
Processeurs et chemins des données



Pierre Langlois

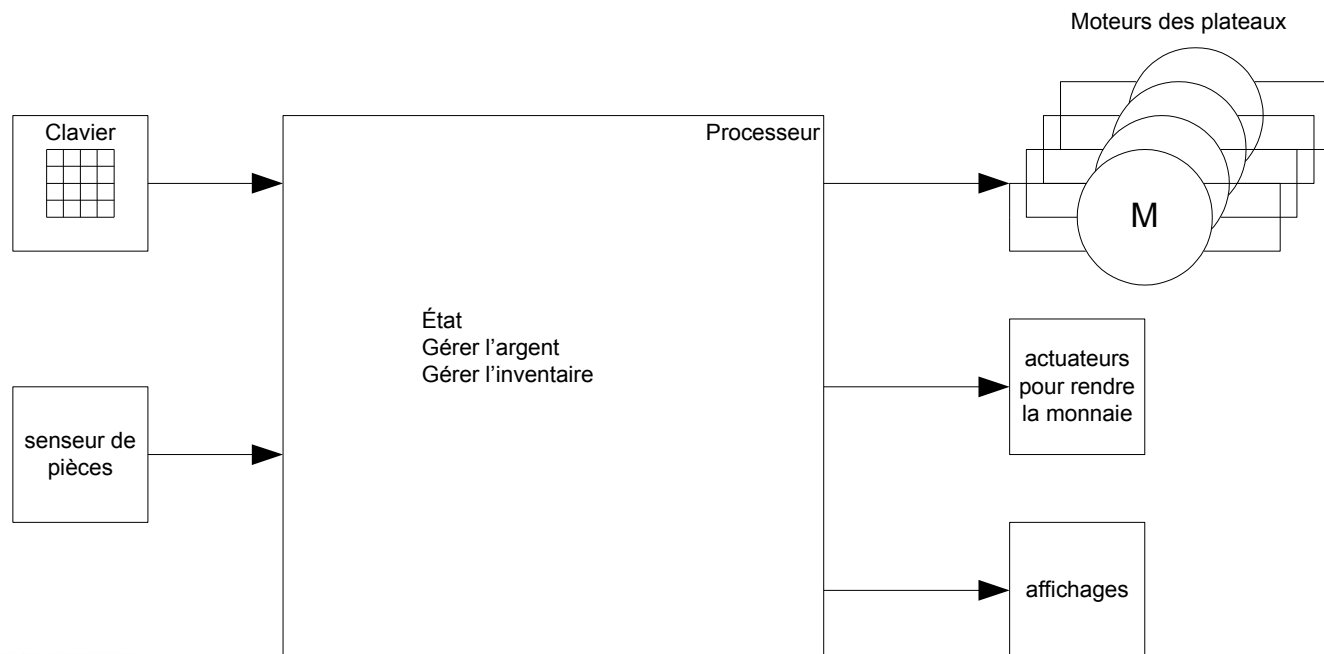
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/ca/>

Processeurs et chemins des données : sujets de ce thème

- Structure générale d'un processeur.
- Composantes d'un chemin des données.
- Décrire un chemin des données avec des micro-opérations.
- Chronogramme d'un chemin des données.

Les processeurs

- Un processeur est un système numérique dont le but est de traiter des données par une succession d'étapes simples.
- Un processeur doit acquérir des données, les traiter, et produire un résultat numérique.



