

Marge de bruit (ou immunité au bruit)

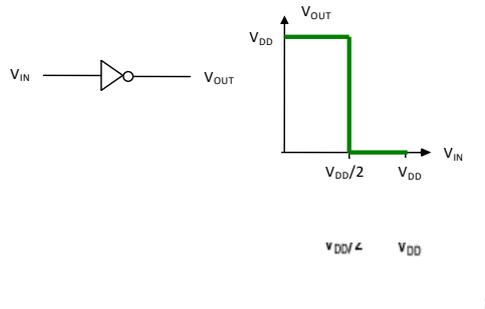
Avantages circuits logiques / aux circuits analogiques:

- **Tolérance** aux variations de niveau des signaux d'entrée.
- **Tolérance** = l'insensibilité d'un circuit au **bruit** superposé au signal d'entrée
- On parle d'**immunité au bruit**

L'inverseur idéal:

Présente une caractéristique de transfert verticale (gain infini)

Le seuil se situe à une tension d'entrée $V_{in} = V_{DD}/2$.



L'immunité au bruit est une notion qui n'existe pas en analogique. En effet tout bruit qui se superpose à un signal utile est indésirable. Le filtrage est l'un des domaines fondamentaux qui contribue à l'amélioration de la qualité des signaux traités.

En numérique, les niveaux logiques "0" et "1" ne sont pas associés à deux tensions fixes, mais à deux gammes de tensions permettant de les interpréter correctement.

Chaque gamme est limitée par une tension **souhaitée** et une tension **acceptable**. L'écart entre ces deux valeurs correspond au bruit qui pourrait se superposer à la valeur **souhaitée** tout en restant **acceptable** afin de ne pas altérer l'interprétation du niveau logique. On dira que ce bruit est tolérable.

Cette tolérance au bruit, manifestée par le circuit définit la notion de marge de bruit pour le "0" et le "1" (pas forcément identique).

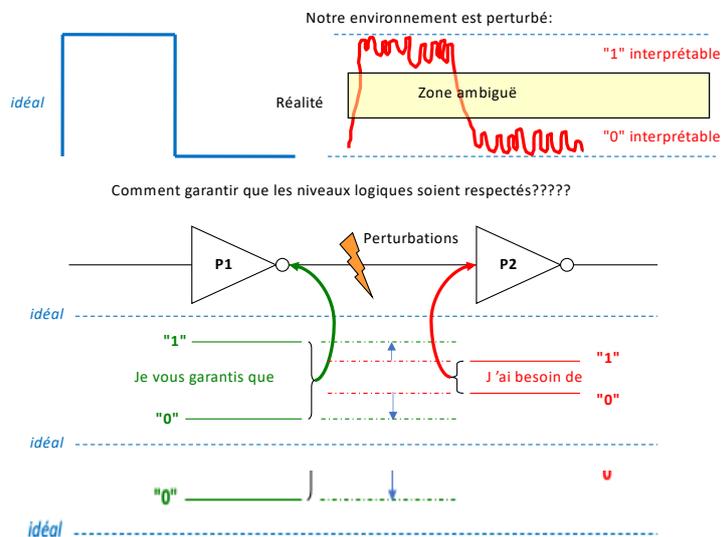
La plus grande marge de bruit espérée est obtenue avec un circuit totalement symétrique comme l'illustre l'inverseur idéal.

Ici la marge de bruit vaut $V_{DD}/2$.

En effet le "0" espéré vaut 0V, alors que le "0" acceptable vaut $V_{DD}/2$. L'écart qui correspond au bruit toléré, vaut $V_{DD}/2$. Il en est de même pour le "1".

Marge de bruit (ou immunité au bruit)

Marge de bruit (ou immunité au bruit)



Si les signaux étaient idéaux (carrés parfaits), aucune ambiguïté ne se manifesterait lors de l'interprétation des niveaux logiques. Dans la réalité, les signaux sont altérés, et au-delà d'une certaine limite d'altération, ces signaux deviennent inexploitable.

Imaginons deux portes P1 et P2 qui doivent communiquer. La sortie de P1 fournit un signal à l'entrée de P2. Entre ces deux portes nous avons une connexion qui subit les affres des perturbations.

Lorsque P1 présente un niveau logique, le constructeur **garantit** une tension minimale pour le "1" et maximale pour le "0".

