

GIF-3002

SYSTÈMES MICRO- PROCESSEURS ET INTERFACES

- Systèmes de contrôle numériques
- Différences et choix MCU vs CPU
- Familles de CPU et MCU
- Manufacturiers WAFER , IP, CPU
- Historique
- RISC vs CIS
- Généralités H/W: CMOS, NMOS, PMOS, tri-State, marge de bruit, problème d'impédance et sortance fan-out, résistances de tirage
- Logiques à diodes
- Loi de Moore

**2 et 3
Septembre 2009**

Automne 2009

Séance 1

U.S. Ganguly, Pr., responsable

M. Klein, MBA. M.Sc., chargé de cours

Modifié par Etienne Tremblay, Automne 2010

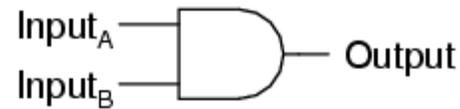


Bipolar Junction Transistor

- Les premiers transistors étaient des Bipolar Junction Transistors (BJT).
- En électronique numérique, les BJTs peuvent être vus comme des interrupteurs contrôlés par un courant.
 - Si un courant circule de la Base à l'Émetteur (se comporte comme une diode), un courant beaucoup plus grand (en fonction du gain du transistor) peut circuler entre le Collecteur et l'Émetteur.
- Il y a deux types de BJTs: les NPN et les PNP.

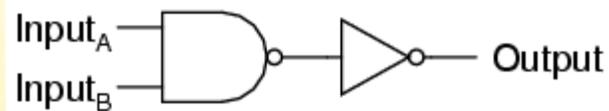
CMOS, NMOS et PMOS

AND gate

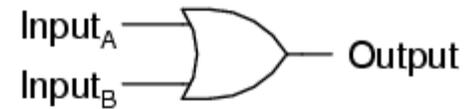


A	B	Output
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Equivalent circuit

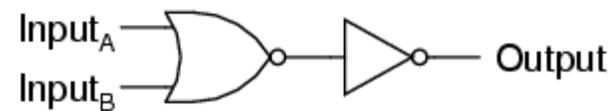


OR gate



A	B	Output
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Equivalent circuit



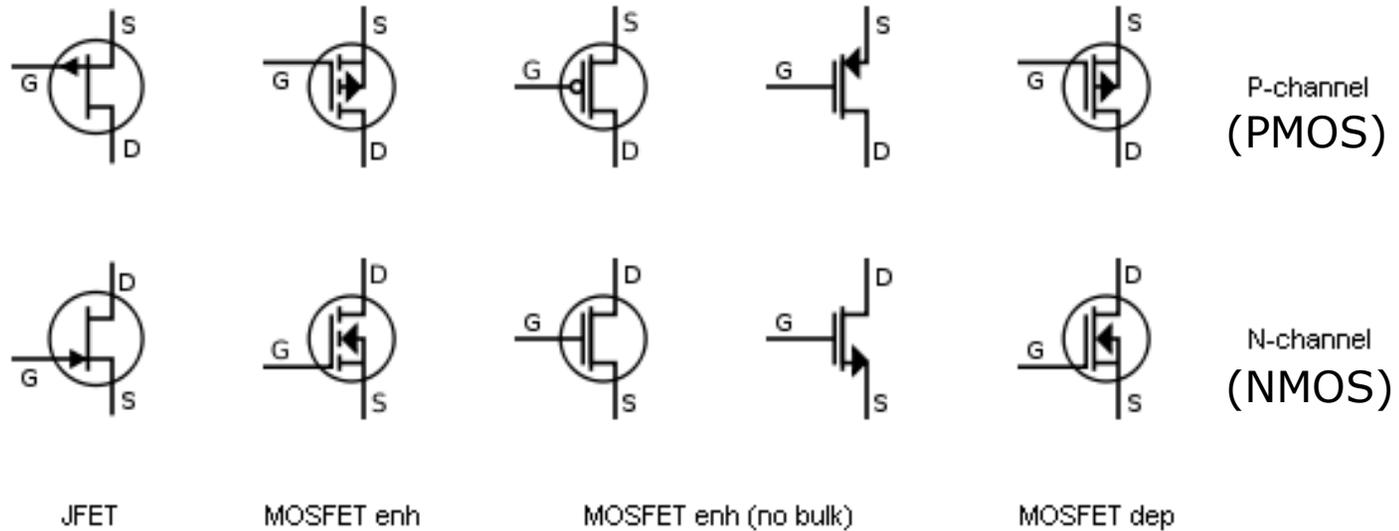
$$\overline{A \cup B} = \bar{A} \cap \bar{B}.$$

