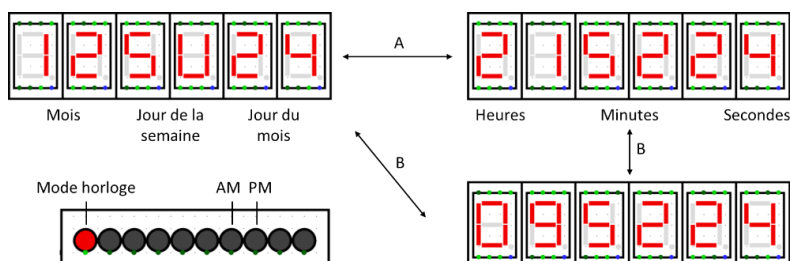


## Rapport - Projet de systèmes logiques - Montre digitale :

### 01 - Fonctionnalités et mode d'emploi :

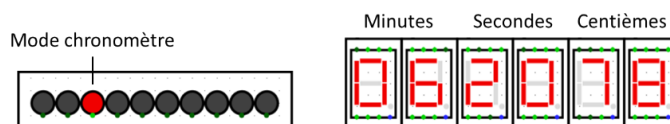
La montre se commande à l'aide de deux boutons poussoirs A et B, et propose **5 modes d'utilisation**. Le mode actuel est indiqué par une LED et la transition se fait par un appui simultané sur les deux boutons.

**Horloge** : permet de consulter le temps actuel. Un appui sur le bouton A permet de passer de l'affichage des secondes, minutes et heures à celui des jours du mois/semaine et du mois. Le compte des jours dépend du mois en question (28, 30 ou 31 jours).

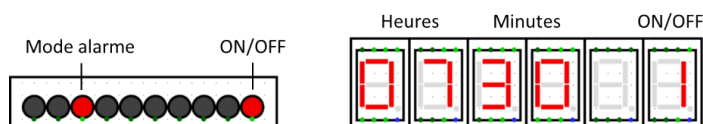


Un appui sur le bouton B change le **format de l'heure** (américain ou européen). En format américain, deux LED indiquent s'il s'agit du matin (AM, LED de gauche) ou de l'après midi (PM, LED de droite).

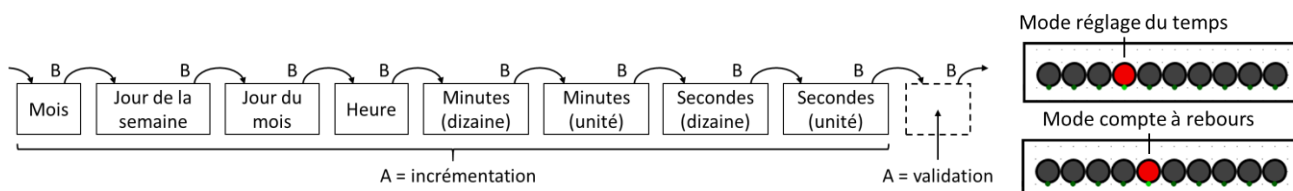
**Chronomètre** : un appui sur B démarre le chronomètre, un second appui sur B l'arrête. Si le chronomètre est arrêté, un appui sur A réinitialise le temps à zéro.



**Alarme** : afin de régler l'heure de l'alarme, le bouton B permet de changer de cadran (heures, minutes), et le bouton A d'incrémenter les nombres. Le cadran en train d'être modifié **clignote**. L'afficheur le plus à droite indique si l'alarme est activée (0 = OFF, 1 = ON). Une LED indique par ailleurs si l'alarme est activée, même lorsque l'on est dans un autre mode. Lorsque l'alarme s'enclenche, une **animation des LEDs** à lieu (à défaut d'un son), et il faut appuyer sur un bouton quelconque pour arrêter l'alarme.



