

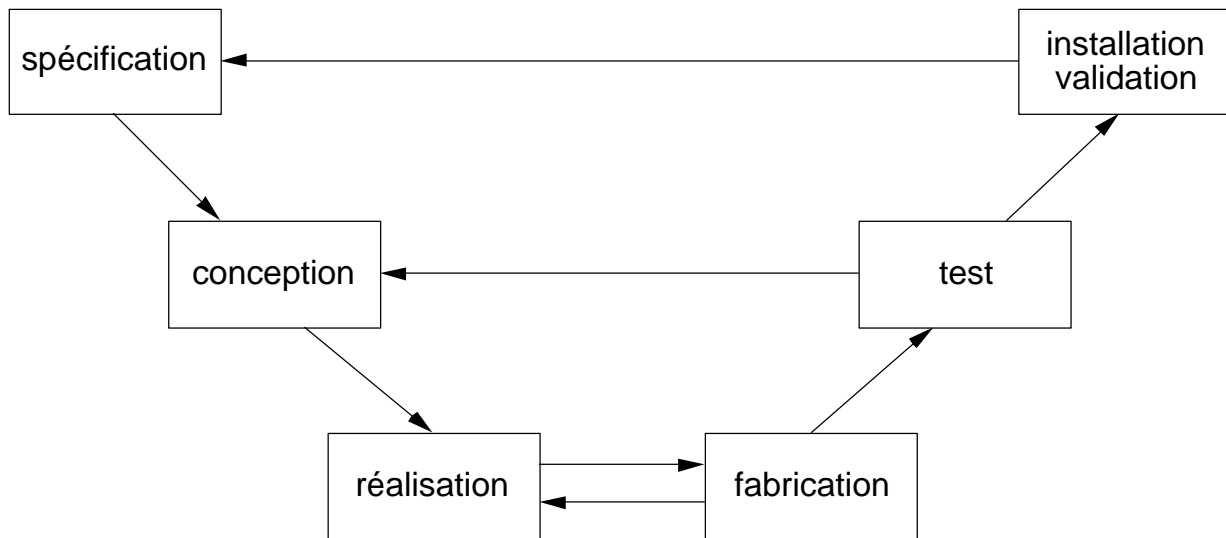
LE DEVELOPPEMENT DU MATERIEL



CONTENU

- introduction
- les fonctions de base
- les contraintes temporelles
- la conception du matériel
- les problèmes liés à l'interconnexion
- la conception du matériel (de nouveau)
- l'implantation
- les tests

VIE D'UN PRODUIT



DOCUMENT DE SPECIFICATION CONTENU TECHNIQUE

- problème posé
- environnement
- fonctions
- dialogues opérateurs / interfaces externes
- caractéristiques d'utilisation
 - performances, contraintes, qualité, etc.
- extensions envisagées
- coûts et délais
- glossaire des termes utilisés

SPECIFICATIONS: PLAN POSSIBLE (1)

- **introduction**
 - but du document et audience
 - cadre (nom du produit, ce qu'il fait et ne fait pas, ses applications)
 - définition des termes, acronymes, abréviations
 - références et lieux où elle peuvent être obtenues
 - description générale et organisation du reste du document

- **description générale**
 - situation du produit (isolé, dans un contexte donné, etc.)
 - sommaire des fonctions
 - caractéristiques générales d'utilisation (ex. types d'utilisateurs)
 - contraintes générales (normes, règles, interfaces, bus, etc.)
 - solutions à exclure
 - hypothèses et dépendances

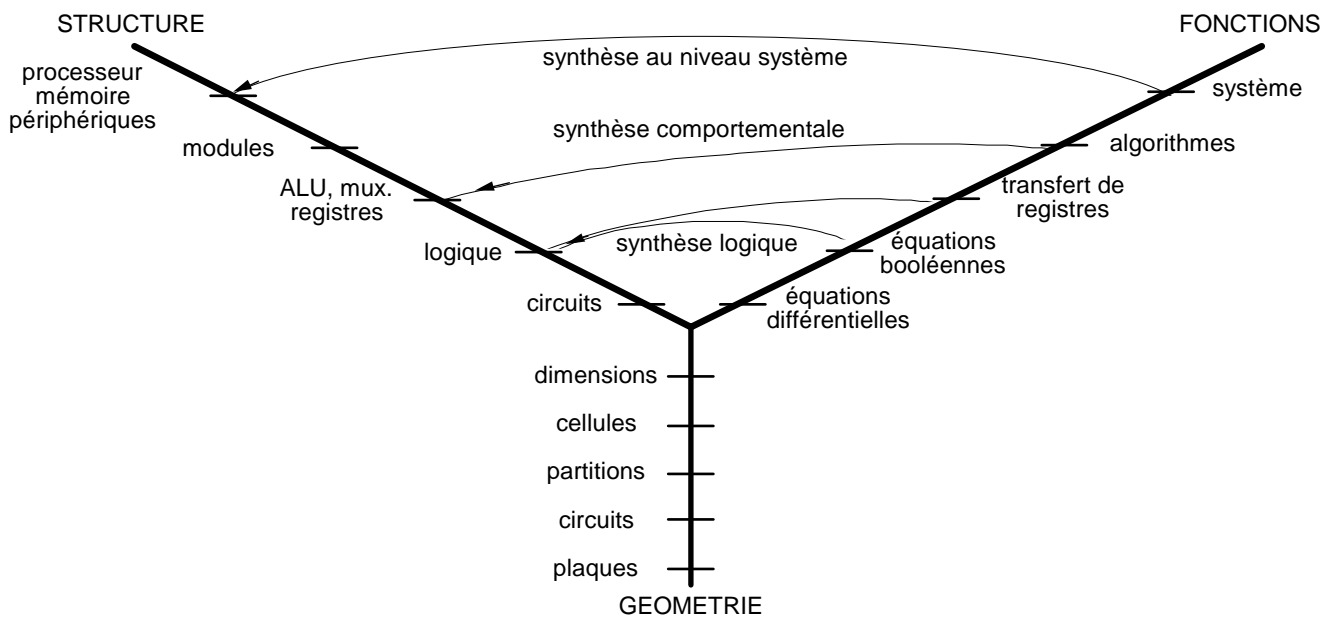
SPECIFICATIONS: PLAN POSSIBLE (2)

- **exigences spécifiques contenant pour chaque partie**
 - **exigences fonctionnelles**
 - signaux d'entrée/sortie et caractéristiques
 - transformations
 - tests de validité des entrées et des sorties
 - séquences d'opérations
 - réponses aux situations anormales
 - méthodes de transformation et paramètres
 - paramètres affectés par les transformations
 - **exigences de performance**
 - **contraintes pour la conception**
 - **attributs (disponibilité, sécurité, maintenance, ...)**
 - **interfaces externes, options, extensions, finesses**

DE LA SPECIFICATION AU TEST

- ❑ conception du matériel
 - conception au niveau système
 - conception comportementale
 - conception logique
 - simulation et vérification
- ❑ conception physique
 - placement, routage et réalisation du masque
- ❑ fabrication
 - photo lithographie et assemblage
- ❑ test

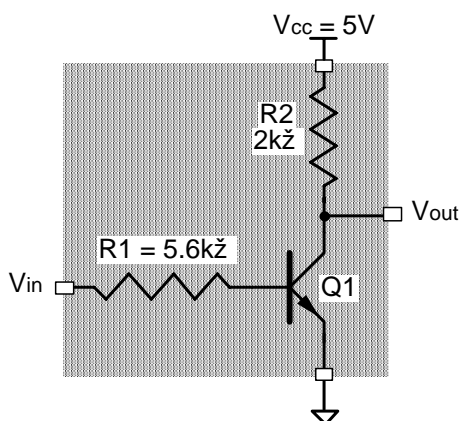
SYNTHESE DES TACHES DE CONCEPTION



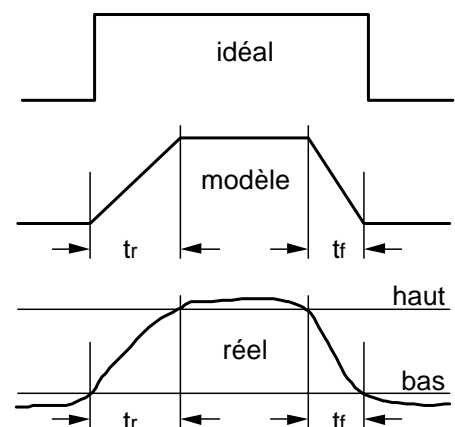
LE PROCESSUS DE CONCEPTION

1. détermination des fonctions
2. processus itératif
 - a. choix d'un composant pour remplir une ou plusieurs fonctions et satisfaire les temps
 - b. calcul des temps critiques
 - c. détermination des temps disponibles pour les circuits auxiliaires
 - d. conception et choix technologique des circuits auxiliaires
 - e. vérification des temps
3. optimisation

LES CIRCUITS LOGIQUES REELS



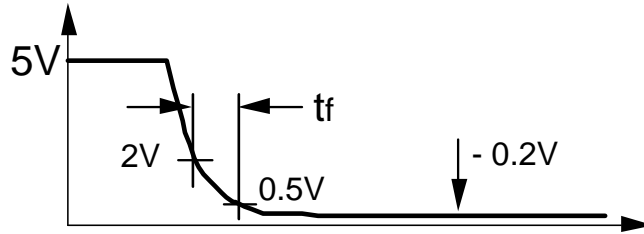
- composés de transistors
- les temps de commutation sont non nuls
- ils dépendent de la charge
- les temps de commutation varient d'un exemplaire à l'autre d'un circuit



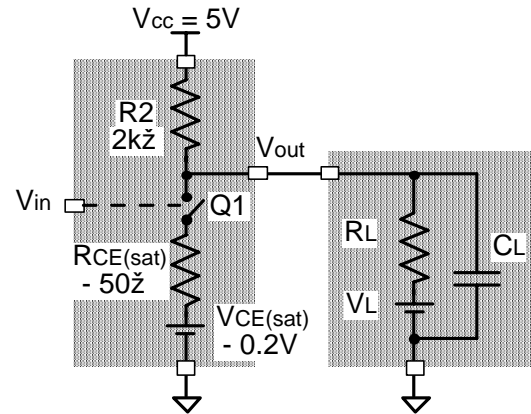
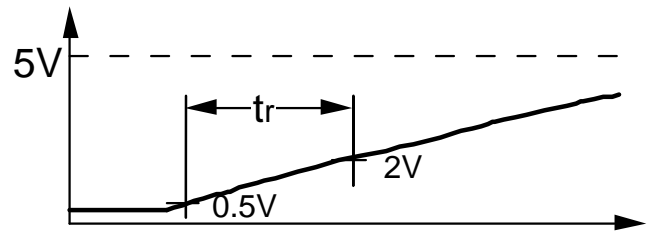
LES CIRCUITS LOGIQUES REELS (2)