$$\overline{A \cap B} = \bar{A} \cup \bar{B}$$

CMOS, NMOS et PMOS

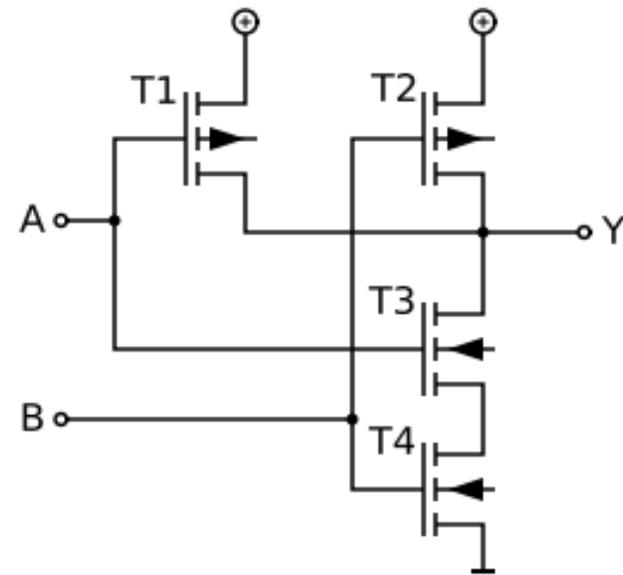
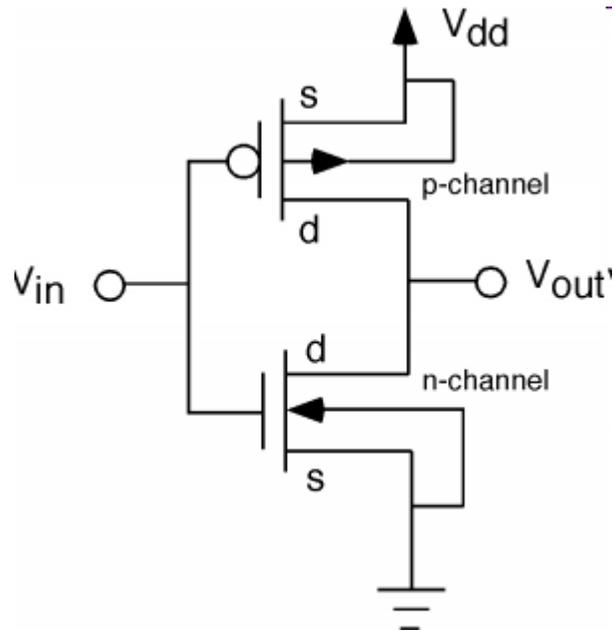
- CMOS = Complementary metal-oxide-semiconductor
- En électronique numérique, les MOS peuvent être vu comme des interrupteurs contrôlés par une tension.
- Utilisé depuis les années 80 pour les CPU, MCU, RAM, et la plupart des circuits logiques en VLSI. Remplace la logique TTL. Avantage: consommation et donc chauffe quasi nulle en état stationnaire.
- Complementary = usage de paires symétriques de MOSFETs (transistor à effet de champs / field effect) de type N et P i.e. NMOS et PMOS.
- TTL: Transistor-Transistor Logic. Transistor Bipolaire classiques. Ne pas confondre avec les "signaux TTL" souvent utilisés pour designer des signaux logiques 0 – 5 volts.

