

CONVERTISSEURS ANALOGIQUE / NUMERIQUE ET NUMERIQUE / ANALOGIQUE

A

Approfondir

Introduction

Les CNA:

Principe

Circuits à résistances

Circuits à sources pondérées

Cellules analogiques

Les CAN:

Les Suiveurs

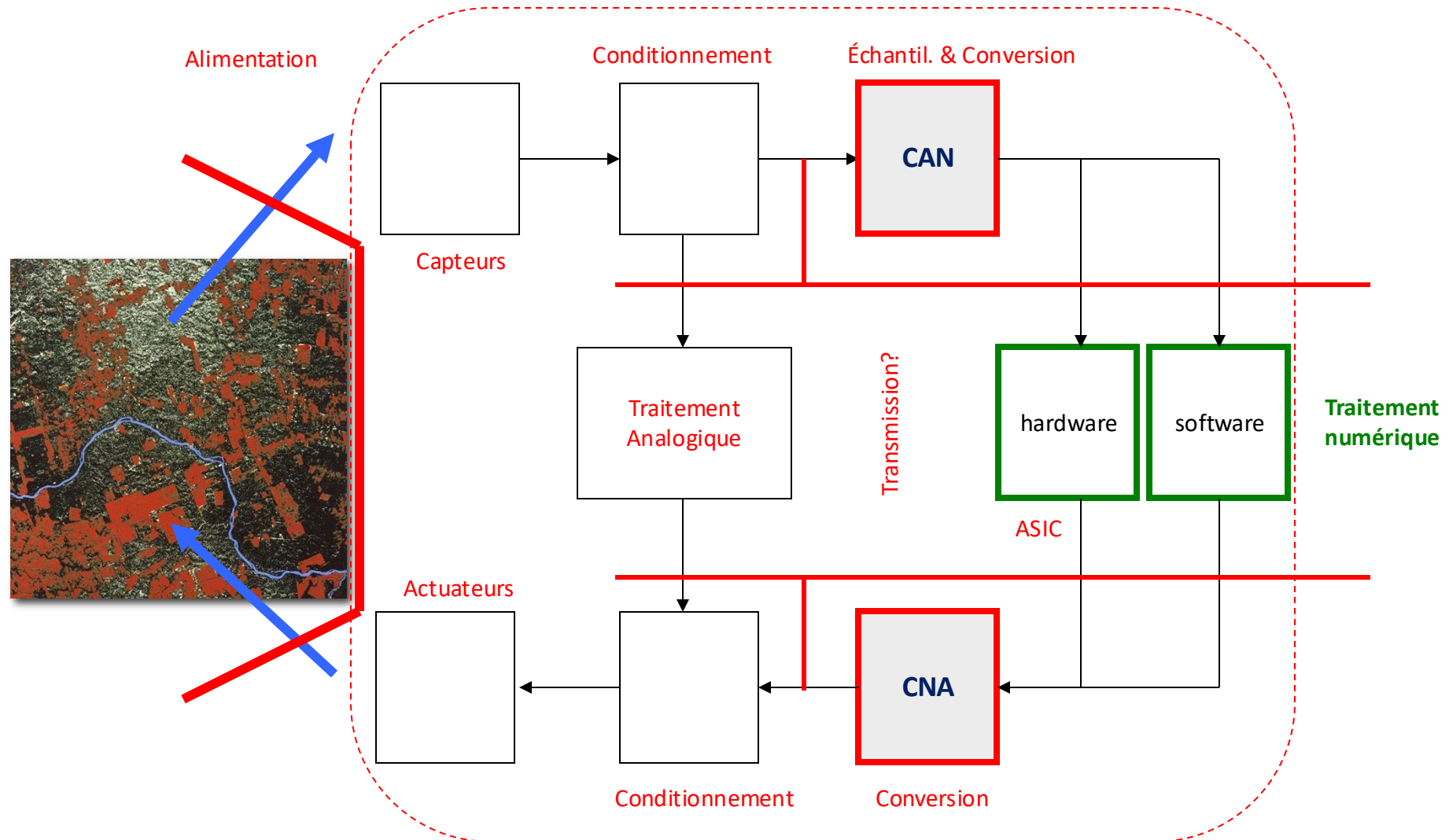
Convertisseurs à rampes

Convertisseurs logarithmiques

Convertisseurs flash

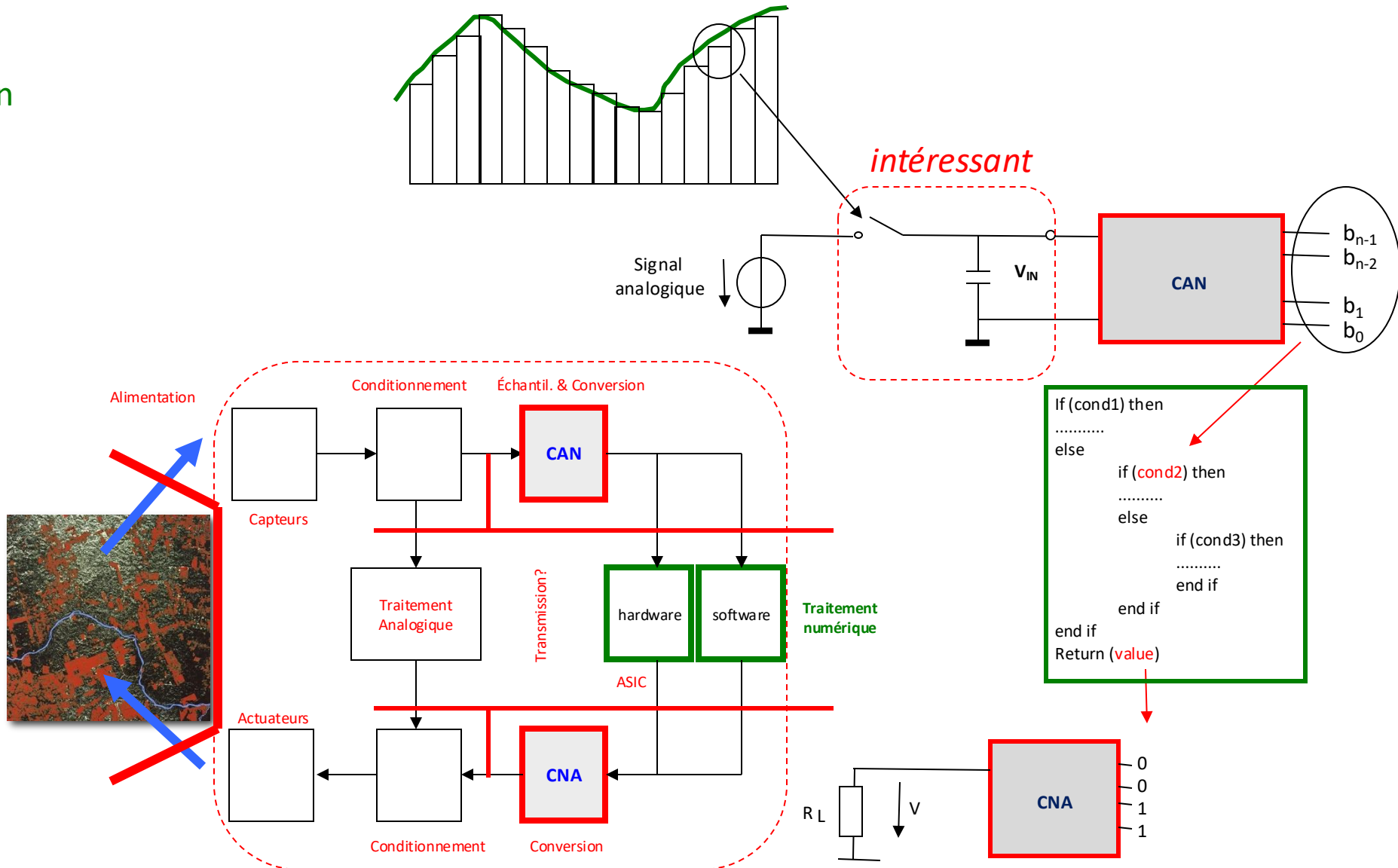
Systemes électroniques

Environnement complet



Systèmes électroniques [2]

