

SYS2041 – Électronique numérique

Cours 6 : Circuits combinatoires

Alexandre BRIÈRE



Combinaison de portes logiques sans stockage de valeurs intermédiaires

⇒ la sortie dépend uniquement des entrées du circuit

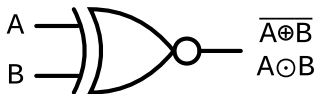
Exemples de circuits :

- Comparateurs
- Codeurs et décodeurs
- Convertisseur
- Multiplexeurs et démultiplexeurs
- Opérateurs arithmétique (addition, multiplication, etc.)

Comparteur

- Permet de déterminer la relation entre deux nombres binaires
- Exemple :
 - ▶ Comparateur d'égalité

A	B	$A \stackrel{?}{=} B$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1



- Passé du code binaire d'entrée aux sorties correspondantes
- Exemple
 - ▶ Allumer une LED parmi 8 en fonction des 3 bits d'entrée

A_2	A_1	A_0	F
0	0	0	$\overline{A_2} \overline{A_1} \overline{A_0}$
0	0	1	$\overline{A_2} \overline{A_1} A_0$
0	1	0	$\overline{A_2} A_1 \overline{A_0}$
0	1	1	$\overline{A_2} A_1 A_0$
1	0	0	$A_2 \overline{A_1} \overline{A_0}$
1	0	1	$A_2 \overline{A_1} A_0$
1	1	0	$A_2 A_1 \overline{A_0}$
1	1	1	$A_2 A_1 A_0$

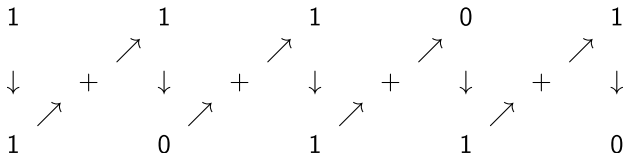
- Traduire les entrées en une valeur binaire
- Exemple
 - ▶ Donner le code DCB correspondant à la touche pressée sur un clavier

Entrée	S_3	S_2	S_1	S_0
E0	0	0	0	0
E1	0	0	0	1
E2	0	0	1	0
E3	0	0	1	1
E4	0	1	0	0
E5	0	1	0	1
E6	0	1	1	0
E7	0	1	1	1
E8	1	0	0	0
E9	1	0	0	1

- Passer d'un codage à un autre
- Exemple : passage du code binaire au code de Gray
 - ▶ Le bit de poids fort est identique
 - ▶ On additionne de gauche à droite les paires de bits pour obtenir le bit suivant du code de Gray sans tenir compte des retenus

$$\begin{array}{ccccccccc} 1 & + & 0 & + & 1 & + & 1 & + & 0 \\ \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\ 1 & & 1 & & 1 & & 0 & & 1 \end{array}$$

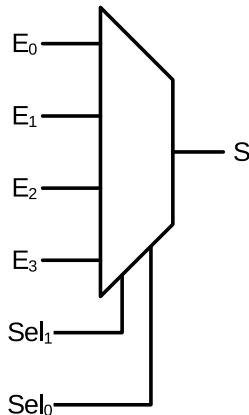
- Exemple : passage du code de Gray au code binaire
 - ▶ Le bit de poids fort est identique
 - ▶ On additionne chaque nouveau bit du code binaire créé au bit du code de Gray adjacent sans tenir compte des retenus



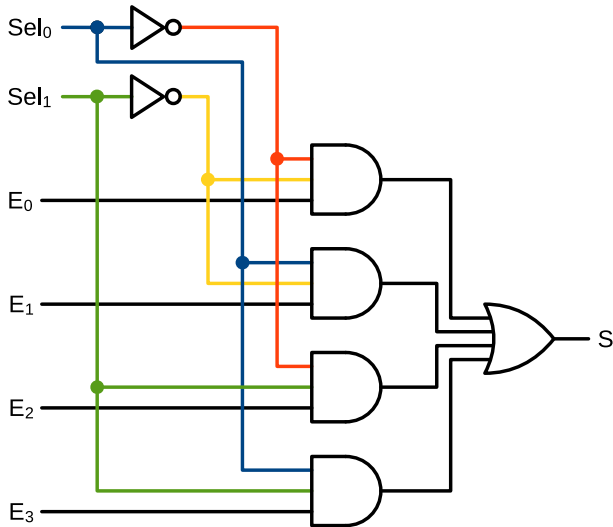
Multiplexeur

- Composant permettant de choisir un signal parmi N entrées
- Exemple : multiplexeur 1 parmi 4

