. L'avantage d'implémenter ces longs appuis, c'est qu'avec uniquement deux boutons, on peut gérer toute la montre (à l'exception de l'activation de l'alarme qui nous semblait plus pratique d'être implémentée par un switch). On utilise les appuis court sur les boutons pour effectuer tous les réglages des différentes fonctions et les appuis longs pour changer de mode.

Pour le circuit de la figure 2, on a mis en œuvre un système qui permet de prendre en compte ces longs appuis. A gauche, il y a un bloc compteur (counter10) qui compte jusqu'à dix. Une fois le bouton enfoncé, le compteur commence à compter. La clock est réglée pour effectuer un flanc montant chaque 0.1 s. Le compteur va s'incrémenter à chaque flanc montant allumant petit à petit les bascules SR branchées aux LEDs. Si le bouton est lâché avant qu'une seconde se soit passée, le circuit est réinitialisé. Lorsque le bouton est pressé au moins une seconde, l'entrée du bouton dans le compteur est désactivée et la sortie LPok est activée jusqu'au prochain flanc montant (0.1 s) permettant au circuit qui s'occupe des états de la FSM générale de changer d'état.

Mise en œuvre technique de systèmes

Fuseaux horaires

Pour les fuseaux horaires nous avons fait le choix de placer le module fuseau entre l'affichage et le module d'horloge. Cela veut dire que l'horloge et l'alarme fonctionnent sur le temps universel (UTC+0). Le module de fuseau se charge de décaler l'heure selon la capitale sur lequel il est réglé. Ci-dessous, le circuit de conversion de l'heure en UTC+0 à l'heure avec le fuseau horaire pris en compte. Celui-ci commence tout d'abord par convertir l'heure de décimale à binaire permettant ainsi d'effectuer des opérations arithmétiques. La partie du bas convertit le code correspondant à la capitale en son équivalent de décalage horaire. Les décalages négatifs sont complétés avec 24 (Lima passe de UTC-5 à UTC+19). Comme la montre ne compte pas les jours cela ne pose pas de problèmes d'ajouter

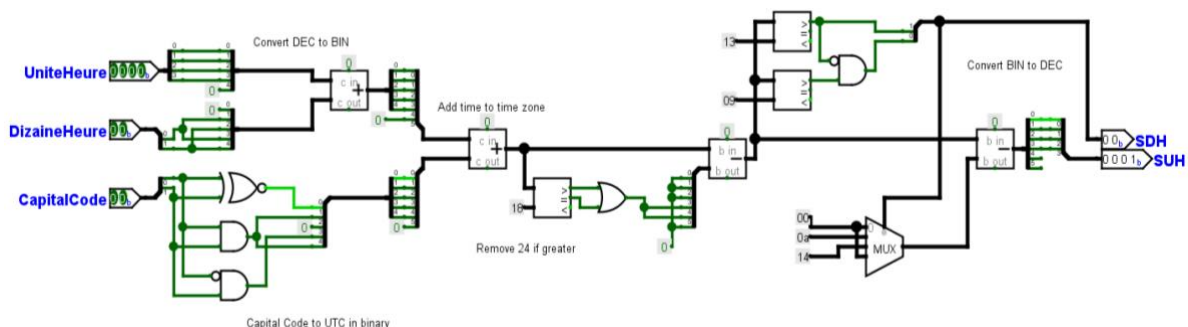


Figure 3 - Circuit de fuseau horaire

19 heures). Après l'addition du temps UTC avec le décalage, on soustrait 24 au résultat s'il est plus grand ou égal à 24 puis on reconvertit l'heure en décimales compatible avec l'affichage.

Partition et Buzzer

Pour l'implémentation de l'alarme sonore, nous avons décomposé celle-ci en deux modules. Tout d'abord, la partition (FSMMusic sur la figure 4) qui est composée d'une partie combinatoire et d'un compteur. Celui-ci compte jusqu'à 46 car la mélodie est composée de 41 doubles-croches. Nous en avons ajouté 5 de silence afin d'avoir une petite pause avant que la mélodie reprenne. A chaque incrémentation du compteur, correspond une note encodée sur 3 bits par la partie combinatoire.