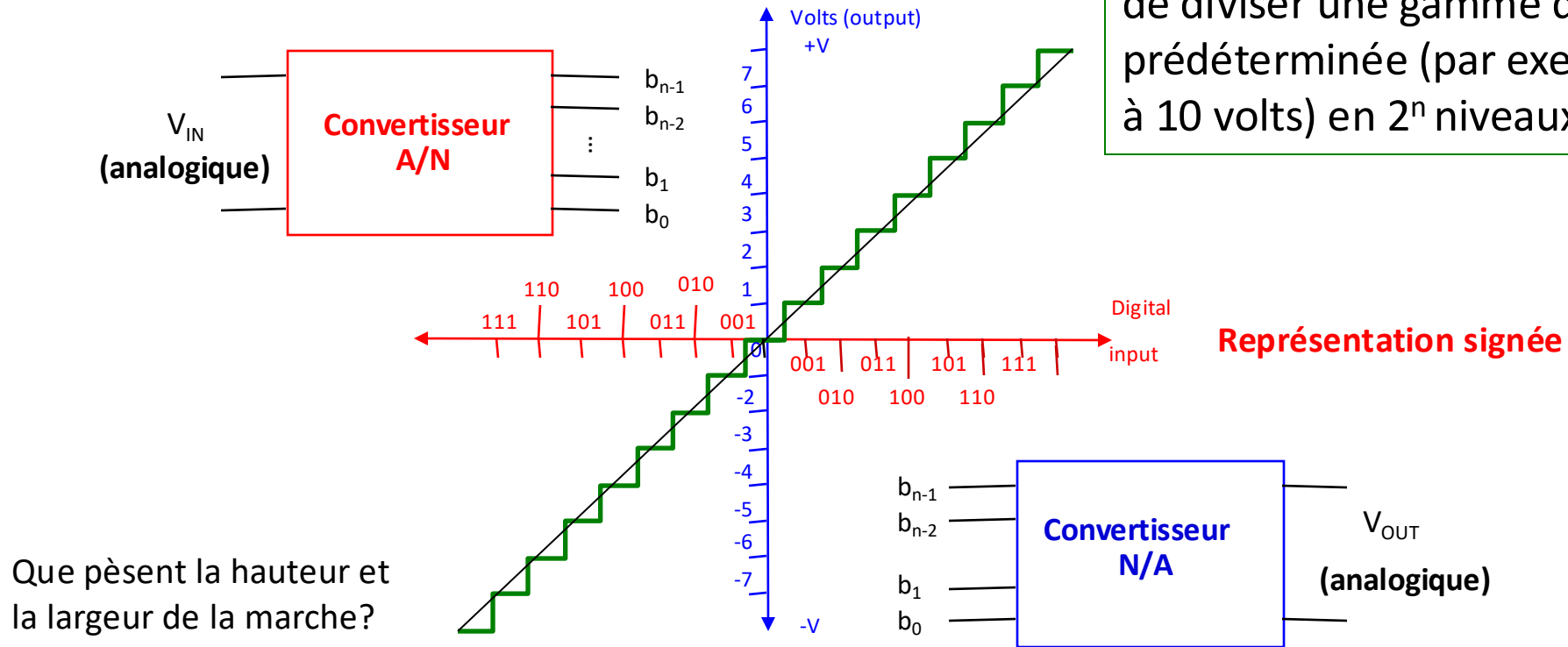
Autre vision



Représentation algébrique

Un nombre binaire de n bits permet d'exprimer 2^n valeurs différentes.

Un convertisseur A/N de n bits permet donc de diviser une gamme de niveaux analogiques prédéterminée (par exemple l'intervalle de 0 à 10 volts) en 2^n niveaux discrets.



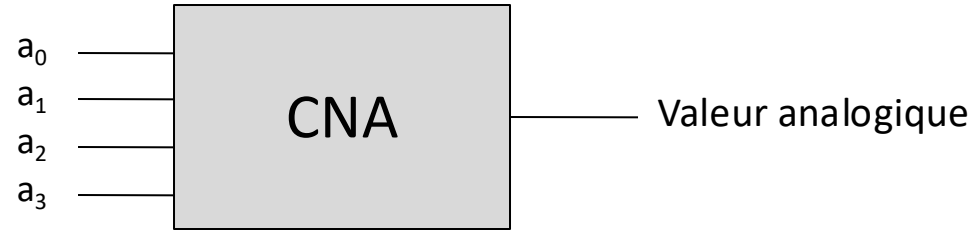
<u>Ex</u>	8 bits	->	256 niveaux
	12 bits	->	4096 niveaux
	16 bits	->	65536 niveaux

Résolution

Convertisseur Numérique/Analogique

Principe

CNA de n bits:



Quelques observations

Une forme possible dépend
de l'**étendue de mesures**

0 0 0 0 ----> V_{MIN}

1 1 1 1 ----> V_{MAX}

0 0 0 1 ----> $V_{MIN} + \text{Quanta}$

Étendue de mesures

$$\text{Quanta} = \frac{V_{MAX} - V_{MIN}}{2^n - 1}$$

Quanta bit de poids faible ou marche d'escalier

Exemple

8 bits	->	256 niveaux
12 bits	->	4096 niveaux
16 bits	->	65536 niveaux

Correspondance poids binaire – tension analogique

Pour avoir $V_{\min}$, il faut:

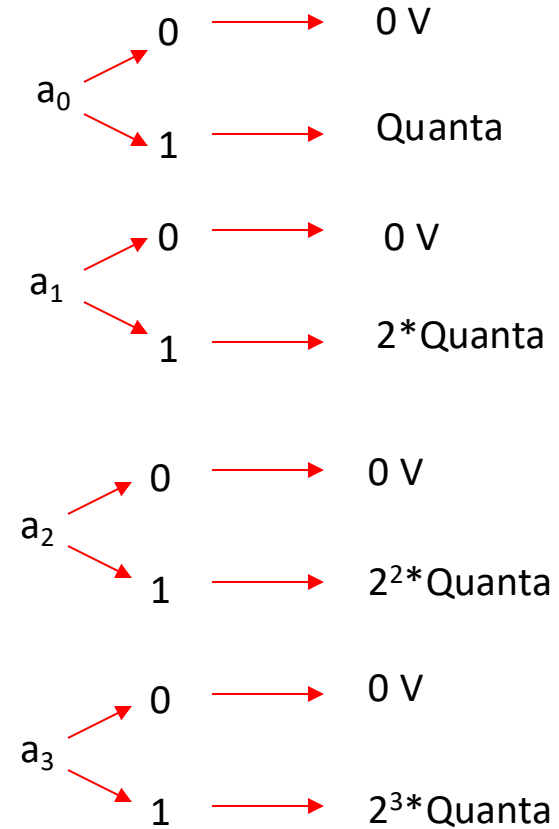
$a_0 = 0, a_1 = 0, a_2 = 0, \dots, a_{n-1} = 0$

Pour mettre en évidence le Quanta, il faut:

$a_0 = 1, a_1 = 0, a_2 = 0, \dots, a_{n-1} = 0$

Pour avoir $V_{\max}$, il faut:

$a_0 = 1, a_1 = 1, a_2 = 1, \dots, a_{n-1} = 1$



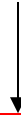
Expression complète

$$V_x = a_0 2^0 \text{Quanta} + a_1 2^1 \text{Quanta} + a_2 2^2 \text{Quanta} + \dots + a_{n-1} 2^{n-1} \text{Quanta}$$

Comment fabriquer le Quanta?????

Expression générale

$$V_{OUT} = a_0 2^0 \text{Quanta} + a_1 2^1 \text{Quanta} + a_2 2^2 \text{Quanta} + \dots a_{n-1} 2^{n-1} \text{Quanta}$$



$$\text{Quanta} = \frac{V_{REF}}{2^n}$$

$$V_{OUT} = \frac{1}{2^n} \cdot V_{REF} [a_0 2^0 + a_1 2^1 + \dots a_{n-2} 2^{n-2} + a_{n-1} 2^{n-1}]$$

a_0 = bit de poids le plus faible ou LSB (lower significant bit)

a_{n-1} = bit de poids le plus fort ou MSB (most significant bit)