Sel_1	Sel_0	Entrée sélectionnée
0	0	E_0
0	1	E_1
1	0	E_2
1	1	E_3



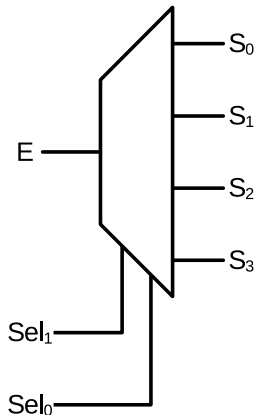
Multiplexeur



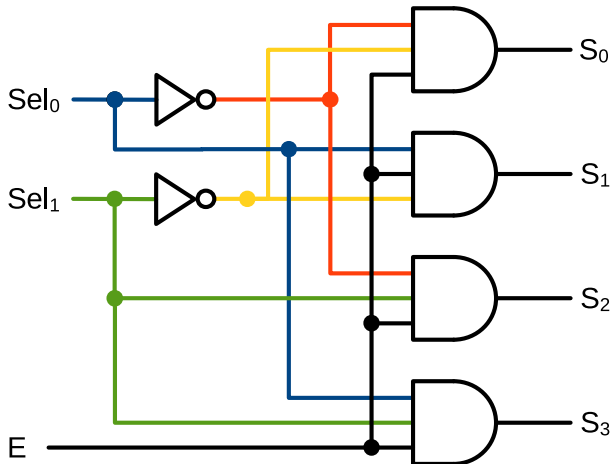
Demultiplexeur

- Composant transférant le signal d'entrée sur l'une de ses N sorties
- Exemple : démultiplexeur 1 parmi 4

Sel_1	Sel_0	Sortie sélectionnée
0	0	S_0
0	1	S_1
1	0	S_2
1	1	S_3



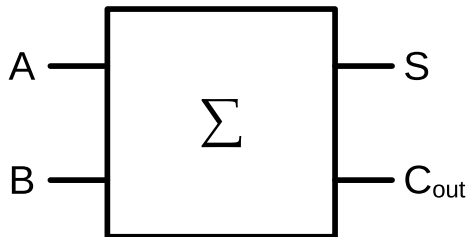
Demultiplexeur



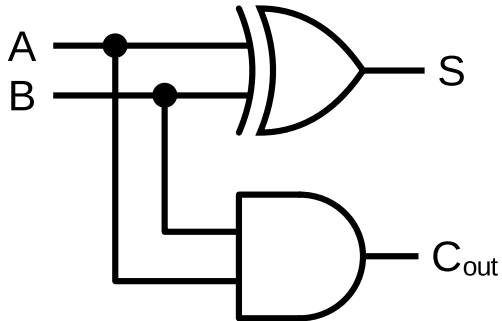
Demi-additionneur 1 bit

Rappel de l'addition binaire :

- $0 + 0 = 0$
- $0 + 1 = 1$
- $1 + 0 = 1$
- $1 + 1 = 10 \Rightarrow$ Retenue sortante C_{out}