Source: Wikipédia

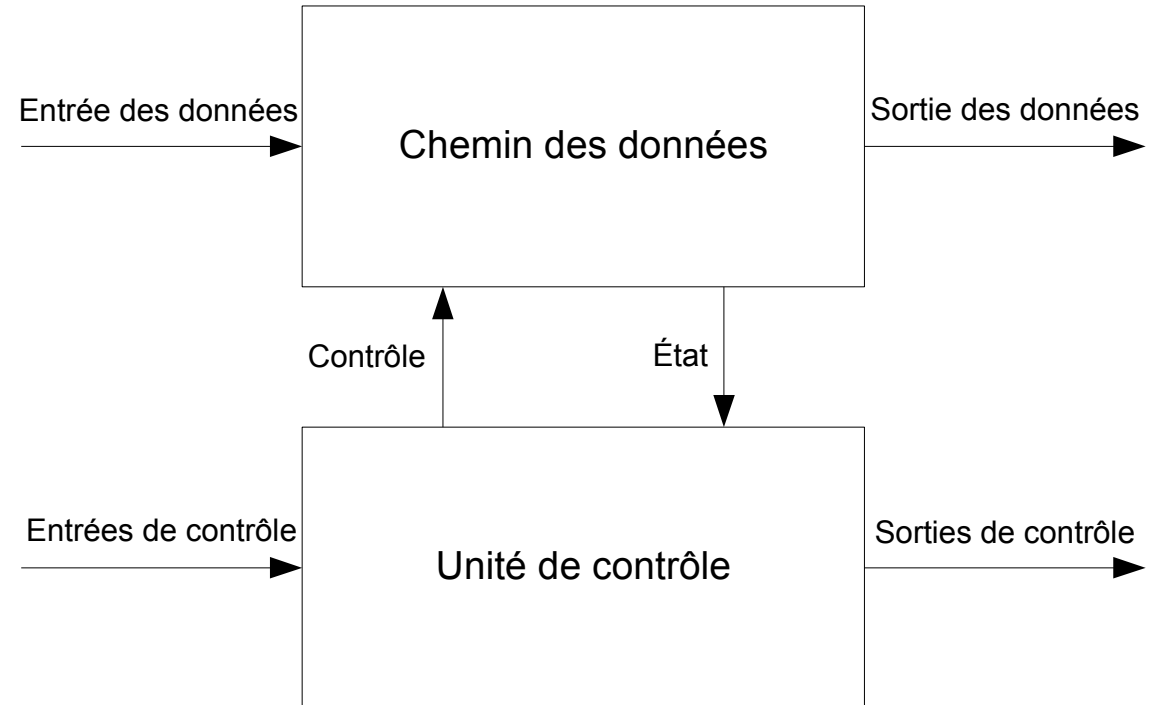
Deux types de processeurs

- Les processeurs à usage général sont caractérisés par un jeu d'instructions.
 - Ils peuvent être programmés en logiciel.
 - Le programme exécuté par un processeur est gardé en mémoire sous la forme d'une liste d'instructions.
 - On les appelle souvent *microprocesseur* ou *unité centrale de traitement*.
 - Un *microcontrôleur* est un cas particulier d'un processeur à usage général.
- Les processeurs à usage spécifique ne sont pas programmables en logiciel et sont conçus dans le but de répondre à un besoin unique.
 - Ils sont moins complexes et plus efficaces que les processeurs à usage général.
 - Leur conception demande souvent beaucoup d'efforts.
 - Changer leur fonction implique changer leur structure.

Processeur à usage général	Processeur à usage spécifique
Programme logiciel	Programme matériel
Facile de modifier le système	Système efficace
Traitement dans le temps	Traitement dans l'espace

