

# Chapitre 1

## Les Réseaux Logiques Programmables : PLD

- Introduction
- Structure des réseaux logiques combinatoires
- Classification des réseaux logiques combinatoires

## **Configuration / programmation**

Un circuit est dit configurable (ou programmable) lorsque sa fonctionnalité n'est pas prédéfinie lors de sa fabrication mais peut être spécifiée plus tard par une configuration (un programme).

# Les circuits logiques programmables

## Programmable Logic Devices (PLD)

PLD :

PROM

PLA

PAL

SPLD

ASIC programmables:

Microprocesseurs

DSP

Micro-contrôleurs

CPLD

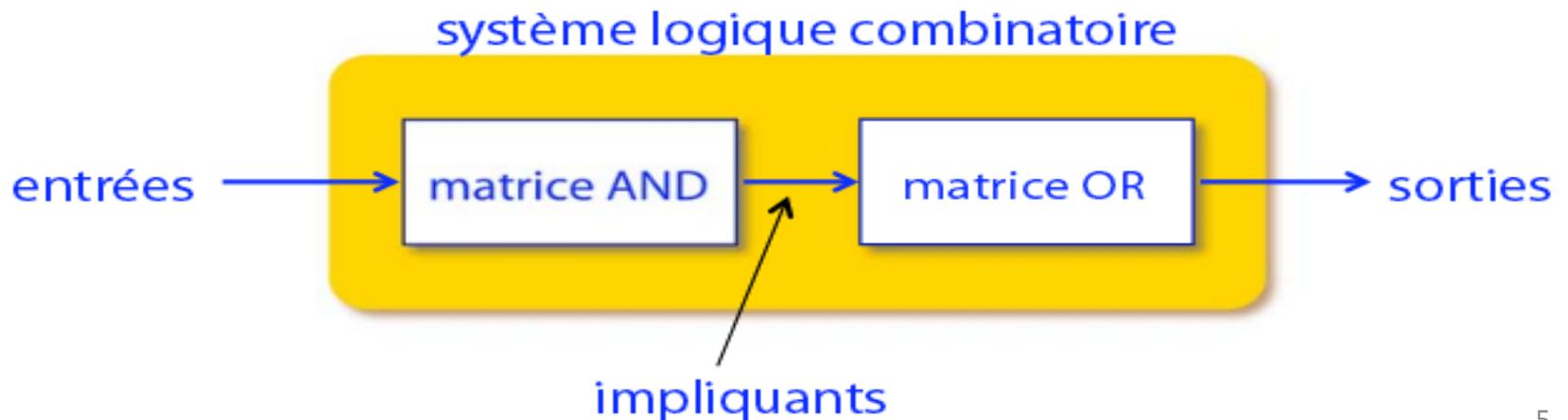
FPGA

# Les PLD

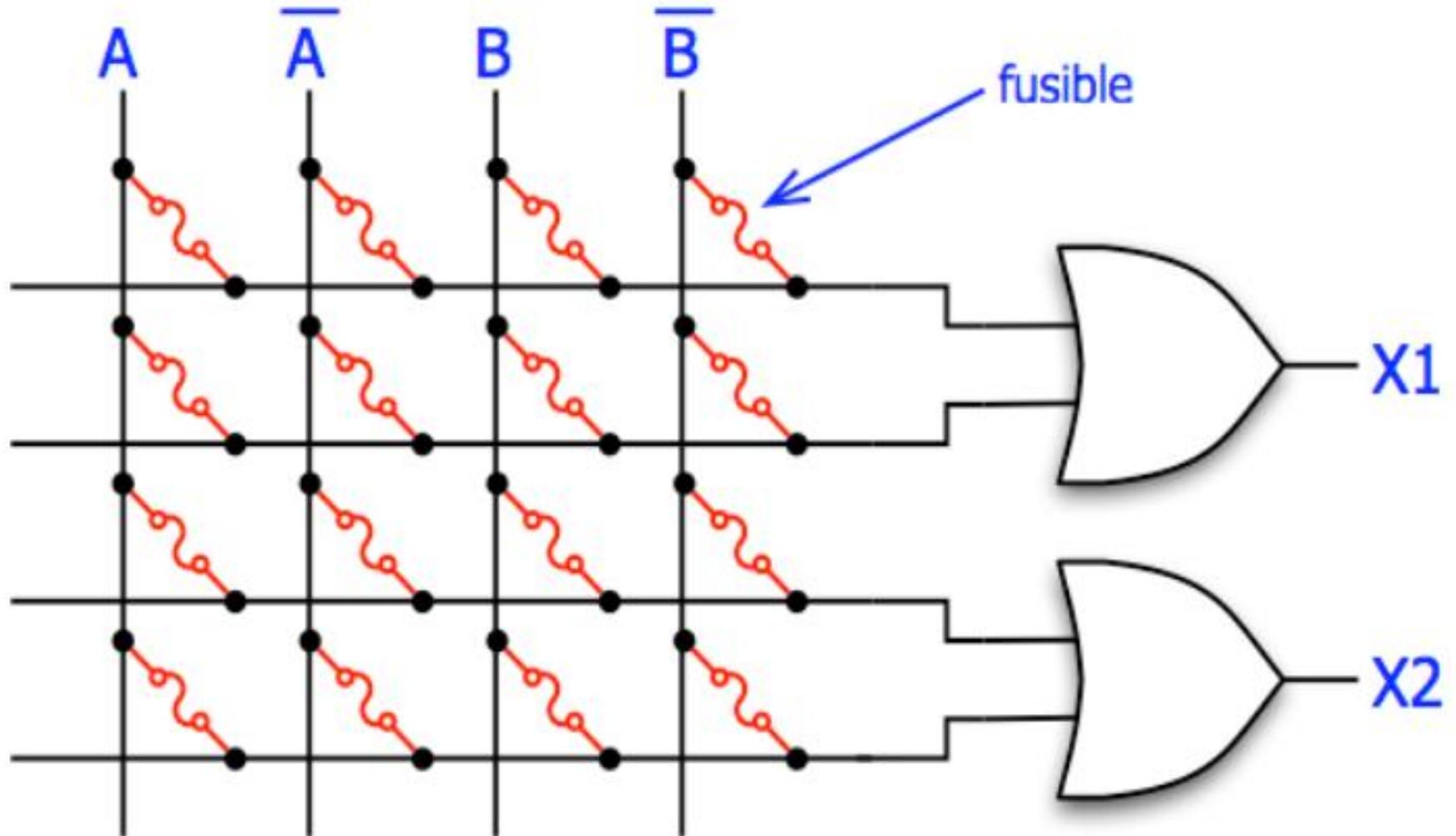
- Un circuit logique programmable (en anglais Programmable Logic Device ou PLD) est un dispositif qui peut être **configuré** par l'utilisateur pour réaliser une fonction logique quelconque.
- Le circuit logique programmable est à la base un assemblage de matrices programmables de portes AND et OR.
- Une matrice OR programmable est un ensemble de portes OR dont les entrées sont connectées aux variables du système, vraies et inversées, par le biais d'un réseau de fusibles.
- Lorsqu'un fusible est brûlé, la connexion respective entre la variable et la porte OR disparaît. La programmation du système se fait en choisissant les fusibles que l'on laisse ou que l'on brûle.

