
Le problème du déphasage d'horloge



Pierre Langlois

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/ca/>

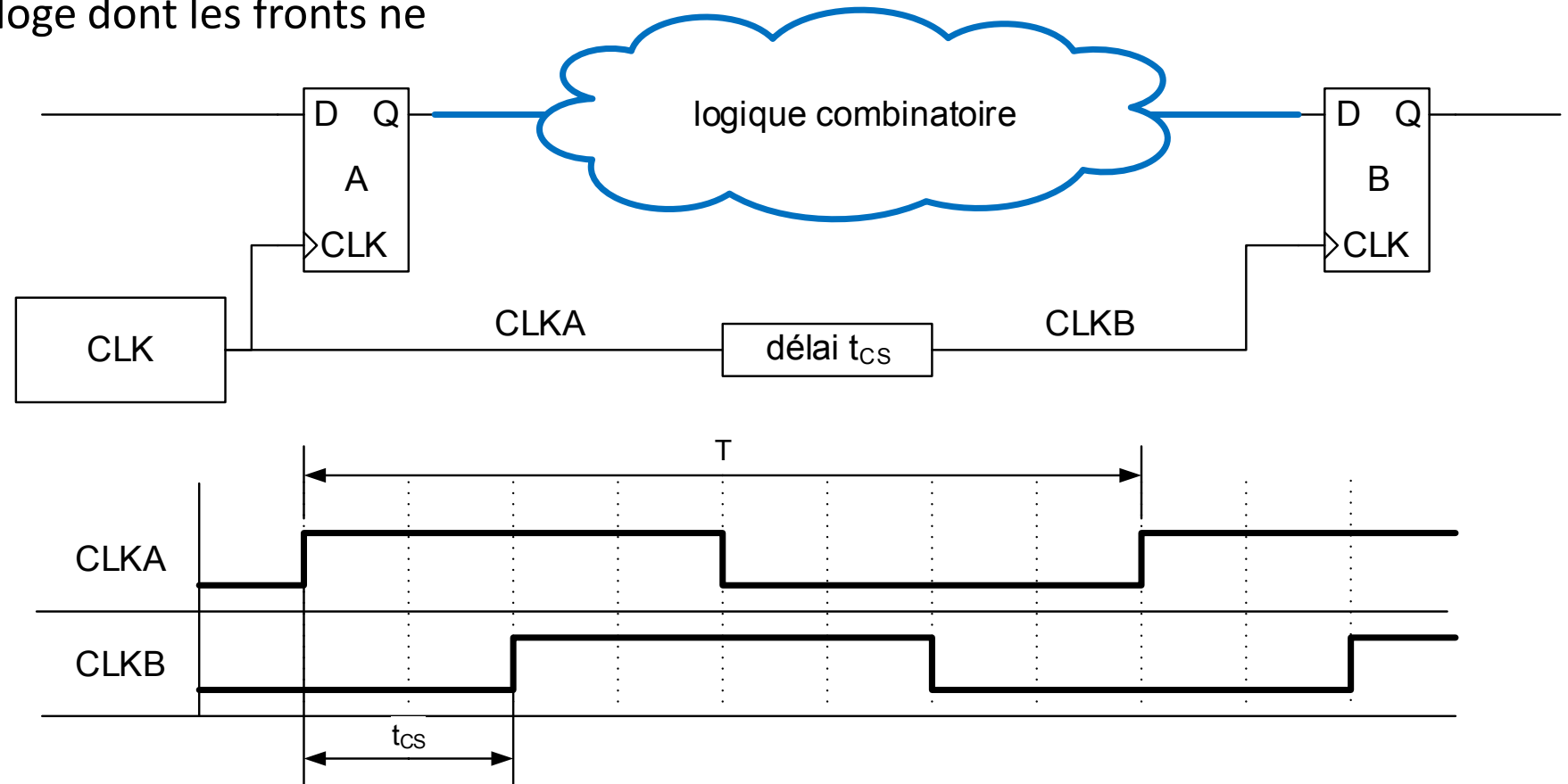
Le problème du déphasage d'horloge

Sujets de ce thème

- Définition
- Causes: 3 possibilités
- Conséquences: 3 cas
- Exemple

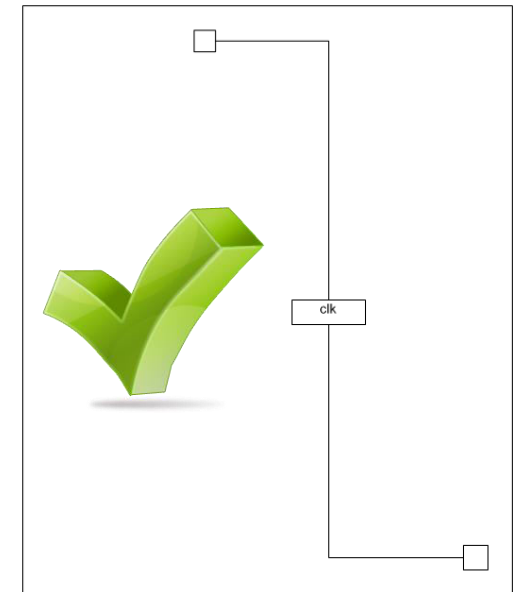
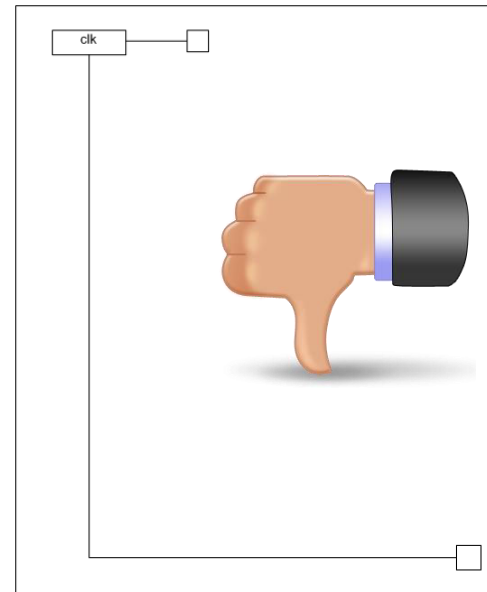
Le déphasage d'horloge

- Le déphasage d'horloge (*clock skew*) est une situation où les deux bascules d'un chemin reçoivent un signal d'horloge dont les fronts ne sont pas simultanés.