- variation du temps de commutation en fonction de la charge

→ temps de descente

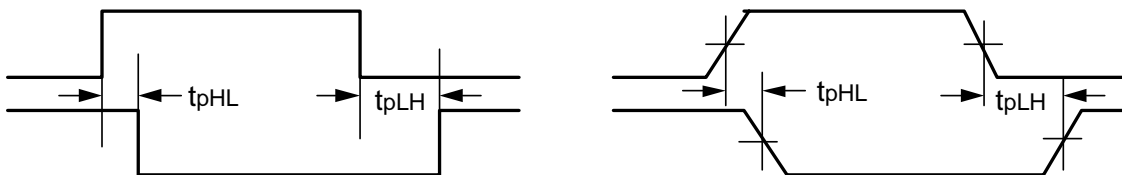


→ temps de montée

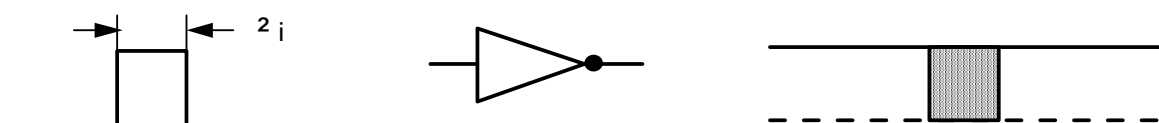


LES CIRCUITS LOGIQUES REELS (3)

- le temps de propagation est non nul et varie d'un exemplaire à un autre d'un circuit



- délai inertiel

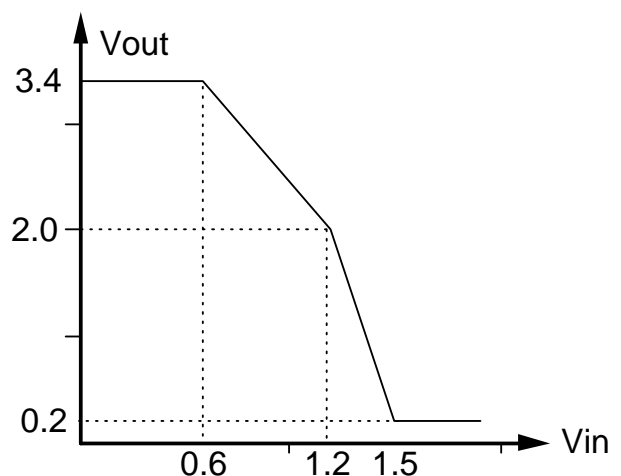
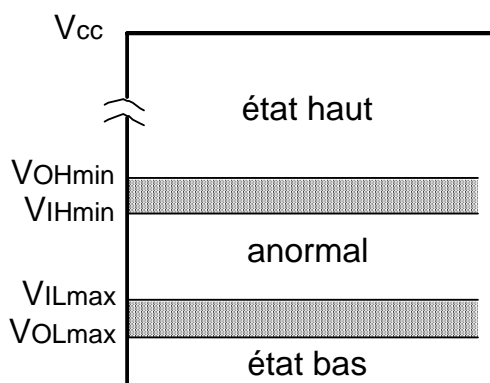


CARACTERISTIQUES DES ENTREES ET DES SORTIES

- ❑ 2 familles principales
 - TTL (Transistor Transistor Logic)
 - ◆ en général plus rapide
 - ◆ consomme plus
 - CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)
 - ◆ en général moins rapide
 - ◆ la consommation dépend de la fréquence de travail

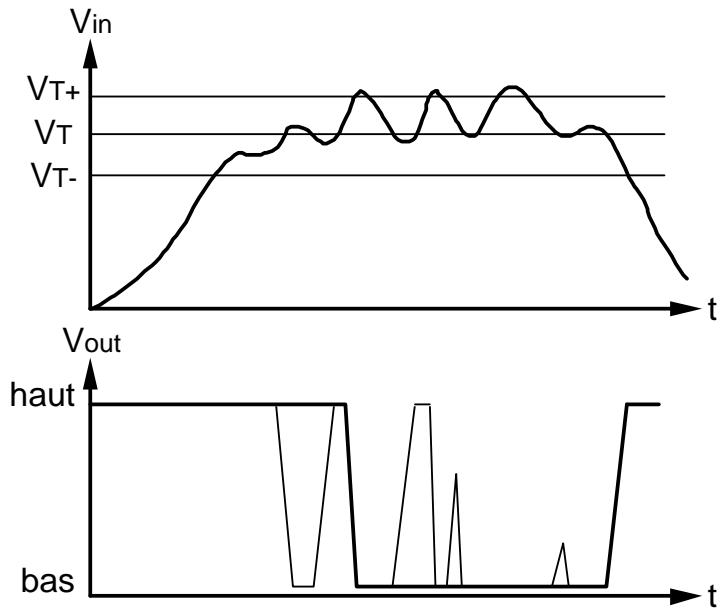
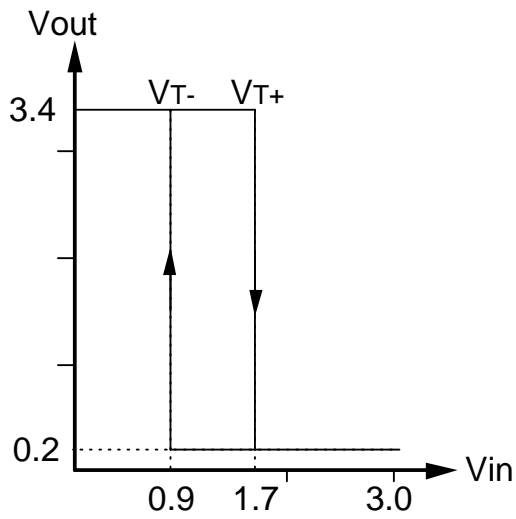
CARACTERISTIQUES DES ENTREES ET DES SORTIES

- ❑ caractéristique de transfert d'un inverseur
- ❑ niveaux logiques



ENTREES A BASCULES DE SCHMITT

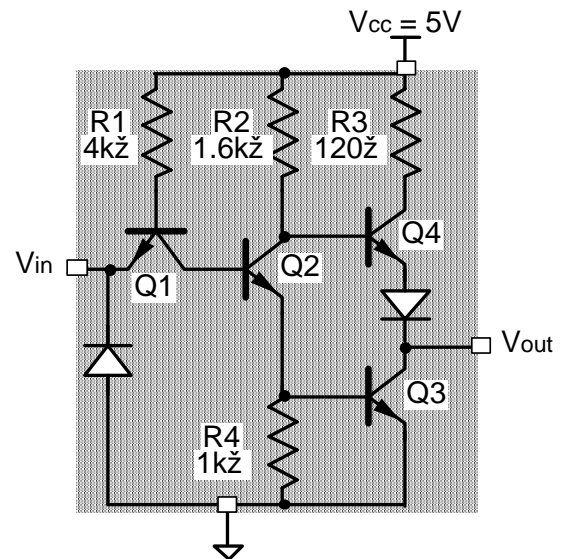
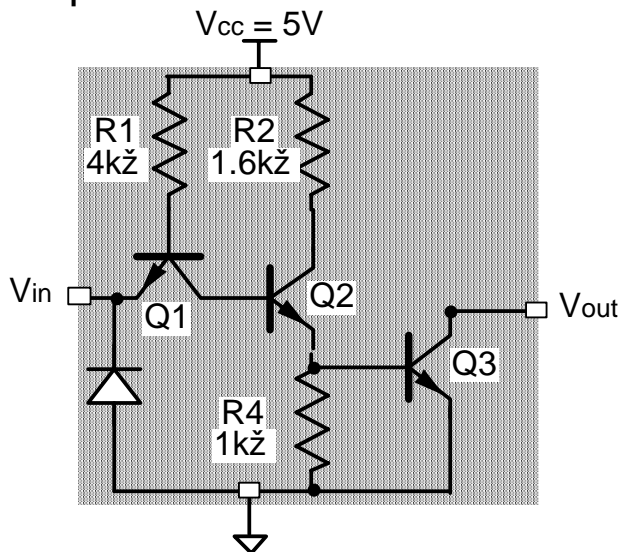
- introduit une hystérésis



- permet de filtrer les bruits

SORTIE A COLLECTEUR OUVERT

- porte classique (Totem-Pole)
- porte à collecteur ouvert



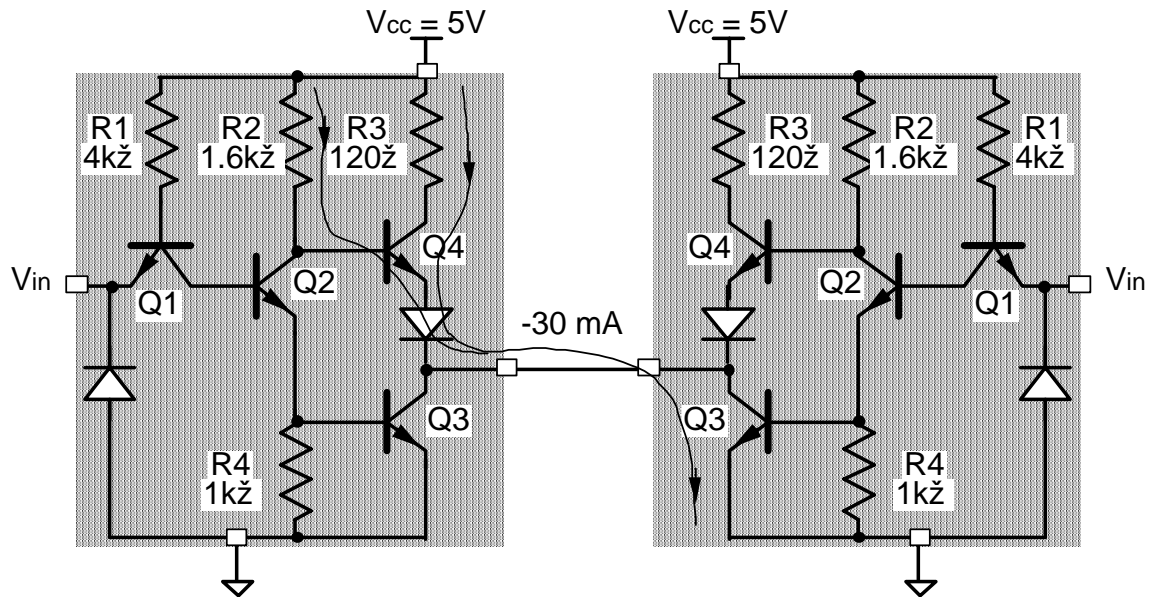
- utiles pour réaliser des fonctions câblées