# Structure des réseaux logiques combinatoires

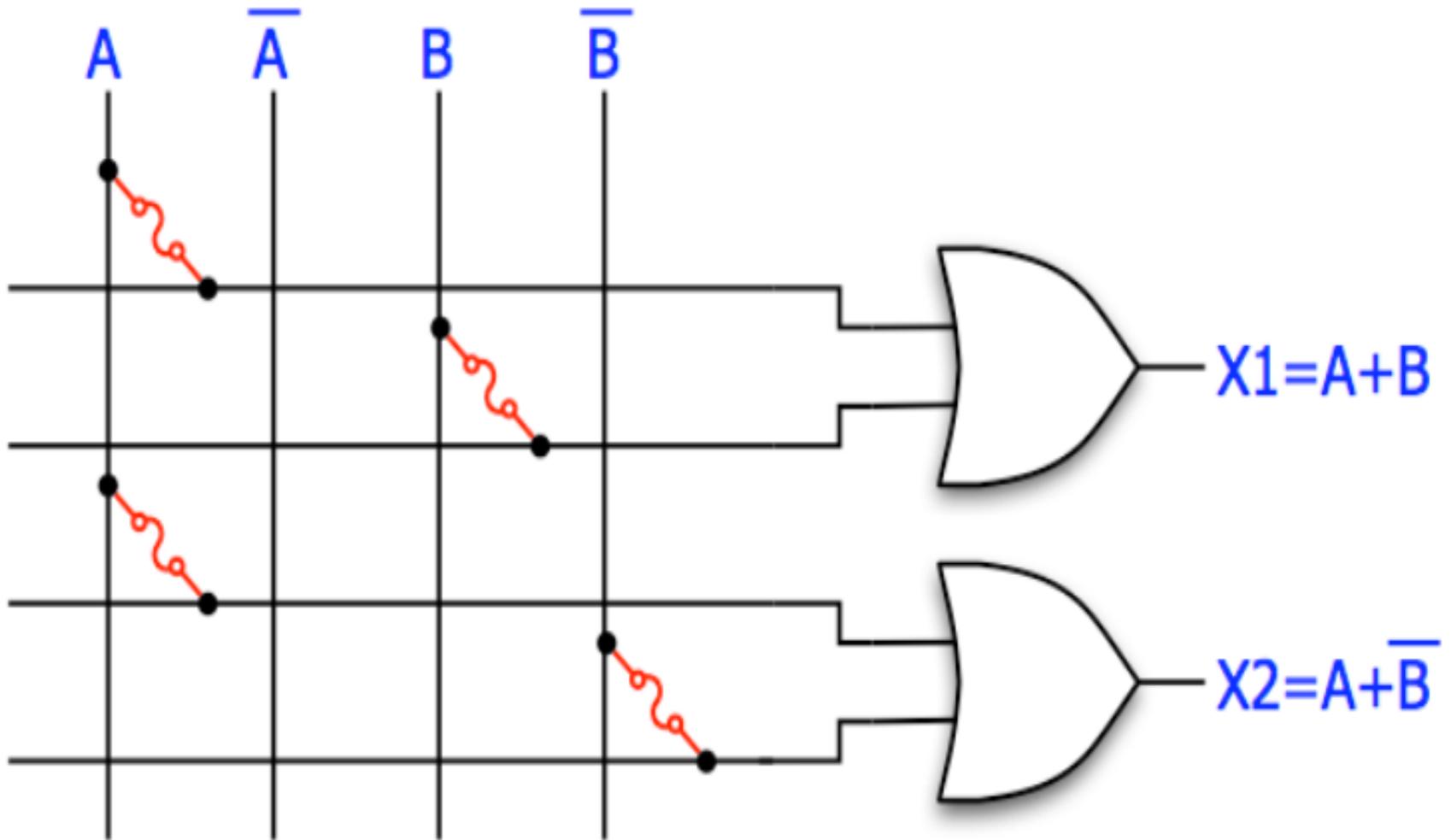
Comme toute fonction logique peut être exprimée comme une somme logique d'impliquants, les circuits logiques programmables les plus communs sont formés par une matrice AND suivie d'une matrice OR. L'une des deux matrices, ou les deux, est programmable.