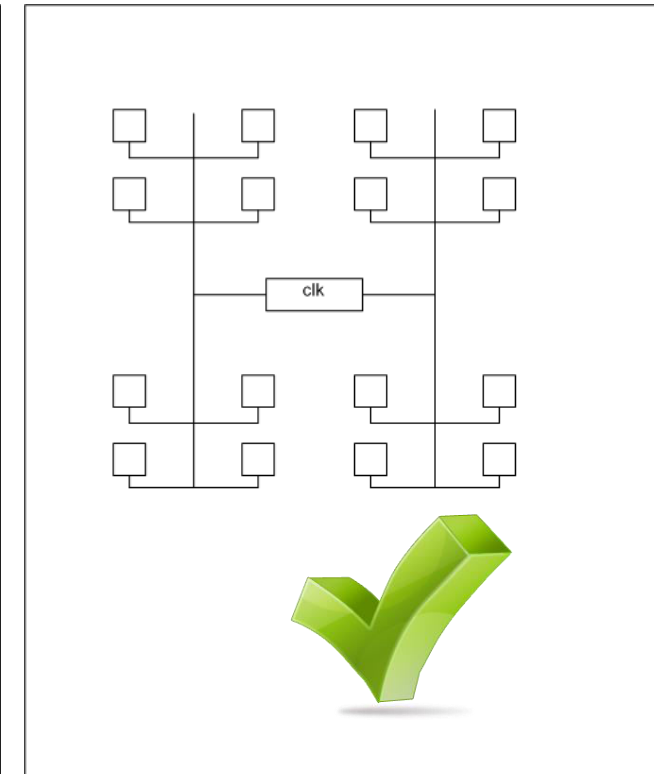
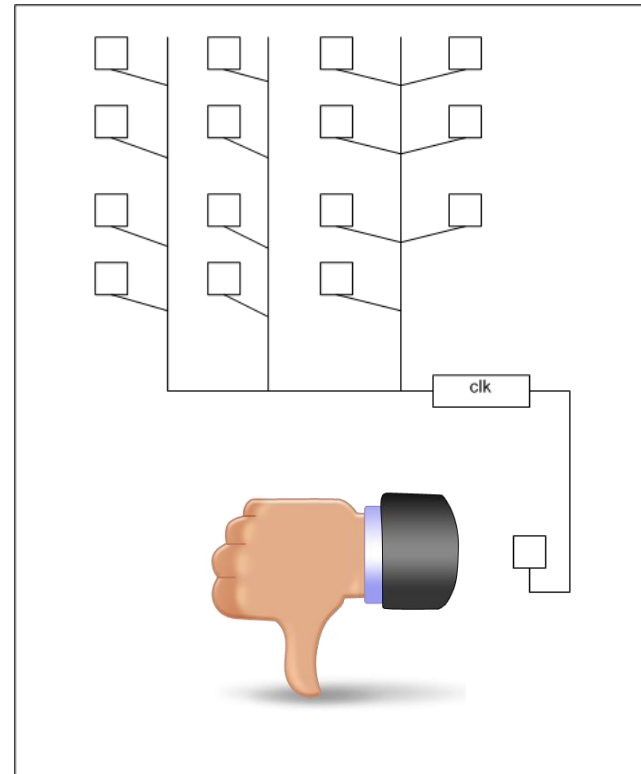
Le déphasage d'horloge

- Il y a trois façons par lesquelles un déphasage d'horloge peut être introduit entre deux bascules.
 1. signal d'horloge avec des chemins de longueur différente;
 2. signal d'horloge avec un déséquilibre de la charge du signal; et,
 3. contrôle du signal d'horloge avec de la logique combinatoire (*clock gating*).



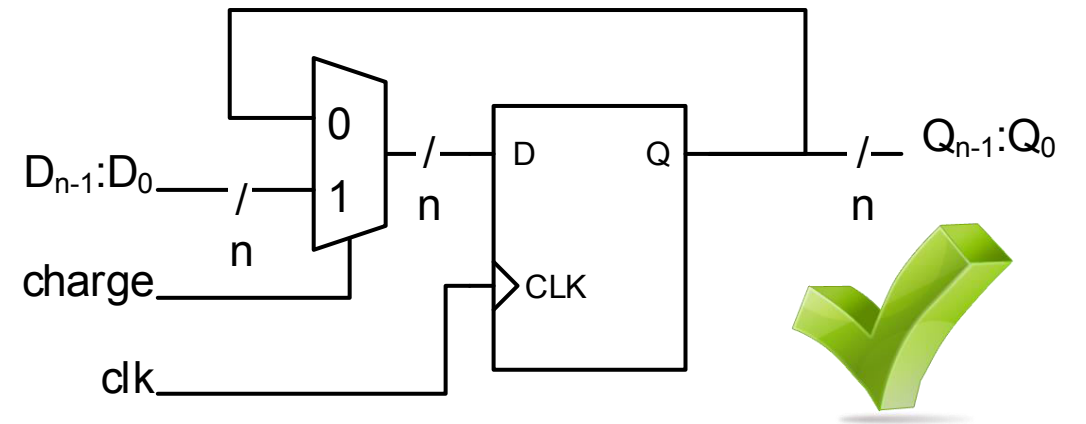
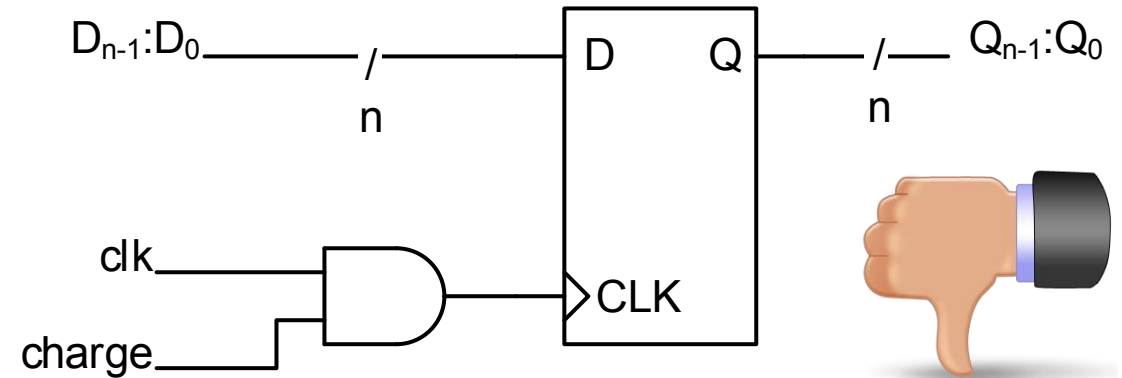
Le déphasage d'horloge

- Il y a trois façons par lesquelles un déphasage d'horloge peut être introduit entre les bascules.
 1. signal d'horloge avec des chemins de longueur différente;
 2. signal d'horloge avec un déséquilibre de la charge du signal; et,
 3. contrôle du signal d'horloge avec de la logique combinatoire (*clock gating*).