D'autre part, pour que la porte P2 puisse interpréter correctement un niveau logique, le constructeur **impose** une valeur minimale pour représenter le "1" et une valeur maximale pour représenter le "0". Il faut souhaiter que les limites entre ce qui est garanti à la sortie de P1 et ce qui est imposé à l'entrée de P2 soit favorable:

$$V_{OUTGaranti} > V_{INNécessaire} \text{ pour le "1"}$$

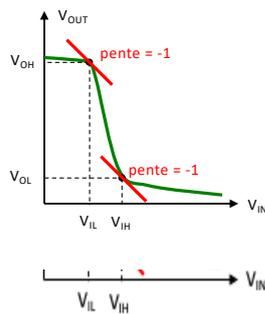
$$V_{OUTGaranti} < V_{INNécessaire} \text{ pour le "0"}$$

Caractéristiques de transfert de l'inverseur

Caractéristiques de transfert de l'inverseur

Diffère de celle de l'inverseur idéal sur plusieurs points :

- Niveaux haut et bas de la sortie \neq tensions d'alimentation,
- Gain non-infini dans la région de transition entre le niveau haut et le niveau bas,
- Région de transition non centrée aux alentours de $V_{DD}/2$.



Limites extrêmes des niveaux logiques:

- Identifier sur la caractéristique de transfert les niveaux de tensions avec pente (-1)

3

3

La caractéristique réelle d'une porte (illustrée par l'inverseur) n'est pas aussi favorable que celle présentée précédemment avec:

- des niveaux identiques aux tensions d'alimentation
- une totale symétrie de la fonction de transfert
- un gain infini lors du basculement

La caractéristique de sortie réelle permet de mettre en évidence trois zones définies par la pente de la courbe. Lorsque la pente est faible (en valeur absolue inférieure à 1), nous considérons que nous sommes toujours positionnés sur les mêmes niveaux logiques à l'entrée et à la sortie. En revanche lorsque cette pente devient supérieure à 1 en valeur absolue, la sortie change rapidement, suggérant qu'il y a basculement d'un niveau à un autre. Dans cette zone de basculement, la pente est donc toujours supérieure à 1 en valeur absolue, et il est impossible d'interpréter le niveau logique. Cette zone ambiguë est limitée par deux couples de coordonnées obtenues lorsque la pente vaut précisément -1 (1 en valeur absolue).

Le premier couple correspond à V_{IL} et V_{OH}

le second couple correspond à V_{IH} et V_{OL}

Nous verrons ci-après, que les tensions V_{IH} et V_{IL} représentent les limites nécessaires (tension d'entrée) pour interpréter correctement les niveaux logiques, et les tensions V_{OH} et V_{OL} représentent les limites garanties (tensions de sortie).

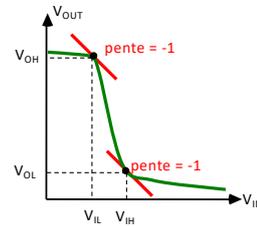
Il est normal que ce qui sort devienne l'entrée des portes suivantes.

Définitions

Définitions

Pour l'entrée :

- V_{IL} : tension d'entrée max reconnue sans ambiguïté comme un niveau logique 0
- V_{IH} : tension d'entrée min reconnue sans ambiguïté comme un niveau logique 1.



Pour la sortie:

- V_{OH} : tension de sortie "1" minimum garantie à la sortie, l'entrée dans la gamme permise pour le niveau 0
- V_{OL} : tension de sortie "0" maximum garantie à la sortie, l'entrée dans la gamme permise pour le niveau 1.

V_{OL} et V_{OH} garanties par le fabricant du circuit dans les conditions les plus défavorables de température et de charge (FAN-OUT) de la sortie.

V_{OL} et V_{OH} garanties par le fabricant du circuit dans les conditions les plus défavorables de température et de charge (FAN-OUT) de la sortie.

En résumé:

V_{IL} est la tension d'entrée maximale qu'il est nécessaire de respecter afin que le "0" logique soit reconnu sans ambiguïté.