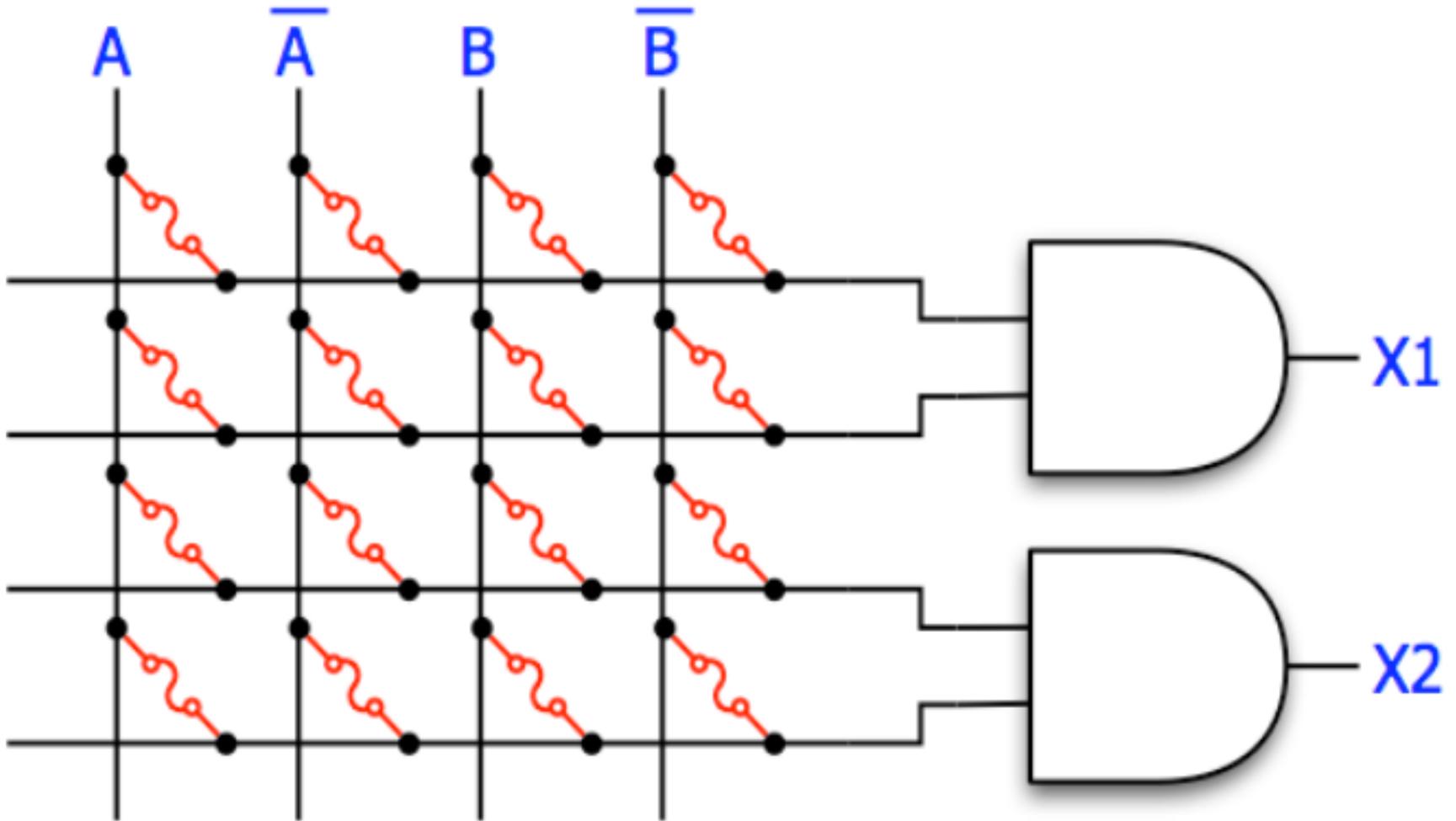
# Exemple de matrice OR non programmée



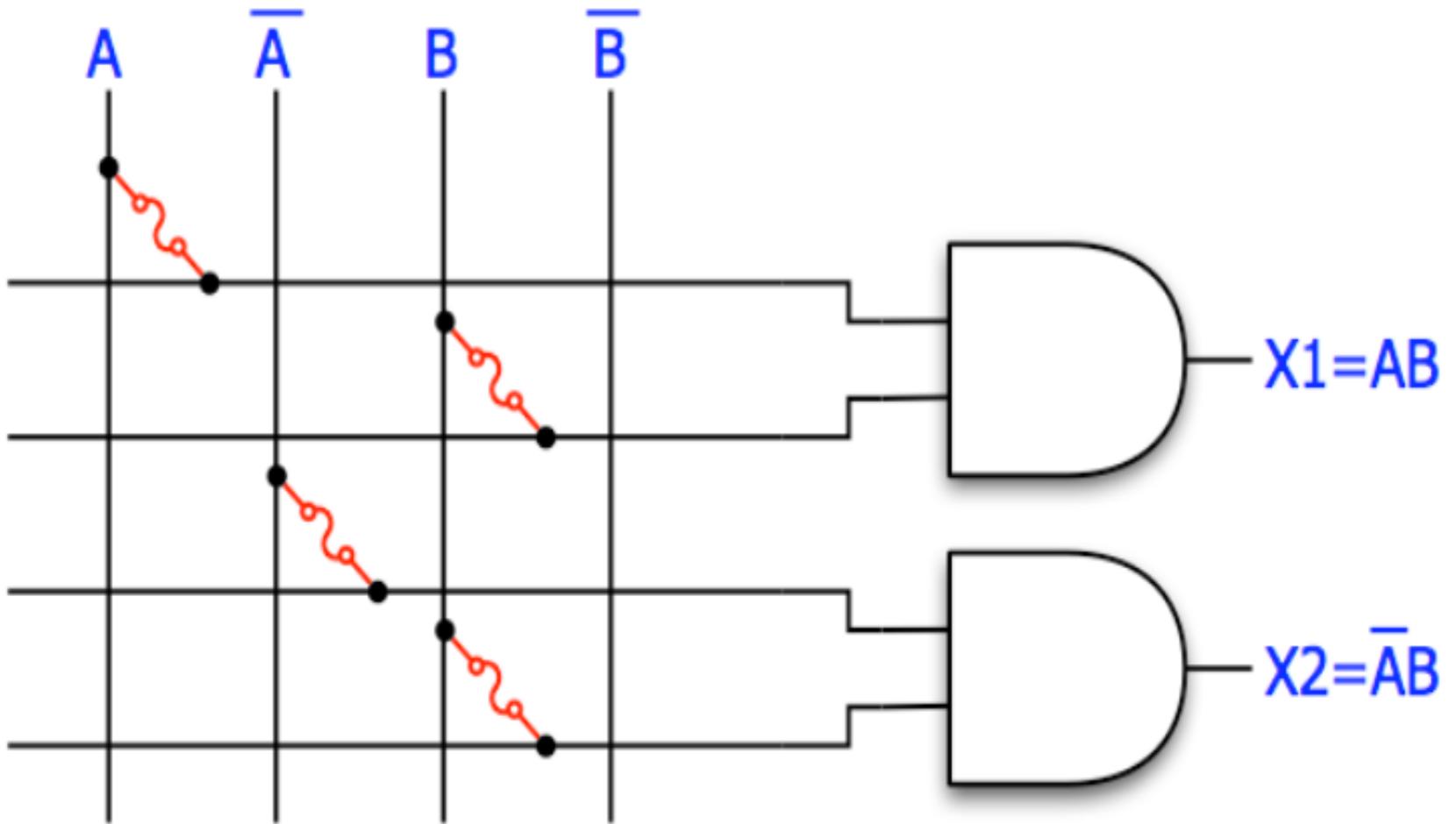
# Exemple de matrice OR programmée



# Exemple de matrice AND non programmée



# Exemple de matrice AND programmée



# Classification des réseaux logiques combinatoires

Selon le caractère programmable des matrices AND et OR, il existe trois types de circuits logiques programmables:

- ✓ PROM (Programmable Read-Only Memory): la matrice AND est fixe et la matrice OR est programmable. C'est une mémoire: la matrice AND sert de décodeur d'adresse; pour chaque valeur d'adresse, la PROM produit une valeur qui a été programmée
- ✓ PAL (Programmable Array Logic): matrice AND programmable suivie d'une matrice OR fixe
- ✓ PLA (Programmable Logic Array): les deux matrices sont programmables