Le déphasage d'horloge

- Il y a trois façons par lesquelles un déphasage d'horloge peut être introduit entre les bascules.
 - signal d'horloge avec des chemins de longueur différente;
 - signal d'horloge avec un déséquilibre de la charge du signal; et,
 - contrôle du signal d'horloge avec de la logique combinatoire (*clock gating*).



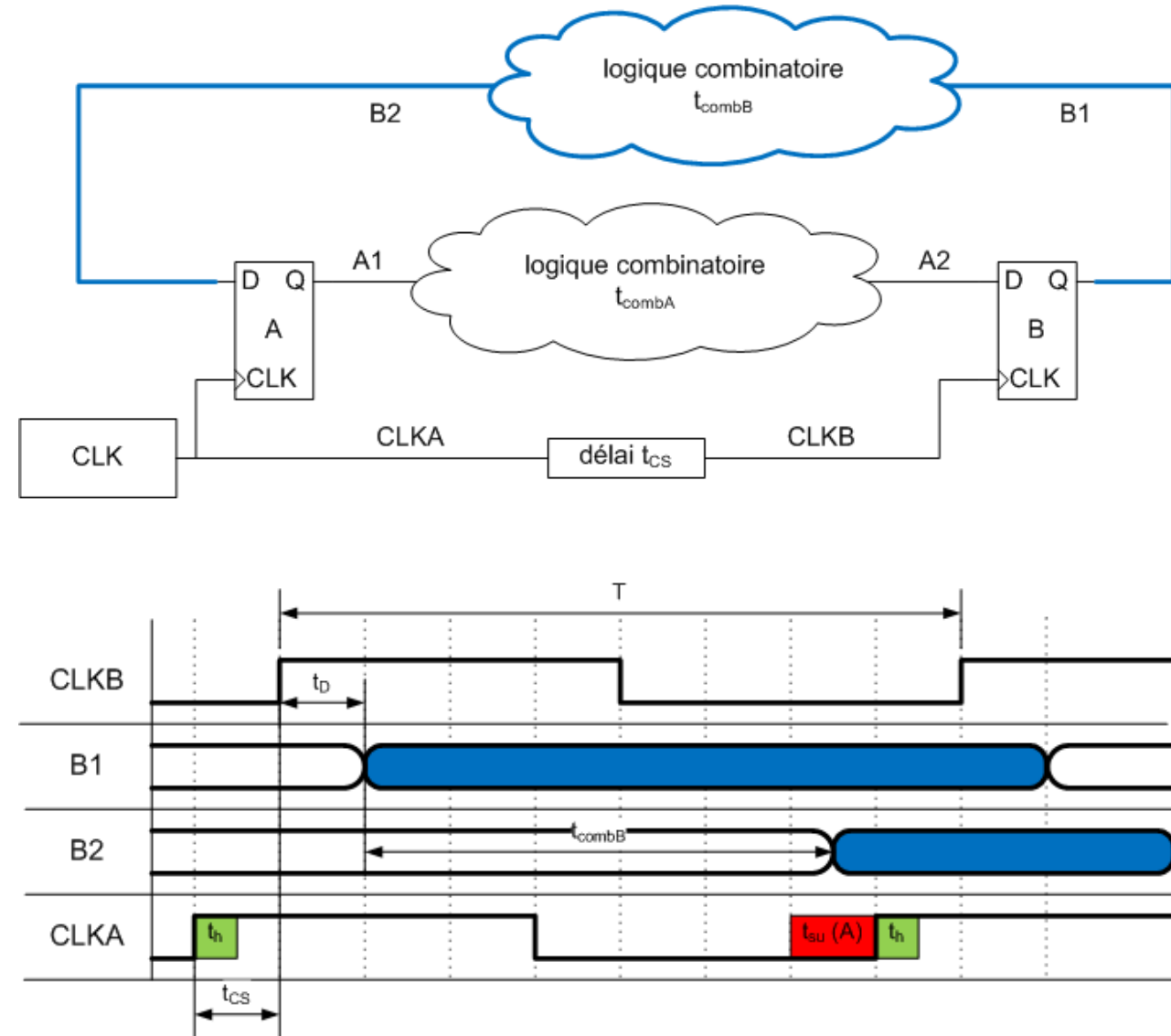
Le déphasage d'horloge: conséquences

Cas #1: non respect de t_{su} ou de t_h

- La bascule qui reçoit le signal a une horloge *en avance* par rapport à celle de la bascule source: t_{cs} est négatif.
- La période d'horloge doit être augmentée:

$$T \geq t_d + t_{comb} + t_{prop} + t_{su} - t_{CS}$$

- Selon le circuit, on peut parfois modifier l'analyse en considérant un déphasage d'horloge positif égal à la somme de la période de l'horloge et du déphasage (négatif) constaté.