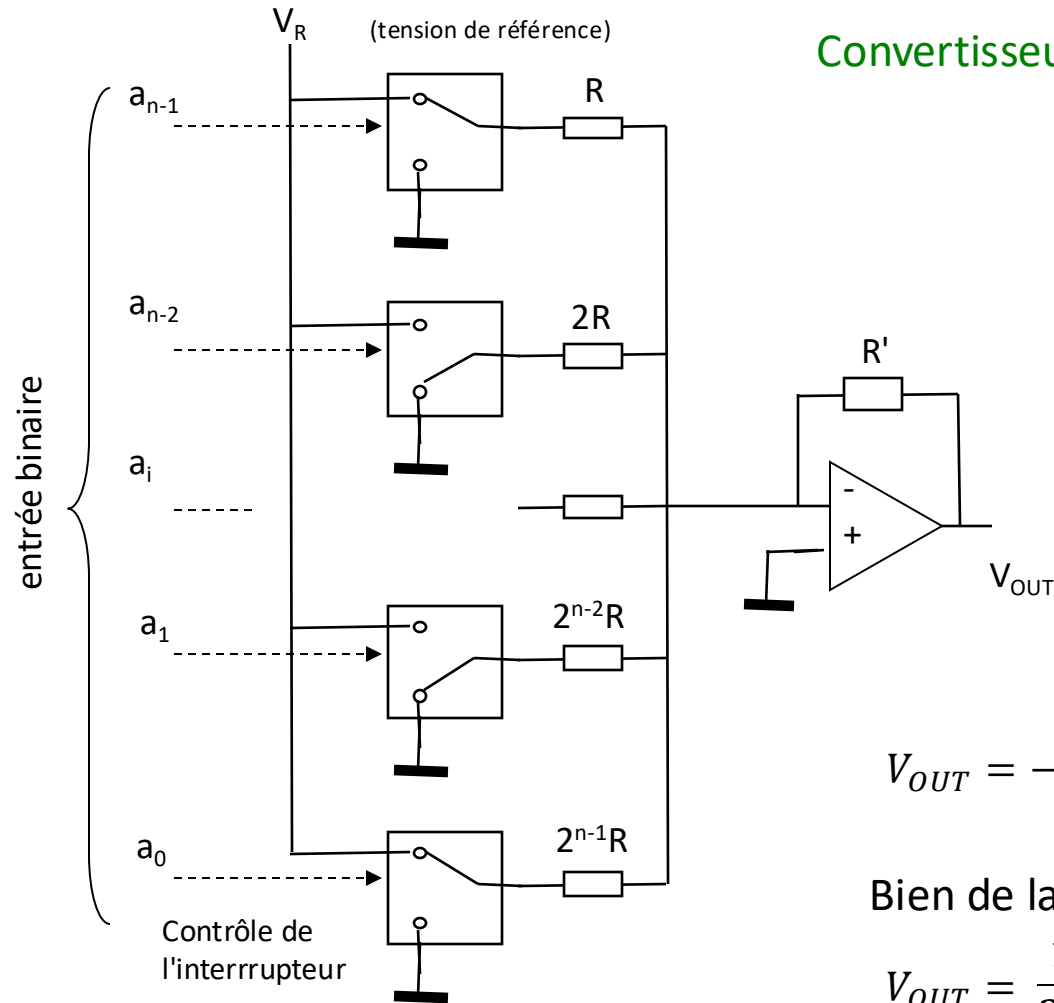
Valeur maximale de V_{OUT}

On admet ici que $V_{MIN} = 0V$

$$a_0 = a_1 = \dots = a_{n-1} = 1 \rightarrow$$

$$V_{OUT_MAX} = \frac{2^n - 1}{2^n} \cdot V_{REF}$$

Convertisseurs numériques - analogiques



Convertisseur N/A à résistances pondérées

On propose:

- $R' = R/2$
- $a_i = 1 \rightarrow$ position V_R
- $a_i = 0 \rightarrow$ position 0

Dynamique de V_{out} :

$$0 \leq |V_{OUT}| = \left| V_R \cdot \frac{R'}{R} \left(2 - \frac{1}{2^{n-1}} \right) \right|$$

$$V_{OUT} = -V_R \cdot R' \left(a_{n-1} \frac{1}{R} + a_{n-2} \frac{1}{2R} + \dots + a_1 \frac{1}{2^{n-2}R} + a_0 \frac{1}{2^{n-1}R} \right)$$

Bien de la forme (à l'envers)

$$V_{OUT} = \frac{1}{2^n} \cdot V_{REF} [a_{n-1} 2^{n-1} + a_{n-2} 2^{n-2} + \dots + a_1 2^1 + a_0]$$

$$Quanta = -V_R \cdot \frac{R'}{2^{n-1}R} = -V_R \cdot \frac{1}{2^n}$$

Convertisseur N/A à résistances pondérées

Précision-stabilité

La précision de ce convertisseur dépend de la précision du rapport des résistances et du maintien de ce rapport en fonction du temps et de la température.

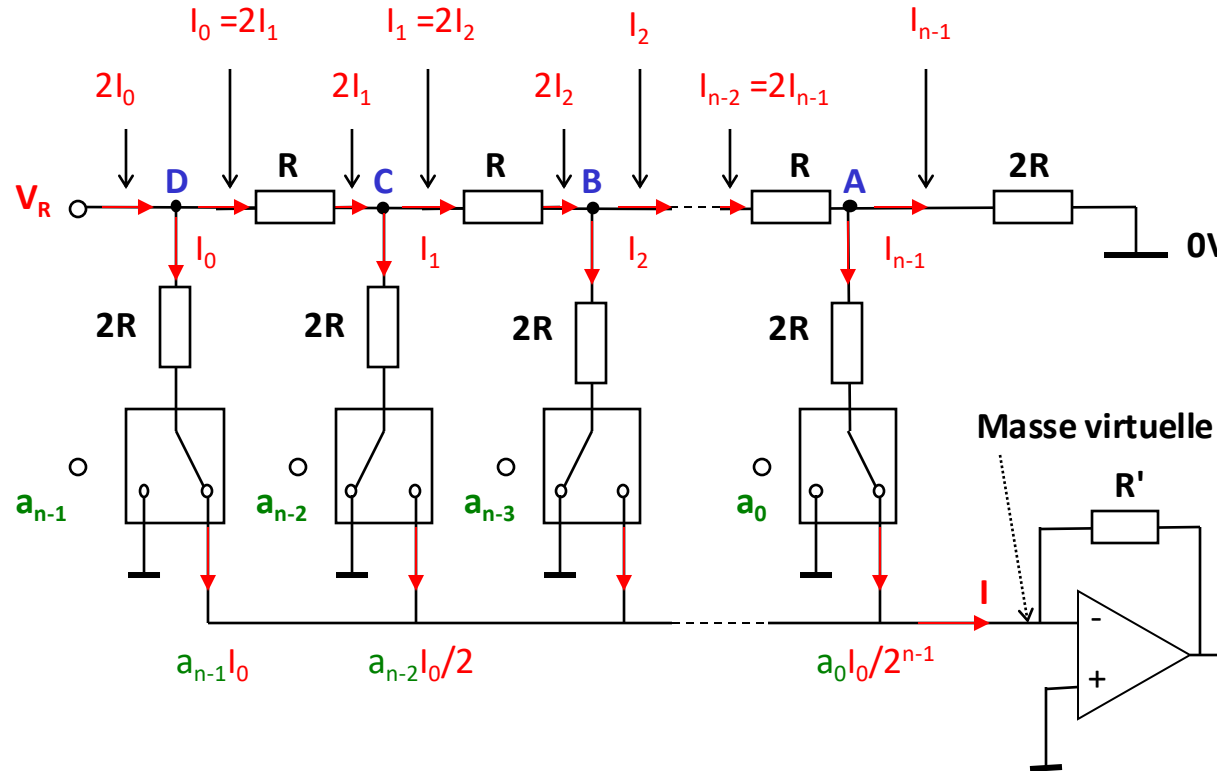
Exemple:

pour un convertisseur 8 bits, la résistance de poids le plus élevé vaut R et celle de poids le plus faible vaut $R 2^{n-1} = 128 R$.

Une erreur inférieure à 1% sur la valeur de la résistance de poids le plus élevé correspond déjà à une erreur de 1 bit de poids le plus faible.

A

Convertisseur N/A à réseau de résistances R/2R



$$I = I_0 \left(\frac{a_{n-1}}{2^0} + \frac{a_{n-2}}{2^1} + \dots + \frac{a_1}{2^{n-2}} + \frac{a_0}{2^{n-1}} \right) \quad \text{or } I_0 = \frac{V_R}{2R}$$

$$V_{OUT} = -R'I = -\frac{V_R R'}{2R} \left(\frac{a_{n-1}}{2^0} + \frac{a_{n-2}}{2^1} + \dots + \frac{a_1}{2^{n-2}} + \frac{a_0}{2^{n-1}} \right)$$

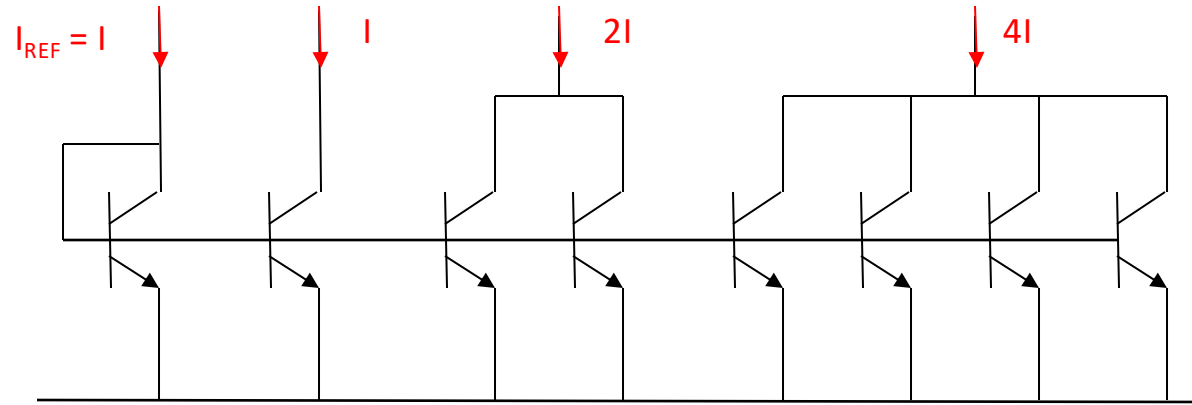
Toujours de la forme

$$V_{OUT} = \frac{1}{2^n} \cdot V_{REF} [a_{n-1} 2^{n-1} + a_{n-2} 2^{n-2} + \dots + a_1 2^1 + a_0]$$

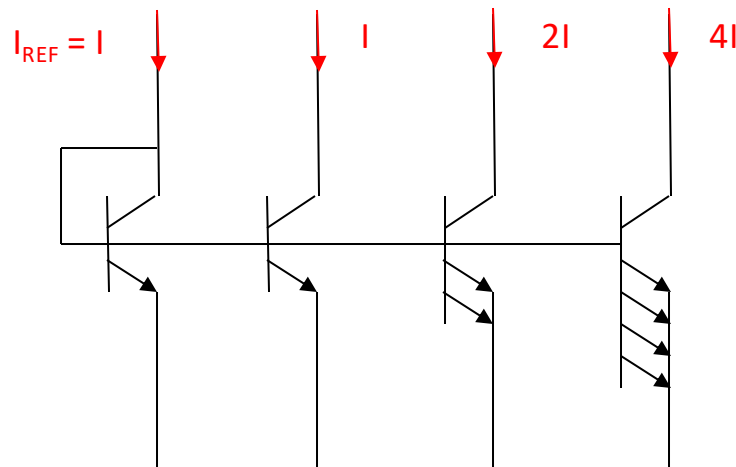
Convertisseur N/A à sources de courant pondérées

A voir la semaine prochaine
Cours miroir de courant

Le schéma de principe est simple: on utilise un ensemble de **sources de courants** dont les valeurs sont les multiples de 2 d'un courant de référence.