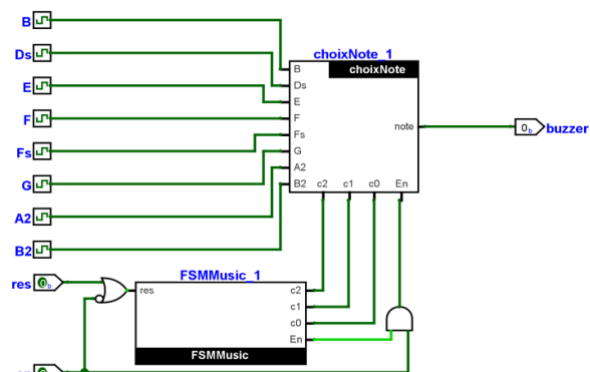


Figure 4 - Schéma de l'alarme sonore

Ensuite, il y a le décodeur de notes (choixNote sur la figure 4). Il fonctionne sur le même principe qu'un multiplexeur. Il prend en entrée le code binaire d'une note et relie le signal carré de la note voulue à la sortie. Cette sortie est directement reliée au pin du buzzer. Pour trouver le nombre de tics à régler pour chaque note, il suffit de diviser la fréquence de l'horloge principale (64kHz) par la fréquence correspondant à la note. Nous avons choisi 64kHz comme fréquence d'horloge pour avoir un bon compromis entre des notes qui sonnent juste et des signaux trop rapides pour un fonctionnement efficace de la montre.

Modules d'horloges, compteurs et décompteurs

Les réalisations de l'horloge, l'alarme, le chronomètre et le minuteur sont assez similaires. On retrouve des compteurs de 10 branchés sur des compteurs de 6 pour compter jusqu'à 60 et un compteur de 2 pour compter jusqu'à 24. Ces compteurs sont des compteurs synchrones à T-Flip-Flop. Comme on peut le voir, en haut de la figure 5, il y a un compteur appelé retardateur. Celui-ci compte les dixièmes de secondes et sa retenue est reliée au compteur des secondes. Ce retardateur nous permet d'utiliser une fréquence de clock plus rapide. En effet, lorsqu'on règle l'heure de la montre grâce aux boutons, les compteurs ne s'actualisent que sur des flancs montant. Il est donc plus pratique pour l'utilisateur de pouvoir changer les nombres tous les dixièmes de seconde plutôt que toutes les secondes.

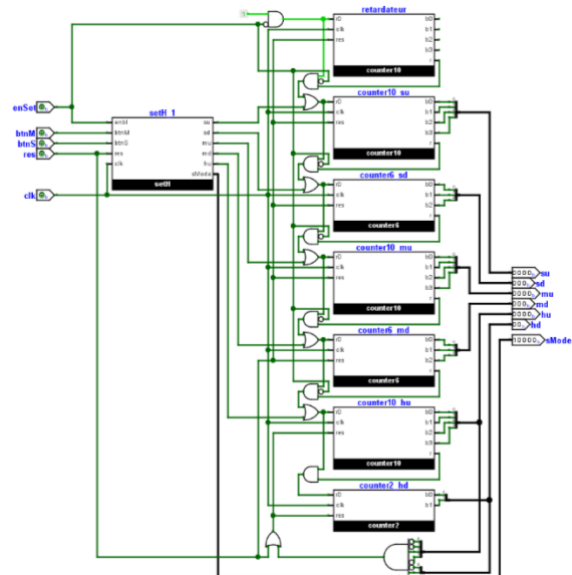


Figure 5 - Module de l'horloge

Le minuteur est composé de compteurs et de décompteurs. Les décompteurs sont des compteurs sauf que c'est la sortie inverseuse des T-Flip-Flop que l'on utilise. Les compteurs sont utilisés lors du réglage. Une fois le réglage fait, les compteurs sont « désactivés » passant le minuteur en mode décomptage.

Le chronomètre est comme l'horloge mais ne propose pas de fonction de réglage.

L'alarme est comme l'horloge mais elle ne possède pas de mécanisme de propagation de retenue. L'heure de l'alarme est ensuite comparée à l'heure de l'horloge. Si ce sont les mêmes l'alarme sonne.