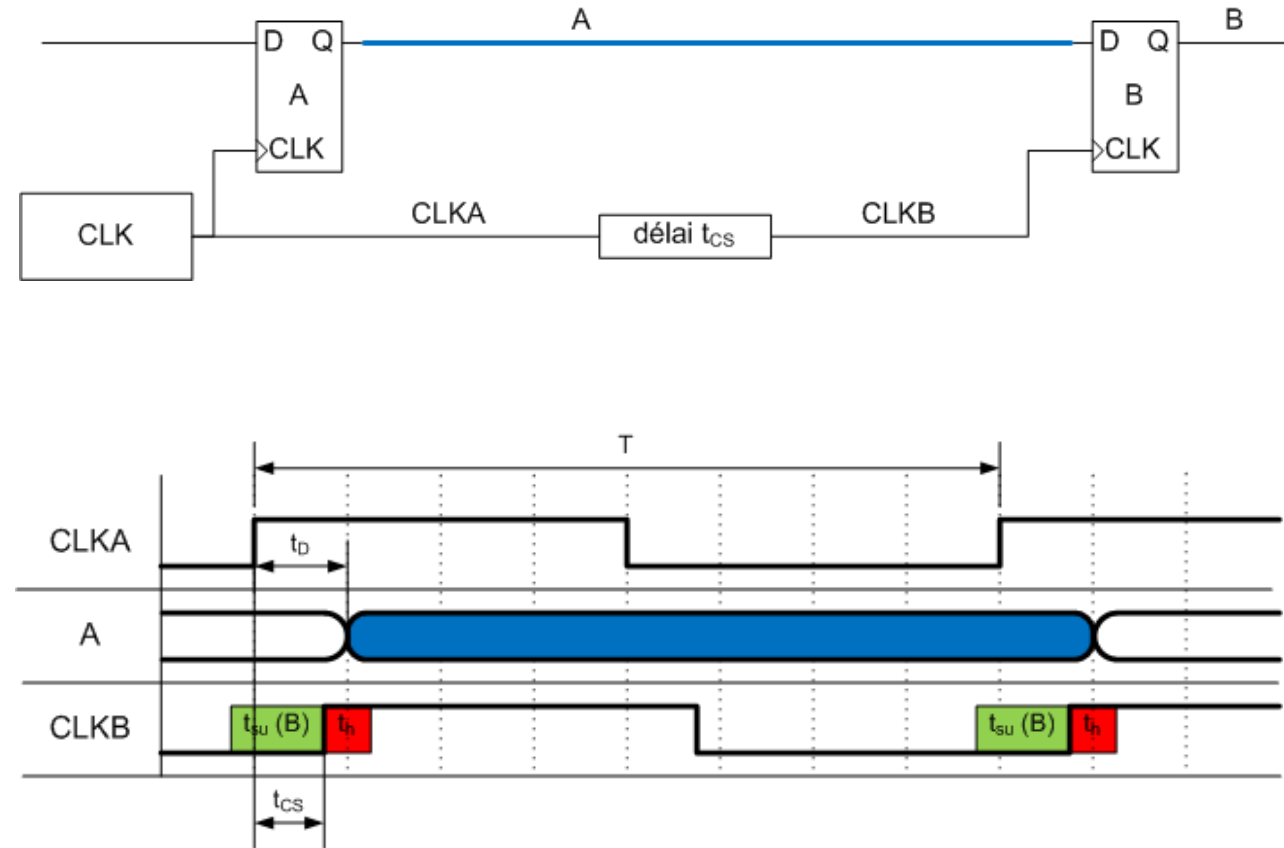


Le déphasage d'horloge: conséquences

Cas #2: non respect du temps de maintien

- La bascule qui reçoit le signal a une horloge *en retard* par rapport à celle de la bascule source.
- Le délai de propagation à travers la logique combinatoire est nul ou très faible.
- Le déphasage d'horloge peut mener à un non respect du temps de maintien t_h .
- L'inéquation suivante doit être respectée :