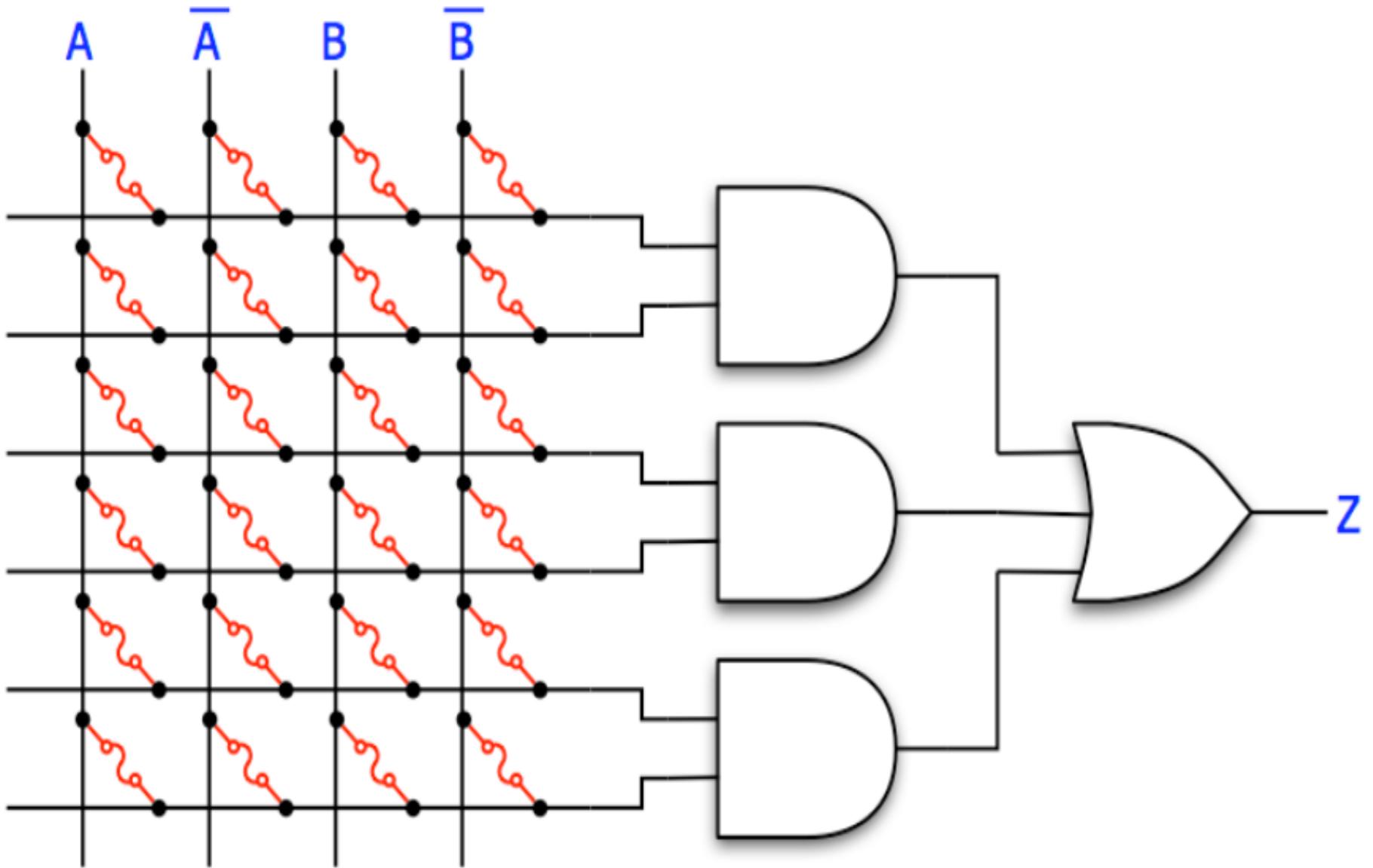
- Les PROMs sont utilisées en tant que mémoires.
- Les PLAs sont très peu utilisées à cause de leur nombre élevé de fusibles, ce qui amène une grande consommation de puissance et de longs délais .
- Les circuits PALs sont les PLDs les plus courants.  
Les PAL sont les circuits logiques programmables les plus anciens.
- Les PAL sont programmés par destruction de fusibles.  
Ils ne sont donc **programmables qu'une fois**, ce qui peut être gênant en phase de développement.

➤ Il est possible de choisir parmi différents types de PAL commerciales, différenciées par le nombre de sorties, de portes AND, du délai, de la consommation, ... etc .