SORTIE A COLLECTEUR OUVERT

- ET câblé avec des portes classiques

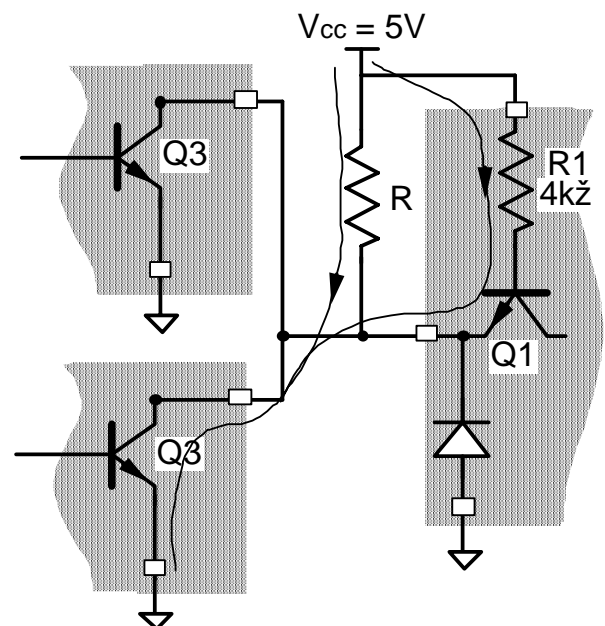
⇒

conflit

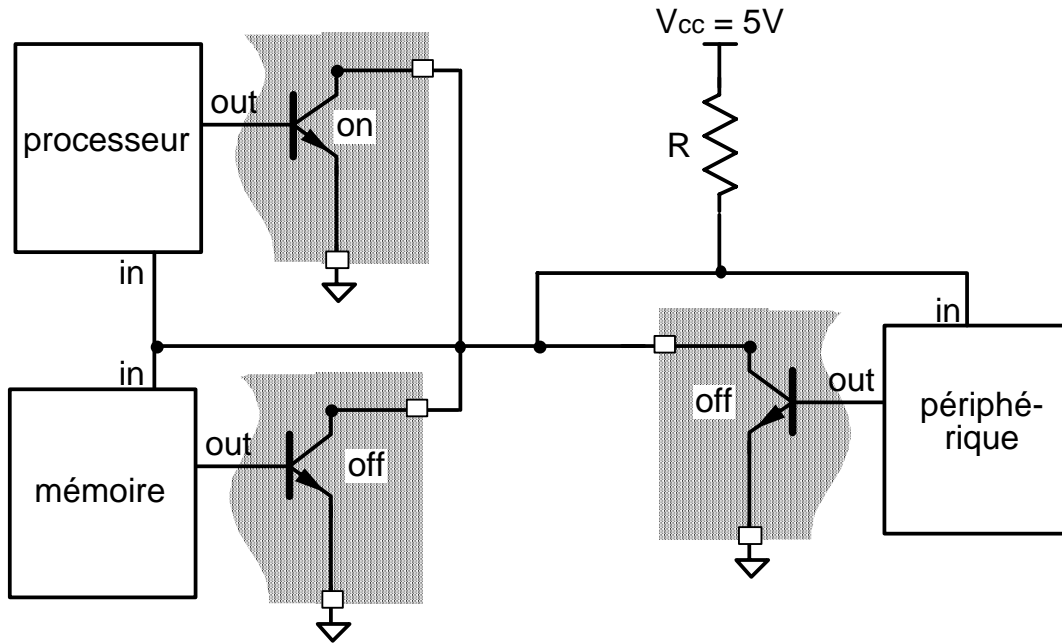


SORTIE A COLLECTEUR OUVERT

- ET câblé avec des portes à collecteur ouvert



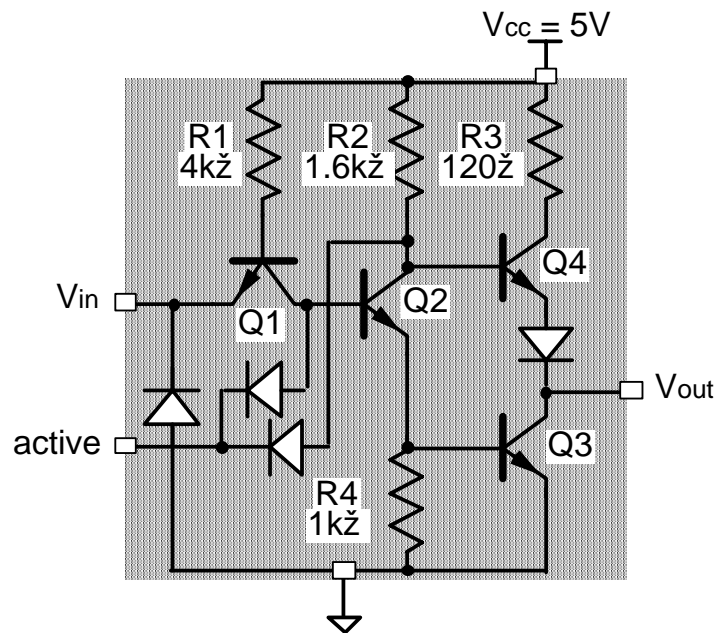
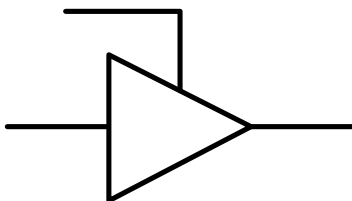
BUS AVEC PORTES A COLLECTEUR OUVERT



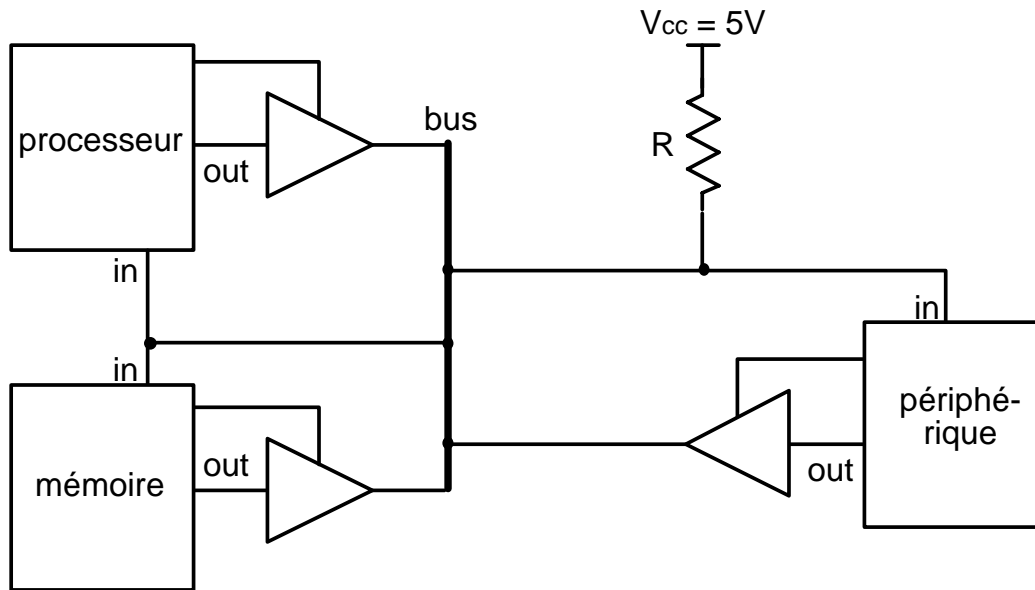
SORTIE A 3 ETATS (THREE-STATE)

- 3 états
 - haut
 - bas
 - haute impédance (High Z)

- symbole



BUS AVEC PORTES A 3 ETATS



- ❑ il faut prévoir un temps mort entre la désactivation d'une sortie et l'activation d'une autre

CONTENU

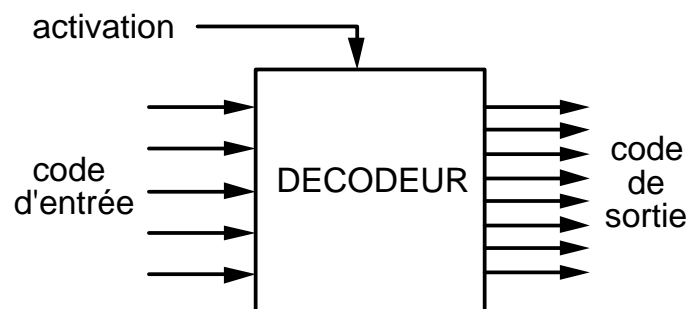
- ❑ introduction
- ❑ les fonctions de base
- ❑ les contraintes temporelles
- ❑ la conception du matériel
- ❑ les problèmes liés à l'interconnexion
- ❑ la conception du matériel (de nouveau)
- ❑ l'implantation
- ❑ les tests

LES FONCTIONS DE BASE D'UN CIRCUIT

- ❑ combinatoires
 - (dé)codeur, (dé)multiplexeur, comparateur, isolateur, additionneur, unité arithmétique
- ❑ séquentielles
 - bascule, registre, compteur, registre à décalage, mémoires
- ❑ liées au temps
 - ligne à retard, générateur
- ❑ complexes
 - processeurs, adaptateurs d'interface, PAL

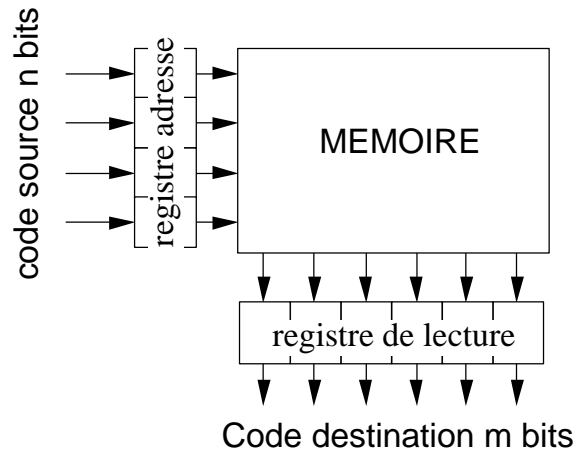
LE DECODEUR

- ❑ mot d'entrée plus petit que mot de sortie
- ❑ souvent un seul signal de sortie actif
- ❑ la sortie peut parfois être désactivée
- ❑ utilité
 - sélection de circuit
 - vérifications
 - changement de code



REALISATION DES DECODEURS

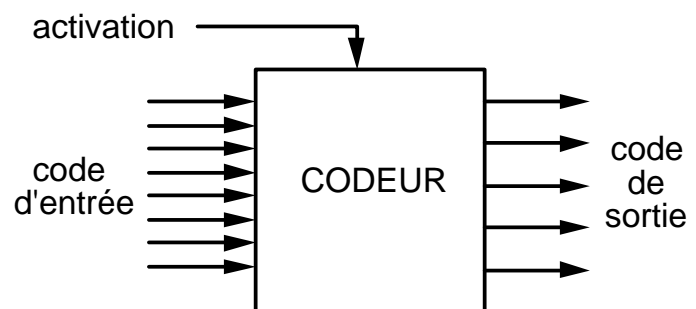
- ❑ par un circuit combinatoire
- ❑ à l'aide d'une mémoire (consultation de table)



- ❑ par un circuit séquentiel

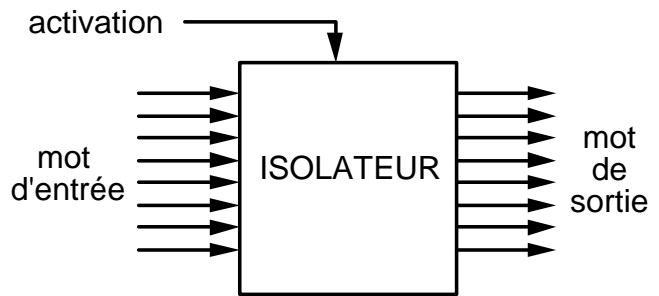
LE CODEUR

- ❑ mot d'entrée plus long que mot de sortie
- ❑ les sorties peuvent parfois être désactivées
- ❑ utilité
 - sélection d'un signal (codeur de priorité pour les interruptions)
 - lecture d'un clavier
 - changement de code
- ❑ réalisation (comme le décodeur)



