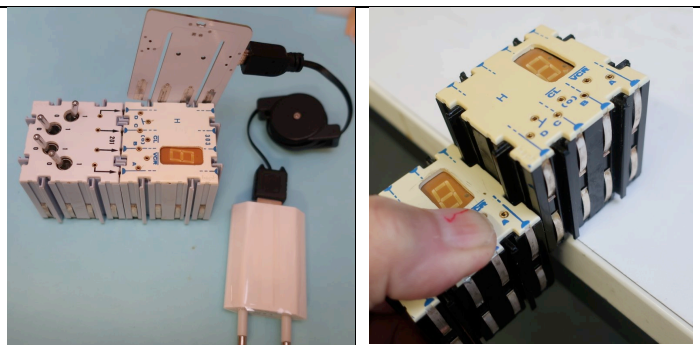


Horloge électronique

L'atelier « Compteur binaire » permet d'expérimenter avec un compteur binaire en Logidules. Ici, on construit une horloge en Logidules et on peut très bien commencer avec cet atelier.

Mise en route

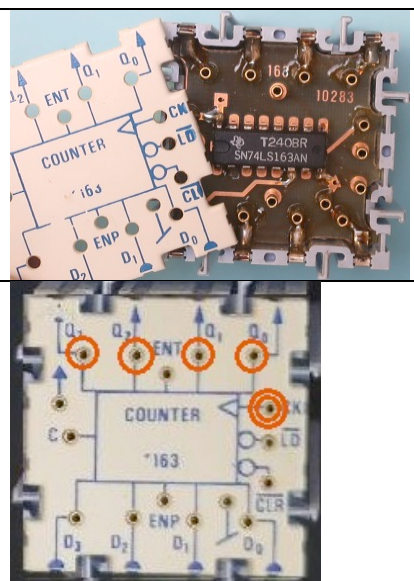
On accroche toujours les logidules avec un coin commun. On les sépare plus facilement sur un bord de table.
 Chaque douille logidule a 2 états :
 0 (proche de 0V) et 1 (entre 4 et 5V).
 Les entrées non connectées sont à l'état 1.
 Un adaptateur USB apporte le 5V et la tension se propage par les contacts inférieurs.



Compteur binaire '163

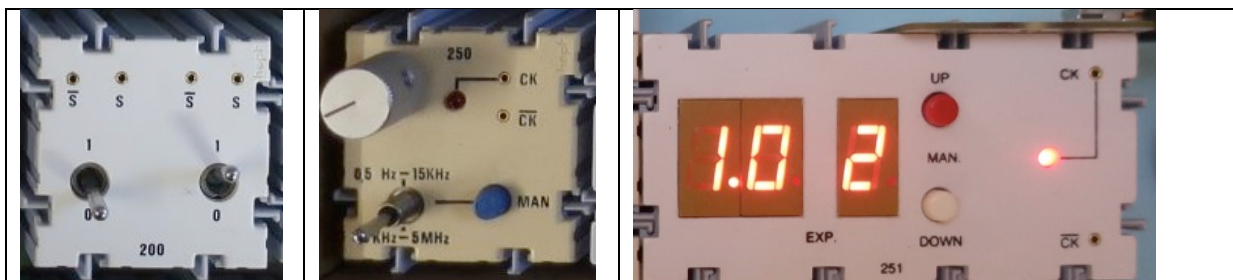
Les circuits logiques existent depuis les années 70 sous forme de boîtiers 14 ou 16 pattes. Des centaines de types sont encore utilisés pour construire des interfaces ou faire des montages simples, voir sur le web les "74xx instructables".
 Les logidules ont simplement mis cette famille de circuits dans des boîtiers pratiques à câbler.

Le 74163 et ses variantes est un compteur 4 bits sorties Q3 Q2 Q1 Q0 de poids 8 4 2 1), qui sait faire trop de choses pour nous.
 Le signal Ck (clock) fait avancer le compteur pour une transition 0→1 (front montant)
 Le signal Clr qui permet de mettre à zéro n'est pas utilisable pour tout remettre à zéro. Ce n'est en fait pas nécessaire : une horloge se met à l'heure, pas à zéro!