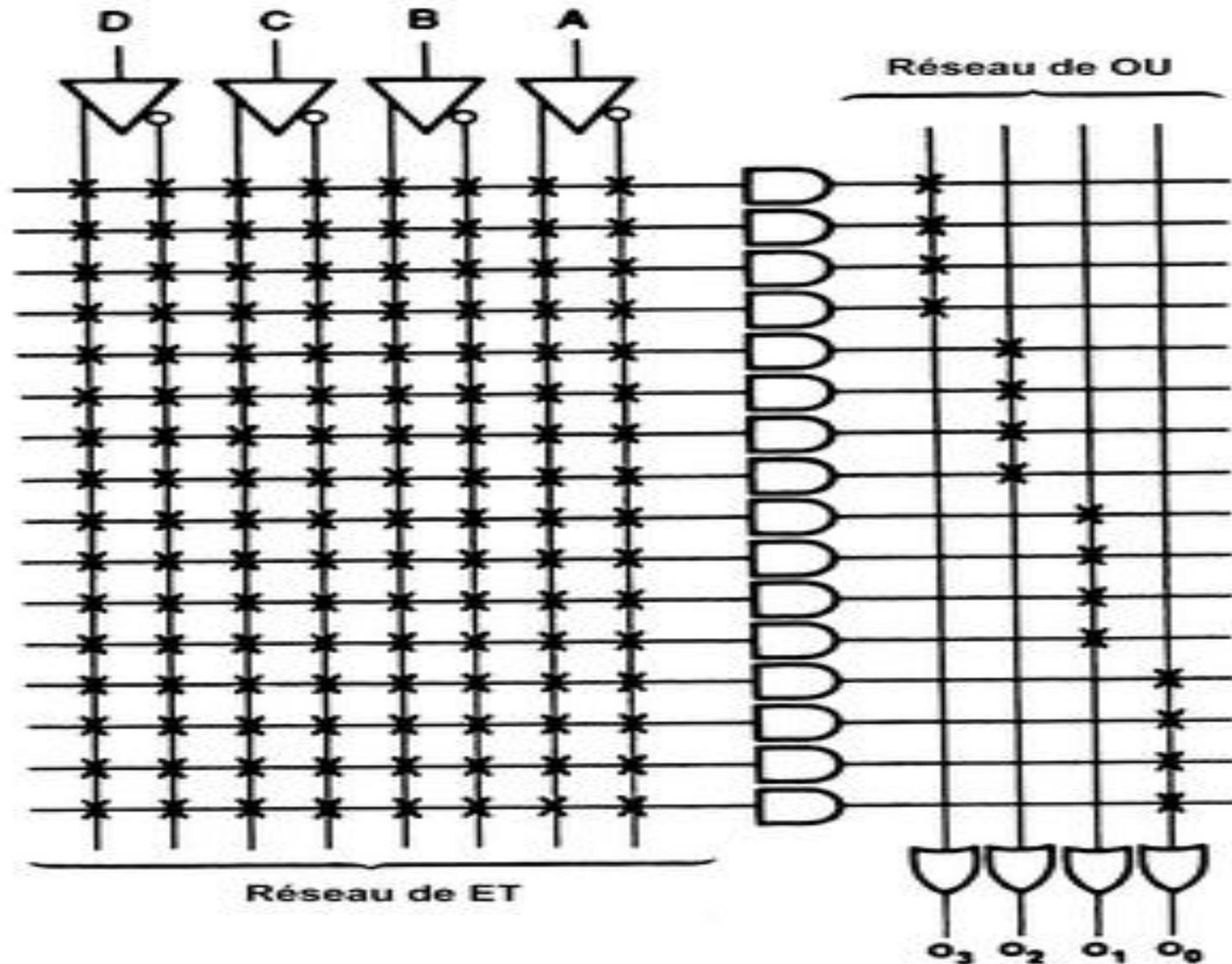
# Exemple de PAL

La figure suivante est un exemple d'une PAL à 2 variables d'entrée et 3 portes AND.

A l'aide de ce circuit, il est possible d'implémenter toute fonction logique à deux variables représentable par une somme d'au maximum trois produits



# Structure d'un PAL à 4 entrées et 4 sorties

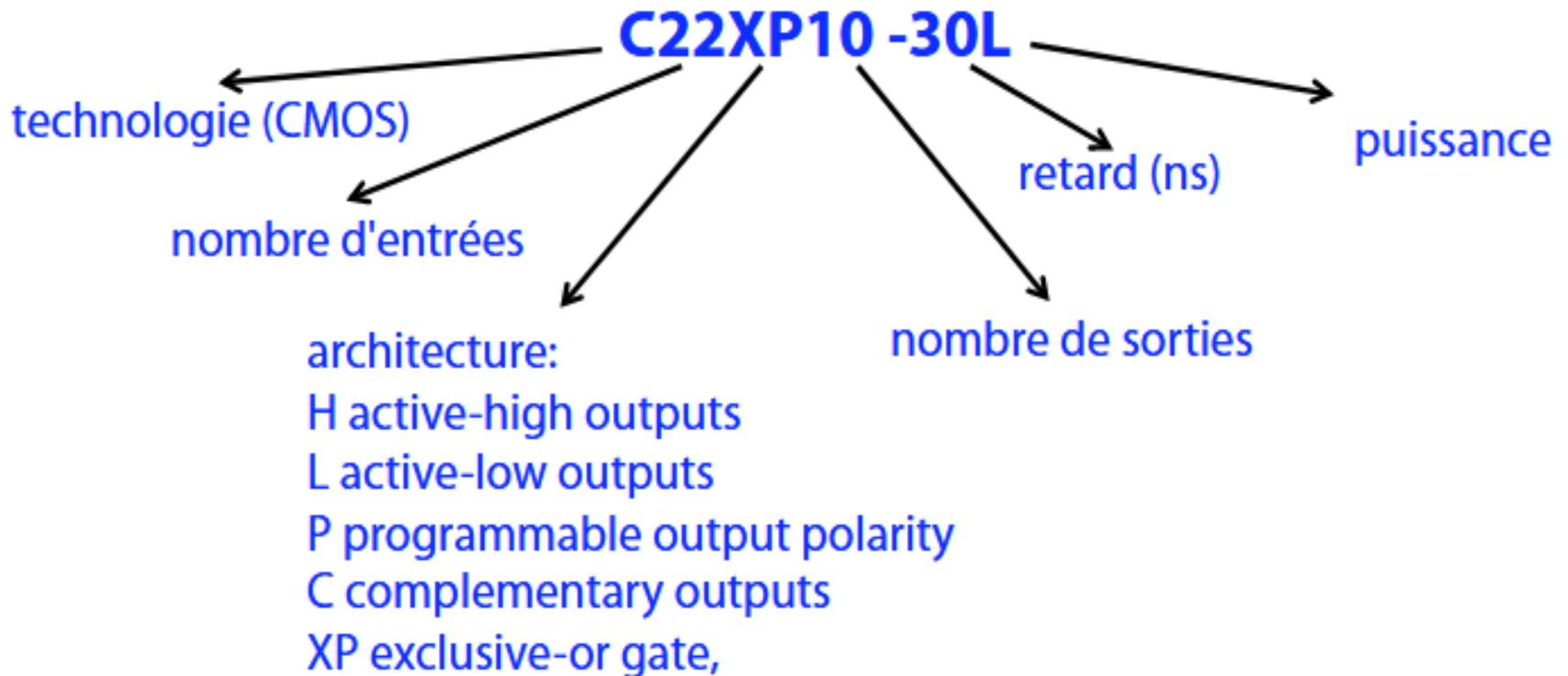


Un circuit logique programmable est caractérisé par:

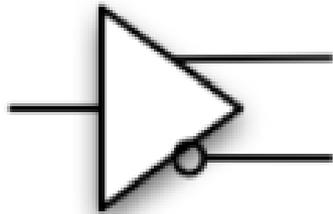
- le nombre d'entrées
- le nombre de sorties
- le nombre de termes produits par sortie
- le retard de propagation (vitesse)
- la consommation de puissance
- la technologie

La plupart de ces paramètres apparaissent dans le nom du circuit.