$$t_d + t_{comb} + t_{prop} > t_h + t_{CS}$$

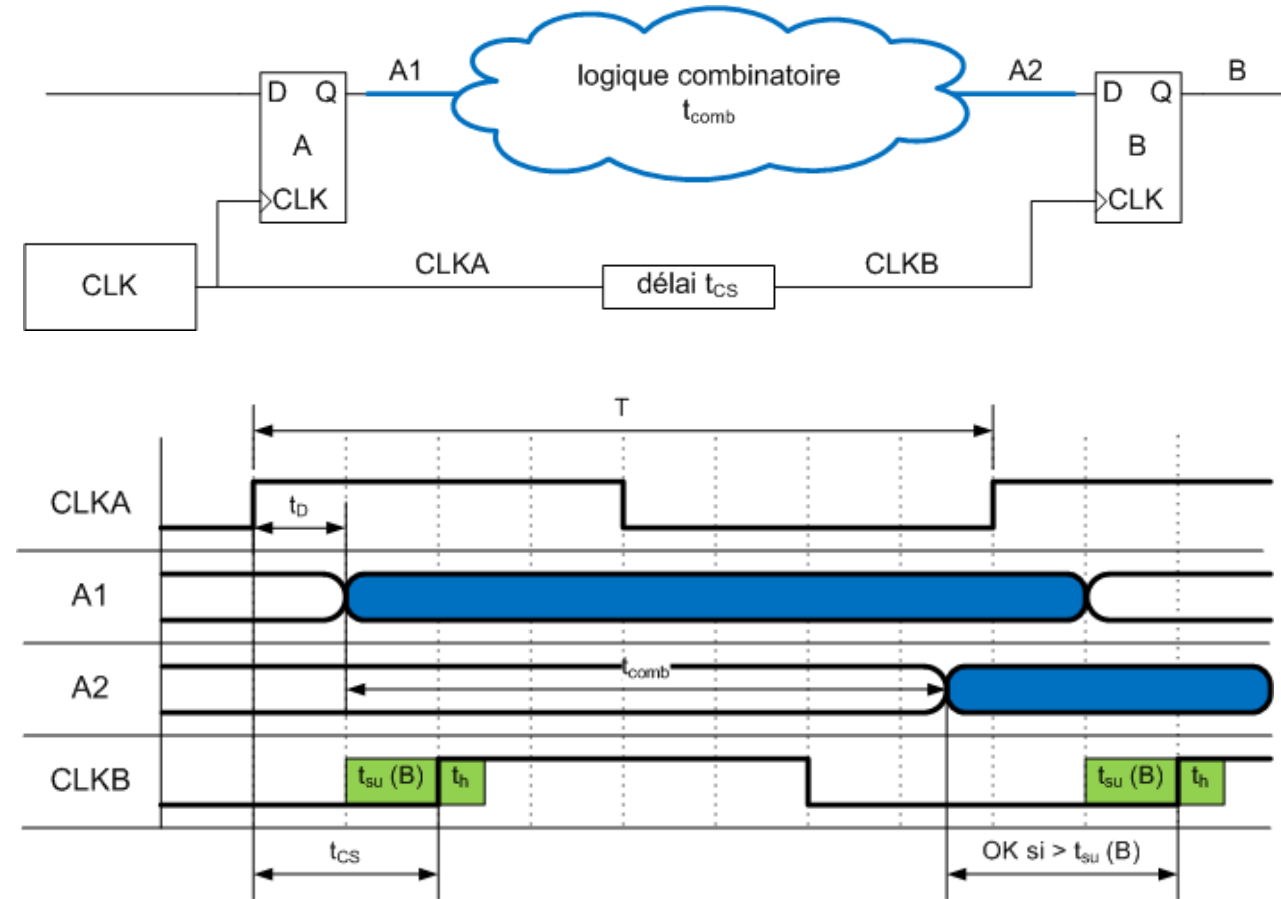


Le déphasage d'horloge: conséquences

Cas #3: amélioration de la marge libre de préparation

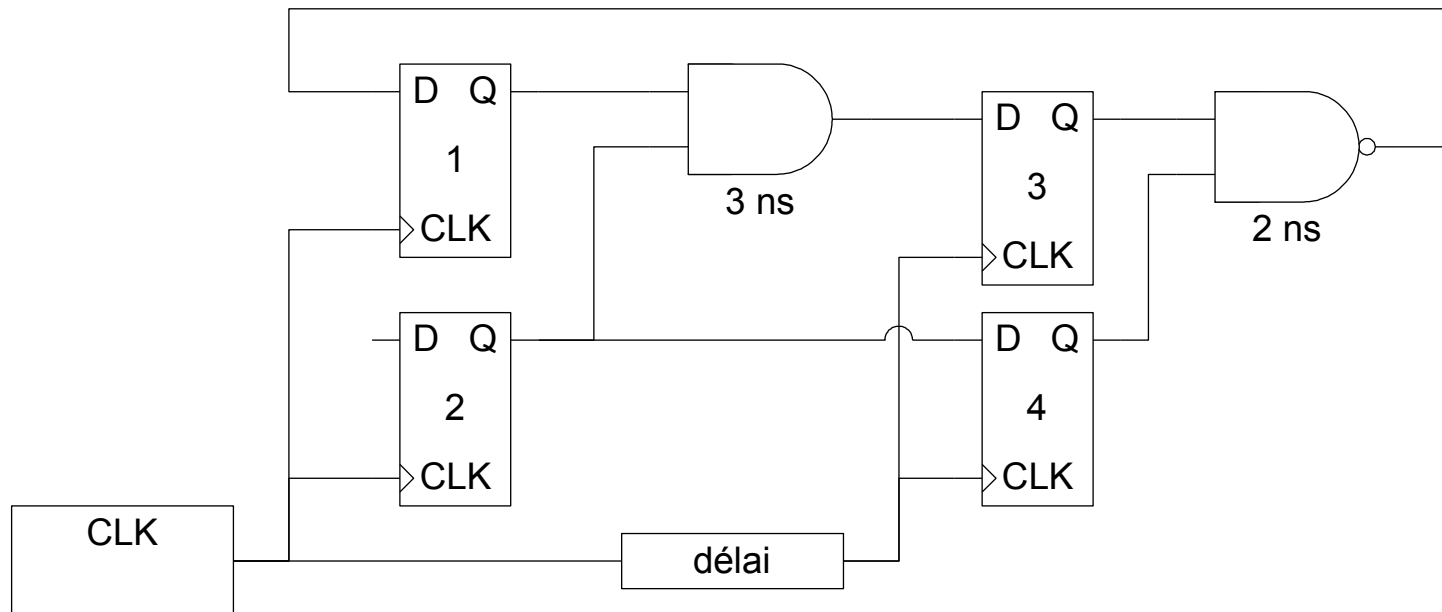
- La bascule qui reçoit le signal a une horloge *en retard* par rapport à celle de la bascule source.
- Le déphasage d'horloge compense les délais de propagation le long du chemin entre les deux bascules (c'est un effet *positif*).
- La période d'horloge pourrait être diminuée :

$$T \geq t_d + t_{comb} + t_{prop} + t_{su} - t_{CS}$$



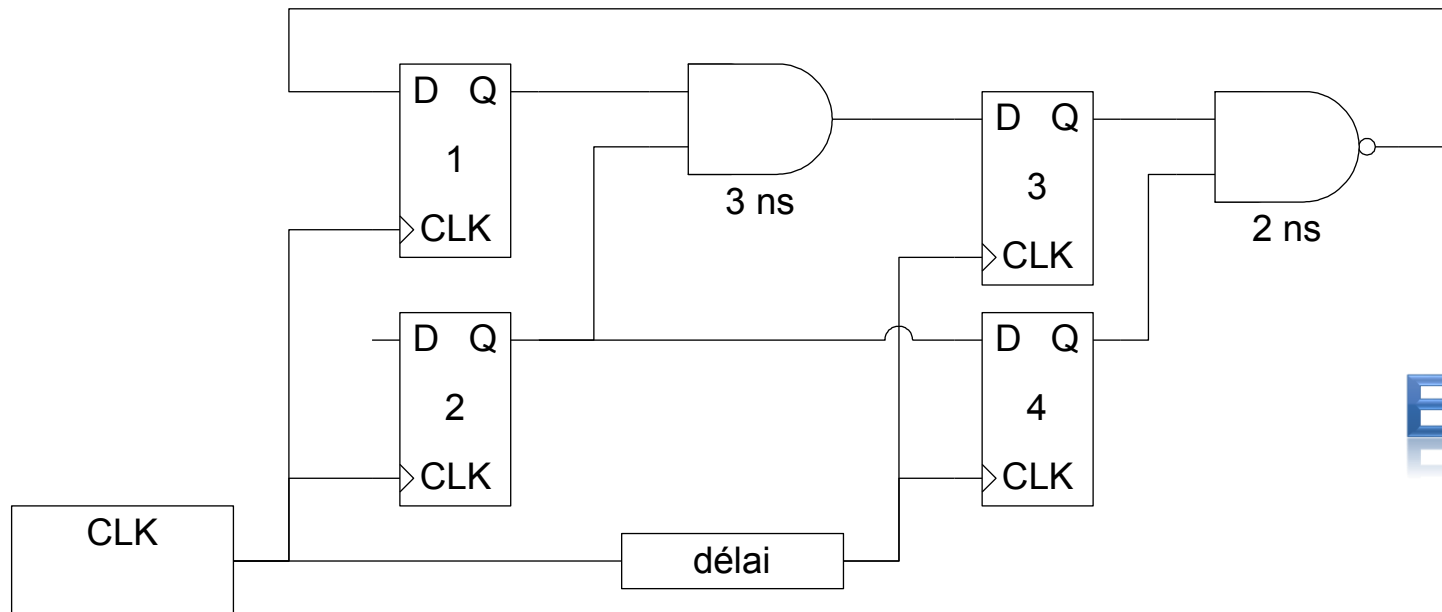
Exemple

- Les bascules ont des délais de propagation de 2 ns, un temps de préparation de 1 ns, et un temps de maintien de 1 ns.
- La fréquence d'horloge est de 100 MHz.
- Pour chaque chemin, déterminer les valeurs acceptables de déphasage d'horloge.