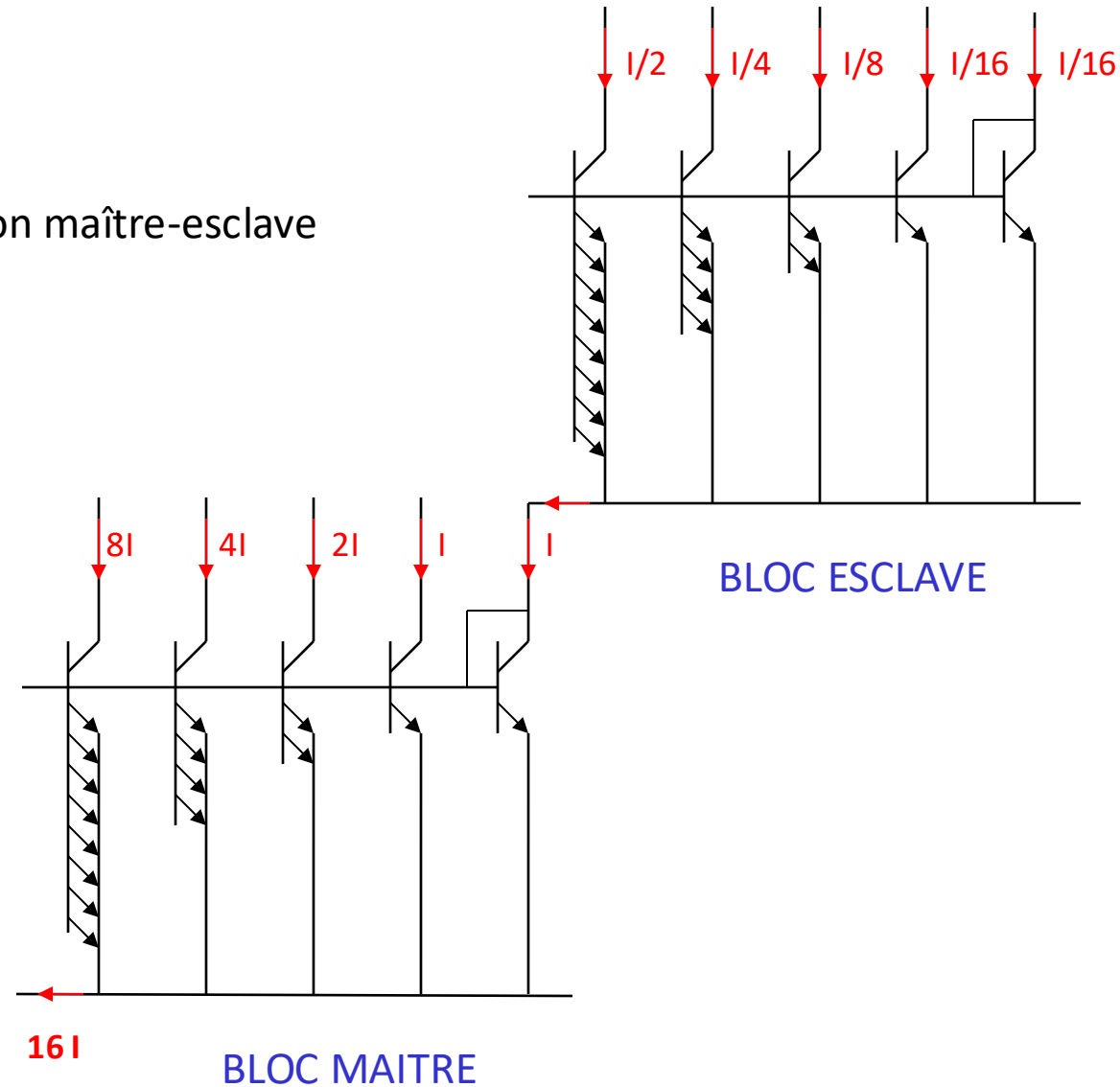
Topologiquement, difficile
d'aller au-delà de 8 émetteurs



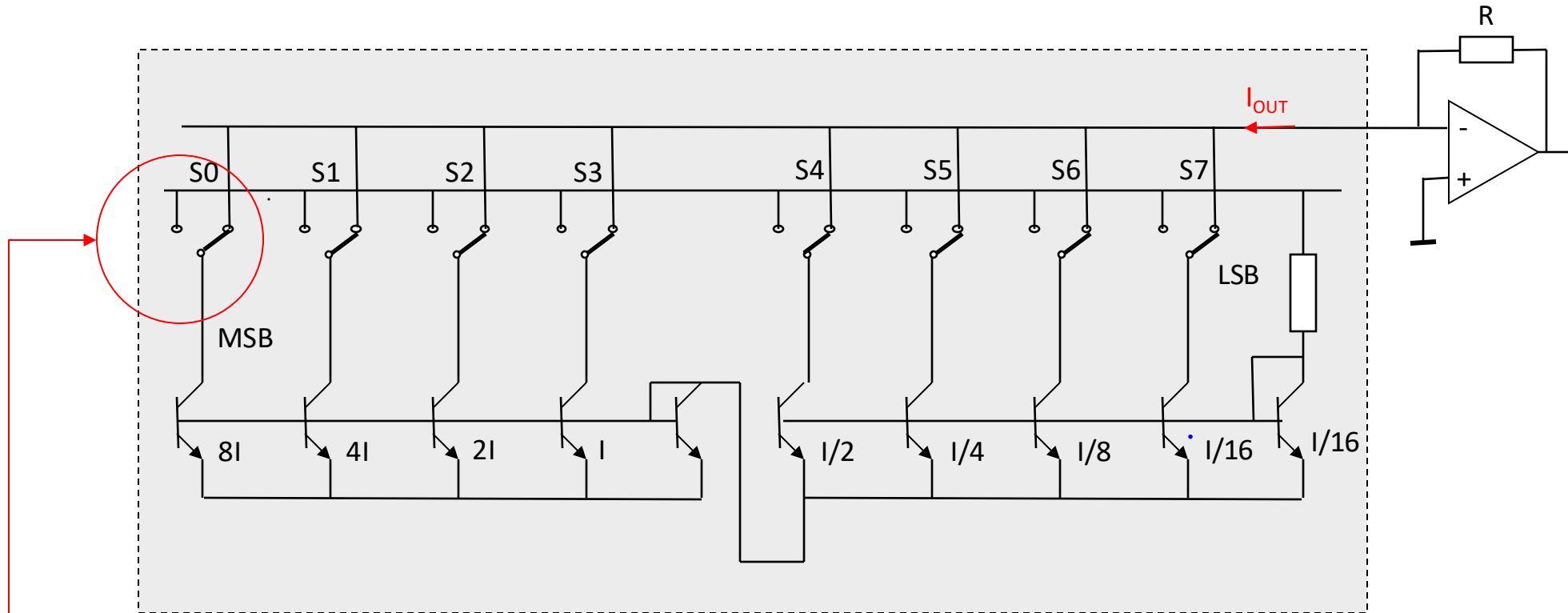
- rapports de courant limités à 8
- convertisseur à sources de courant pondérées est limité à 4 bits.
- Une segmentation devient nécessaire si l'on veut travailler avec un nombre de bits supérieur à 4.