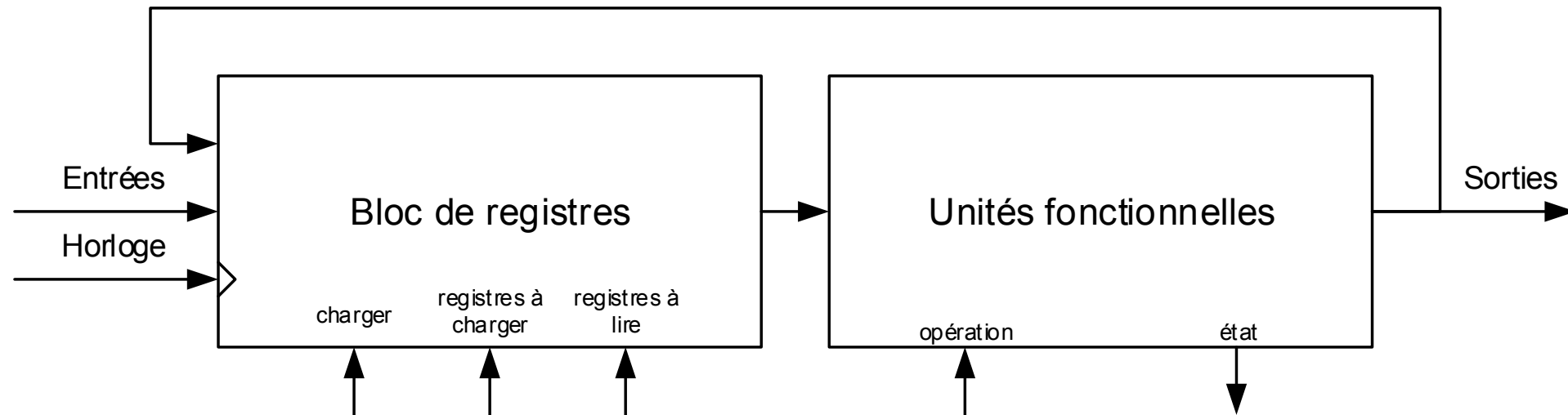
Parties d'un processeur

- Un processeur est composé de deux parties:
 - Le chemin des données (*datapath*) traite les données. Il inclut:
 - des registres;
 - des unités fonctionnelles (comme une unité arithmétique et logique);
 - un mécanisme de commutation pour transférer et manipuler les données.
 - L'unité de contrôle (*control unit*) est responsable du séquençage des opérations à exécuter par le chemin de données selon des entrées externes et le résultat des opérations.



Architecture d'un chemin des données

- Un chemin des données a deux parties principales:
 - un bloc de registres qui conserve les données à traiter et des résultats précédents; et,
 - des unités fonctionnelles pour effectuer des opérations sur les données.



Description d'un chemin des données avec des micro-opérations

- Une micro-opération est une opération élémentaire effectuée sur les données gardées dans des registres, en mémoire ou des données externes.
- La spécification d'une micro-opération inclut :
 - les opérandes (registres ou données externes);
 - la nature de la micro-opération à effectuer;
 - l'endroit où le résultat de la micro-opération doit être sauvegardé; et,
 - une condition à remplir pour que la micro-opération soit effectuée.
- Exemples de micro-opérations:
 - $R0 \leftarrow R1$
 - $R0 \leftarrow R1 - R7$
 - $R2 \leftarrow R2 \text{ ET } R3$
- Les micro-opérations s'effectuent concurremment. Elles représentent plusieurs opérations qui se font simultanément, en répartissant des calculs dans l'espace sur plusieurs opérateurs parallèles.
- Micro-opérations de base:
 - transferts entre registres;
 - opérations arithmétiques (addition, soustraction, multiplication);
 - opérations logiques (NON, ET, OU, OUX, etc.);
 - le décalage et le modulo- 2^n .
- Micro-opérations dérivées:
 - comparaison de grandeurs;
 - minimum et maximum.

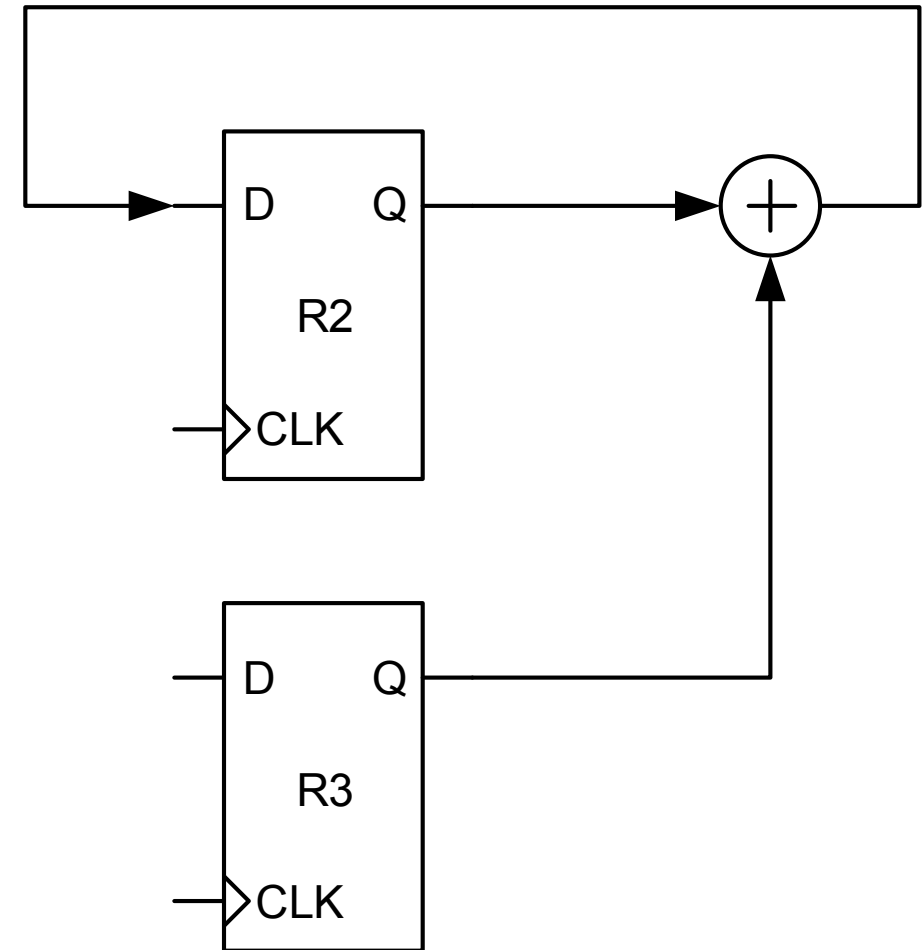
Description d'un chemin des données avec des micro-opérations