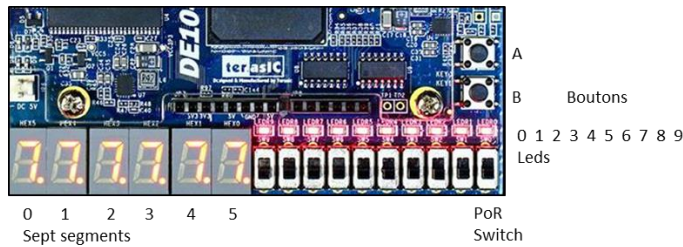
**Réglage de l'heure** : il est possible de régler (dans l'ordre) le mois, le jour de la semaine, le jour du mois, l'heure, les minutes et les secondes. Le bouton B permet de passer d'un cadran à l'autre, et le bouton A d'incrémenter les valeurs. Après avoir régler les secondes, un appui sur B fait cesser le clignotement des cadrans. Un appui sur A permet alors de valider le réglage du temps. Un second appui sur B provoque un retour au réglage des mois, jours, etc.



**Compte à rebours** : le temps initial (heures, minutes, secondes) se règle de façon analogue au mode précédent. Lorsque plus aucune led ne clignote, un appui sur A permet de lancer et arrêter le compte à rebours. Un appui sur B permet de retourner au réglage du temps pour le compte à rebours, directement sur les valeurs actuelles.

## 02 - Spécifications techniques :

### Installation et initialisation :



Fréquence des tics : 2048 Hz

Au démarrage de la montre, l'initialisation des mémoires se fait via une commande « **Power on Reset** », implémentée ici par un switch (dans un système réel, le PoR serait réalisé électroniquement avec un circuit RC).

### Gestion des fréquences et précision :

La fréquence des tics que nous avons utilisée est de 2048Hz. La fréquence de la clock principale est donc de 1024 Hz (1 tic dans chaque état). Afin d'obtenir une impulsion (front montant) toutes les secondes, nous nous servons de l'overflow d'un compteur 10 bits piloté par la clock à 1024 Hz. La précision sur le temps dans le mode horloge est donc supposée parfaite.

Pour la fonction chronomètre, les centièmes de secondes sont obtenus avec un registre à décalage à 10 bascules, pilotées par la clock. En effet  $1024/100 = 10.24$ , il faut donc 10 périodes de l'horloge pour approximer au mieux un centième de seconde, soit une période de 9.766 ms. L'**erreur** réalisée à chaque centième de seconde est donc de  $2.344 \cdot 10^{-4}$  s, et à chaque seconde de  $2.344 \cdot 10^{-2}$  s.

Remarque : les impulsions à la fréquence souhaitée sont dirigées vers la logique de transition des machines d'état fini, et non pas vers les entrées d'horloge des mémoires flip-flop (usage des bonnes pratiques).

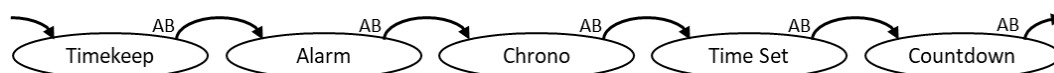
### Gestion des entrées :

Les signaux issus des **boutons poussoirs** sont traités par un système de **switch debouncing** qui supprime les effets de rebonds à l'aide d'un compteur 5 bits piloté par la clock. Un signal « propre » de 31.25 ms est nécessaire afin de valider l'appui. Le signal obtenu est ainsi un flanc montant parfait.

Un autre module détecte ensuite si deux appuis ont lieu simultanément dans un intervalle de 125 ms. Ces trois types d'appuis (simple A, simple B, double A et B) nous permettent de commander entièrement la montre. Cela garantit une utilisation **simple** et intuitive.

### Machines d'état :

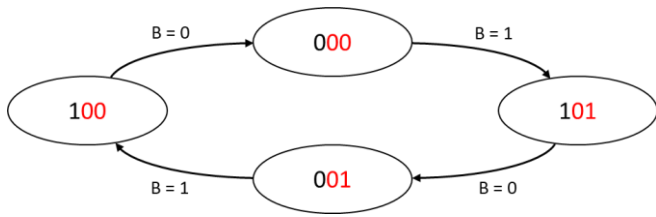
La machine d'états générale permet le passage entre les cinq modes d'utilisation. L'état par défaut lors de l'initialisation (Power on Reset) est l'horloge (Timekeep).