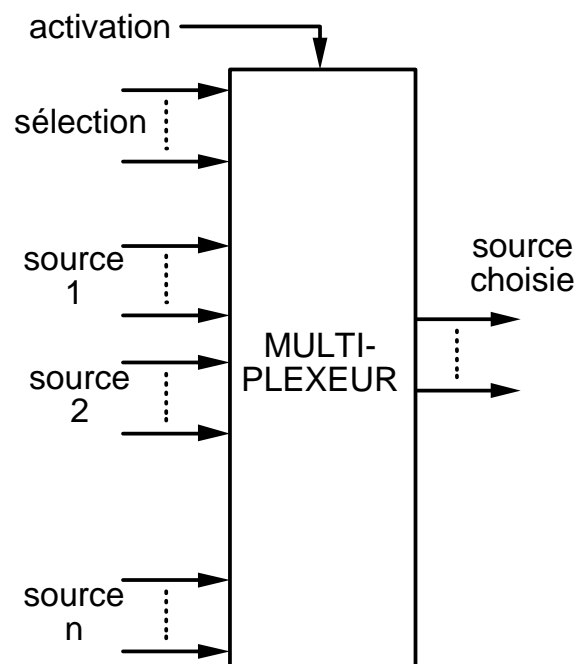
L'ISOLATEUR

- ❑ le mot de sortie est soit identique au mot d'entrée, soit en haute impédance
- ❑ 2 isolateurs peuvent être mis tête-bêche pour assurer une transmission bidirectionnelle
- ❑ sont souvent associés à des amplificateurs
- ❑ utilité
 - isolation d'un élément
 - multiplexage
- ❑ réalisation avec des portes à sortie à 3 états



LE MULTIPLEXEUR

- ❑ commutateur numérique unidirectionnel
- ❑ choix d'une source parmi n
- ❑ utilité
 - bus ou lignes partagées
 - accès mémoire
 - toutes les sélections
 - générateur de fonction



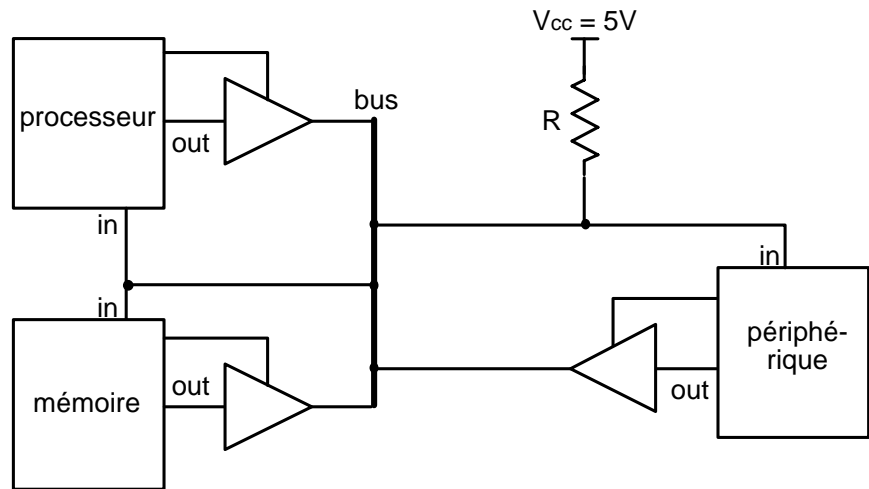
REALISATION DES MULTIPLEXEURS

- ❑ par un circuit combinatoire

- $Y = A \cdot S + B \cdot /S$

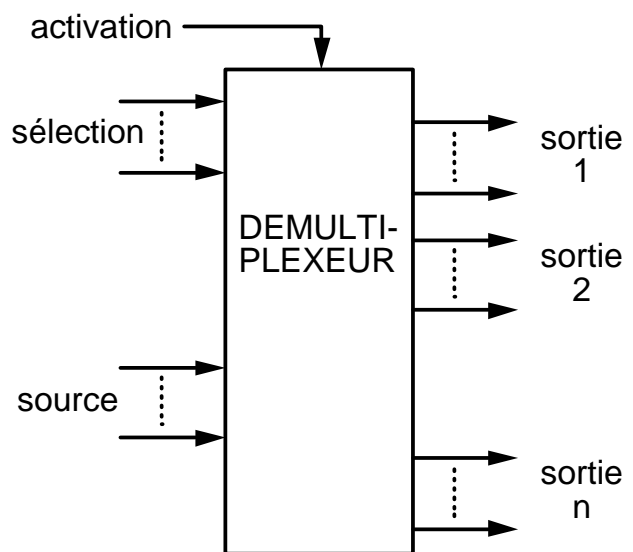
- ❑ avec des isolateurs à sorties à 3 états

- partage temporel
 - partage par décodeur



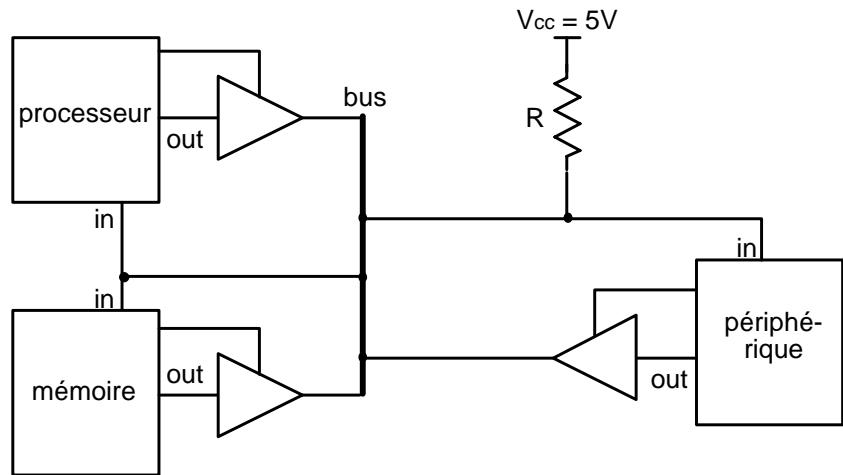
LE DEMULTIPLEXEUR

- ❑ commutateur numérique unidirectionnel
- ❑ source aiguillée sur une sortie parmi n
- ❑ utilité
 - bus ou lignes partagées
 - accès mémoire
 - tous les aiguillages



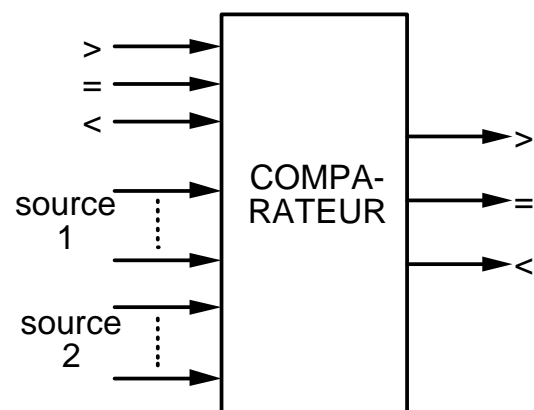
REALISATION DES DEMULTIPLEXEURS

- ❑ par un circuit combinatoire
 - $Y1 = S \cdot A$; $Y2 = /S \cdot A$
- ❑ avec des isolateurs
 - partage temporel
 - partage par décodeur
- ❑ avec un décodeur ayant une entrée d'activation



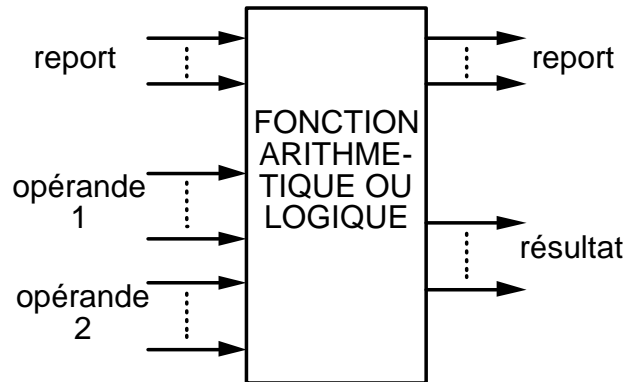
LE COMPAREUR

- ❑ comparaison de deux mots
- ❑ peuvent souvent être mis en cascade
- ❑ utilité
 - tests, fonction seuil
 - arbitration de bus
- ❑ réalisation
 - à base de portes OU exclusif



LES FONCTIONS ARITHMETIQUES ET LOGIQUES

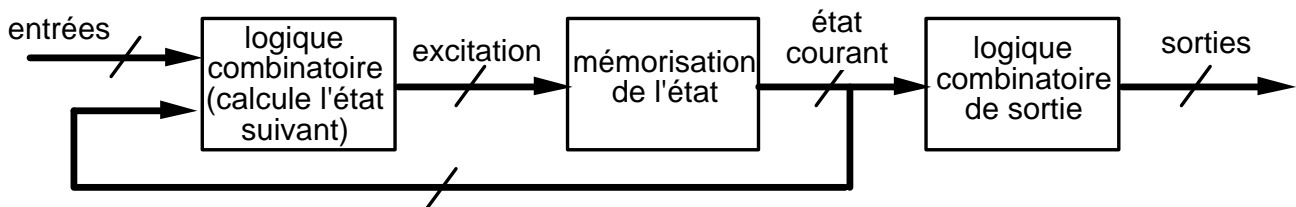
- ❑ arithmétique
 - +, -, X, division
- ❑ logique
 - NON, ET, OU, OU exclusif
- ❑ peuvent souvent être mis en cascade
- ❑ utilité
 - bloc de base pour créer un processeur
- ❑ réalisation
 - circuits combinatoires spécialisés



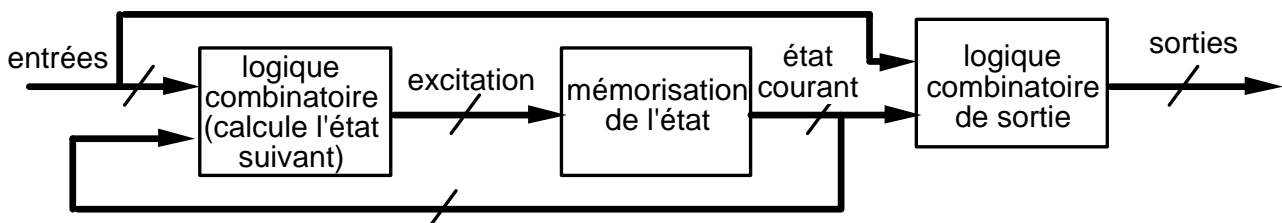
LES FONCTIONS SEQUENTIELLES

ont pour caractéristique de mémoriser un état

- ❑ Moore



- ❑ Mealy



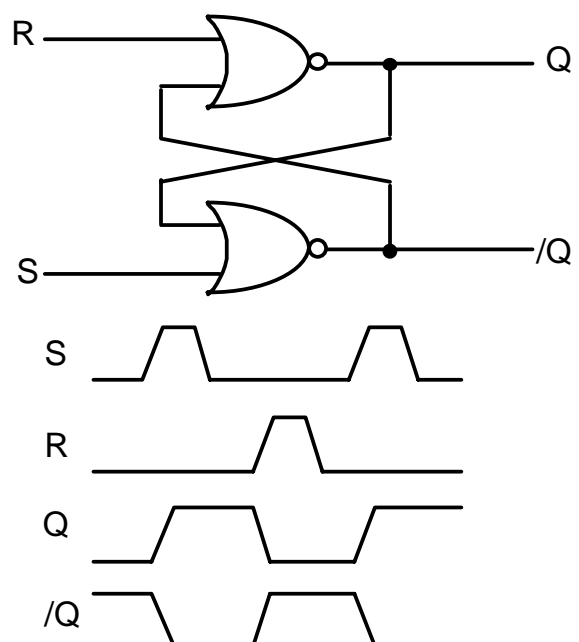
REALISATION DES CIRCUITS IMPLANTANT DES FONCTIONS SEQUENTIELLES

- ❑ asynchrones
 - l'état change lorsque les entrées changent
 - sont à la base de tous les circuits synchrones
 - posent des problèmes comme les courses et aléas
- ❑ synchrones
 - l'état change sur le flanc d'une horloge
 - sont plus simples à réaliser et posent moins de problèmes