Exemple de sources de courant pondérées

la segmentation maître-esclave



Montage complet

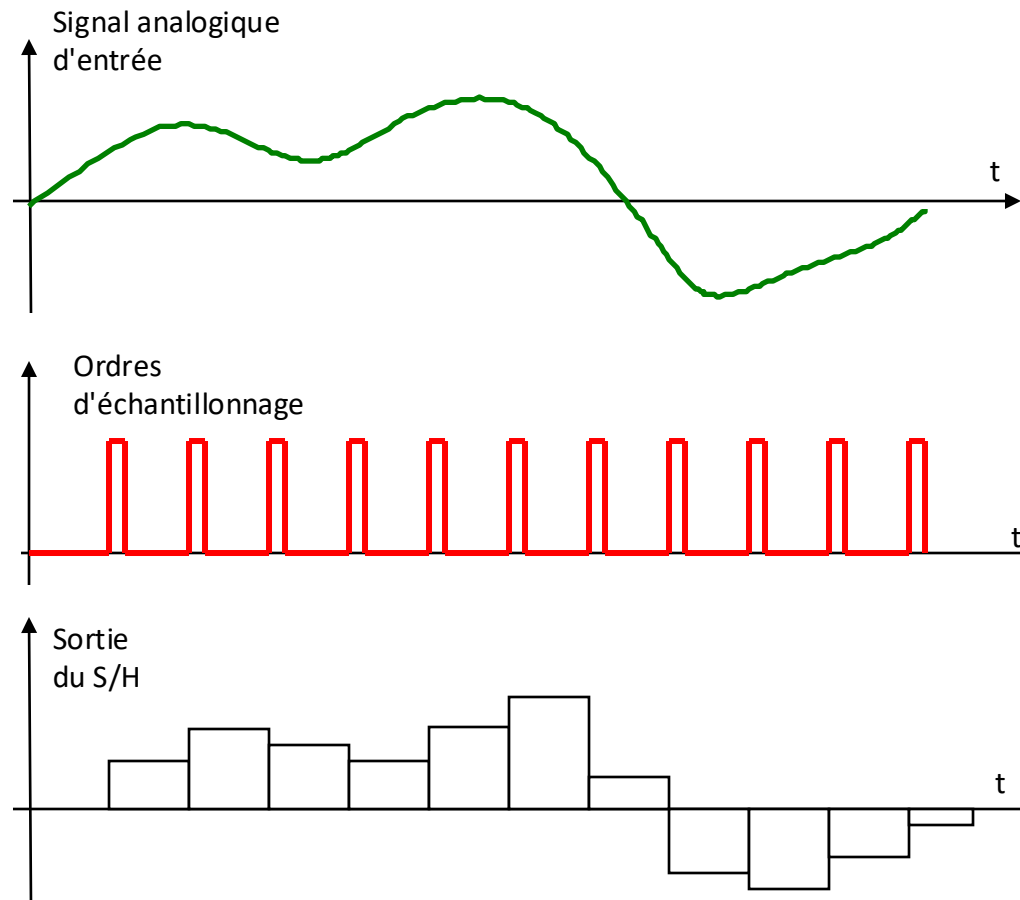


Petite parenthèse switch analogique (avant cours sur les paires différentielles)

Échantillonnage et maintien (Sample and Hold)



La fréquence d'échantillonnage doit être supérieure ou égale à 2 fois la fréquence maximum du signal analogique à échantillonner (théorème d'échantillonnage).

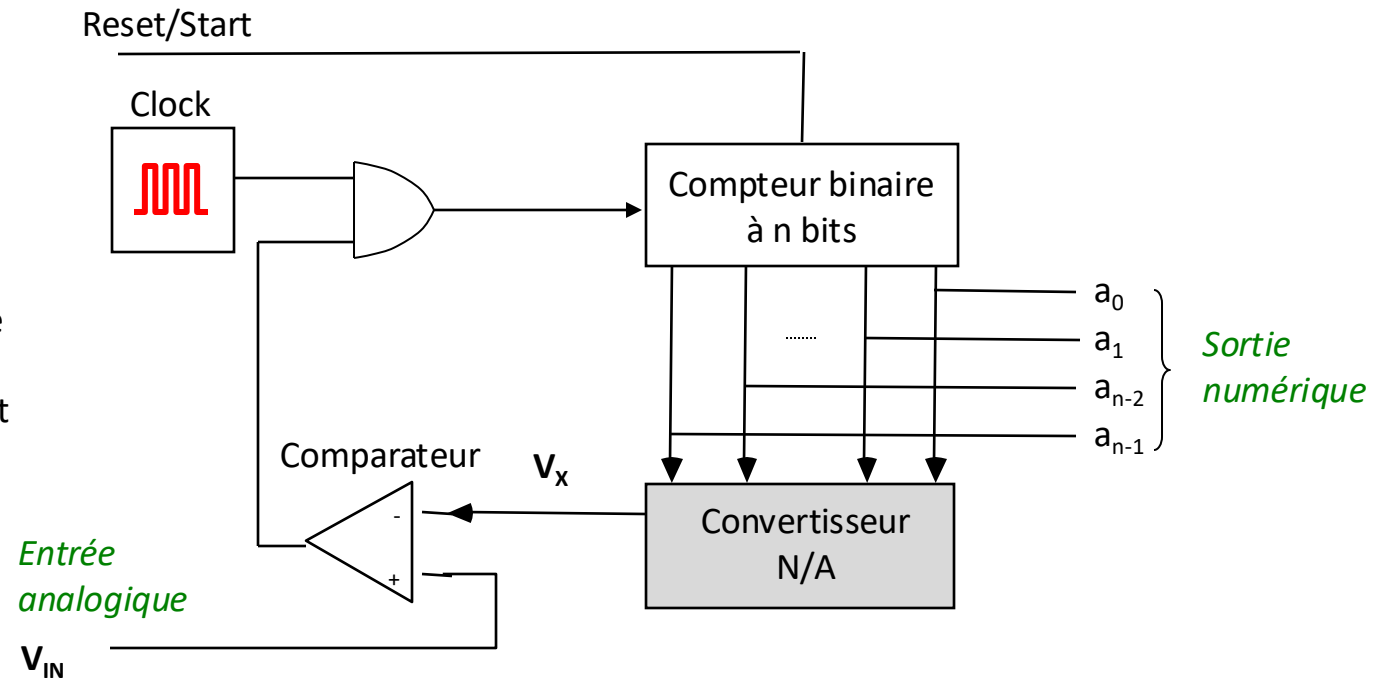


Convertisseurs analogiques/numériques

Il existe de nombreux types de convertisseurs analogiques numériques qui diffèrent par :

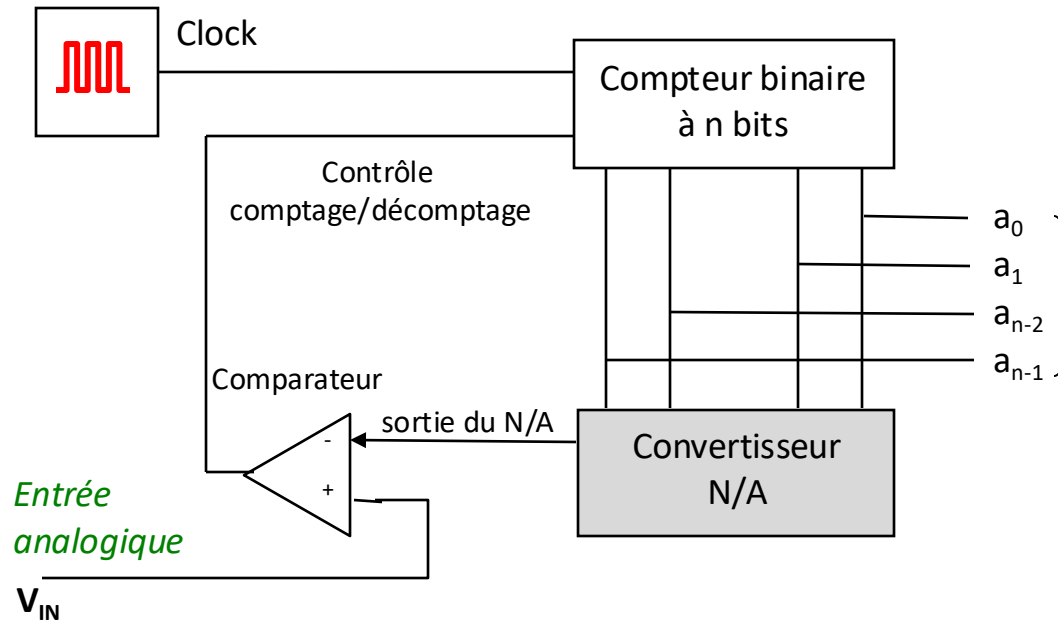
- la technique de conversion
- la complexité du circuit
- la vitesse de conversion
- la limite de précision
- la puissance dissipée

algorithme de conversion lent
puisque'il faut attendre, dans le
pire, des cas 2^n-1 coups
d'horloge pour avoir le résultat
de la conversion.



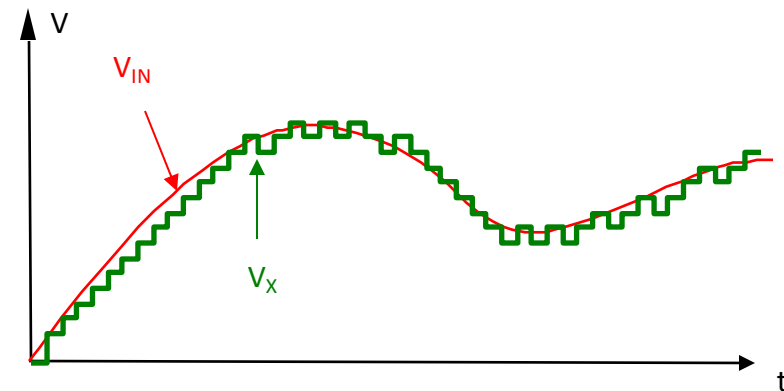
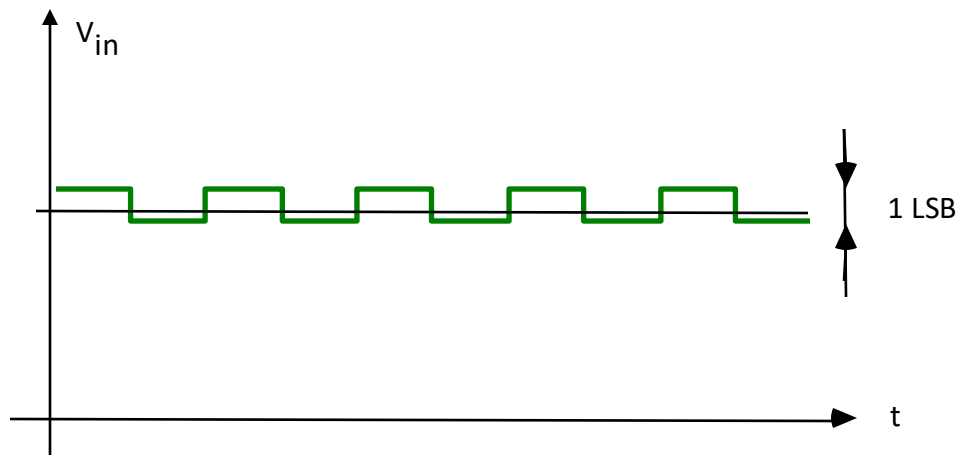
Convertisseurs A/N basé sur un convertisseur N/A