CMOS, NMOS et PMOS



CMOS, NMOS et PMOS

Une porte NOT CMOS, avec un PMOS et un NMOS (gauche)



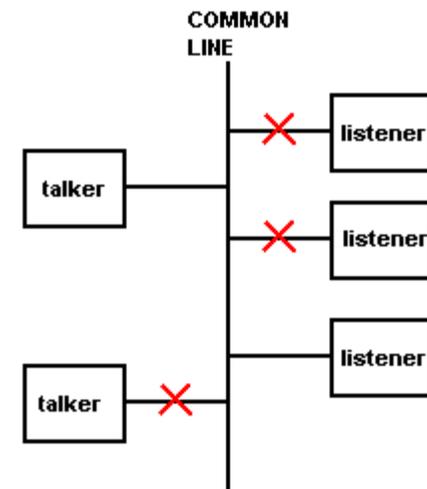
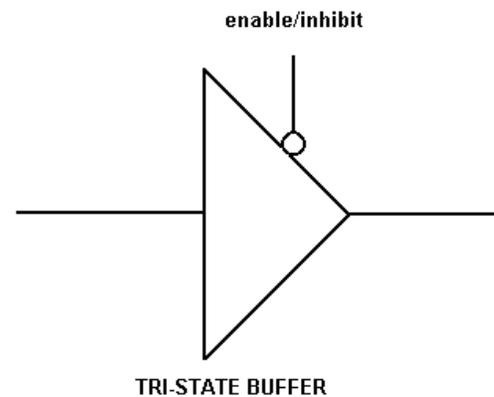
Quelle fonction $Y = f(A,B)$ le circuit de droite remplit-il?

BJT versus MOS

- Dans les systèmes microcontrôleurs, les BJTs et les MOS sont tous deux encore utilisés:
 - Les BJTs sont (beaucoup) moins chers que les MOS.
 - Les MOS sont plus rapides (relié aux lois de la physique!) et plus faciles à utiliser.
 - Les MOS consomment généralement moins d'énergie.

Logique triple états (tri-state)

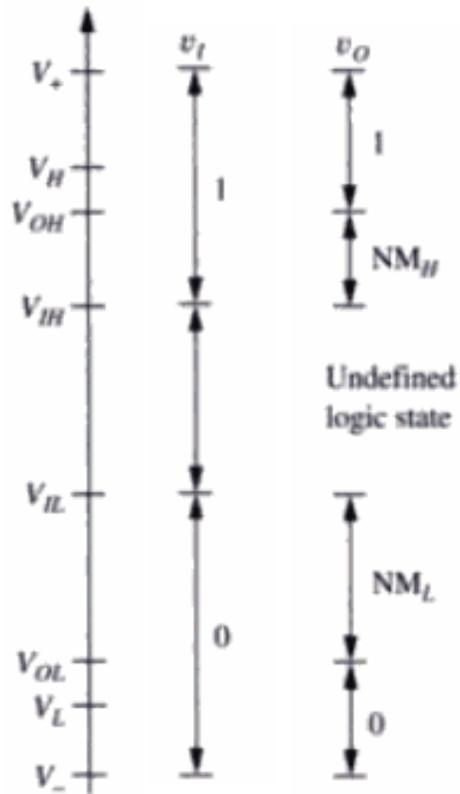
- 1, 0 et Hi-Z ou Z, état de haute impédance.
- Hi-Z n'est pas 1 et ni 0. La DDP entre la masse (0 V) et un HI-Z est aléatoire (bruit). Le courant qui entre ou sort d'un état Hi-Z vs la masse est quasiment nul.
- Isoler des périphériques sans court circuit:



Valeurs logiques vs analogiques

- Le 0 logique et 1 logique sont des représentations abstraites. Ces états logiques numériques ont des correspondances analogiques réelles.
- Le 1 logique idéal en CMOS est +5V ou +3.3V.
- Le 0 logique idéal en CMOS est de 0V
- Une tension de 2v, correspond-elle au 0 ou 1 logique? Et 0.5V ?
- Les specs des composants logiques définissent les valeurs de Input Low Logic Level (IL) et Input High logic Level (IH), de même que les niveaux de sorties Output High Logic Level (OH) et Output Low Logic Level (OL)