Exemple

- Les bascules ont des délais de propagation de 2 ns, un temps de préparation de 1 ns, et un temps de maintien de 1 ns.
- La fréquence d'horloge est de 100 MHz.
- Pour chaque chemin, déterminer les valeurs acceptables de déphasage d'horloge.



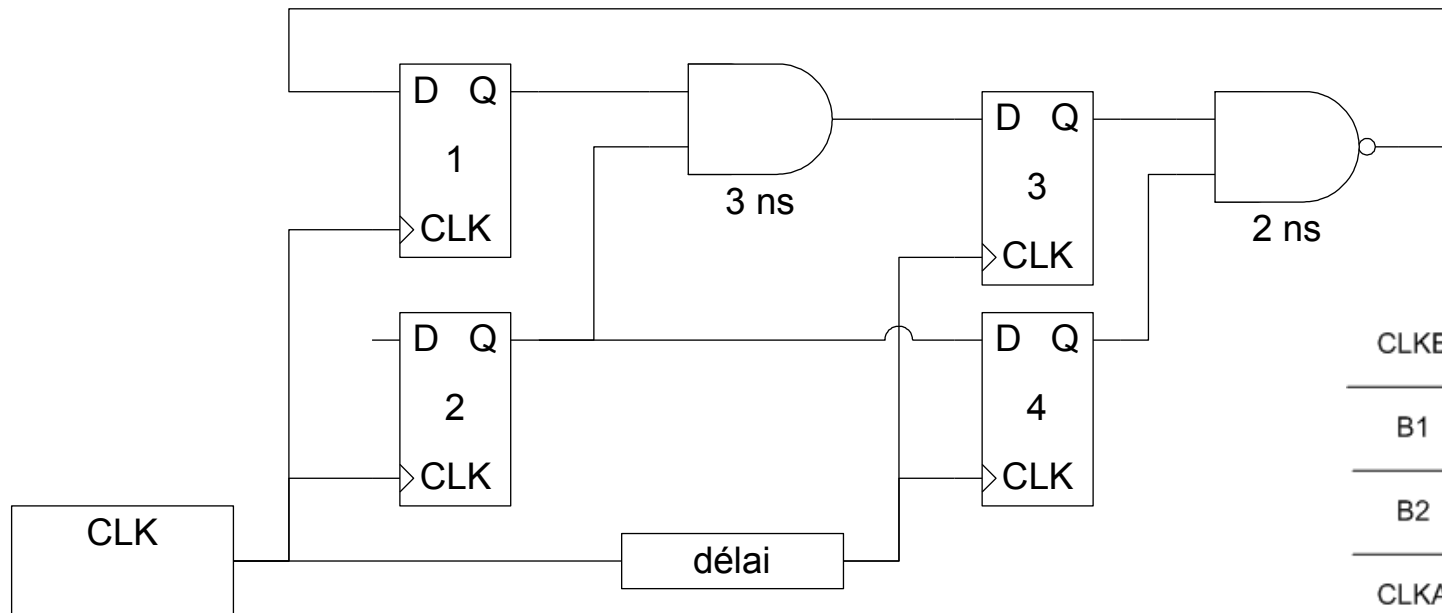
**ARRÊTEZ LA VIDÉO
ET FAITES L'EXERCICE!**

Exemple

- Les bascules ont des délais de propagation de 2 ns, un temps de préparation de 1 ns, et un temps de maintien de 1 ns.
- La fréquence d'horloge est de 100 MHz.

- Pour chaque chemin, déterminer les valeurs acceptables de déphasage d'horloge.

$$T \geq t_d + t_{comb} + t_{prop} + t_{su} - t_{CS}$$

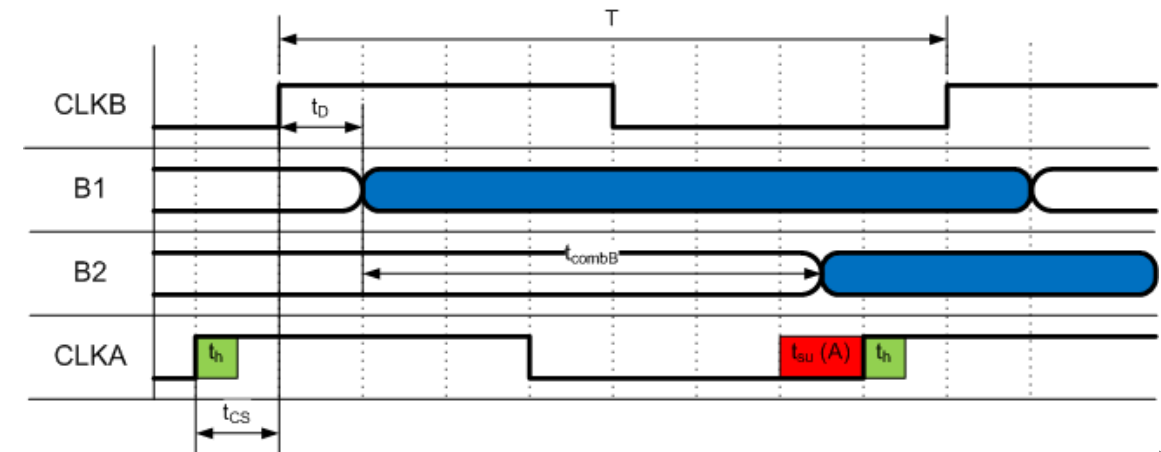


Cas #1:

Q3, NET, D1: 2 + 2 + 1 = 5 ns

Q4, NET, D1: 2 + 2 + 1 = 5 ns

Il faut que t_{cs} soit inférieur à 5 ns.