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES CIRCUITS SEQUENTIELS

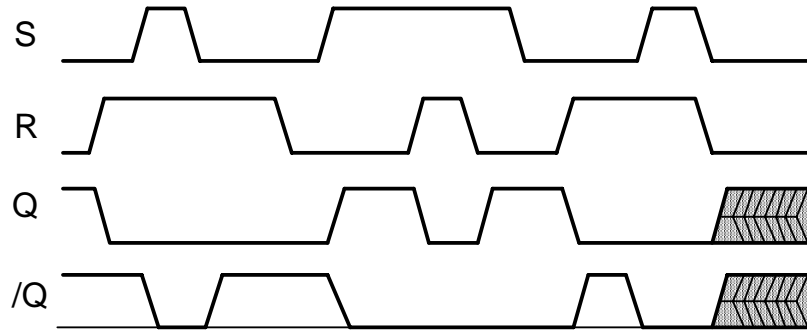
- ❑ bascule SR

S	R	Q	/Q
0	0	Q-	/Q-
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0

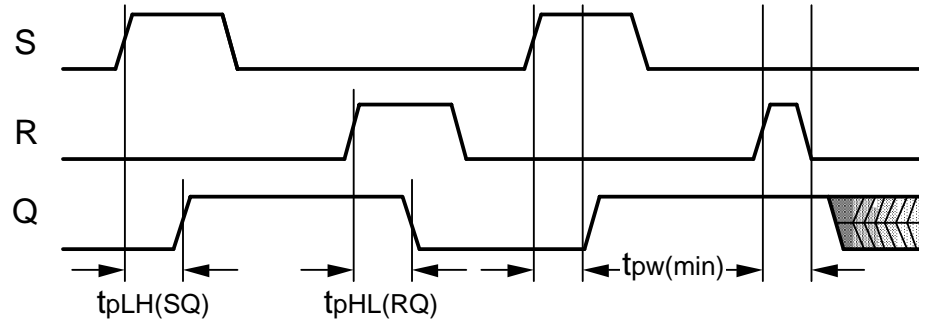


PROBLEMES DE LA BASCULE SR

- passage de S et R simultanément à 0



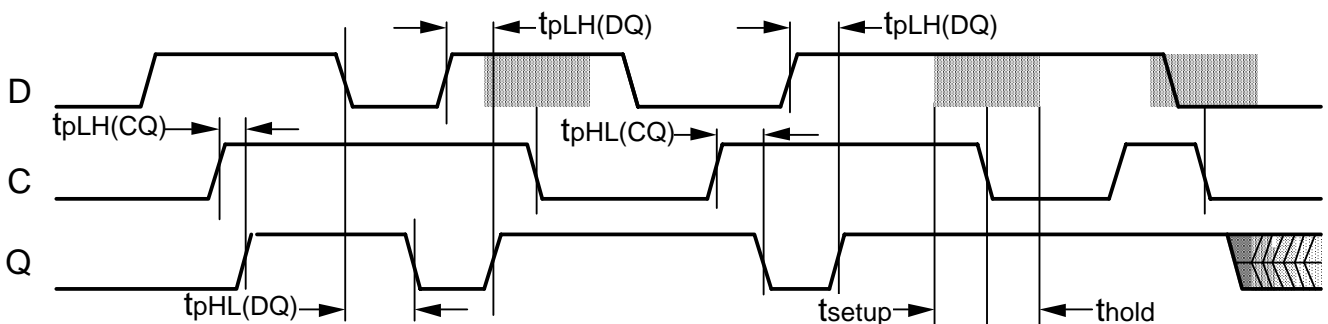
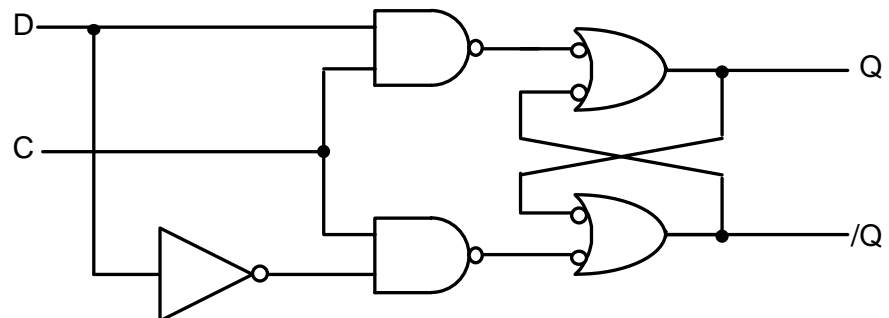
- contraintes temporelles