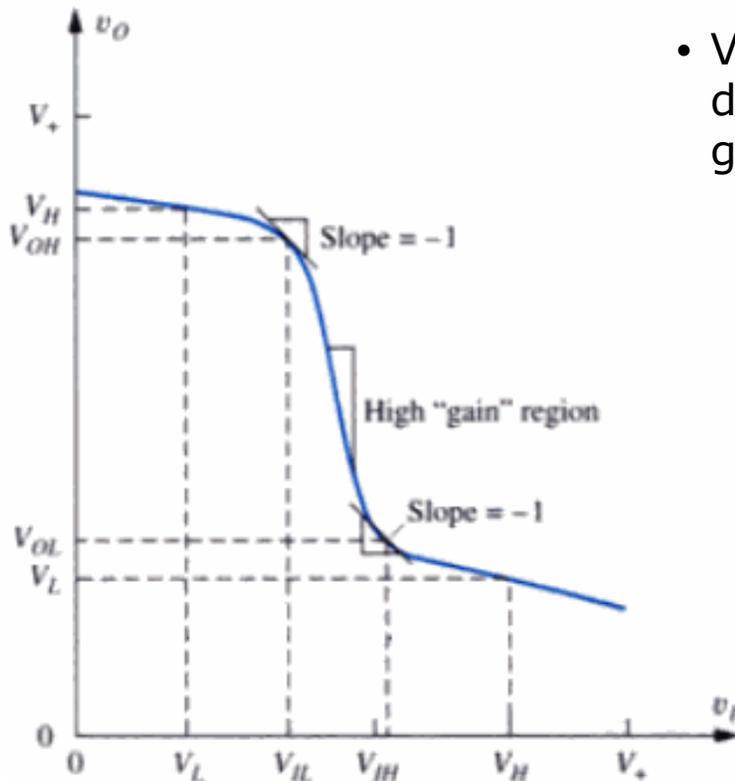
Les marges de bruits



- Noise Margin high = $NM_H = V_{OH} - V_{IH}$
- Noise Margin low = $NM_L = V_{IL} - V_{OL}$
- Que se passe-t-il si vous disposez 2 circuits identiques en série (ex: 2 buffers) distants l'un de l'autre (sujet au bruit et aux chutes de tension) et dont la marge de bruit tend vers 0?

Les marges de bruits

- Caractéristique d'une porte NOT (Abscisse: Input v_I , Ordonnées: Output v_O)



- V_{IL} , V_{IH} , V_{OL} , V_{OH} sont déterminés aux points où le gain absolu est de 1

Problème d'impédance

Une porte logique CMOS parfaite devrait :

- 1) avoir une impédance d'entrée infinie (courant nul)
- 2) avoir une impédance de sortie nulle (courant infini)

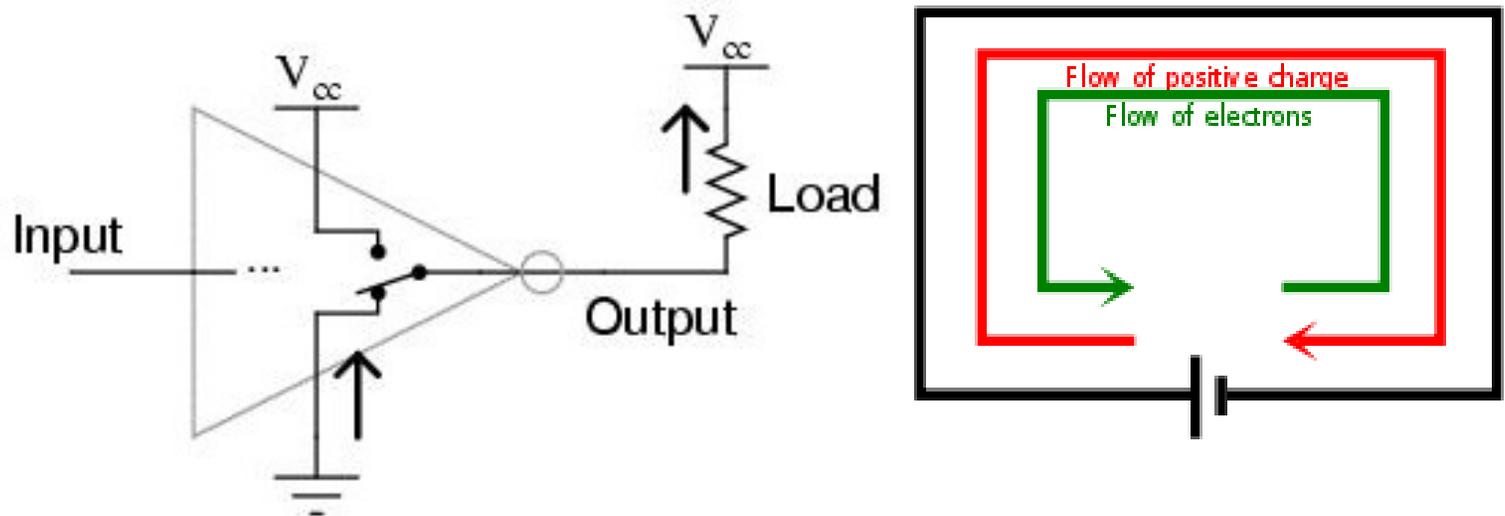
Dans la pratique, les entrées consomment (ou génèrent) un courant, et les sorties ne peuvent fournir (ou absorber) qu'un certain courant limité, après quoi il y a chute ou hausse de tension