Pour tester, il faut pouvoir envoyer des impulsions et afficher des valeurs en binaire et en décimal. Jouez avec les interrupteurs et oscillateurs pour vous familiariser.

Oscillateurs



L'oscillateur qui a un affichage est original. La fréquence est affichée en "virgule flottante". Sur la photo, on lit 100 Hz ($1,0 \times 10^2$).

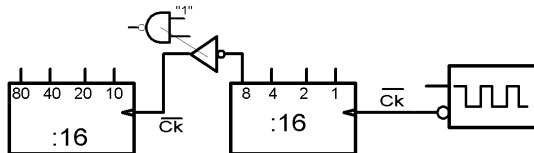
En dessus de 15 Hz, on ne voit plus la Led de l'oscillateur osciller. Le truc est de secouer le logidule rapidement, pour voir les traces lumineuses de la Led.

En pesant sur les 2 poussoirs simultanément, on passe en mode manuel ou retourne au mode générateur de fréquence.

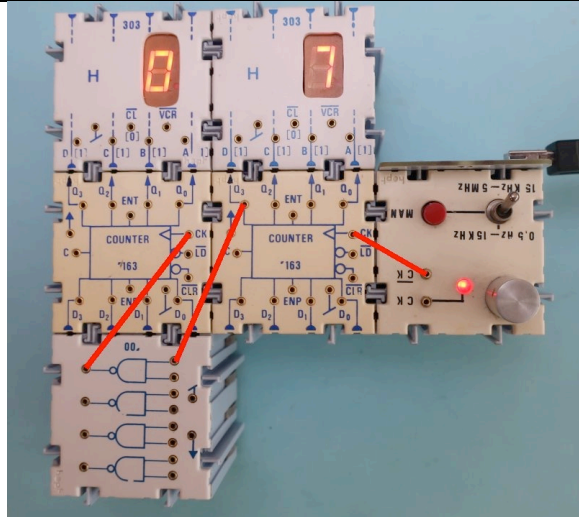
Cascader les compteurs

Testons le compteur '163 qui divise par 16 et on va de suite en câbler 2 pour diviser par 256. On voit que l'affichage hexadécimal donne un chiffre ou une lettre à toutes les valeurs binaires. Pour cascader deux compteurs, notre câblage "asynchrone" demande un inverseur pour le signal Ck. Cet inverseur se fait avec une porte **NAND**.

Manip #1



Le schéma représente la fonction à réaliser. On assemble les logidules en les disposants autant que possible comme sur le schéma. On câble avec des fils le plus court possible en suivant le schéma, et en évitant de se tromper de douille.



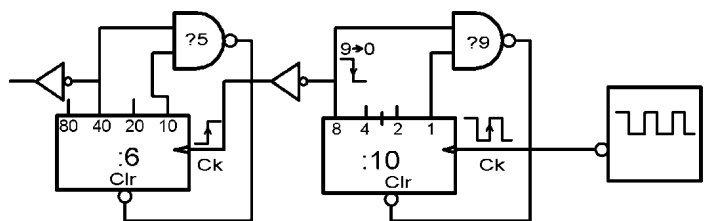
Compter en décimal

Si on compte en décimal, après le 9, on doit avoir 0. Le compteur binaire a une entrée /Clr, lue à chaque front montant d'horloge. Si on décode l'état 9 et qu'on l'utilise pour activer le /Clr, on va passer à zéro c'est ce que l'on veut. L'état 9 se repère parce que les bits de poids 1 et 8 (bits 0 et 3) sont à l'état "1". Une porte ET est alors utilisée pour décoder le 9, et il faut un inverseur parce que le signal /Clr est actif à zéro. Un logidule **NAND** sera utilisé. Pour un compteur par 6, on va décoder le 5.

Manip #2

Le compteur par 10 décode l'état 9, le compteur par 6 décode l'état 5. Le schéma logique montre clairement les connexions.

