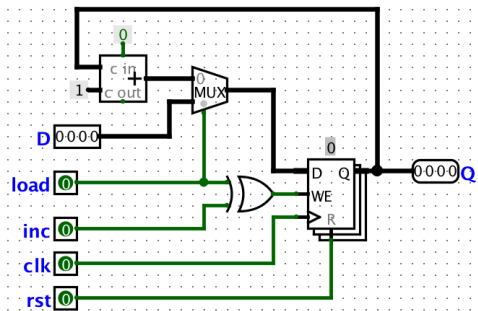





Avant de commencer le TP, copiez le répertoire l3info\PFO\TP2 dans un répertoire de votre compte étudiant. Vous travaillerez ensuite exclusivement sur ce répertoire.

1) Echauffement : compteur binaire 4 bits (30 minutes)

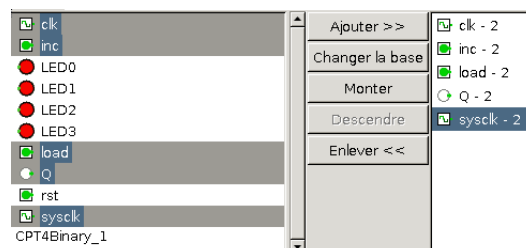
On s'intéresse à un **compteur binaire 4 bits** avec commande de chargement pour lequel une mise en œuvre est disponible dans le fichier **CPT4Binary.circ** et rappelée ci-dessous.



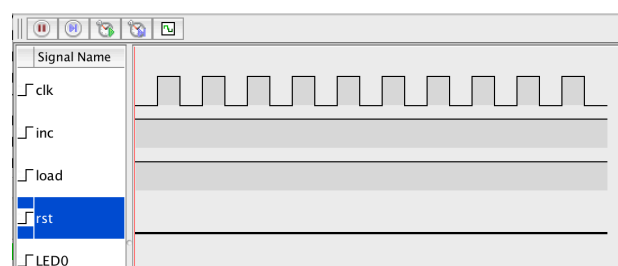
Rst	Clk	load	inc	Q^{t+1}_{BCD}
1	-	-	-	00000
0		0	0	Q^t_{BCD}
0		0	1	$Q^t_{BCD} + 1$
0		1	-	D^t_{BCD}


Afin de vérifier le comportement de ce circuit, vous allez produire un chronogramme de fonctionnement du circuit. Pour ce faire vous allez suivre les étapes suivantes :

1. Ouvrir le banc de test virtuel **test_CPT4Binary.circ**,
2. Dans le menu **simulation**, sélectionnez **chronogramme**, une boîte de dialogue devrait s'ouvrir. Vous pourrez alors sélectionner les signaux **sysclk**, **clk**, **inc**, **load** et **Q** à faire apparaître sur le chronogramme (sélection d'un signal dans la partie gauche, puis commande **ajouter**).



3. Cliquez ensuite sur **start chronogram**, une nouvelle fenêtre doit alors apparaître, celle-ci affiche l'évolution des valeurs des signaux tracés dans le temps.



4. Pour produire un chronogramme, il faut forcer les entrées de votre circuit (sur le schéma du circuit) aux valeurs que vous souhaitez, puis cliquer sur la commande  pour passer au cycle d'horloge suivant.

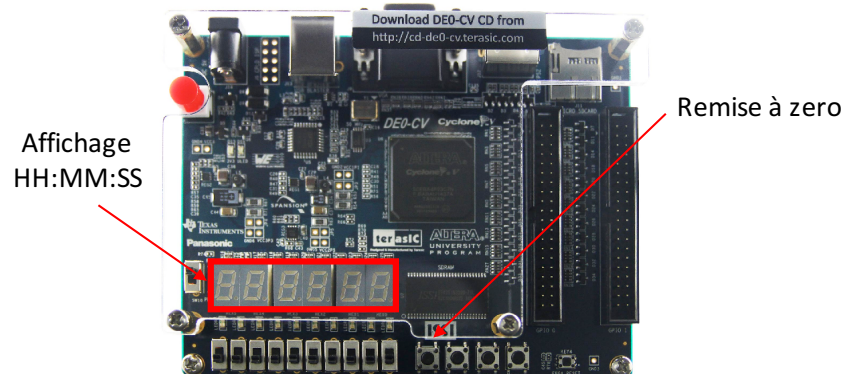
Questions

1. Le comportement du compteur est-il conforme à sa spécification ? Produisez un chronogramme mettant en évidence l'erreur de conception, et faites-le valider par l'encadrant de TP.