=> Problème: Trop d'entrées branchées sur une seule sortie affecte le niveau analogique et peut affecter le niveau logique de la sortie. Une sortie normalement à 0 pourrait se retrouver à 1, et inversement.

Problème d'impédance

- Par construction pratique des CMOS (et TTL surtout), ce problème apparaît surtout lorsque la sortie de la porte logique est à 0.

*Simplified gate circuit **sinking** current*



Problème d'impédance

- Les constructeurs de portes logiques garantissent une sortie minimale de courant, soit IOL (I=Courant, O = Output, L = Low = à l'état logique bas).
 - Dans le pire cas, la sortie du composant supporte donc une sortie de courant de niveau IOL.
 - Les entrées absorbent un léger courant aux sorties des composants qui les précèdent quand ces sorties sont à 0. Ce courant est appelé IIL (I = courant, I = Input, L = Low = à l'état logique bas)
- Le nombre de portes max supportées par la sortie, à l'état bas, est IOL/IIL .

Pertinent en TTL surtout mais aussi en CMOS.

Problème d'impédance

On définit le FAN OUT (parfois "sortance" en français):

$$\text{FAN OUT} = \min (|I_{OH}/I_{IH}|, |I_{OL}/I_{IL}|) = \text{nombre max de portes que l'on peut placer sur une même sortie logique.}$$

En pratique c'est surtout I_{OL}/I_{IL} qui est utilisé.

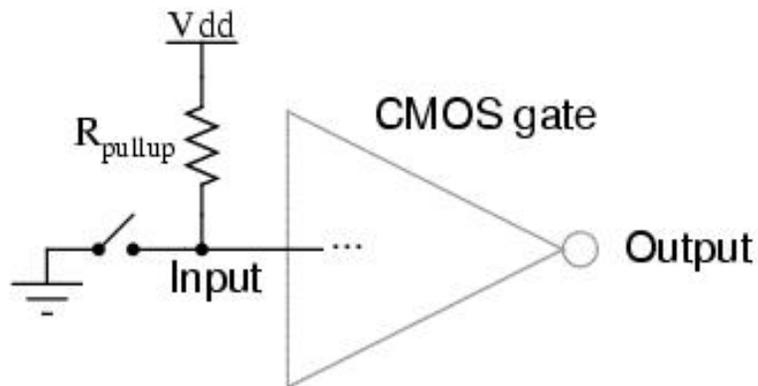
Comme il s'agit d'impédances et non de résistances, cette grandeur varie avec la fréquence. Elle tend à diminuer quand F augmente en général en raison des capacités parasites, supérieures aux effets de bobines parasites dans ce genre de circuit.

Fan in ou entrance: nombre d'entrées d'une porte logique.

Résistances de tirage (pull-up/down)

Ne pas confondre l'état logique d'un interrupteur et l'état logique de l'entrée de la porte.