L'ensemble de nos machines d'états finis sont synchrones. On en dénombre deux « types » :

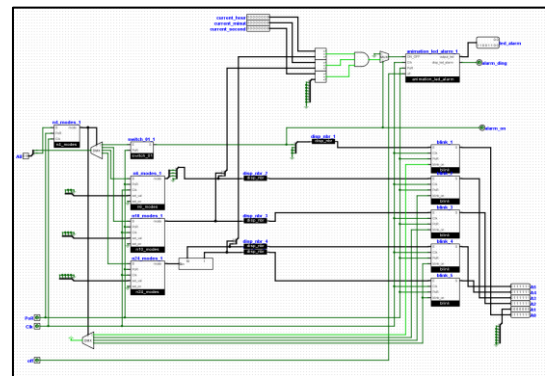
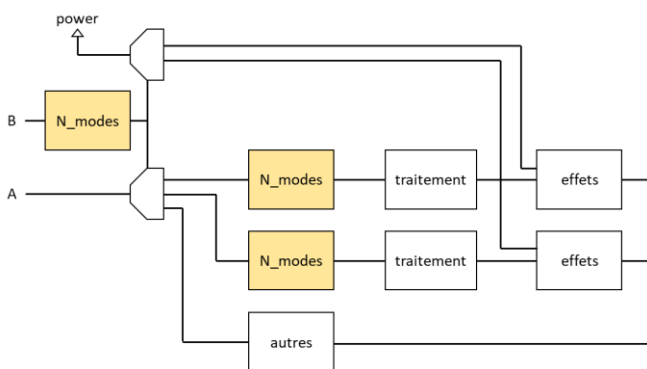
**Machines type « compteur »** : l'état évolue tant qu'un signal en entrée est à 1. Nous les utilisons pour l'incrémentation des valeurs (horloge, chronomètre, etc), dans la mesure où la progression dans les états ne nécessite pas d'action de l'utilisateur.

**Machines à « modes »** : l'état en sortie change uniquement sur les fronts montants d'une entrée. Nous les utilisons dès lors que l'action de l'utilisateur est requise pour passer d'un état à un autre (passer d'un mode à l'autre, d'un cadran à un autre, sélectionner une valeur, etc). En voici un exemple à deux états :



Seuls les deux derniers bits représentent l'état « utile » de la machine. Une action de l'utilisateur (appui + relâchement du bouton) provoque donc un seul changement d'état au moment du front montant.

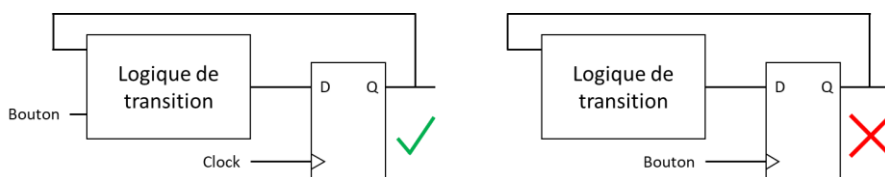
Ces machines sont adoptées à de multiples reprises dans le projet (alarm, time set, countdown). Elles permettent par exemple le réglage des valeurs sur les différents cadrans. Une première machine d'états finis permet de sélectionner le cadran devant être modifié ; la deuxième entrée (bouton) est alors redirigée via un multiplexeur vers d'autres machines d'états finis afin de modifier les valeurs, ou de réaliser d'autres actions. De plus, selon l'action en train d'être effectuée, il est possible d'activer des effets supplémentaires pour le traitement des sorties (clignotement, etc).



Exemple du module alarme qui adopte cette architecture

### Usage des bonnes pratiques :

Dans la totalité du projet, nous avons veillé à n'utiliser que la clock sur les entrées dédiées des mémoires flip-flop, des compteurs, etc. Ce fût une des difficultés majeures que nous avons rencontrées, et la solution apportée fût les machines d'états à « modes ».



### Autres solutions techniques originales :

Dans les modes où l'utilisateur peut modifier des valeurs sur les cadrans, le cadran en train d'être modifié **clignote** à intervalles réguliers. Cette fonctionnalité est réalisée à l'aide d'un compteur dont l'overflow vient modifier l'état d'une machine qui conditionne l'affichage ou non de la valeur sur le cadran.

Lorsque l'alarme sonne une **animation des leds** à lieu. Le fonctionnement est similaire : l'overflow du compteur modifie l'état d'une machine à plusieurs états définissant l'allumage des leds.

Led	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Etat 1										
Etat 2										
Etat 3										