- La notation est une forme de pseudocode.
- On peut utiliser des noms de registres (R0, R1, etc.) ou des identificateurs plus représentatifs.
- Le symbole \leftarrow indique une assignation de valeur.

Micro-opération	Signification
$R0 \leftarrow R1$	Copier le contenu de R1 dans R0.
$R2 \leftarrow R1 + R3$	Placer la somme de R1 et de R3 dans R2.
$K1: R2 \leftarrow R1 + R3$	Si K1 est vrai, placer la somme de R1 et de R3 dans R2.
$R2 \leftarrow R2 \text{ ET } R3$	Placer le résultat de l'opération ET logique entre R2 et R3 dans R2.
$K2 : R2 \leftarrow \text{sll } R1, 3$	Si K2 est vrai, placer le résultat du décalage logique vers la gauche de 3 positions du registre R1 dans le registre R2.
$K3: R2 \leftarrow R1 - R3; K3': R2 \leftarrow R1 - R4$	Si K3 est vrai, placer la différence de R1 et R3 dans R2. Si K3 est faux, placer la différence de R1 et R4 dans R2.

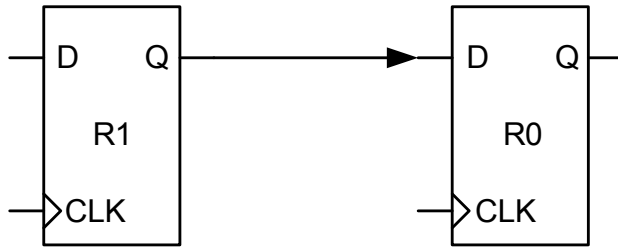
Exemple d'une micro-opération et son implémentation

- Donner le diagramme d'un chemin des données qui implémentent la micro-opérations suivante.
 - $R2 \leftarrow R2 + R3$
- Le registre R2 accumule, à chaque coup d'horloge, la valeur du registre R3 à sa propre valeur.
- On n'indique pas ici si et comment le registre R2 est remis à 0, ni comment le registre R3 est chargé.
- On n'indique pas ici la largeur des registres, mais en principe ce serait plusieurs bits.