ELEMENT DE MEMOIRE D

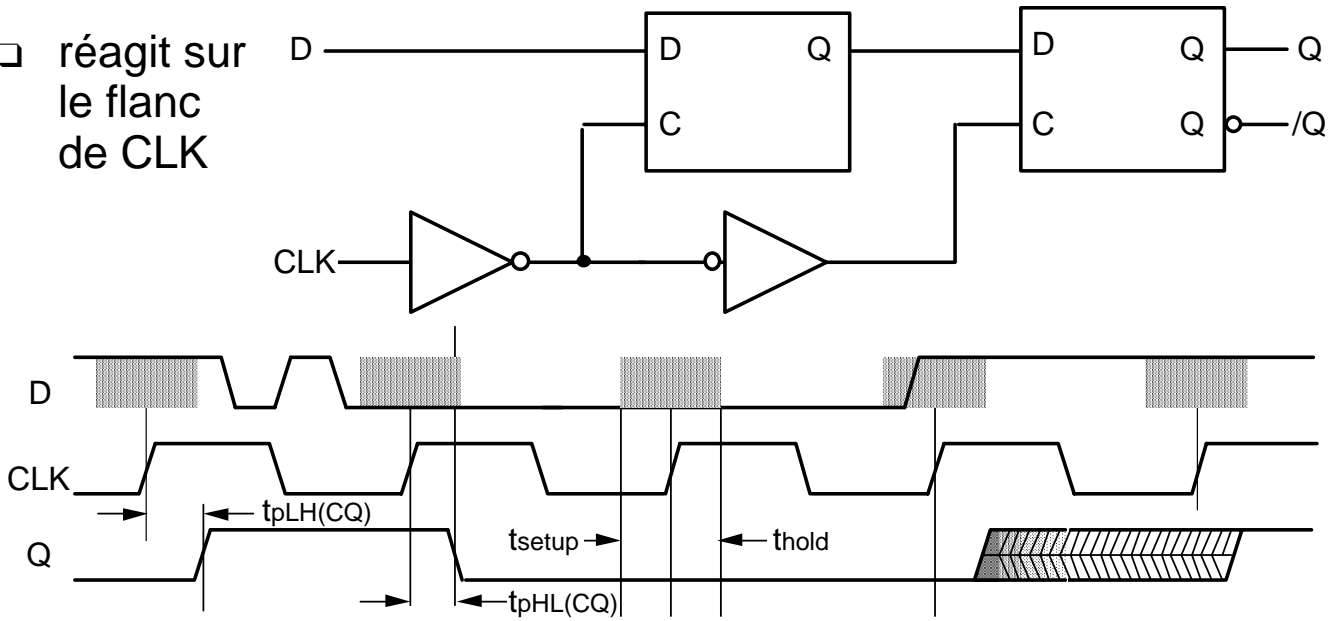
- élément D

C	D	Q	/Q
1	0	0	1
1	1	1	0
0	x	Q-	/Q-

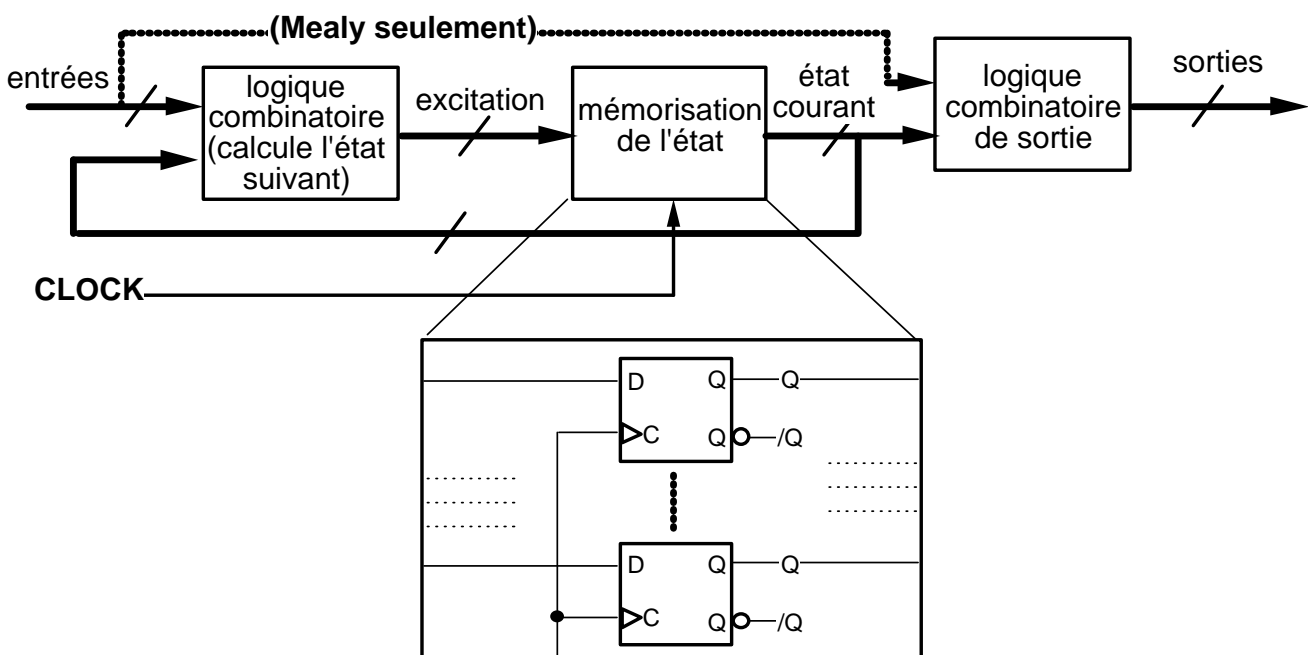


BASCULE D

- réagit sur le flanc de CLK

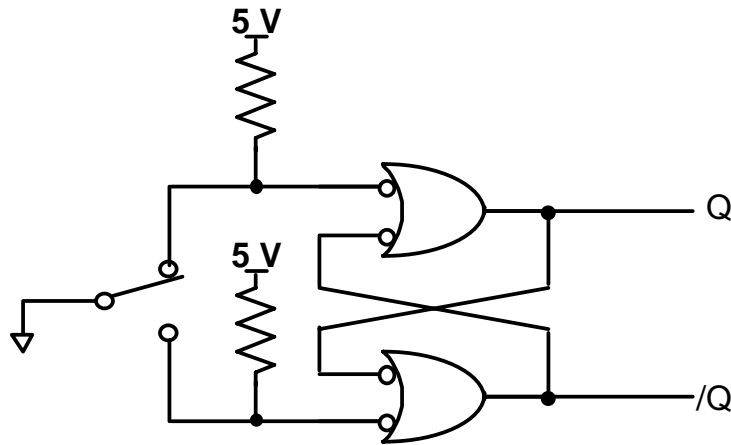


REALISATION DES CIRCUITS SYNCHRONES



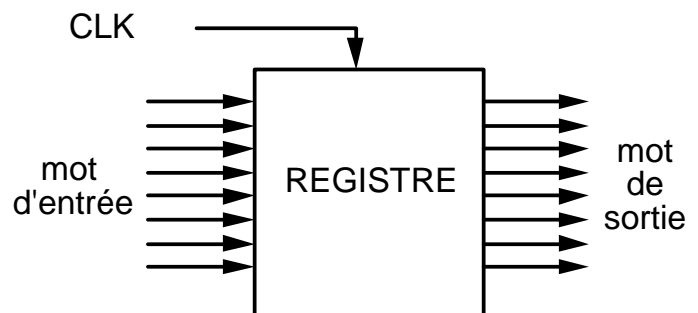
CIRCUIT ANTI-REBONDS

- ❑ réalisé à l'aide d'une bascule SR



REGISTRES ET MEMOIRES

- ❑ registres
 - ➔ alignements de bascules D

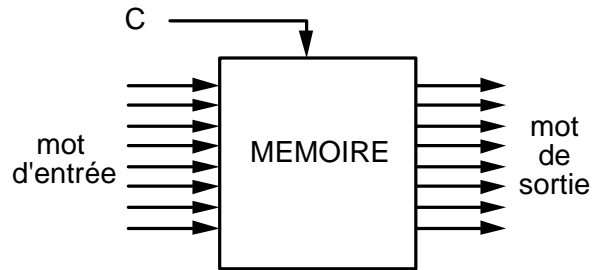


- ➔ les entrées doivent être stables dans l'intervalle $[\uparrow_{\text{clk}} - t_{\text{setup}}, \uparrow_{\text{clk}} + t_{\text{hold}}]$
- ➔ le mot de sortie est stable t_{pHL} ou t_{pLH} après le front montant de CLK

REGISTRES ET MEMOIRES

❑ mémoires

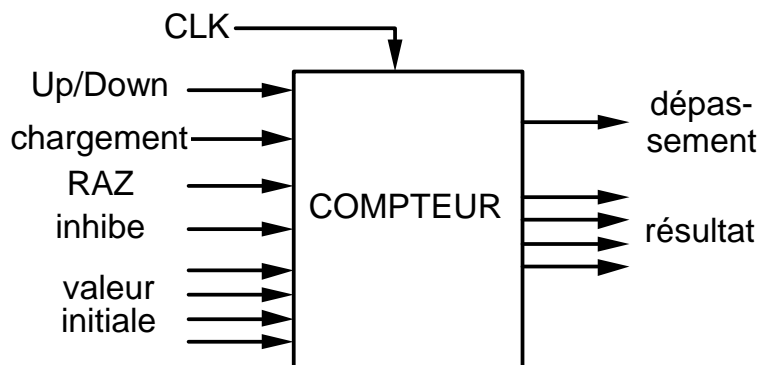
- alignements d'éléments de mémoire
- aussi appelés "Latches"
- si l'entrée C est active sur l'état bas:



- les entrées doivent être stables dans l'intervalle [$\downarrow_{\text{clk}} - t_{\text{setup}}$, $\downarrow_{\text{clk}} + t_{\text{hold}}$]
- si $C=1$, le mot de sortie est stable $t_{\text{pHL(DQ)}}$ ou $t_{\text{pLH(DQ)}}$ après le changement du mot d'entrée
- le mot de sortie est stable t_{pHL} ou t_{pLH} après le front actif de C

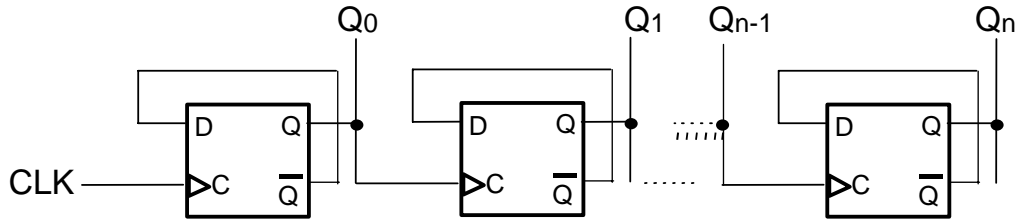
LE COMPTEUR

- ❑ travaille modulo N
- ❑ il y a souvent des parasites lors du changement d'un état au suivant
- ❑ utilité
 - division de fréquence
 - retards
 - séquenceurs

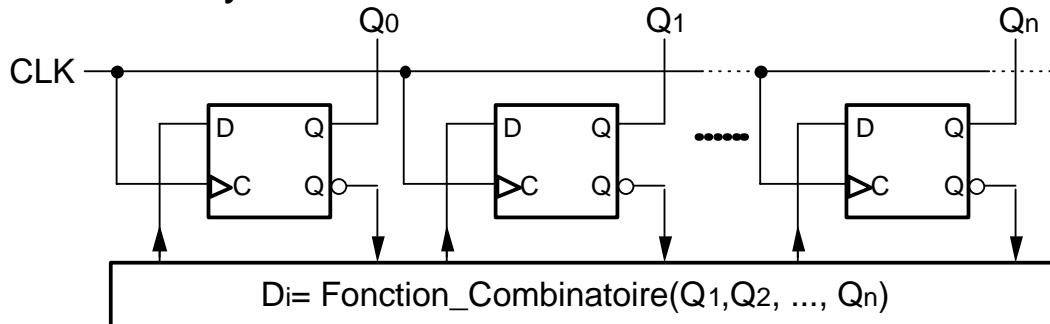


REALISATION DES COMPTEURS

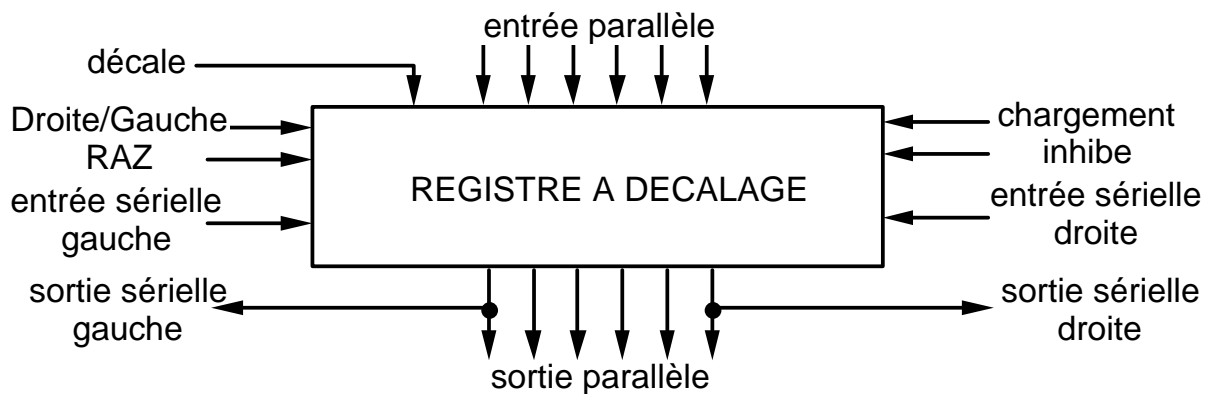
- par bascules D en cascade



- par un circuit synchrone



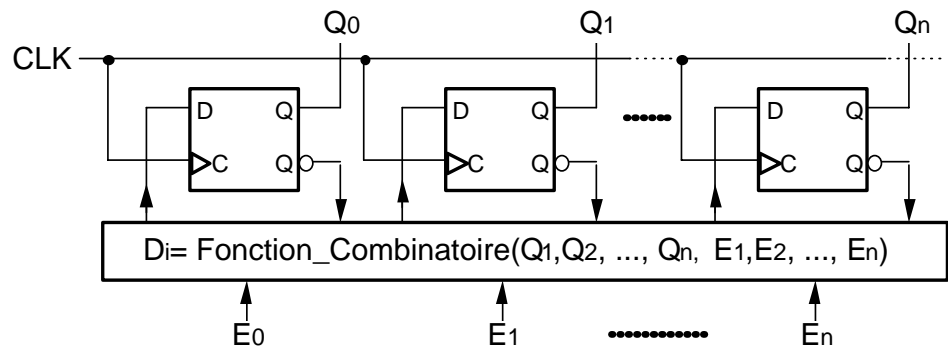
LE REGISTRE A DECALAGE



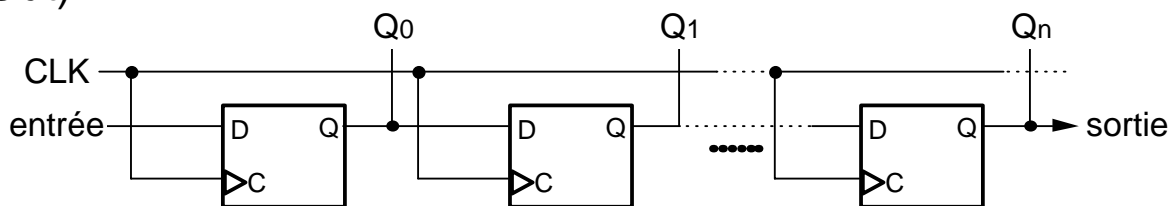
- travaille sur N positions
- 4 variantes (PISO, SIPO, PIPO, SISO)
- utilité
 - conversion parallèle-série et vice-versa
 - génération de codes
 - séquenceurs

REALISATION DES REGISTRES A DECALAGE

- par un circuit synchrone

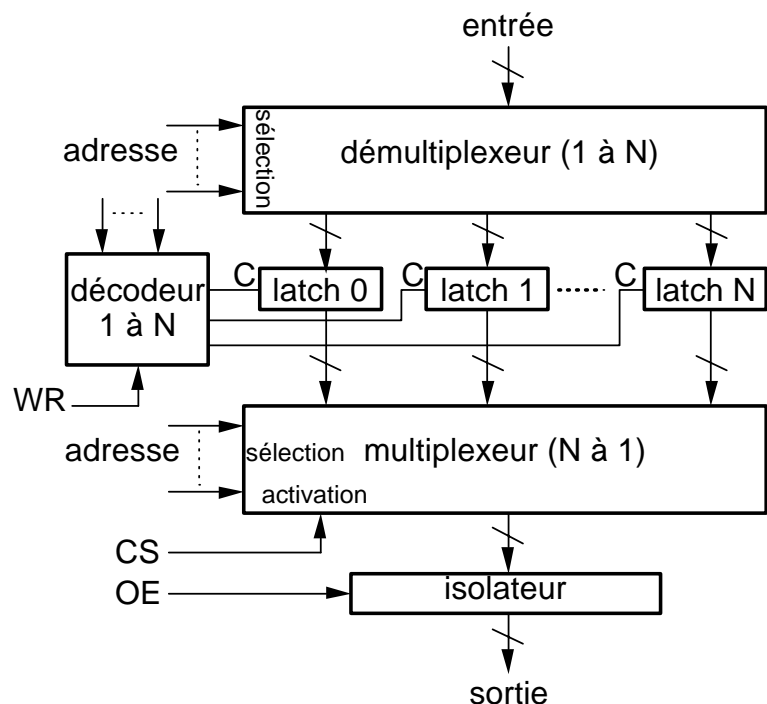


- registre à décalage à droite (Serial In - Parallel Out ou Serial In - Serial Out)