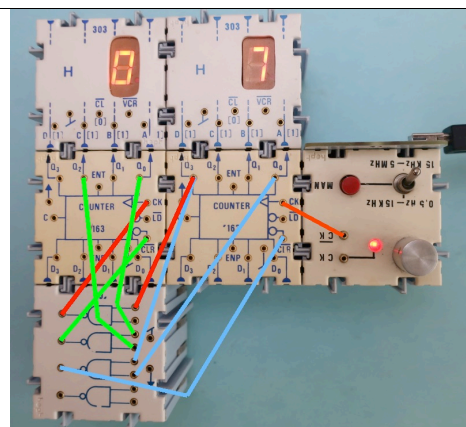
On peut diviser par d'autres valeurs.



Quand on a le schéma dessiné avec un logiciel de CAD (computer assisted design), on choisit quels circuits intégrés utiliser dans un catalogue (74LS163, 74LS00) et on dessine le circuit imprimé sur lequel seront soudés ces composants.

Mais avant la fabrication du circuit imprimé, il faut tester ou simuler.

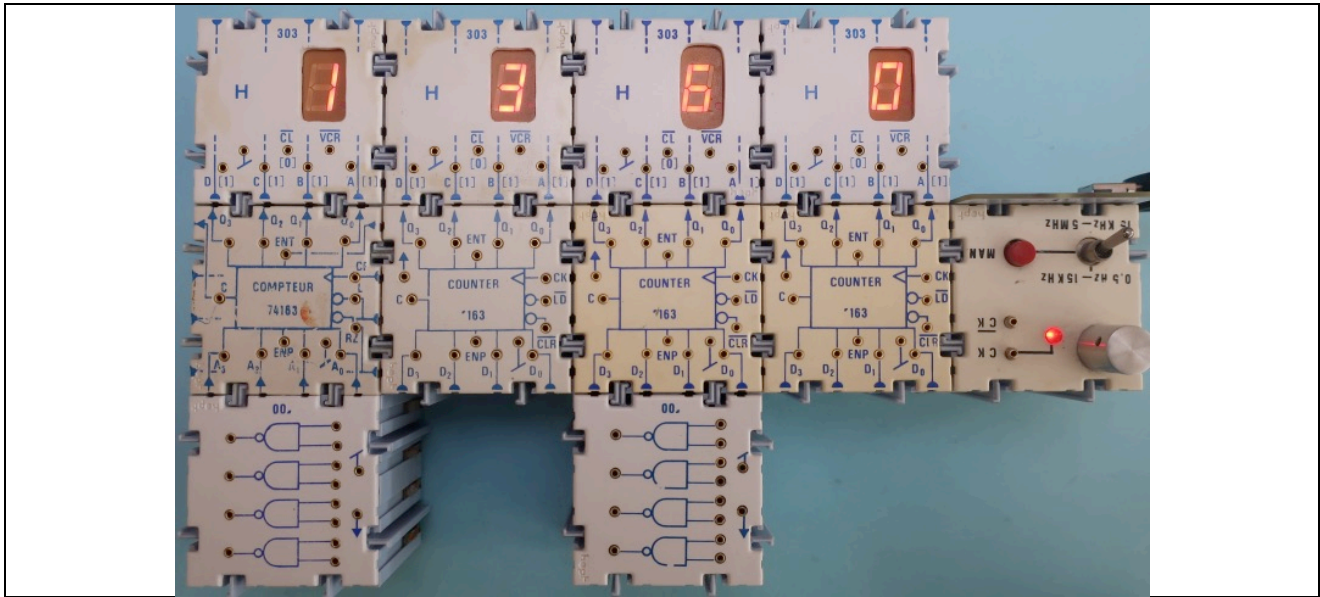
Essayez une autre disposition du logidule NAND pour apprendre à câbler.



Horloge minutes-secondes

On peut maintenant cascader deux compteurs par 60 et utiliser l'oscillateur réglé sur une seconde pour compter le temps.