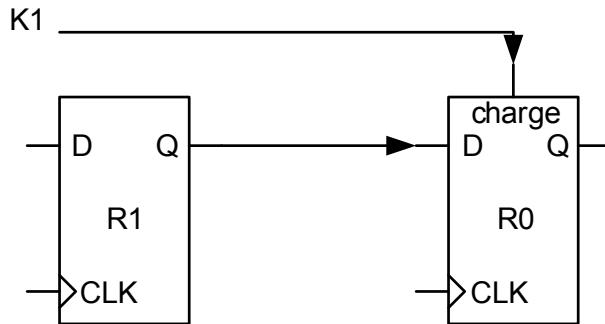


Exemples d'implémentation de micro-opérations

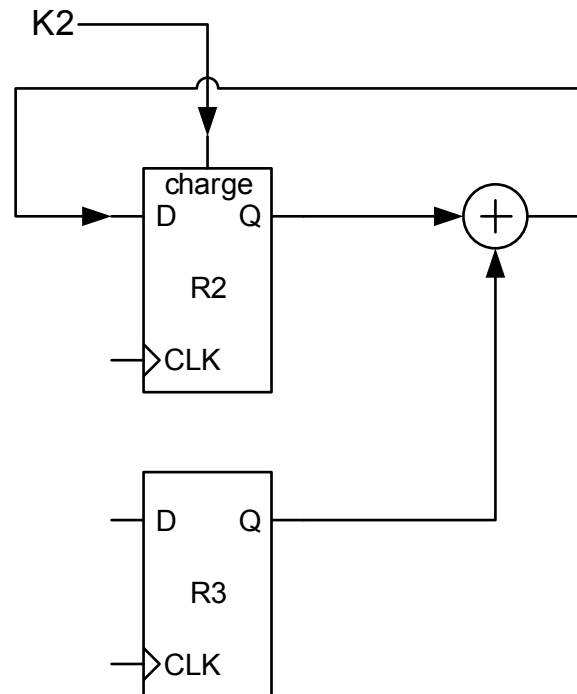
$R0 \leftarrow R1$



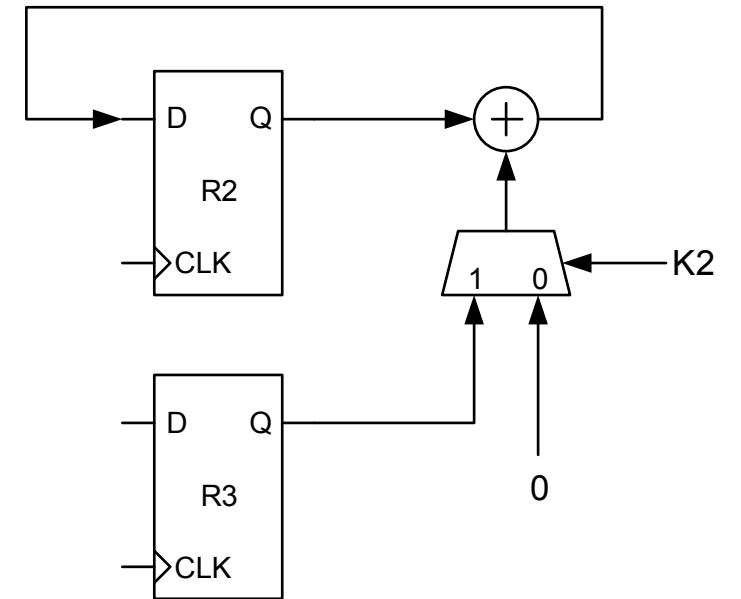
$K1: R0 \leftarrow R1$



$K2: R2 \leftarrow R2 + R3$



$K2: R2 \leftarrow R2 + R3$

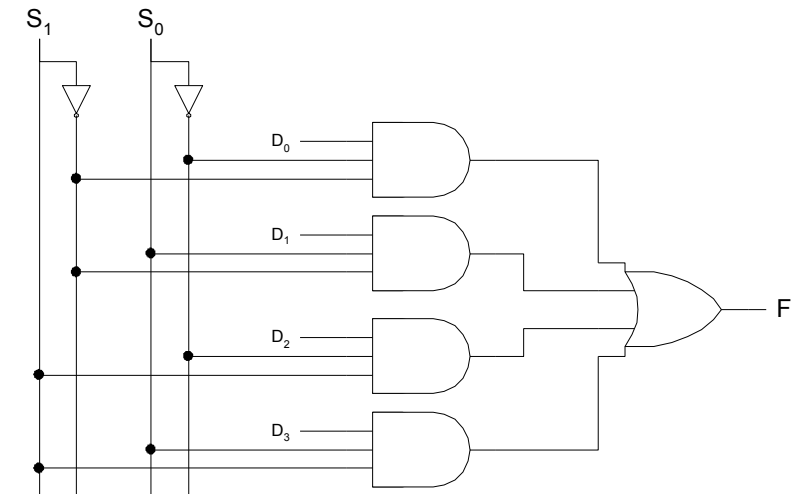
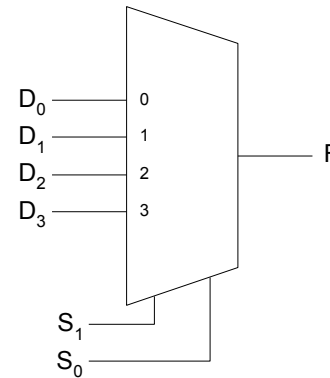
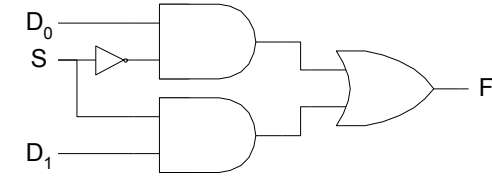
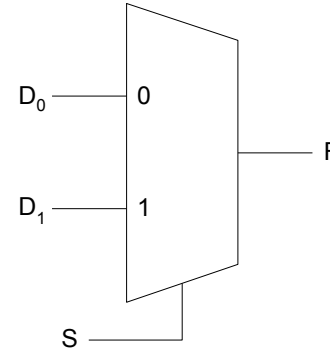