L'état Hi-Z n'est pas un état logique 0 ou 1 => on utilise une résistance de tirage vers le haut ou le bas (pull-up ou pull-down) afin de transformer en 0 ou 1 ce qui serait autrement flottant aux entrées



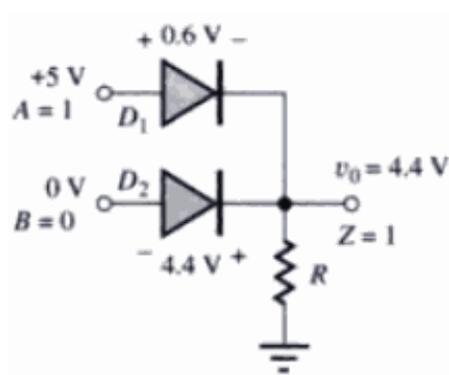
Rappels d'algèbre booléenne

OPERATION	BOOLEAN REPRESENTATION
NOT	$Z = \bar{A}$
OR	$Z = A + B$
AND	$Z = A \cdot B = AB$
NOR	$Z = \overline{A + B}$
NAND	$Z = \overline{A \cdot B} = \overline{AB}$

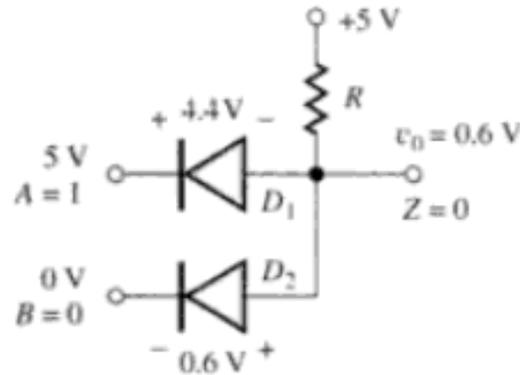
TABLE 6.7
Useful Boolean Identities

$A + 0 = A$	$A \cdot 1 = A$	Identity operation
$A + B = B + A$	$AB = BA$	Commutative law
$A + (B + C) = (A + B) + C$	$A(BC) = (AB)C$	Associative law
$A + BC = (A + B)(A + C)$	$A(B + C) = AB + AC$	Distributive law
$A + \bar{A} = 1$	$A \cdot \bar{A} = 0$	Complements
$A + A = A$	$A \cdot A = A$	Idempotency
$A + 1 = 1$	$A \cdot 0 = 0$	Null elements
$\bar{\bar{A}} = A$	$\overline{AB} = \bar{A} + \bar{B}$	DeMorgan's theorem

Logiques à diodes (OR, AND)

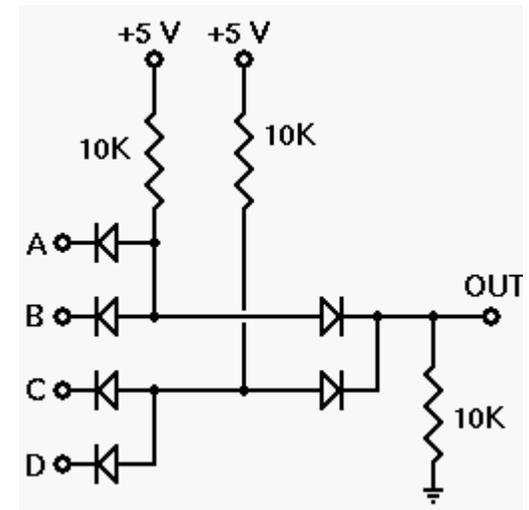


Out = OR(A,B)



Out = AND(A,B)

Identifier la fonction du circuit de droite
Out = f(A,B,C,D) = ...



Manipulations de bits

Soit le bit b_0 , et le masque m qui est un bit pouvant prendre la valeur 0 ou 1, alors:

AND: si $m = 0 \rightarrow (b_0 \text{ AND } m) = 0$
 si $m = 1 \rightarrow (b_0 \text{ AND } m) = b_0$

OR: si $m = 0 \rightarrow (b_0 \text{ OR } m) = b_0$
 si $m = 1 \rightarrow (b_0 \text{ OR } m) = 1$

XOR: si $m = 0 \rightarrow (b_0 \text{ XOR } m) = b_0$
 si $m = 1 \rightarrow (b_0 \text{ XOR } m) = \text{NOT}(b_0)$