Variante/amélioration du convertisseur précédent: le convertisseur-suiveur (tracking converter)

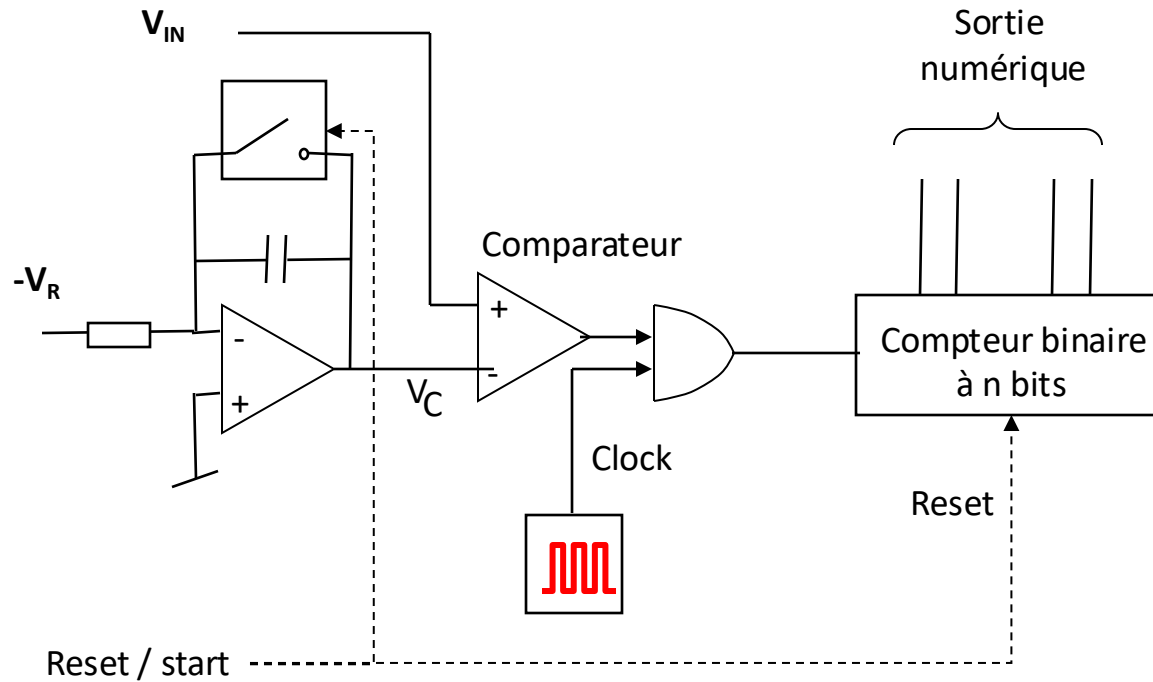


*Sortie
numérique*

le compteur ne peut jamais s'arrêter de compter ou décompter, ce qui signifie que si la tension d'entrée est maintenue constante, la sortie numérique oscillera toujours entre 2 niveaux voisins.

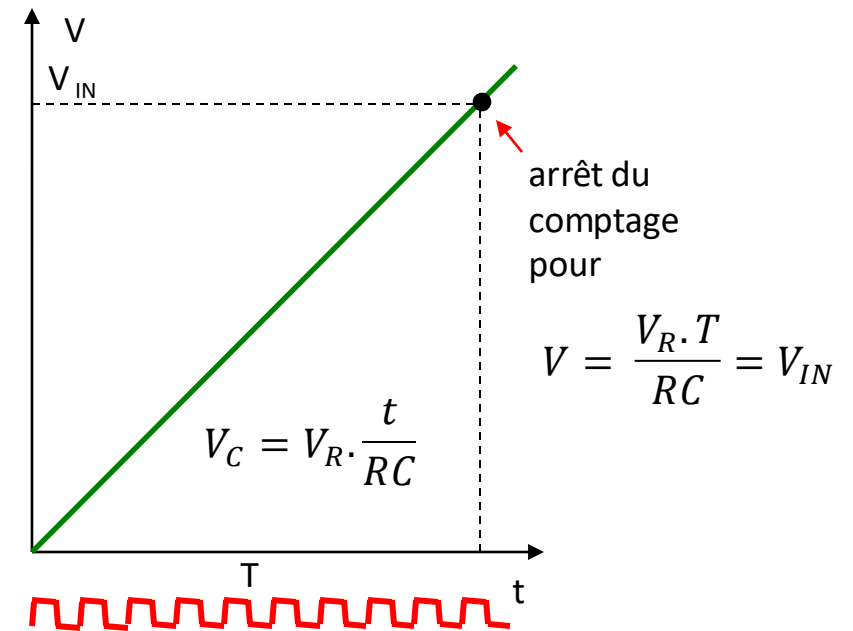


Intégrateur à simple rampe

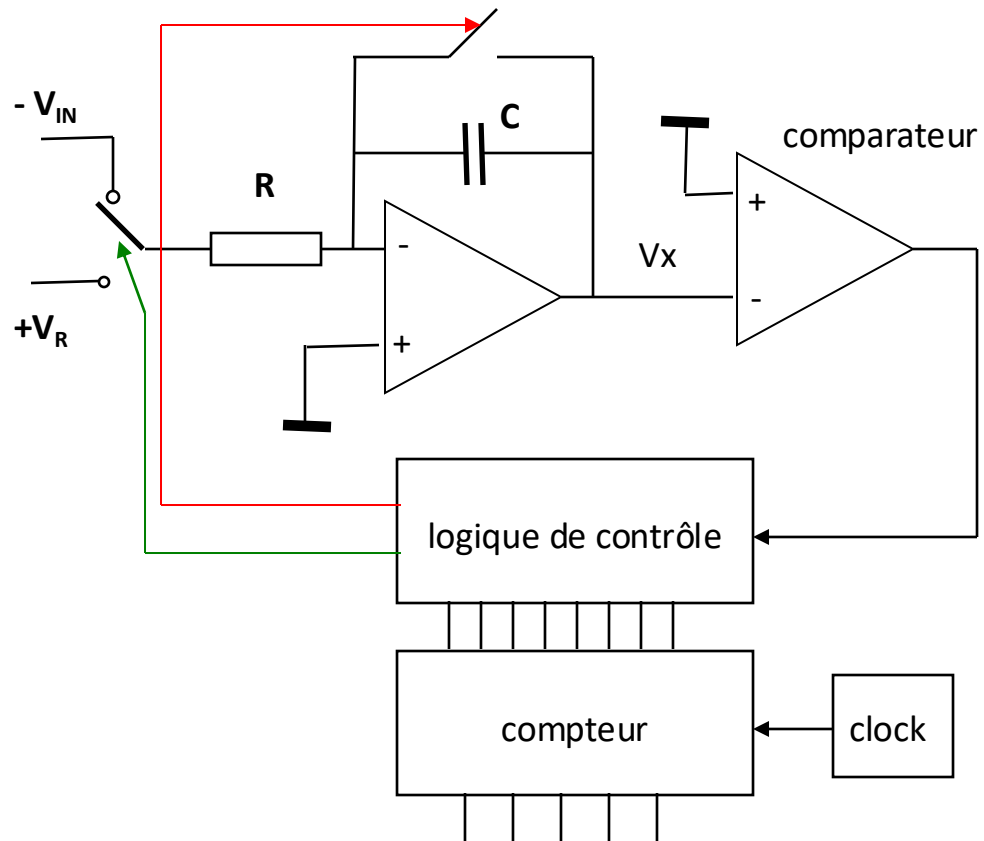


Causes d'erreur:

- imprécision de T (imprécision de l'horloge)
- surtout: imprécision de RC



Intégrateur à double rampe

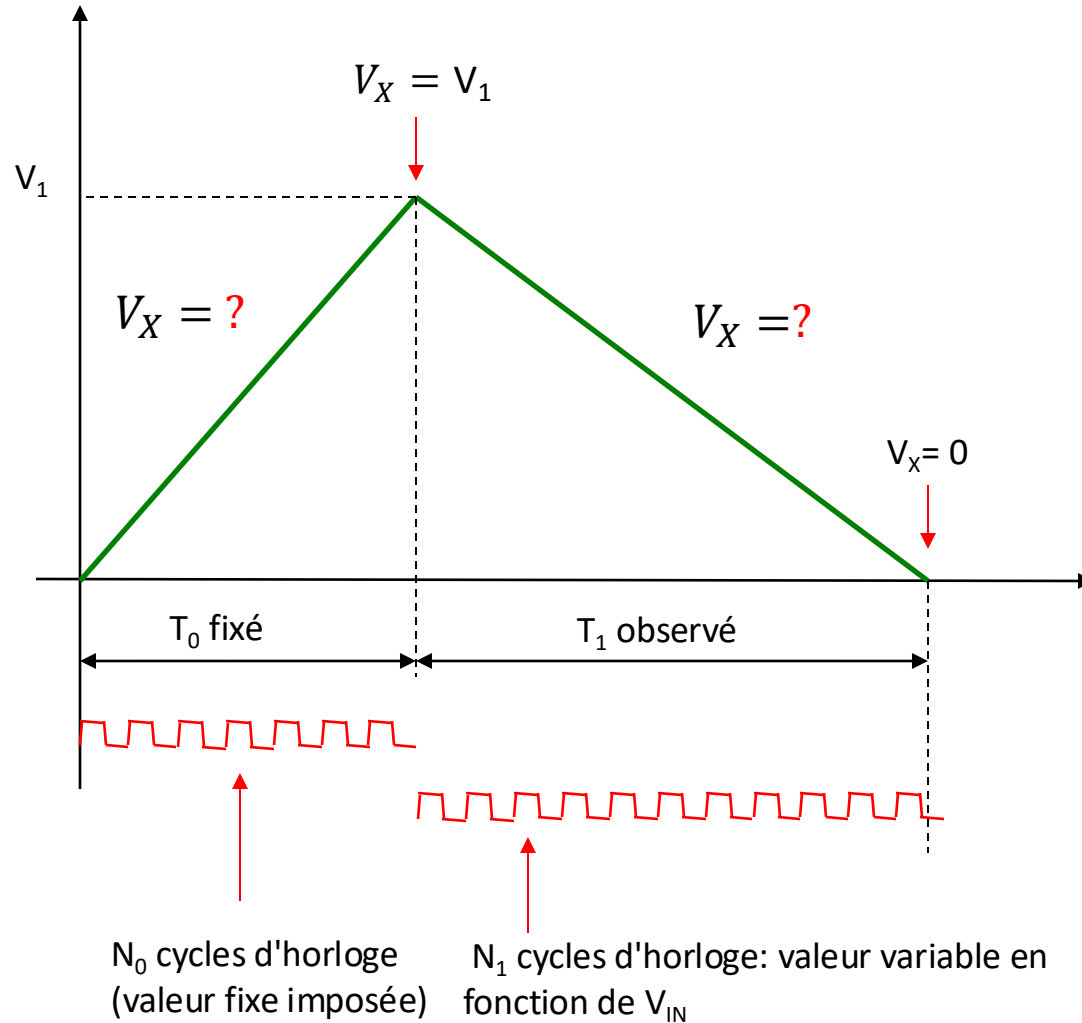


Hormis la phase de "reset", la conversion se fait en 2 étapes :

1. intégration de la tension d'entrée V_{in} durant un temps T_0 fixe, imposé par le système
2. intégration d'une tension de référence V_R , de signe opposé à V_{in} , durant le temps T_1 nécessaire pour ramener la sortie de l'intégrateur à zéro

Intégrateur à double rampe [2]

A



Dia 18 :

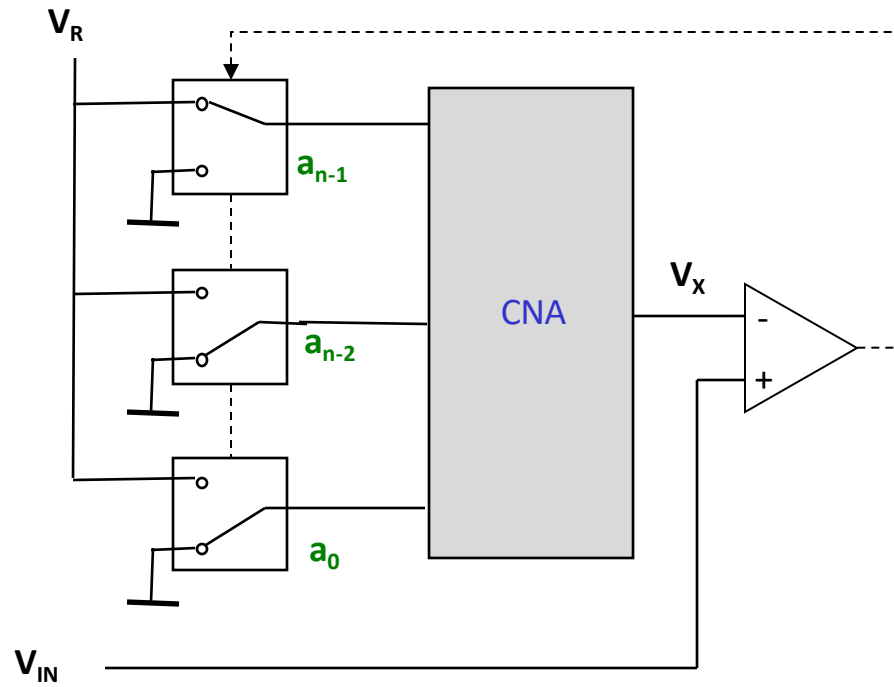
1. Montrer en exercices que T_1 est indépendant de RC (uniquement de V_{IN} , V_R et T_0)
2. Démontrer que pour deux tensions V_{11} et V_{12} différentes, les temps de descente T_1 et T_2 restent bien proportionnels
3. Démontrer graphiquement et analytiquement que si R et C sont différents des valeurs prévues, le temps de descente ne change pas.

avec N_0 , N_1 : le nombre de cycles d'horloge durant les temps T_0 et T_1 .

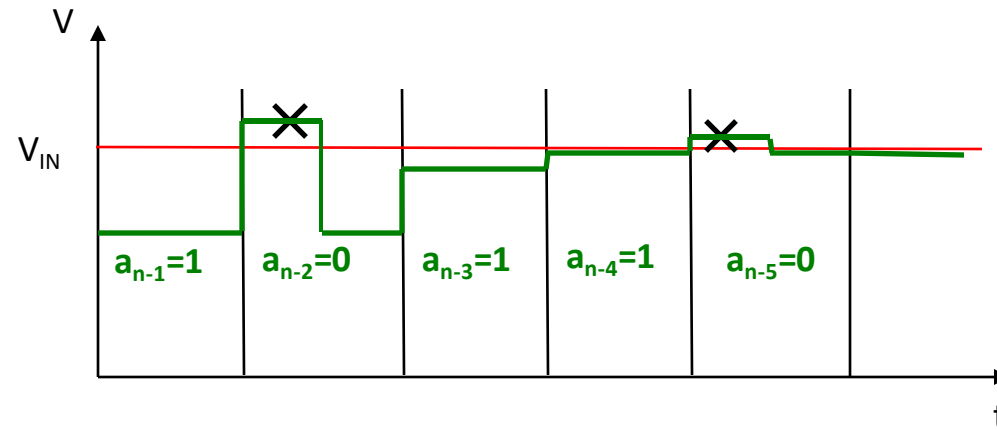
La sortie N_1 du compteur représente donc directement le résultat de la conversion.