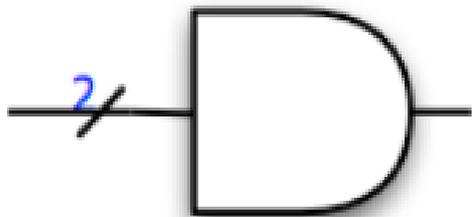
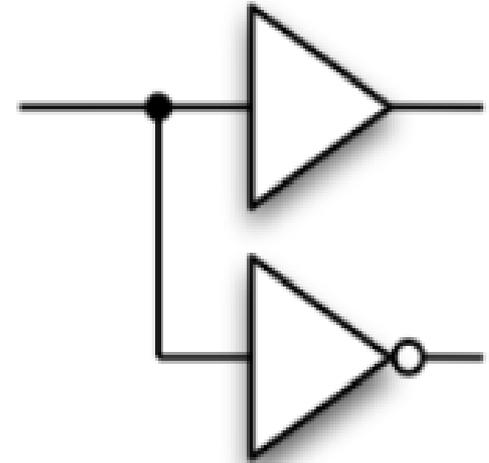
Exemple:



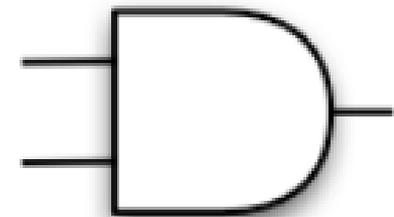
# Quelques conventions (PALs)