Trois composantes de base:

- multiplexeurs;
- registres à chargement parallèle; et,
- unités fonctionnelles.

Composante de chemins des données #1: le multiplexeur

- Un multiplexeur permet de choisir un seul signal à partir d'un ensemble de signaux, selon la valeur d'un signal de contrôle.
- Un multiplexeur a :
 - un groupe de signaux d'entrée D ;
 - un groupe de signaux de contrôle S (pour *sélection*);
et,
 - un signal de sortie F .
- Le signal de sortie est égal au signal d'entrée indiqué par la valeur binaire des signaux de contrôle.

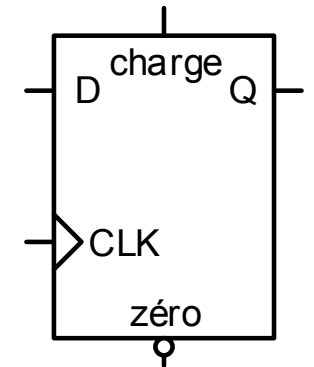
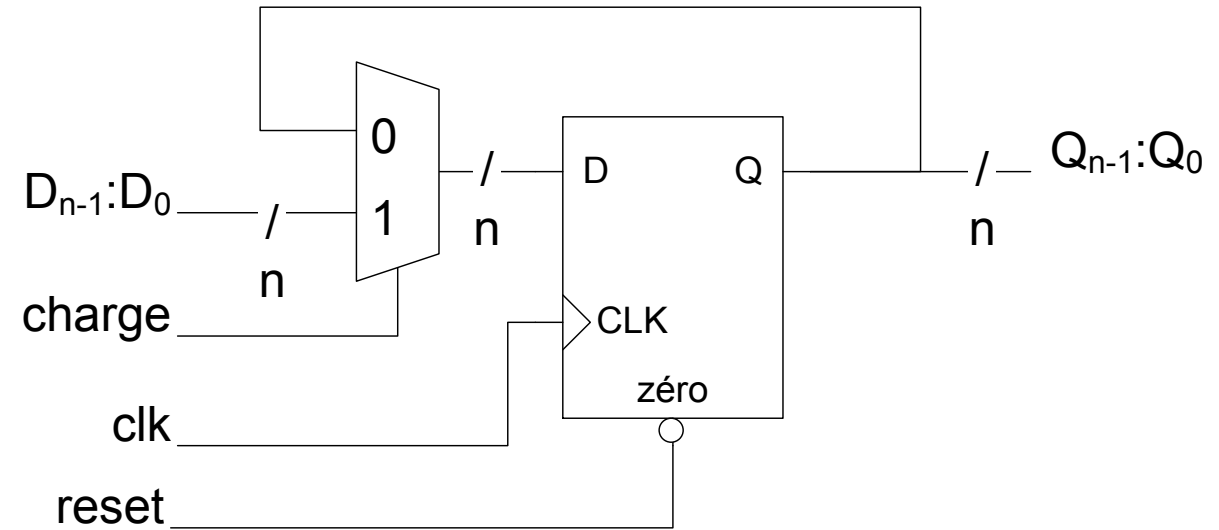


$$F = \sum_{k=0}^{2^n-1} m_k D_k$$

où m_k est un minterme formé par la k -ième combinaison de signaux de contrôle S .