2. Une fois l'erreur identifiée, corrigez-là, et validez le bon fonctionnement du circuit à l'aide d'un nouveau chronogramme.

2) Les choses sérieuses commencent : la représentation BCD

Le but de cette séance est de vous faire concevoir un circuit qui implémente une horloge numérique, telle que vous pouvez en trouver dans les réveils matin, montres et autre chronomètres. Celui-ci sera ensuite implanté sur la carte de TP suivant l'affectation des entrées-sorties donnée ci-dessous :



Lors du TD1, vous avez vu comment il était possible, à l'aide de compteurs modulo, de construire un circuit qui permette de calculer l'heure, les minutes et secondes courantes.

Le problème de ce circuit est que les valeurs étant codées en binaire pur, l'afficheur 7 segment indiquera les heures, minutes, et secondes en hexadécimal. Par exemple, au lieu d'afficher 11h45m34s, il affichera 0b:2d:22.

Afin de permettre un affichage en base dix, nous allons donc utiliser un codage BCD.

Extrait de Wikipedia [https://fr.wikipedia.org/wiki/Décimal_codé_binaire]

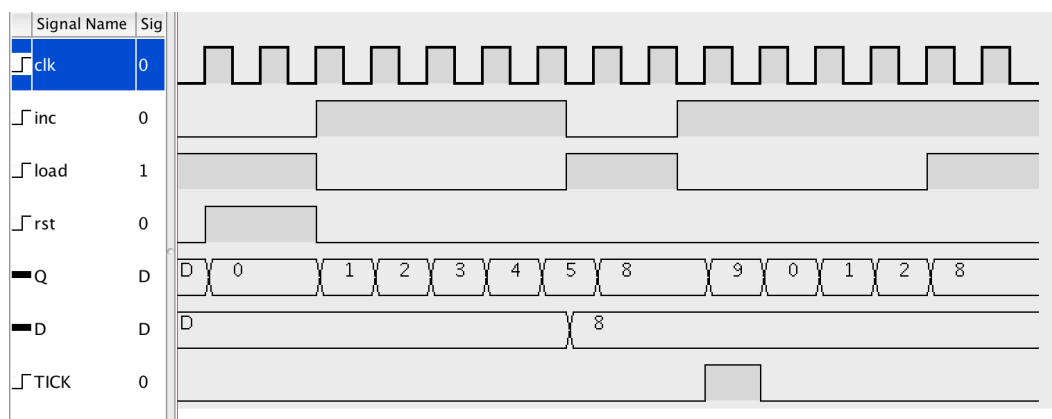
Le **décimal codé binaire** (DCB) (**binary coded decimal** ou BCD en anglais), est un système de numération utilisé en électronique et en informatique pour coder des nombres en se rapprochant de la représentation humaine usuelle, en base 10. Dans ce format, les nombres sont représentés par les chiffres décimaux les composant, et chacun de ces chiffres est codé sur quatre bits.

Ainsi, pour coder un nombre tel que 127, il suffit de coder chacun des chiffres 1, 2 et 7 séparément, et l'on obtient la valeur 0001 0010 0111. De même pour le nombre 420, chacun des chiffres 4, 2 et 0 sont codés en binaire, ce qui donne 0100 0010 0000.

3) Conception d'un compteur BCD 4 bits (30 minutes)

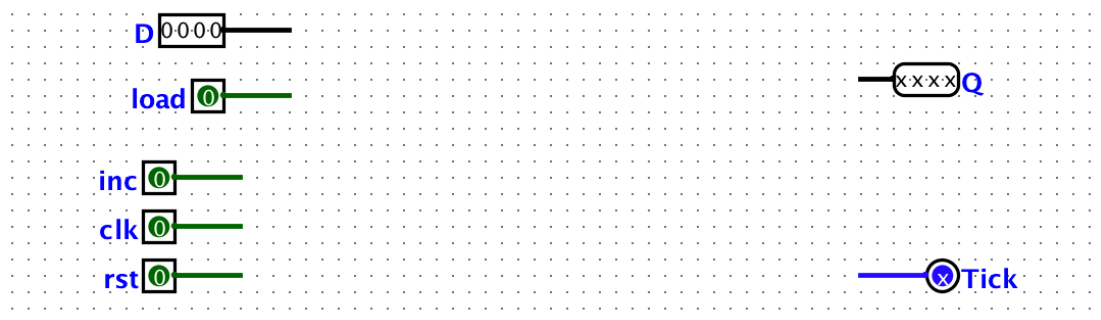
La seconde étape de ce TP sera de mettre en œuvre un compteur BCD 4 bits, qui permettra de compter de 0 à 9. Ce compteur disposera également de commandes pour la remise à zéro synchrone et le chargement. Une table précisant le fonctionnement du composant ainsi qu'un chronogramme sont fournis ci-dessous.