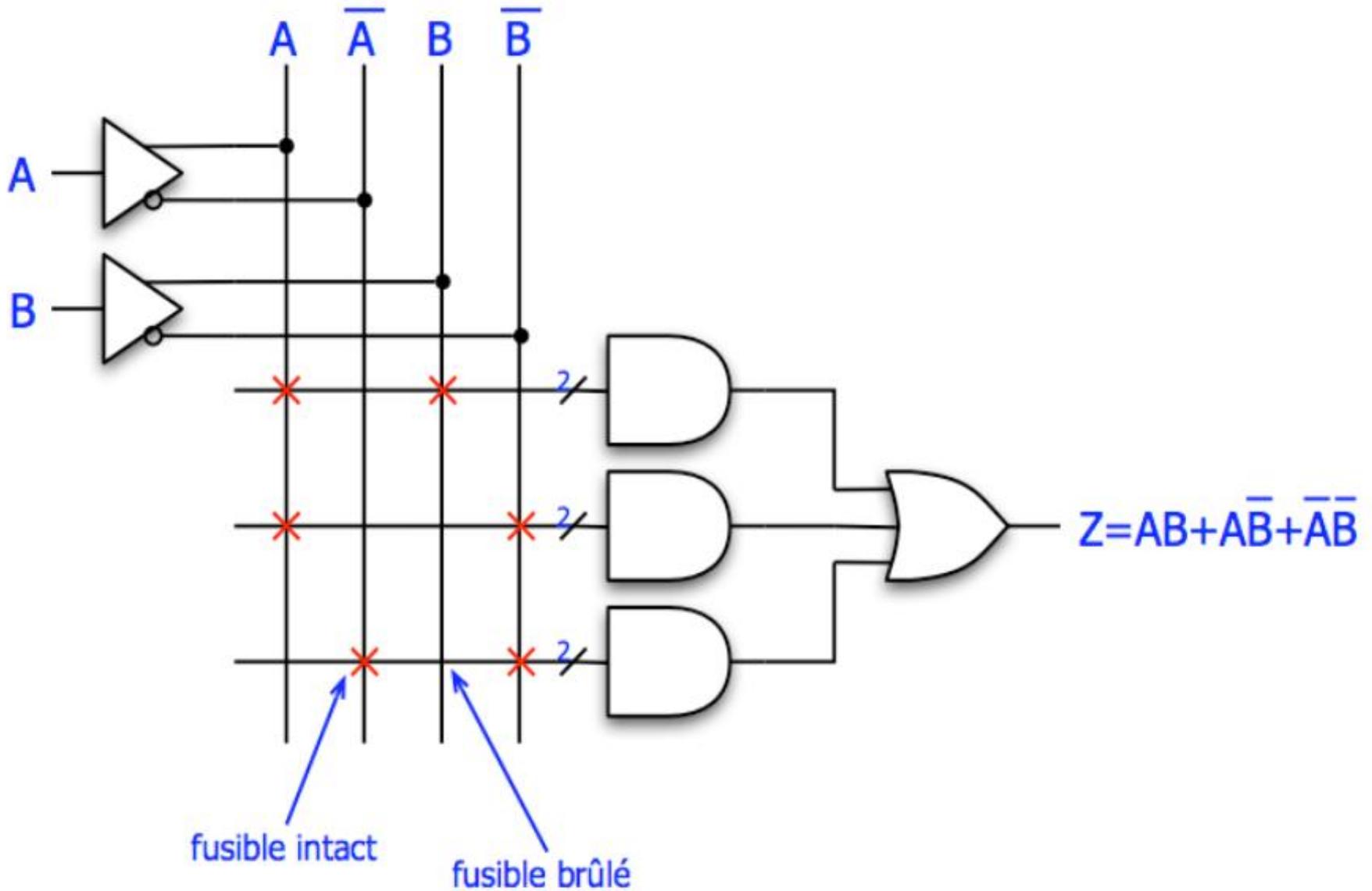
est équivalent à



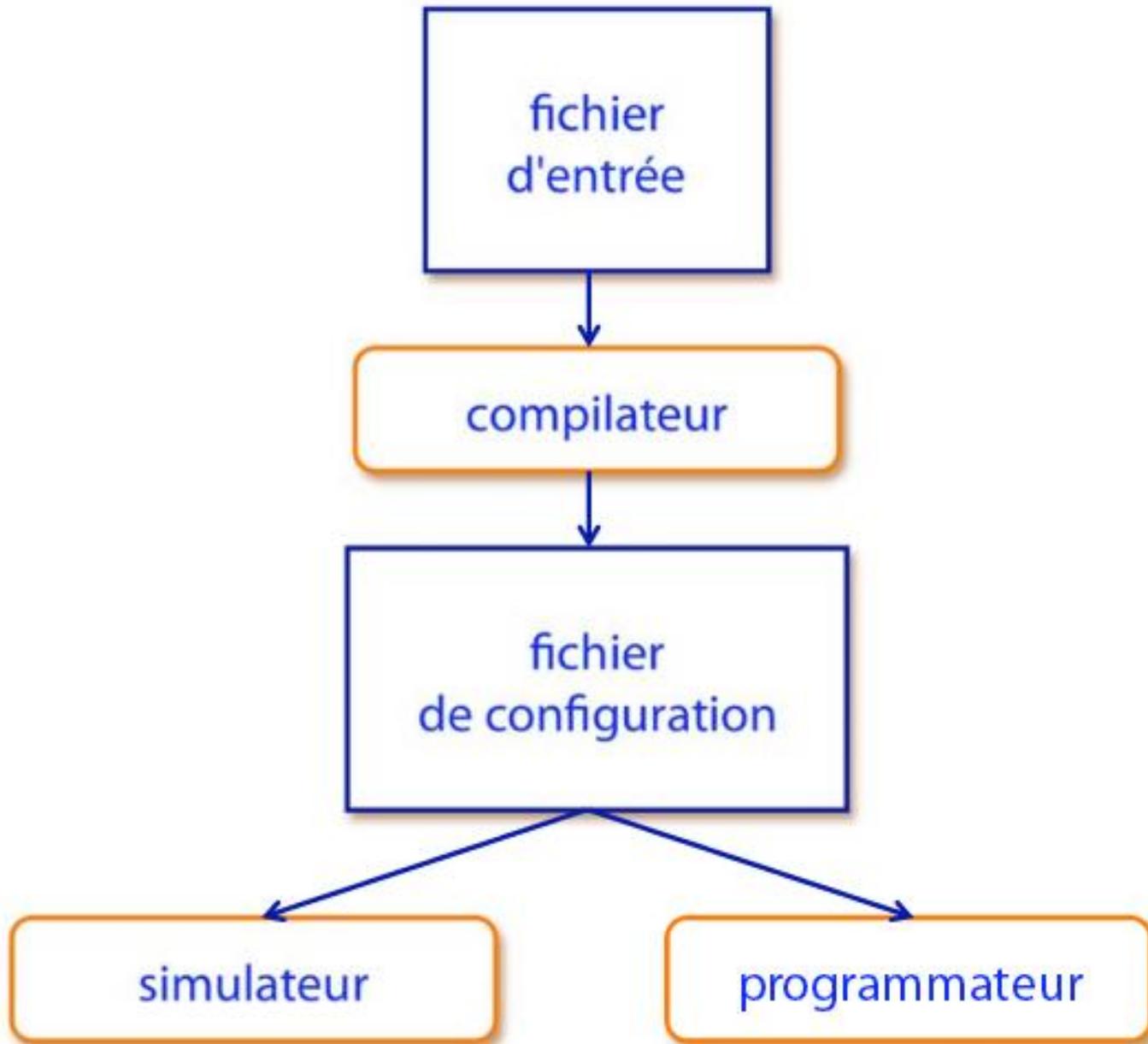
est équivalent à



# Exemple

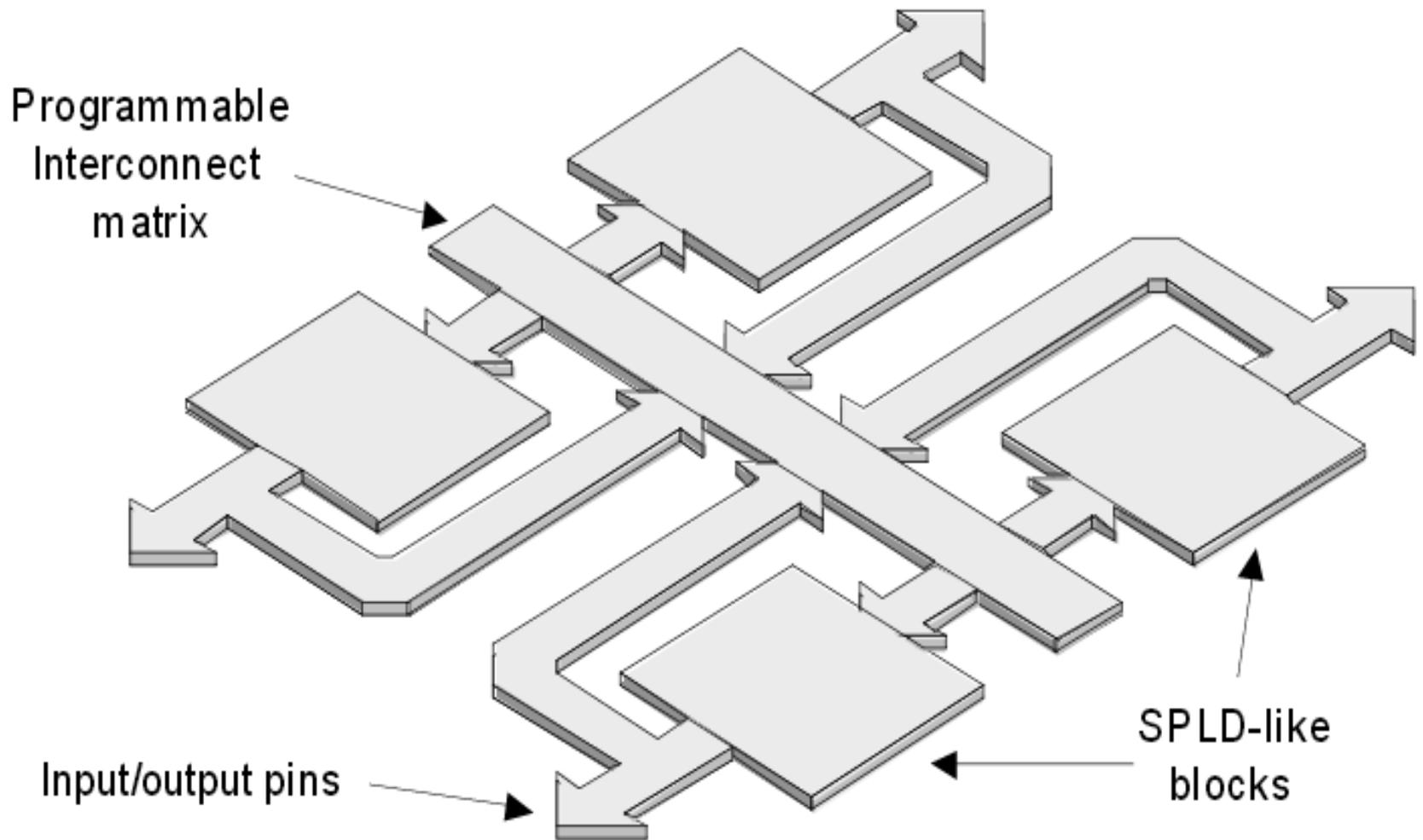


- Une fois brûlé, un fusible ne peut plus être utilisé. Les PLDs à fusibles ne sont donc pas reprogrammables (ou effaçables).
- D'autres solutions technologiques remplacent les fusibles, permettant l'effacement (électriquement ou par UV) et la reprogrammation des PLDs.
- Il peut y avoir un feedback des sorties: la sortie peut être utilisée dans ces cas comme une entrée supplémentaire. En général, les sorties sont tri-state et cette propriété est programmable.
- La programmation d'un PLD est très complexe, à cause du nombre et de l'emplacement des fusibles, ainsi que des tensions de programmation: **un logiciel et un programmeur sont nécessaires.**