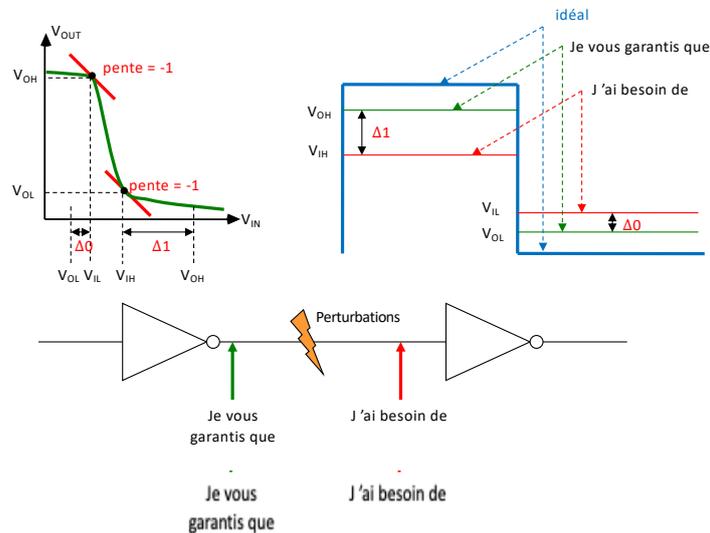
V_{IH} est la tension d'entrée minimale qu'il est nécessaire de respecter afin que le "1" logique soit reconnu sans ambiguïté.

V_{OH} est la tension de sortie minimale garantie lorsque le "1" est généré par cette porte, quelles que soient les conditions.

V_{OL} est la tension de sortie maximale garantie lorsque le "0" est généré par cette porte, quelles que soient les conditions.

Marges de bruit - vision complémentaire

Marges de bruit - vision complémentaire



Nous proposons deux visions complémentaires pour saisir la notion de marge de bruit. On rappelle que la sortie d'une porte devient l'entrée d'une ou plusieurs autres portes.

Au niveau logique "1" il est impératif que

- $V_{OHmin} > V_{IHmin}$
- V_{IHmin} = "1" toléré par l'entrée du circuit suivant.
- $\Delta 1$ est la marge de bruit associée au niveau logique "1": $\Delta 1 = V_{OH} - V_{IH}$

Si V_{OH} est la tension espérée, $\Delta 1$ est la valeur tolérée du bruit qui pourrait lui être superposée sans altérer son interprétation

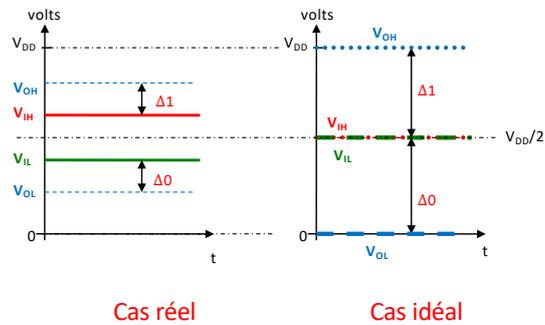
Au niveau logique "0" il est impératif que

- $V_{OLmax} < V_{ILmax}$
- V_{ILmax} = "0" toléré par l'entrée du circuit suivant.
- $\Delta 0$ est la marge de bruit associée au niveau logique "0": $\Delta 0 = V_{IL} - V_{OL}$

Si V_{OL} est la tension espérée, $\Delta 0$ est la valeur tolérée du bruit qui pourrait lui être superposée sans altérer son interprétation

Optimisation des marges de bruit

Optimisation des marges de bruit



Technologie CMOS est celle qui se rapproche le plus du cas idéal

6

Technologie CMOS est celle qui se rapproche le plus du cas idéal

6

Comme l'indique clairement le graphe idéal, l'optimisation de la marge de bruit suppose que l'écart entre les valeurs garanties et nécessaires augmente:

$$V_{IL} \quad \& \quad V_{OL} \downarrow$$
$$V_{OH} \quad \& \quad V_{IH} \downarrow$$

Il existe cependant une limite absolue, à savoir:

$$V_{OL} = 0 \text{ et } V_{OH} = V_{DD}$$

Auquel cas les niveaux logiques correspondent aux tensions d'alimentation

$$V_{IL} = V_{IH}$$

L'optimum ($V_{IL} = V_{IH}$), est obtenu avec une caractéristique verticale

$\Delta 0 = \Delta 1$: zone de transition centrée en $V_{DD}/2$.

Plutôt que de dessiner la caractéristique de transfert, on représente les marges de bruit sur une échelle linéaire.