A

Convertisseur à approximations successives

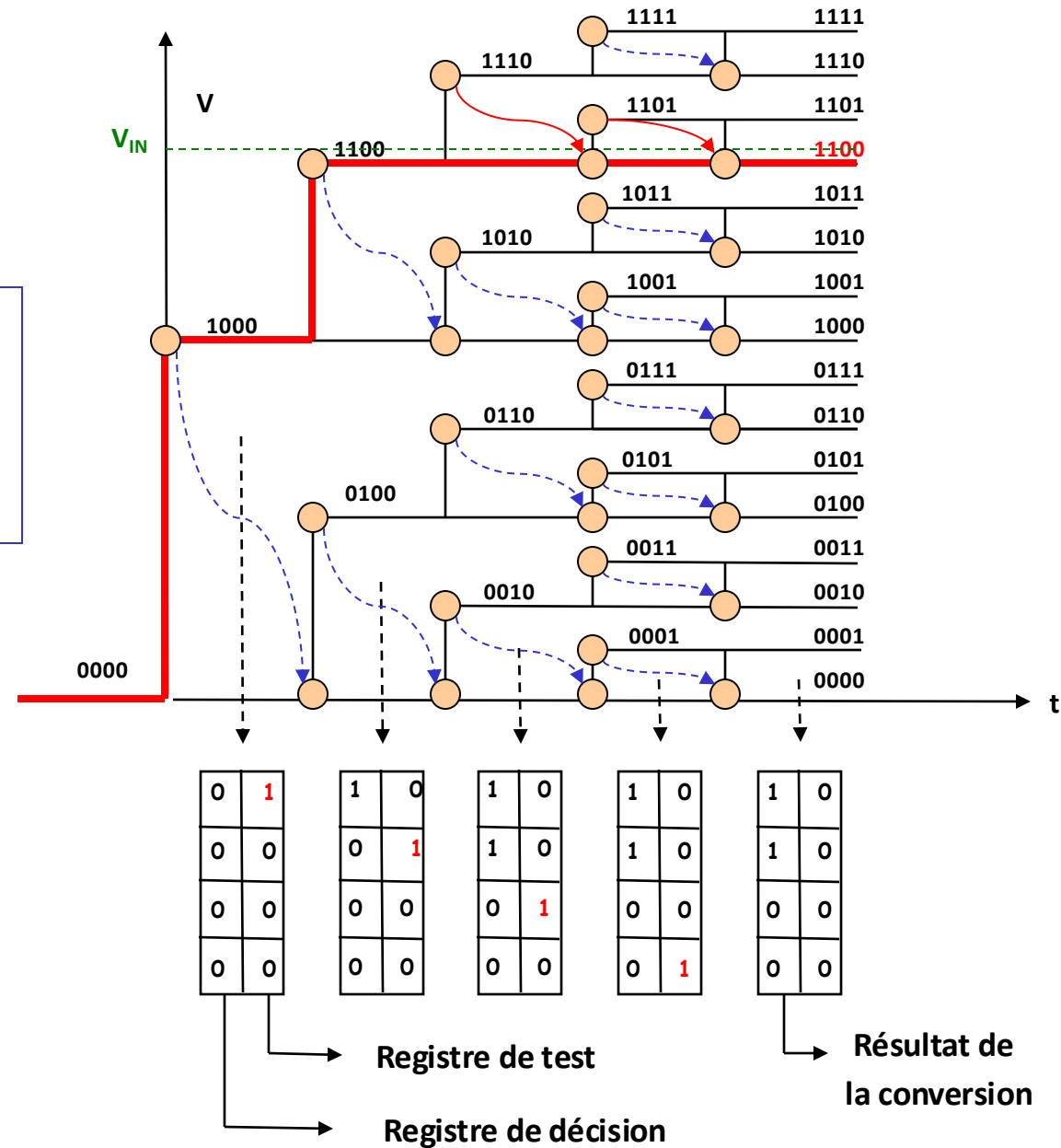


Temps de conversion: n cycles pour n bits, au lieu de 2^{n-1} pour un comptage.



Convertisseur à approximations successives [2]

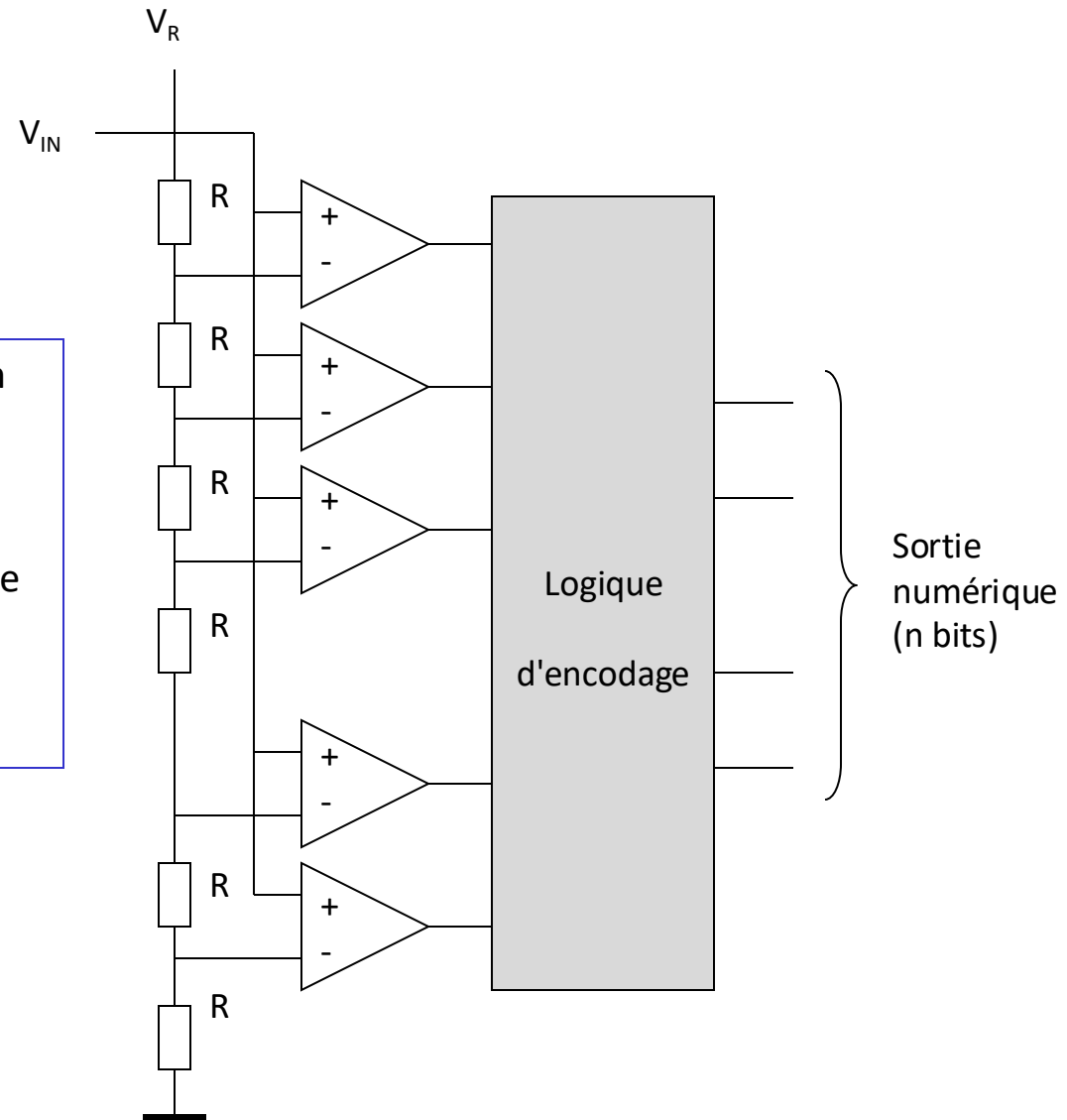
Exemple: parcours de l'arbre de décision et contenus successifs des registres pour une tension d'entrée V_{IN} quelconque.



Convertisseur "FLASH"

- le plus rapide : conversion totale en un seul cycle
- principe très simple
- schéma très lourd : pour un convertisseur à n bits, le système utilise $(2^n - 1)$ comparateurs.

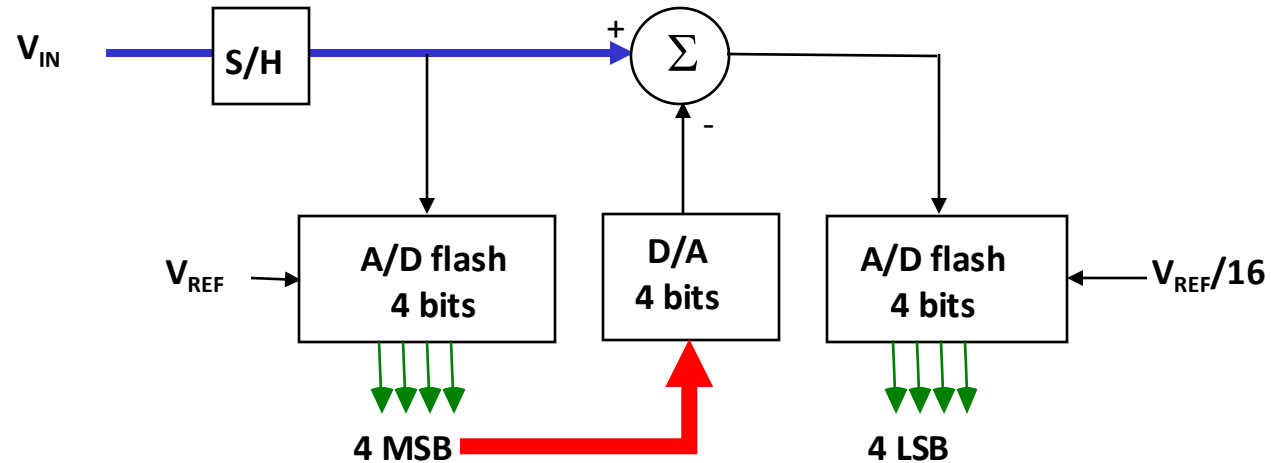
Ex. : 6 bits => 63 comparateurs !



Les convertisseurs semi-flash.

Pour des raisons de surface, on ne réalise pas de convertisseurs flash à 8bits à cause des 255 comparateurs.

réalisation d'un convertisseur semi-flash 8 bits en utilisant 2 convertisseurs flash de 4 bits (ou 2 fois le même) à 15 comparateurs chacun.



le convertisseurs A/D flash à 4 bits doivent travailler avec une précision de 8 bits.

Résumé des performances des différents convertisseurs

Convertisseurs A/N à intégration

- Famille de convertisseurs à plus haute résolution (16 bits et plus).
- Excellente linéarité différentielle et intégrale.
- Temps de conversion assez longs (environ 2^n cycles) : ... 1ms ... 1s ...
- Applications : Instrumentation de précision.

Convertisseurs A/N à approximations successives

- Famille de convertisseurs à moyenne résolution (8 à 14 bits).
- Temps de conversion moyens (n cycles) : 1 à 100μs
- Applications :
 - Télécommunications
 - Traitement du signal
 - Usages généraux.
- Bon compromis précision/vitesse/prix.

Convertisseurs A/N flash

- Résolution faible (4 à 8 bits).
- Temps de conversion courts (1 seul cycle) : 10ns à 1μs
 - Convertisseurs les plus rapides.
- Applications : radar ou Traitement numérique rapide de signaux (ex: vidéo).