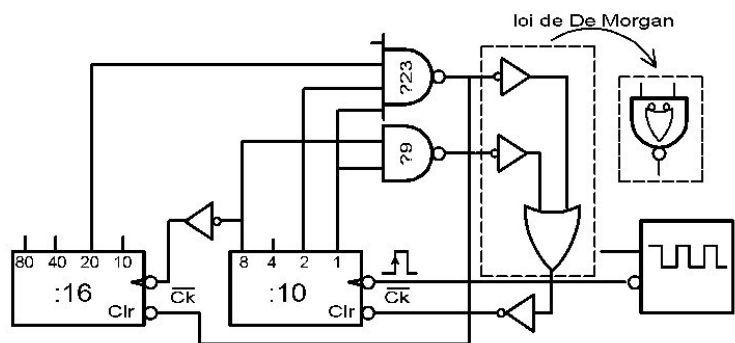
Manip #3



Compteur par 24

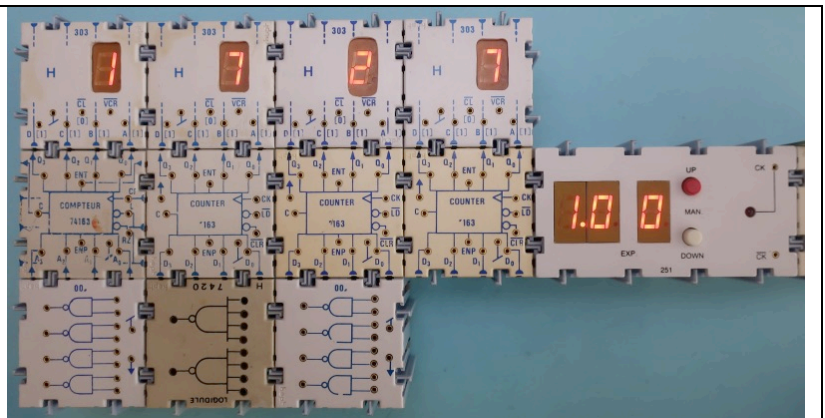
Le compteur des heures oblige à bien comprendre ce qui se passe avant de câbler. Il faut un compteur par 10 qui va compter 0..9 10..19 20 21 22 23. On peut reconnaître le 23 avec une porte ET, mais attention, le compteur par 10 doit être remis à zéro dans les états 9, 19 **OU** 23. En français on dirait "ET aussi", mais c'est bien une condition OU et il nous faut une porte logique OU pour combiner le ET qui décode le 9/19 et le ET qui décode le 23.

On voit que l'on décode l'état 23 (0010 0011) pour mettre à zéro les dizaines, et aussi les unités, puisque le prochain état est zéro. On doit utiliser une porte NAND à 4 entrées. La loi de De Morgan permet de remplacer le OU par une NAND. On peut aussi remplacer le NAND 4 entrées par deux AND en cascades.

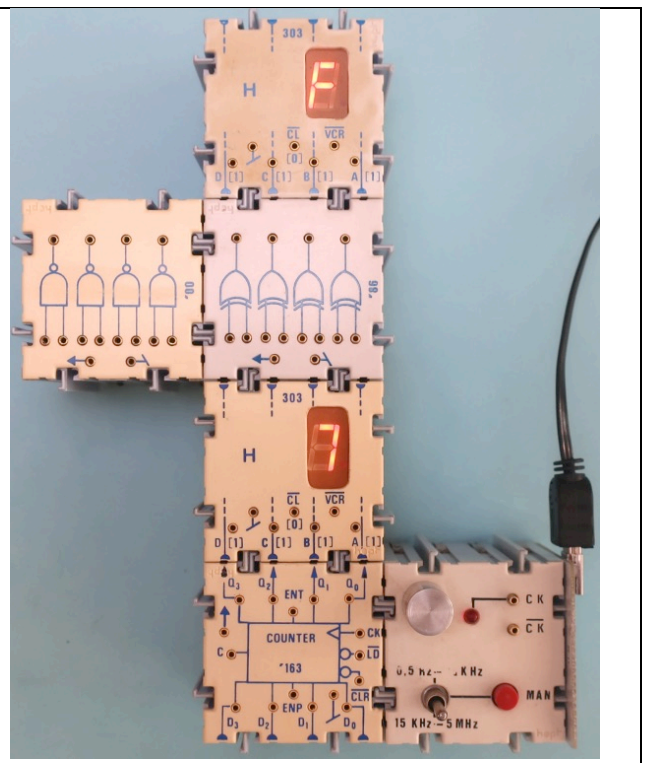
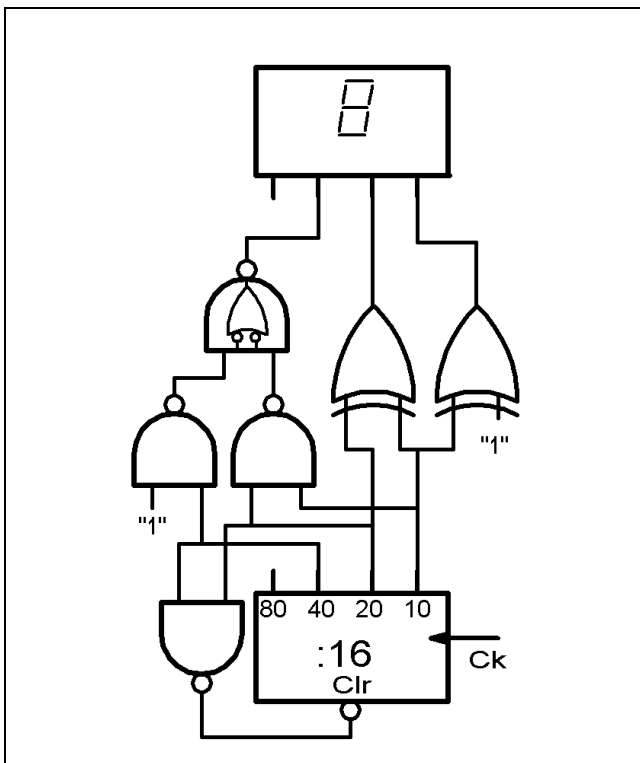