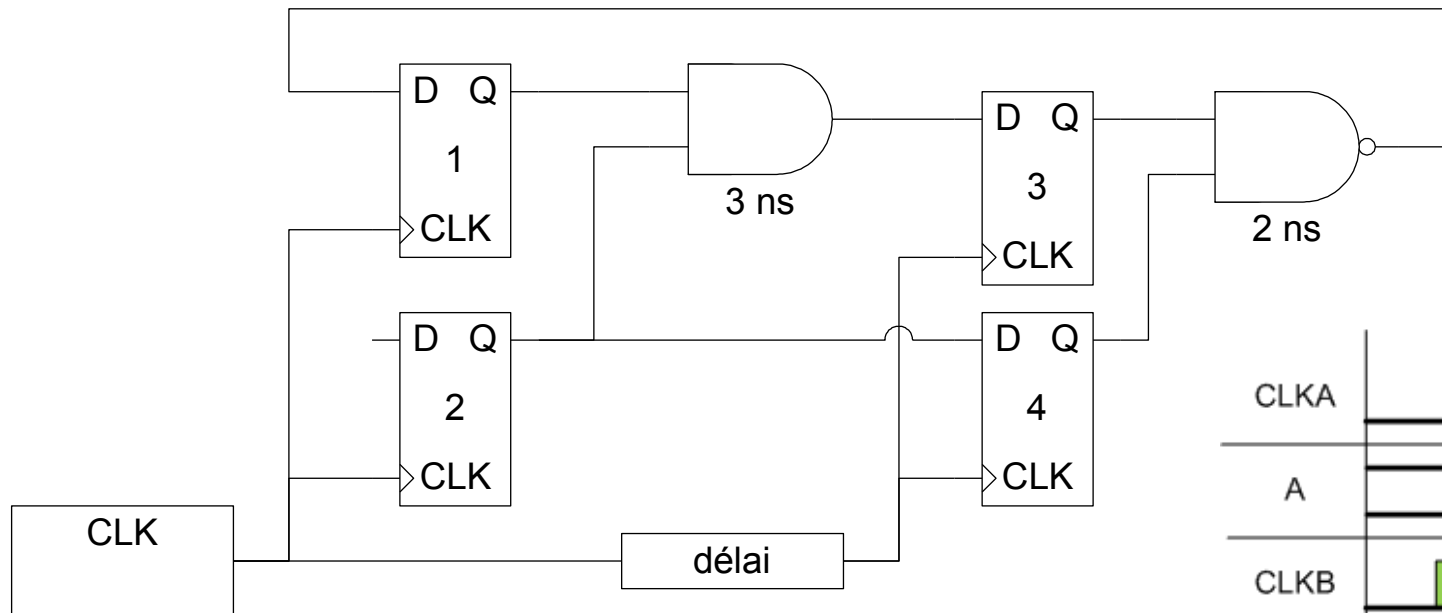


Exemple

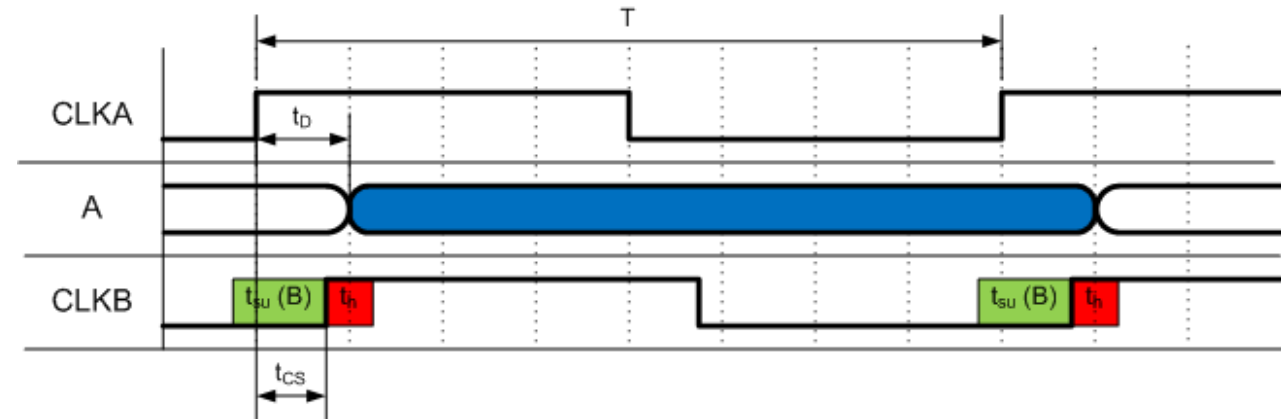
- Les bascules ont des délais de propagation de 2 ns, un temps de préparation de 1 ns, et un temps de maintien de 1 ns.
- La fréquence d'horloge est de 100 MHz.

- Pour chaque chemin, déterminer les valeurs acceptables de déphasage d'horloge.

$$t_d + t_{comb} + t_{prop} > t_h + t_{CS}$$



Cas #2:
Q2, D4: 2 ns
Il faut que t_{cs} soit inférieur à 1 ns.

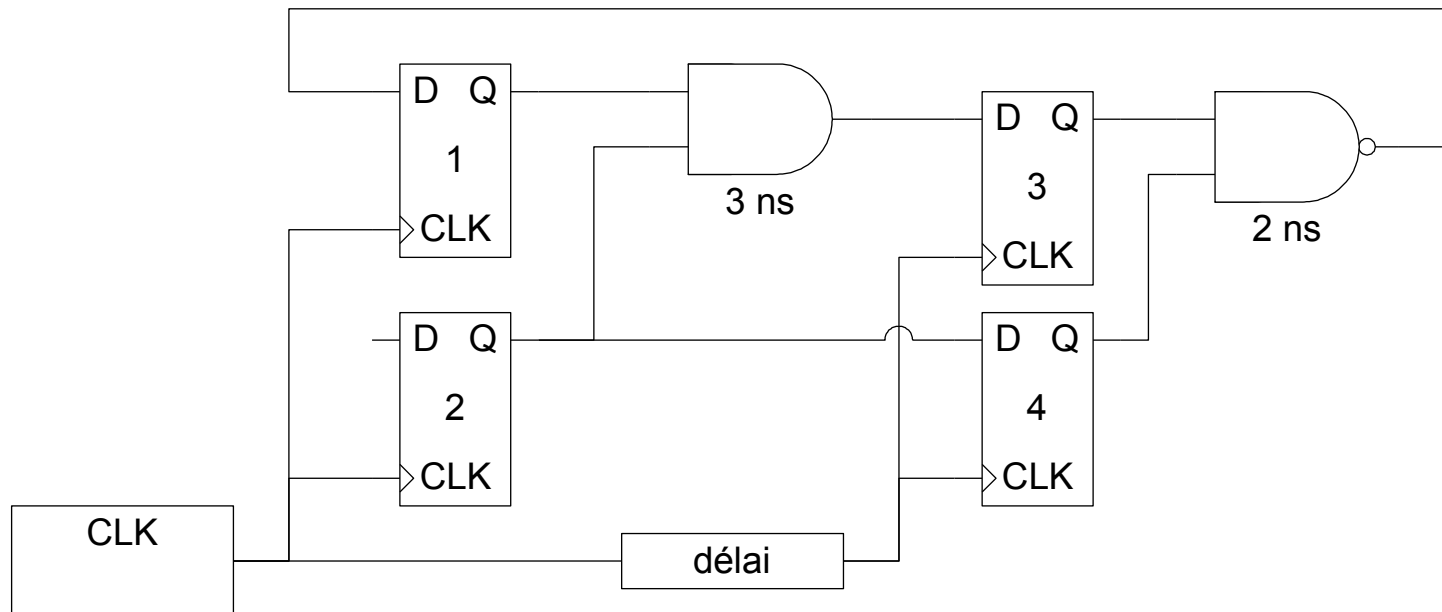


Exemple

- Les bascules ont des délais de propagation de 2 ns, un temps de préparation de 1 ns, et un temps de maintien de 1 ns.
- La fréquence d'horloge est de 100 MHz.