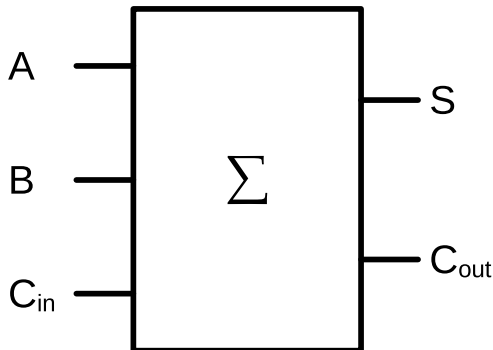


Demi-additionneur 1 bit



Additionneur complet 1 bit

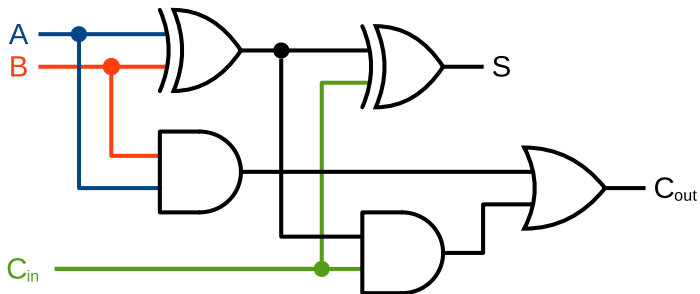
⇒ Retenue entrante C_{in}



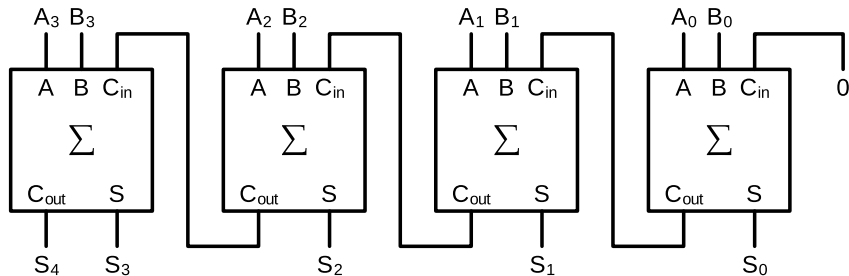
Temps d'établissement :

Délais entre la répercussion sur les sorties d'une modification des entrées.

Additionneur complet 1 bit



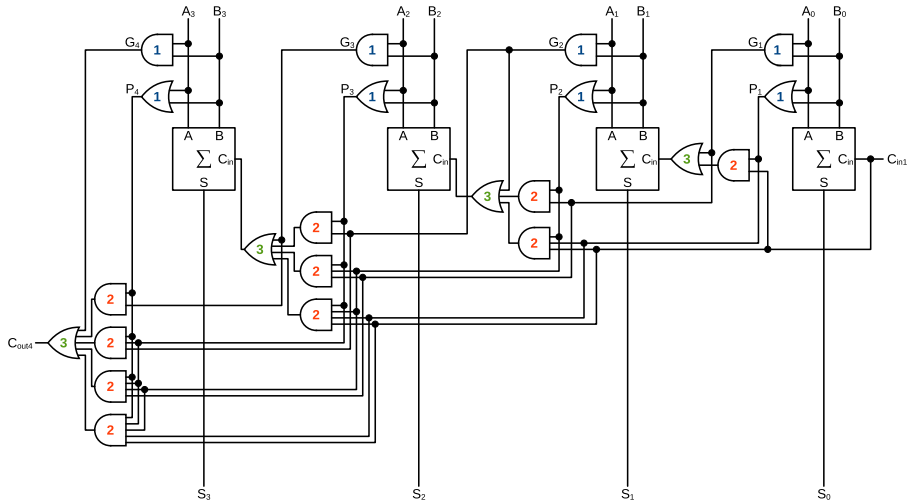
Additionneur N bits



⇒ On parle d'additionneur à propagation de retenue.

- Propagation de retenue P :
⇒ Si au moins une entrée est à 1
- Génération de retenue G :
⇒ Si les deux entrées sont à 1
- Retenue sortante C_{out} :
⇒ S'il y a une retenue entrante et propagation ou s'il y a génération

Additionneur N bits à anticipation de retenue



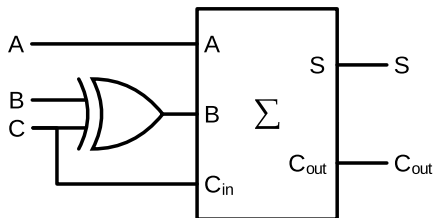
Rappel de la soustraction binaire :

- $0 - 0 = 0$
- $1 - 1 = 0$
- $1 - 0 = 1$
- $(1)0 - 1 = 1 \Rightarrow$ avec « emprunt » de 1

Indice :

- En complément à 1 : $X = \overline{X}$
- En complément à 2 : $X = \overline{X} + 1$