Manip #3

Recâbler la Manip#2 et vérifier avant d'ajouter le compteur par 24.



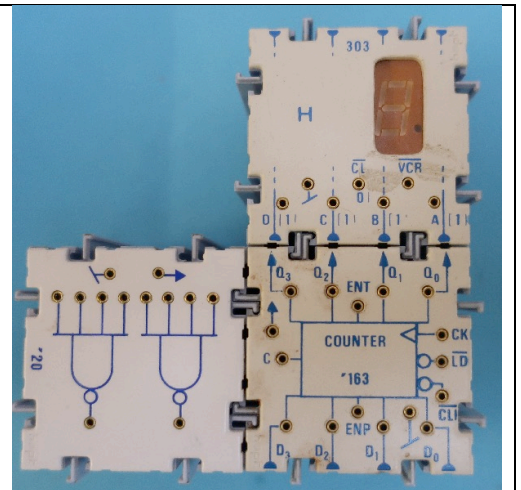
000	001
001	010
010	011
011	100
100	101
101	110
110	111
111	---



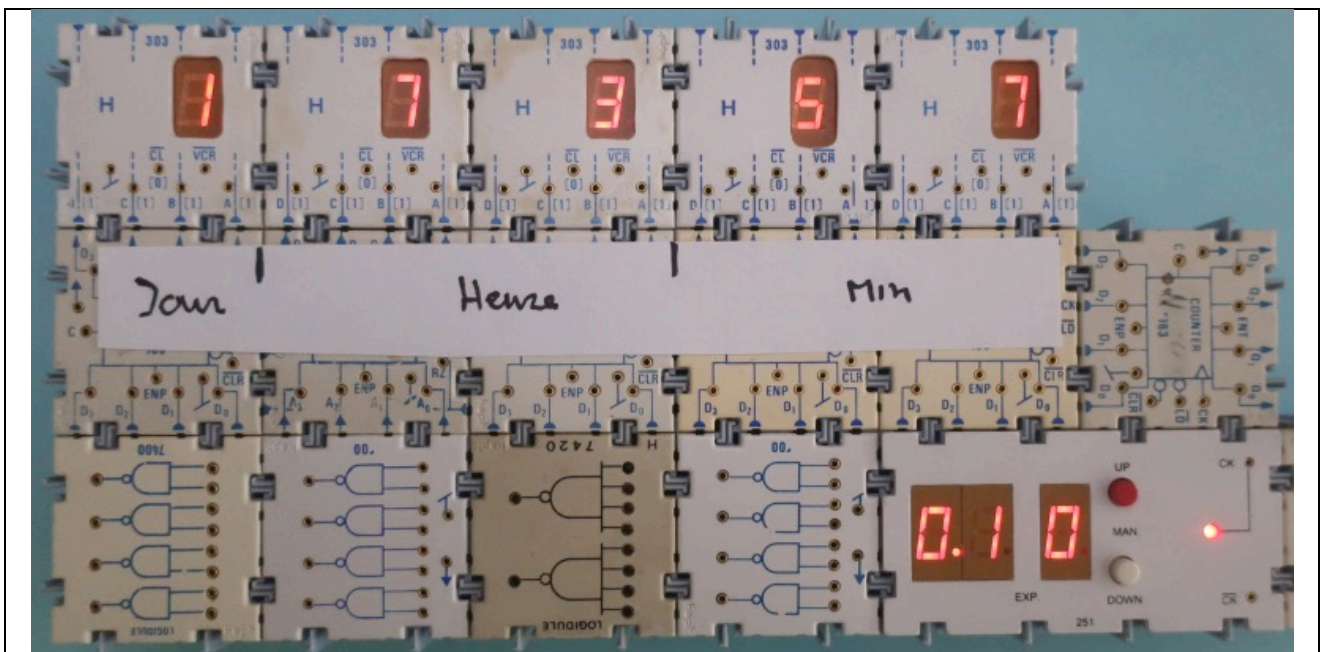
Une autre solution est de faire ne sorte que le compteur compte à partir de 1.

Le 163 a une entrée /Ld statique qui charge les 4 bits en entrée.

On peut donc câbler 0001 sur ces entrées et charger quand l'état 7 est atteint avec une porte NAND à 3 entrées.



Manip #5 Horloge complète