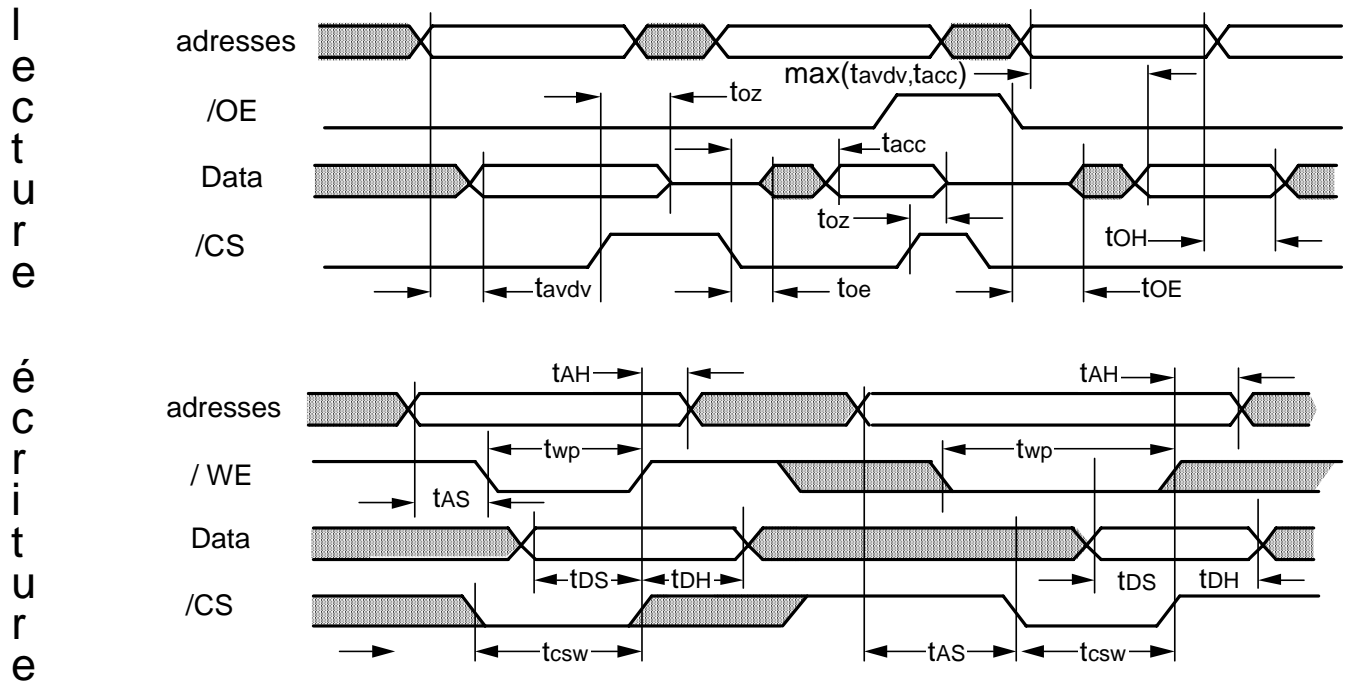


LES MEMOIRES

- assemblage d'éléments de mémoire, de décodeur, de multiplexeur, démultiplexeur et d'isolateur à 3 états
- plusieurs variantes
 - ROM, EPROM
 - EEPROM
 - RAM statique
 - PAL, PLD



LES MEMOIRES: SEQUENCES D'ACCES

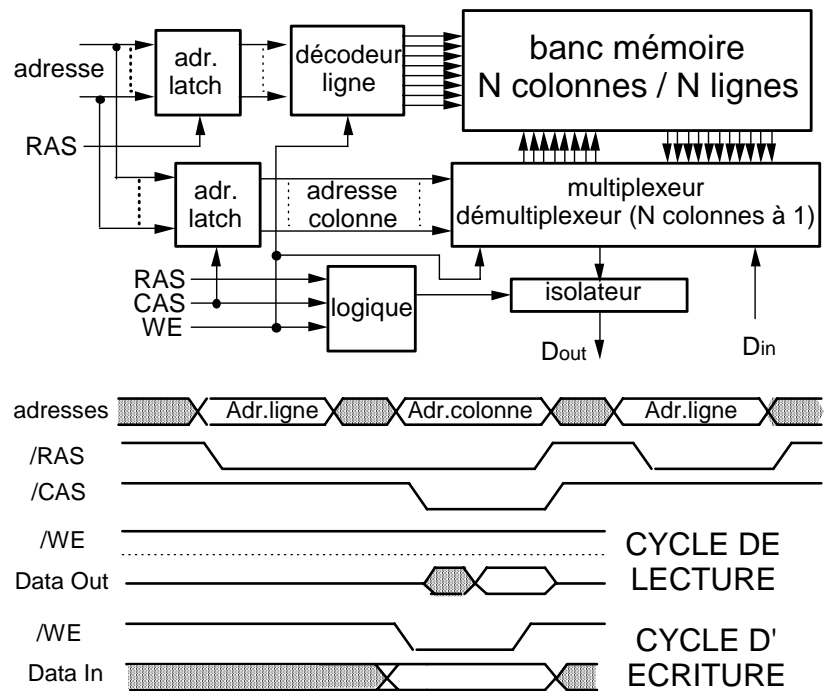


LES MEMOIRES PARTICULIERES

- ❑ les RAM dynamiques
 - il y a multiplexage temporel des adresses
- ❑ les ROM (Read Only Memory)
 - peuvent être considérées comme des tables de Karnaugh
- ❑ les PLA (Programmable Logic Array)
 - fonction combinatoire restreinte
- ❑ mémoires non adressables
 - CCD
 - mémoire vidéo
 - mémoire à bulles

LES MEMOIRES DYNAMIQUES

- ❑ adresses multiplexées
- ❑ rafraîchissement toutes les 1-4 ms
- ❑ CAS before RAS refresh
- ❑ read-modify-write
- ❑ page mode
- ❑ static column
- ❑ nibble mode



LES FONCTIONS LIEES AU TEMPS

- ❑ générateurs
- ❑ retards, délais
 - ◆ synchrones
 - ◆ asynchrones

LE GENERATEUR

- ❑ crée un signal dont la fréquence est connue
- ❑ la fréquence peut être programmable
- ❑ utilité
 - ◆ bases de temps
- ❑ réalisation
 - ◆ oscillateurs
 - à circuit RC
 - à quartz
 - ◆ compteurs utilisés comme diviseurs

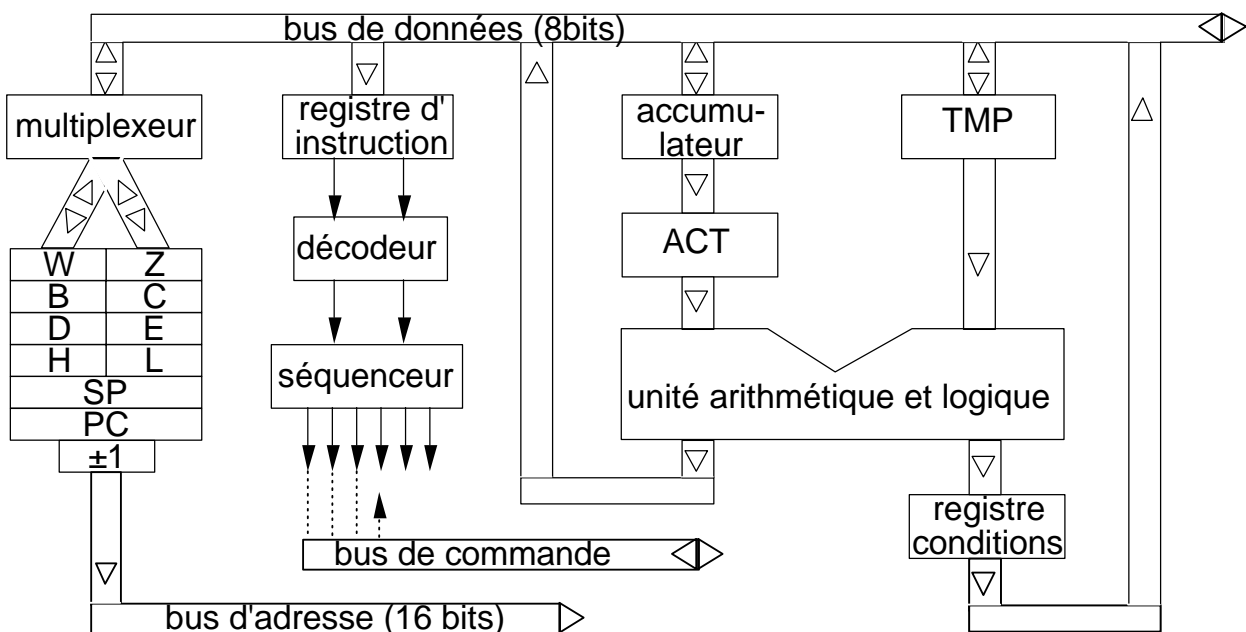
LE RETARD

- ❑ crée un signal d'une durée connue
- ❑ la durée peut être programmable
- ❑ utilité
 - ◆ séquencements
 - ◆ temporisations
- ❑ réalisation des retards
 - ◆ synchrones
 - compteurs avec comparateurs
 - ◆ asynchrones
 - monostables
 - lignes à retard

LES FONCTIONS COMPLEXES

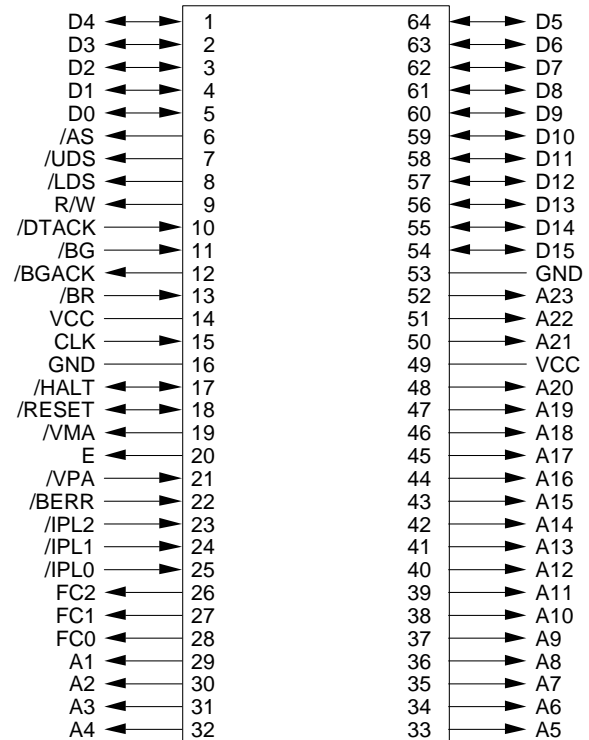
- ❑ ne sont que des combinaisons des autres fonctions
- ❑ sont souvent utilisées comme un tout
- ❑ de différents types
 - ◆ processeurs
 - ◆ processeurs monopuce (micro-contrôleurs)
 - ◆ adaptateurs d'interface
 - parallèle (PIO) ➤ sériels (SIO)
 - temporisateurs

LES FONCTIONS DU PROCESSEUR (ex. 8080)



LA VUE EXTERNE DU PROCESSEUR (ex. 68000)

- 24 lignes d'adresse
(A1-A23 + /UDS + /LDS)
- 16 lignes de données
- transferts par
 - mot (/UDS=/LDS=0)
 - octet (/UDS ou /LDS=0)
- commandes systèmes
- arbitration du bus(3 lignes)
- requête d'interruption (3 l.)
- état du processeur (3 l.)