Soustracteur 1 bit



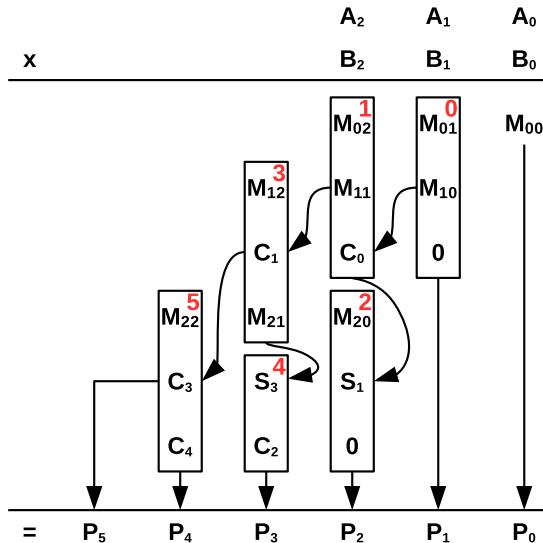
Rappel de la multiplication binaire :

- $0 \times 0 = 0$
- $0 \times 1 = 0$
- $1 \times 0 = 0$
- $1 \times 1 = 1$

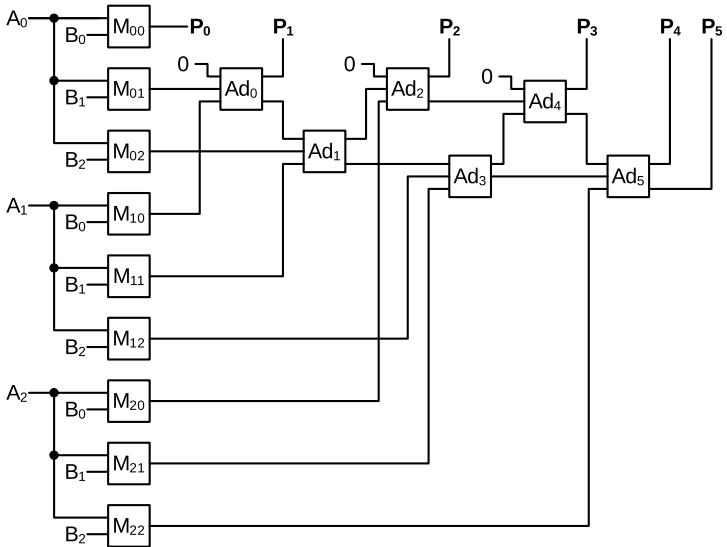
Indice :

⇒ Posez la multiplication binaire

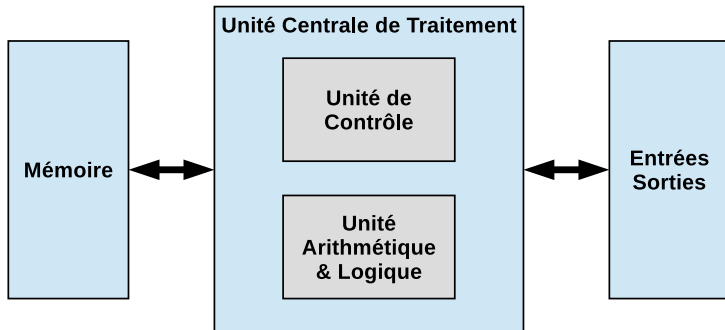
Multiplieur 3 bits : poser l'opération



Multiplieur 3 bits : schéma logique

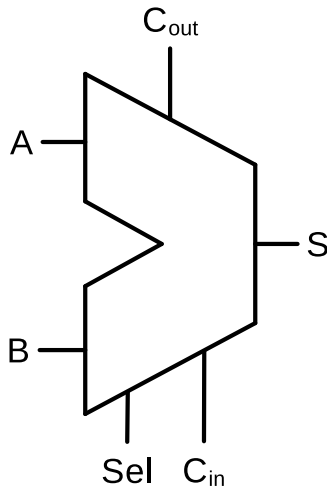


- Unité Arithmétique et Logique (UAL) dans la langue de Molière



ALU : représentation symbolique

Sel/	Opération
00	AND
01	OR
10	XOR
11	ADD



- [1] Sébastien GAGEOT et Franck CRISON :
SYS2041 : Systèmes numériques (ESIEA - Campus de Laval).
- [2] Julien DENOULET, Bertrand GRANADO et Farouk VALETTE :
2E200 : Électronique Numérique, Combinatoire et Séquentielle (Faculté des Sciences et Ingénierie de Sorbonne Université).
- [3] Thomas FLOYD :
Systèmes numériques.
Éditions Reynald Goulet, 2018.