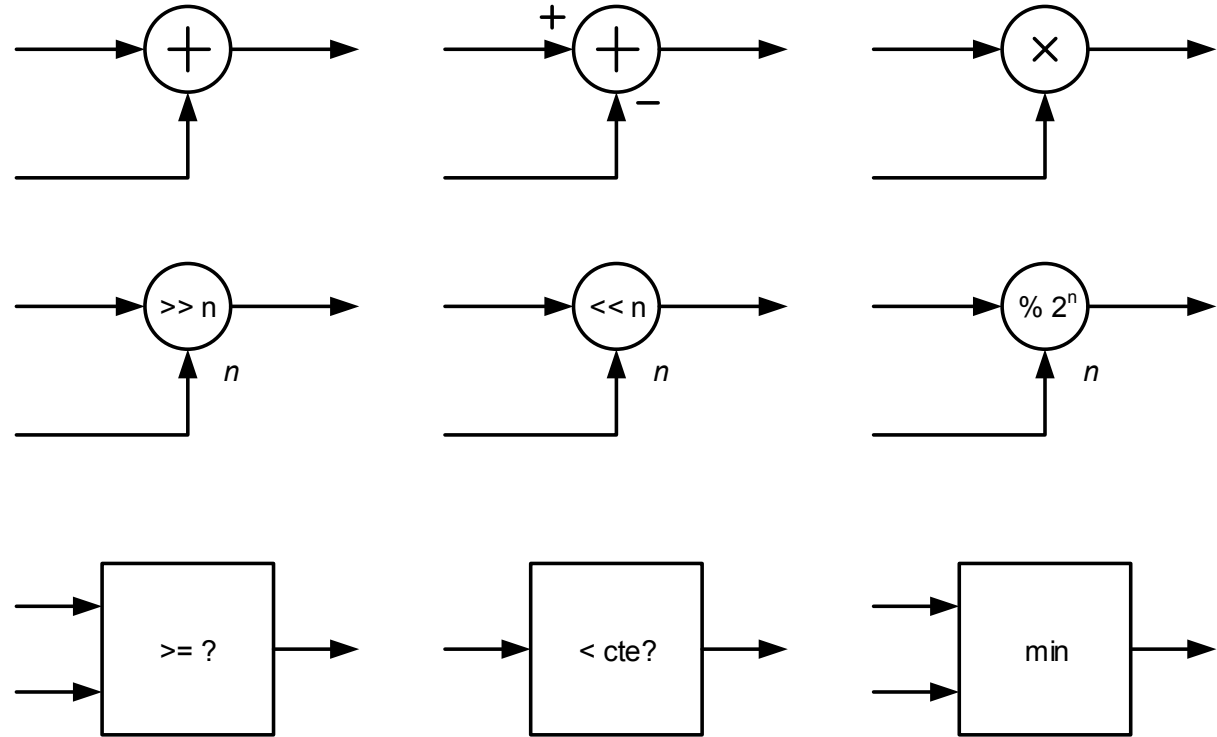
Composante de chemins des données #2: le registre à chargement parallèle

- Un registre est l'élément à mémoire de base pour des données. Il est utilisé pour entreposer une information encodée sur un groupe de bits.
- Un registre est composé d'un groupe de bascules contrôlées par une horloge commune et dont les entrées et sorties partagent un identificateur commun. Chaque bascule du registre est différenciée des autres par un indice unique.
- Un registre à chargement parallèle comporte un signal de chargement qui permet de choisir quand le registre doit être chargé.