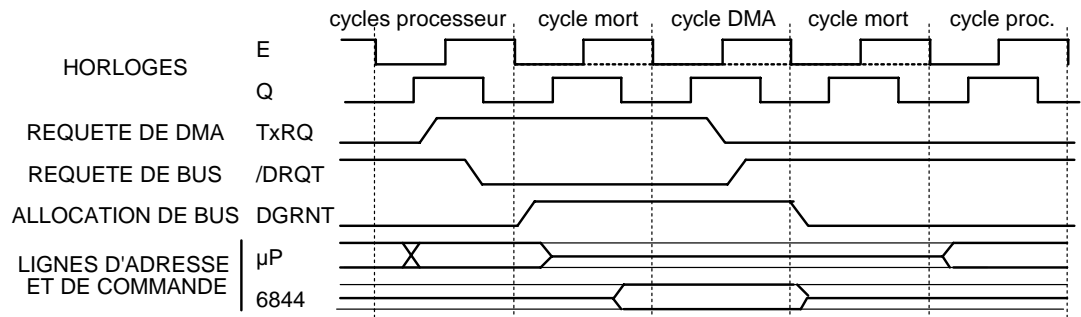
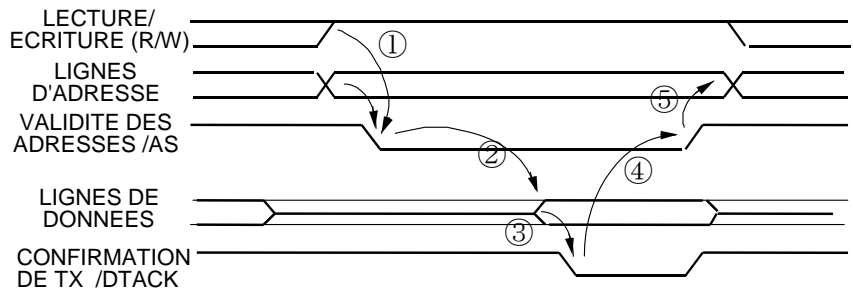


LA VUE EXTERNE DU PROCESSEUR (2)

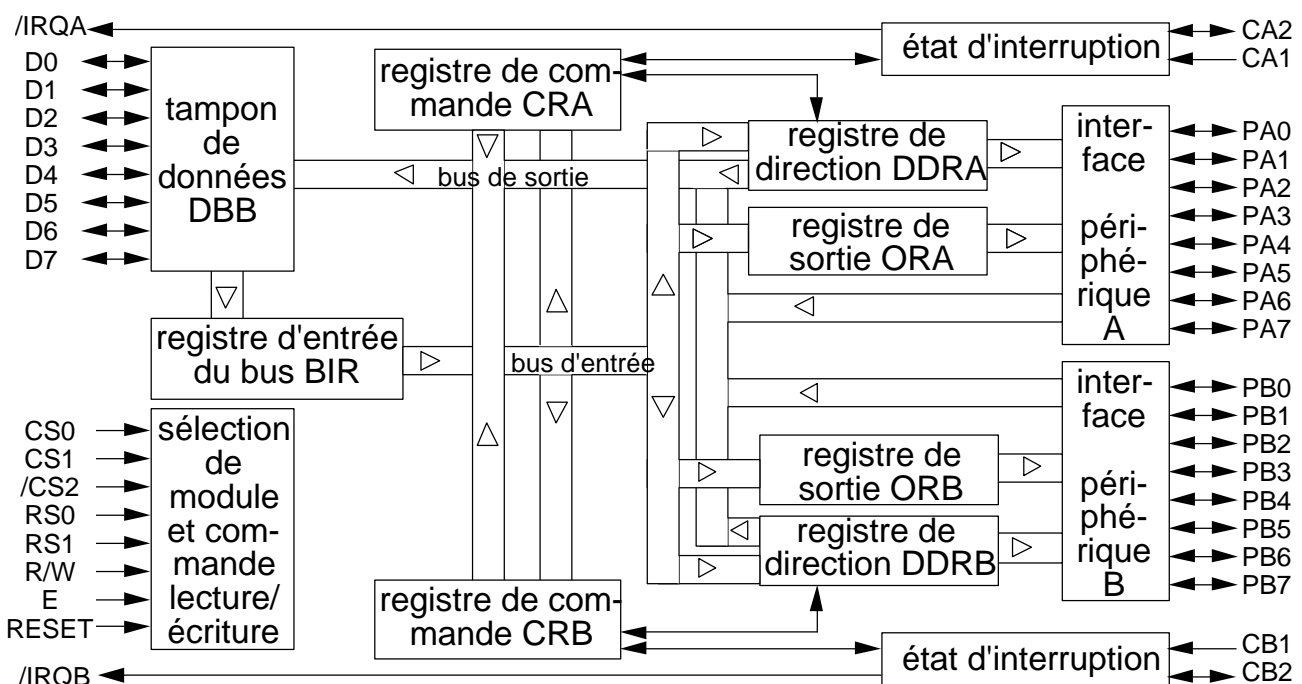
- système synchrone
- signaux d'adresse
 - ◆ N lignes d'adresses
 - ◆ 1 ligne de validité
- signaux de données
 - ◆ M lignes bidirectionnelles
 - ◆ 1 ligne de validité en sortie + 1 en entrée
 - ◆ 1 ligne de sens de transfert
- signaux liés aux interruptions
 - ◆ M1 lignes de demande (avec priorité)
 - ◆ 1 ligne de quittance
- signaux liés à l'utilisation multiple du bus
 - ◆ ligne de demande
 - ◆ ligne de libération

LA VUE EXTERNE DU PROCESSEUR (3)

- comportement sous forme de cycles
 - ◆ requête - réponse
 - ◆ demande externe - quittance - réponse

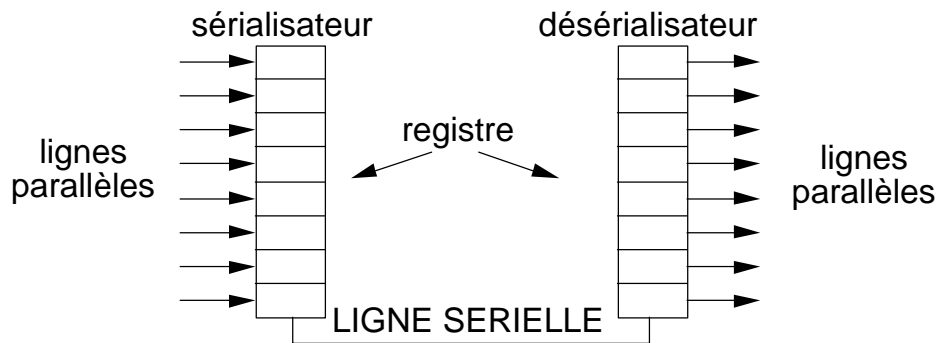


L'ADAPTATEUR D'INTERFACE PARALLELE



L'ADAPTATEUR D'INTERFACE SERIEL

- ❑ conversion série ↔ parallèle



- ❑ détection d'horloge (fréquence + phase)
- ❑ génération de fréquence
- ❑ codage / décodage

LE TEMPORISATEUR

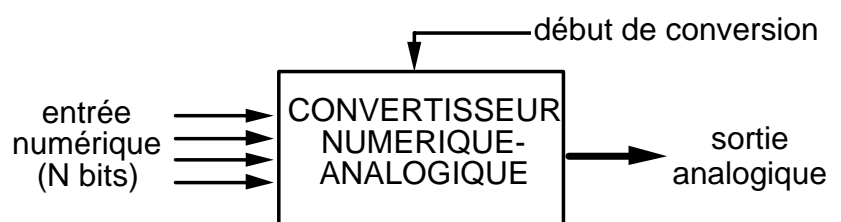
- ❑ se compose de plusieurs paires compteur-comparateur
- ❑ le signal compté peut être interne ou externe
- ❑ la durée de comptage peut être interne, externe ou infinie
- ❑ peut réaliser les fonctions suivantes
 - ◆ générateur de fréquence programmable
 - ◆ générateur d'impulsion de durée programmable
 - ◆ mesure de fréquence
 - ◆ mesure de période ou de durée

LE PROCESSEUR MONO-PUCE

- ❑ intègre sur le même circuit un processeur, de la mémoire, des adaptateurs d'interface et des temporisateurs programmables (parfois plus)
- ❑ son comportement externe est soit
 - ◆ celui d'un processeur
 soit
 - ◆ celui d'un ordinateur

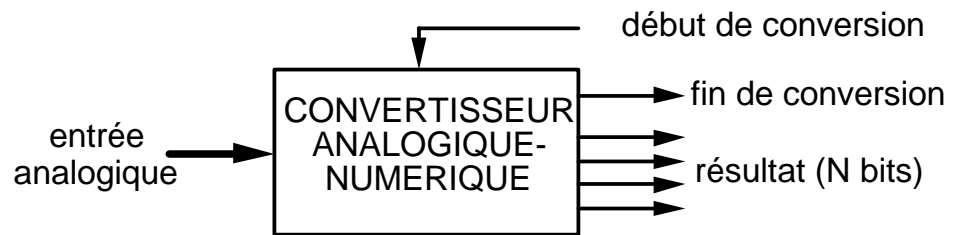
LE CONVERTISSEUR NUMERIQUE-ANALOGIQUE

- ❑ pas de quanti-fication
e (-> erreur absolue
e/2)
- ❑ $V_s = e (2^N - 1)$ ou $e (2^N - 1) / 2$
- ❑ temps de conversion constant (-> fréquence max.)
- ❑ sortie reste constante entre les conversions
- ❑ souvent suivie d'un filtre passe bas et d'un amplificateur
- ❑ réalisation par sommation pondérée de tensions de référence



LE CONVERTISSEUR NUMERIQUE-ANALOGIQUE

- ❑ résultat représenté sur N bits



- ❑ pas de quantification e tel que $V_{\max} = e (2^N - 1)$
- ❑ durée de conversion variable
- ❑ souvent précédé d'un échantillonneur-bloqueur
- ❑ erreurs de décalage, de gain, de linéarité, d'hystérésis
- ❑ réalisation à l'aide de convertisseur NA