# Les circuits CPLD

- Les circuits PLD sont aussi appelés SPLD (Simple Programmable Logic Devices), pour les différencier des circuits plus complexes: les CPLD ou Complex Programmable Logic Devices .
- Les CPLD sont une catégorie spécifique de PLD qui offre une complexité supérieure. Ils sont composés de plusieurs blocs logiques programmables, souvent appelés "macrocellules" ou "blocs logiques", qui peuvent être configurés de manière flexible pour créer des circuits plus complexes. Les CPLD offrent une plus grande flexibilité et une capacité de traitement plus élevée par rapport aux PLD plus simples. Ils sont souvent utilisés dans des applications nécessitant une logique programmable avancée, telle que la gestion d'interface, la logique de contrôle, et d'autres fonctions complexes.
- Les CPLD sont composés d'un certain nombre de SPLD qui partagent une matrice d'interconnexion programmable commune
- En plus de la configuration des différents SPLD, il est donc également possible de configurer les interconnexions entre les blocs.



# Exemples de circuits CPLD

## **Altera MAX Series (Now Intel MAX Series):**

Ces CPLD offrent une combinaison de blocs logiques programmables, de mémoires et d'autres fonctionnalités pour des applications diverses.

## **Xilinx CoolRunner-II Series:**

Ces CPLD de Xilinx sont connus pour leur faible consommation d'énergie et leur flexibilité dans la conception de circuits logiques.

## **Lattice ispMACH 4000ZE Series:**

Cette série de CPLD de Lattice Semiconductor est conçue pour offrir une faible consommation d'énergie et une densité logique accrue.

## **Atmel ATF1500 Series:**

Les CPLD de la série ATF1500 d'Atmel offrent une programmation facile et une grande flexibilité pour des applications diverses.

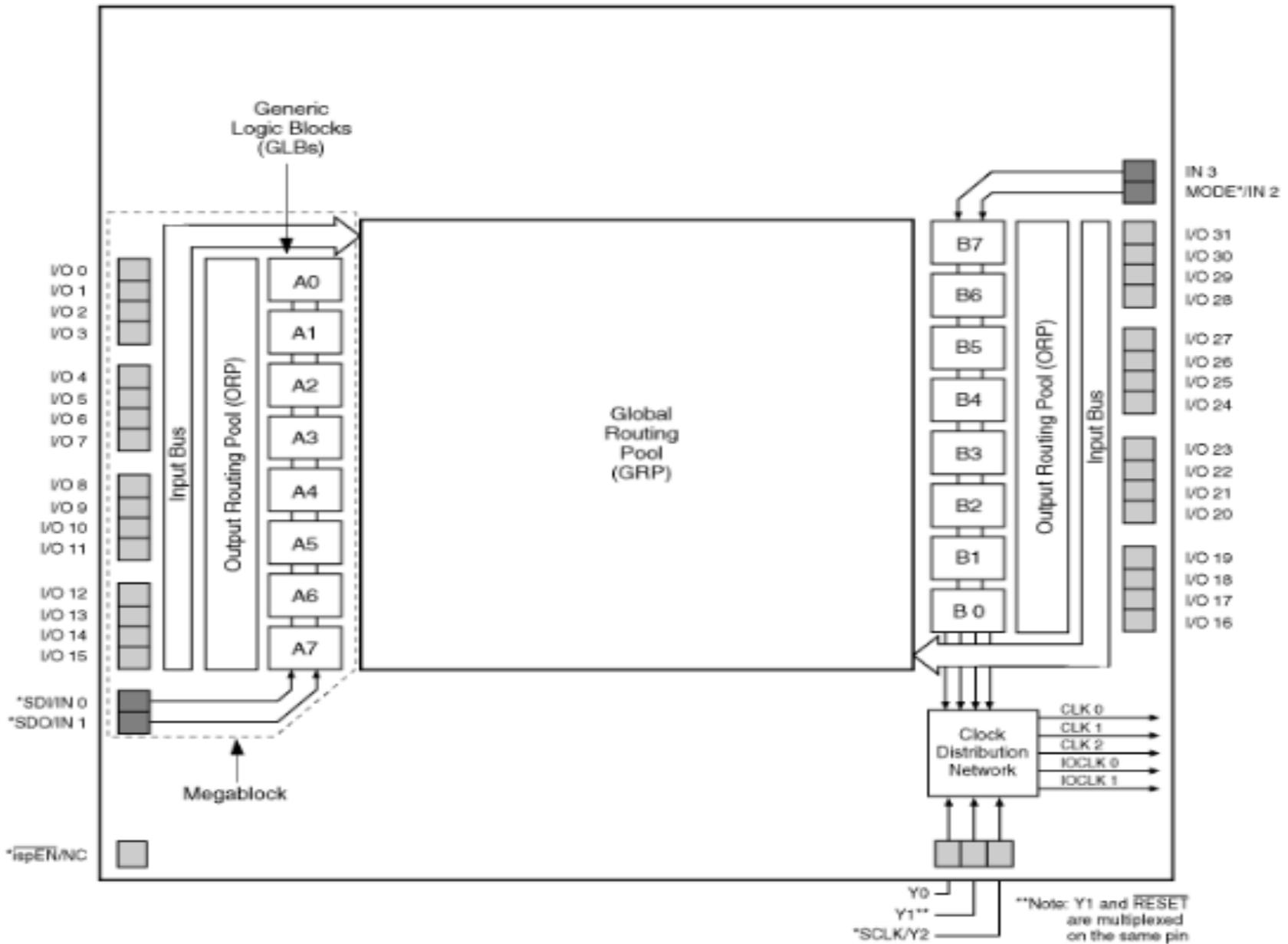
## **Actel (Now Microsemi, a part of Microchip) ProASIC3 Series:**

Ces CPLD sont connus pour leur sécurité renforcée et leur utilisation dans des applications critiques.

## **QuickLogic PolarPro 3 Series:**

QuickLogic se spécialise dans les CPLD pour les applications mobiles et les solutions économes en énergie.

# Exemple de CPLD le circuit Isp1016 de LATTICE



## Autres circuits programmables

- GAL (Generic Array Logic) : Réseau Logique Reconfigurable. Un GAL est un PAL effaçable électriquement.
- EPLD (Erasable Programmable Logic Device): Circuit Logique reconfigurable de grande capacité.
- FPGA (Field Programmable Gate Array)