Masques N bits, exemples:

1. $m = 0110 \Rightarrow ((b_3 \ b_2 \ b_1 \ b_0) \text{ AND } m) = 0 \ b_2 \ b_1 \ 0$
2. $\text{OR}(1100, \text{AND}(1110, b_3 \ b_2 \ b_1 \ b_0)) = 1 \ 1 \ b_1 \ 0$

Condensateurs

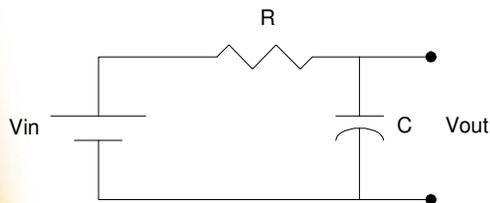
Les condensateurs sont très présents dans les systèmes microprocesseurs: ils servent principalement dans l'alimentation, dans les filtres et pour éliminer du bruit (exemple décharges électrostatique), mais ils ont plusieurs autres fonctions.

Un condensateur a une impédance de $1/j\omega C$. Il est un circuit ouvert pour le DC et un court-circuit pour les hautes fréquences.

Un circuit commun avec un condensateur et un circuit RC. En régime transitoire, le condensateur se charge à travers la résistance selon une fonction de transfert du premier ordre avec une constante de temps égale à RC . En régime permanent, le circuit est un excellent filtre passe-bas.

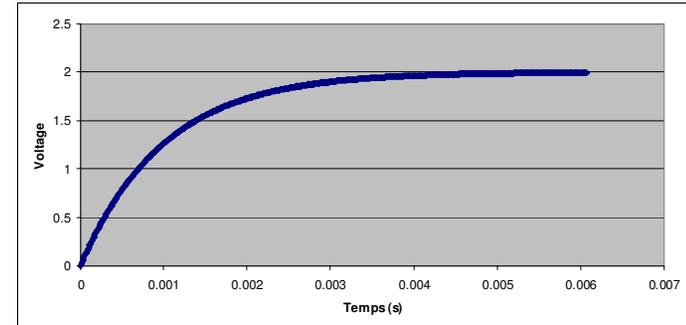
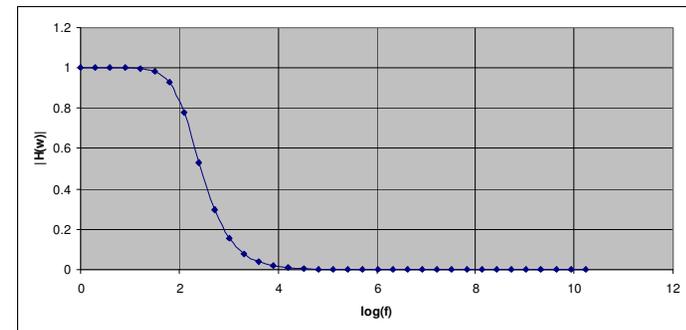
Condensateurs

La fonction de transfert du circuit RC est montrée plus bas avec la fonction de transfert et un exemple de réponse temporel lorsque $R = 1\text{k}\Omega$, $C = 1\mu\text{F}$ et $V_{in} = 2\text{V}$



$$\frac{V_{out}(j\omega)}{V_{in}(j\omega)} = H(j\omega) = \frac{1/j\omega C}{R + 1/j\omega C} = \frac{1}{j\omega RC + 1}$$

$$V_{out}(t) = V_{in} - V_{in} e^{-t/RC}$$



Inductances

Les inductances sont assez présentes dans les systèmes microprocesseurs, même si elles sont moins présentes que les condensateurs (plus dispendieuses, souvent plus volumineuses et plus susceptibles aux défauts de fabrication): elles servent principalement dans les alimentations (SMPS seulement) et les filtres, mais elles ont plusieurs autres fonctions.

Une inductance a une impédance de $j\omega L$. Elle est un court-circuit pour le DC et un circuit ouvert pour les hautes fréquences. Une inductance s'oppose à une variation de courant en créant une tension de sens opposé à la variation.

Les circuits communs avec des inductances sont les filtres RLCs.