- Pour chaque chemin, déterminer les valeurs acceptables de déphasage d'horloge.

$$T \geq t_d + t_{comb} + t_{prop} + t_{su} - t_{CS}$$



Cas #3:

Q1, ET, D3: $2 + 3 + 1 = 6$ ns

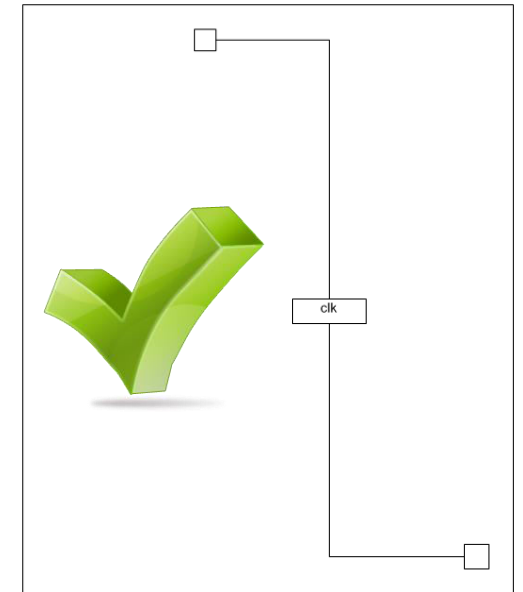
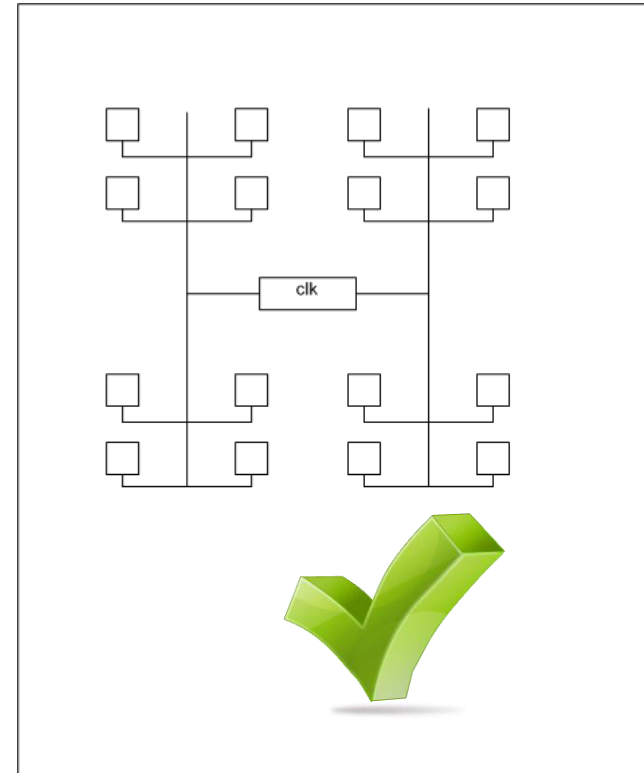
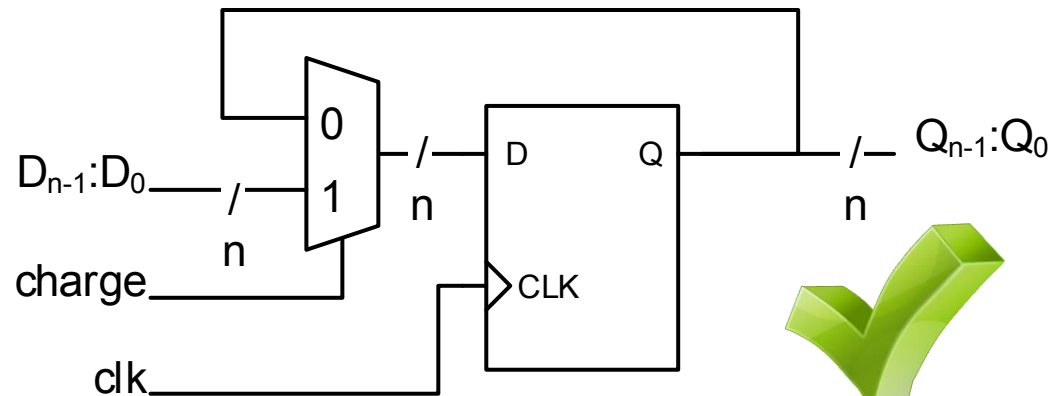
Q2, ET, D3: $2 + 3 + 1 = 6$ ns

Un déphasage d'horloge aurait un effet positif sur ces deux chemins.

En conclusion, le déphasage d'horloge de ce circuit doit être inférieur à 1 ns.

Éviter le déphasage d'horloge

- On évite le déphasage d'horloge en évitant ses causes.
 1. signal d'horloge avec des chemins de longueur différente: contrôlé par l'outil de placement.
 2. signal d'horloge avec un déséquilibre de la charge du signal; nécessite un arbre de distribution d'horloge;
 3. contrôle du signal d'horloge avec de la logique combinatoire (*clock gating*).



Vous devriez maintenant être capable de ...

- Expliquer les principes et les causes du déphasage d'horloge. (B2)
- Expliquer les trois cas à l'aide d'un chronogramme. (B2)
- Inclure l'effet du déphasage d'horloge dans l'identification du chemin critique et du calcul de son délai. (B3)

Code	Niveau (http://fr.wikipedia.org/wiki/Taxonomie_de_Bloom)
B1	Connaissance – mémoriser de l'information.
B2	Compréhension – interpréter l'information.
B3	Application – confronter les connaissances à des cas pratiques simples.
B4	Analyse – décomposer un problème, cas pratiques plus complexes.
B5	Synthèse – expression personnelle, cas pratiques plus complexes.