Rst	Clk	load	inc	Q^{t+1}_{BCD}	tick (combinatoire)
1	-	-	-	00000	1 si $Q_{BCD}=1001$
0		0	0	Q^t_{BCD}	
0		0	1	$(Q^t_{BCD}+1)\%10$	
0		1	-	D^t_{BCD}	



Questions

1. Complétez le fichier **CPT4BCD.circ** avec une mise en œuvre d'un compteur BCD (il est vous est conseillé de vous inspirer de l'exercice 2 du TD1). **Attention** : pour définir une constante, par exemple la constante 1001, il faut utiliser l'outil Constante de la palette Câblage, puis configurer sa largeur à 4 bit et sa valeur à 1001.





2. En utilisant le fichier **test_CPT4BCD.circ**, vérifiez le bon fonctionnement du circuit à l'aide d'un chronogramme, puis validez vos résultats auprès de l'encadrant de TP avant de passer à la question suivante.

4) Conception d'un compteur BCD 8 bits modulo P (30 minutes)

On souhaite maintenant concevoir un compteur/décompteur 8 bits BCD modulo P , c'est-à-dire un compteur capable de compter/décompter dans l'intervalle de valeurs $\{0, 1, \dots, P-1\}$ et où la valeur du compteur est représentée en BCD sur 8 bits.

Attention ! Pour une valeur de $P = 0x28$, la séquence de valeurs hexadécimales produite par le compteur sera $\{0x00, 0x01, \dots, \underline{0x09}, \underline{0x10}, 0x11, \dots, \underline{0x19}, \underline{0x20}, 0x21, \dots, \underline{0x27}, \underline{0x00}, \dots\}$.

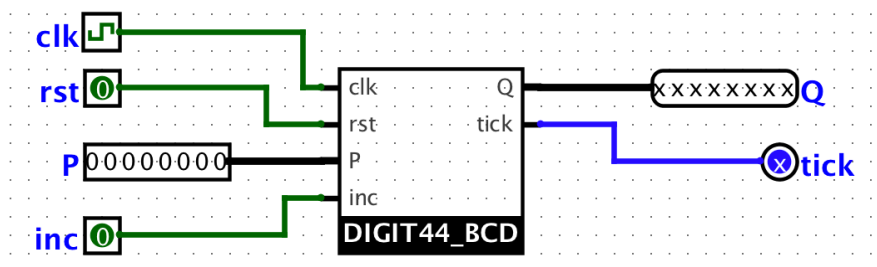
Ce compteur dispose également de commandes pour la remise à zéro synchrone et le chargement. L'interface extérieure du composant est fournie ci-dessous.

Rst	Clk	Inc	Q^{t+1}_{BCD}	tick (combinatoire)
1	-	-	00000000	1 si $Q_{BCD} = P_{BCD} - 1$
0		1	$(Q^t_{BCD} + 1) \% P_{BCD}$	
0		0	Q^t_{BCD}	

- Quelle est la valeur maximale pouvant-être prise par l'entrée P ? _____
- Donner le codage de cette valeur en BCD sur 8 bits : _____
- En vous basant sur le circuit vu en 2), proposez une mise en œuvre de ce circuit en complétant le fichier **DIGIT44_BCD.circ**, dont la structure est donnée ci-dessous.



- En vous basant sur le banc de test **test_DIGIT44_bcd**, produisez un chronogramme permettant de vérifier (au moins partiellement) le bon fonctionnement du circuit, que vous ferez valider par l'encadrant de TP.



5) Conception de la montre numérique (30 minutes)

Ouvrez le fichier **BCD_WATCH.circ** dans logisim. Celui-ci fourni une mise en œuvre d'une montre numérique dans laquelle les valeurs des heures, minutes et secondes sont représentées en utilisant un codage BCD. Cette mise en œuvre se base sur le composant **digit44.circ** que vous avez conçu aux questions précédentes.

- a) Le circuit fonctionne-t-il correctement ? Si non dérivez le problème observé.
- b) Corrigez la mise en œuvre du circuit, puis validez son fonctionnement sur la carte.