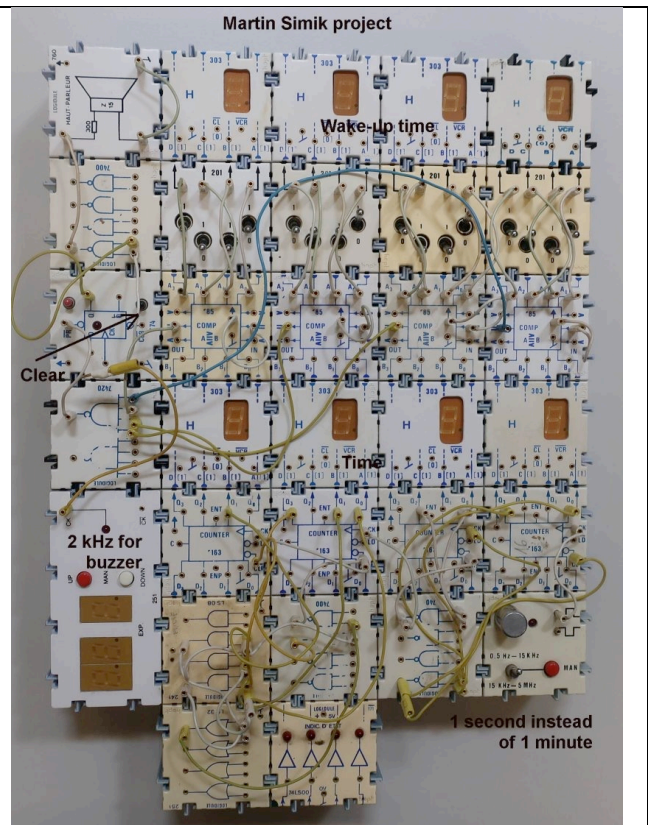


Réveil matin

Il existe des circuits comparateurs 4 bits que l'on peut cascader pour tester une égalité avec les 16 bits de l'horloge 24 heures.

Quand le comparateur donne le signal d'égalité avec les interrupteurs qui codent l'heure de réveil, une bascule s'active et un oscillateur excite un haut parleur.

On remet à zéro la bascule pour couper l'alarme.



Mise en ordre

Séparer tous les fils en les rangeant. Dans la boîte, les groupes de 2 ou 4 logidules identiques peuvent rester accrochés.