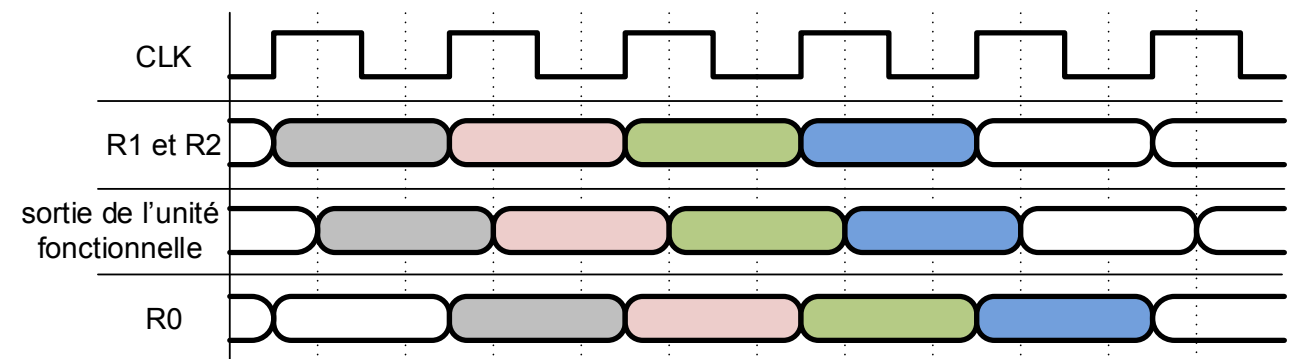
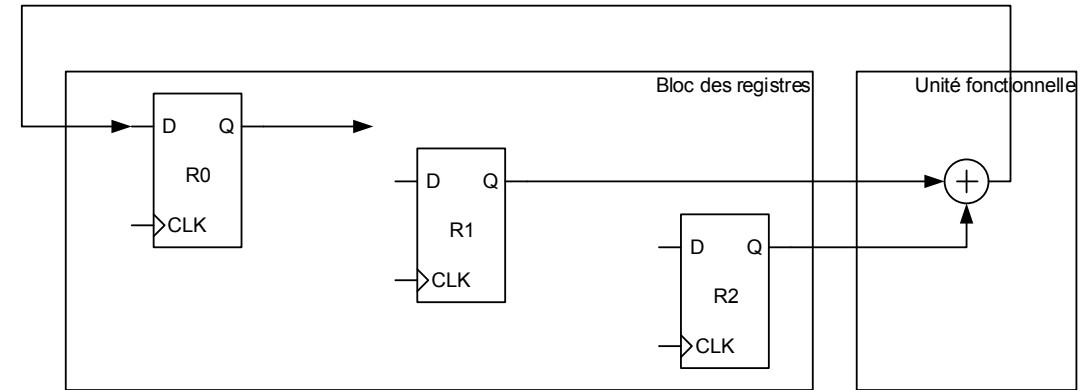
Composante de chemins des données #3: les unités fonctionnelles

- Les unités fonctionnelles peuvent inclure, entre autres:
 - les opérations arithmétiques, dont l'addition, la soustraction et la multiplication;
 - le décalage vers la droite par n bits ($= \div 2^n$) ou la gauche ($= \times 2^n$), et le modulo 2^n ;
 - les opérations logiques;
 - la comparaison de deux valeurs ou d'une valeur avec une constante; et,
 - le minimum et le maximum.
- On verra plus tard comment modéliser ces différentes opérations en VHDL et comment les implémenter en matériel.



Synchronisation des opérations du chemin des données

- Une micro-opération ne prend effet que lors d'une transition active du signal d'horloge. C'est à ce moment que le registre de destination saisit le résultat.
- Entre deux coups d'horloge, l'unité fonctionnelle:
 - lit des données provenant du bloc des registres;
 - effectue les calculs spécifiés par le code d'opération qui lui est appliqué; et,
 - applique les résultats à ses ports de sortie.
- La période d'horloge doit être suffisamment longue pour que l'unité fonctionnelle ait le temps d'effectuer son traitement.



Vous devriez maintenant être capable de ...

- Décrire la structure générale d'un processeur à l'aide d'un diagramme. (B2)
- Décrire la structure générale d'un chemin des données à l'aide d'un diagramme. (B2)
- Donner le diagramme d'un chemin des données à partir de micro-opérations en utilisant des composantes comme des multiplexeurs, registres et unités fonctionnelles de base (arithmétique, logique, comparaison, etc.). (B3)
- Donner un chronogramme montrant le fonctionnement d'un chemin des données. (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.

Exemple: BlackFin, un processeur spécialisé pour le traitement de signal

- Chemin des données (*data arithmetic unit*)
 - 16 registres de 32 bits en paires
 - 4 unités arithmétique-logique
 - 2 multiplicateur de 16 bits
 - 2 accumulateurs de 40 bits
 - 1 décaleur
- Chemin des données distinct pour le calcul des adresses
- Unité de contrôle

