

Pràctica 2. L'inversor CMOS

Caracterització del transistor MOS. Aplicació a l'estudi de l'inversor CMOS

F. Xavier Moncunill

Tardor de 2017

En aquesta pràctica es verificarà, mitjançant la simulació amb Spice, el comportament dels transistors MOS de canal N i de canal P. Seguidament, s'estudiarà amb detall un circuit digital senzill, com és l'inversor CMOS.

1 Caracterització del transistor MOS de canal N (NMOS)

La Figura 1 mostra un transistor MOS de canal N connectat a dues fonts de tensió que fixen la tensió de porta i de drenador, respectivament, respecte del node de referència.

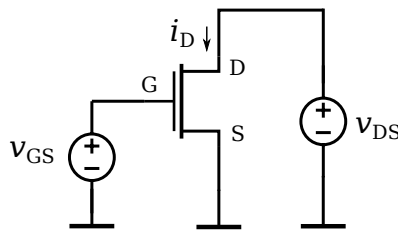


Figura 1

Tasca 1. Fent servir el fitxer subministrat que descriu el model del transistor MOS, i prenent $v_{DS} = 10 \text{ V}$, $W = 40 \text{ }\mu\text{m}$ i $L = 8 \text{ }\mu\text{m}$, obtingueu per simulació i representeu gràficament la variació que experimenta el corrent de drenador i_D en funció de la tensió v_{GS} .

Tasca 2. Utilitzant les possibilitats que ofereix la instrucció `.dc`, representeu les corbes característiques del transistor, dibuixant i_D en funció de v_{DS} per a diferents valors de v_{GS} .

2 Caracterització del transistor MOS de canal P (PMOS)

En aquest apartat es tracta de caracteritzar el comportament d'un transistor de canal P.

Tasca 3. Repetiu les tasques realitzades a l'apartat anterior, substituint el transistor de canal N de la Figura 1 per un de canal P. Escolliu adientment els rangs de variació de les tensions v_{GS} i v_{DS} . Indiqueu quines són les diferències observades en el comportament d'un i altre dispositiu, i expliqueu-ne les causes.

3 L'inversor CMOS: característica entrada-sortida

L'inversor CMOS és un dels circuits més representatius de la tecnologia MOS complementària. El seu esquema circuital és el que es mostra a la Figura 2.

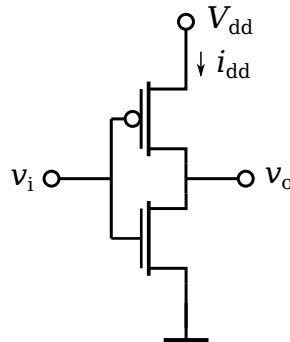


Figura 2

Tasca 4. Prenent $V_{dd} = 5 \text{ V}$, $W = 40 \text{ }\mu\text{m}$, $L = 8 \text{ }\mu\text{m}$ i fent un escombratge de la tensió d'entrada:

- Representeu gràficament la tensió de sortida v_o en funció de la d'entrada v_i .
- Corroboreu el funcionament del circuit com a inversor.
- Justifiqueu en quin mode de funcionament es troba cada transistor en les diferents zones de la gràfica.
- Quina es pot considerar que és la tensió llindar d'entrada a partir de la qual es produeix la commutació a la sortida? Investigueu quina modificació caldria fer al circuit per tal d'ubicar aquesta tensió llindar de commutació exactament a 2.5 V .
- Representeu el corrent i_{dd} subministrat per la font d'alimentació en funció de la tensió d'entrada. A la vista dels resultats, quines conclusions es poden extreure sobre el consum de corrent de l'inversor CMOS?

4 Resposta dinàmica de l'inversor CMOS

La característica obtinguda a l'apartat anterior és la que es coneix com a característica estàtica de l'inversor CMOS: és la que s'obté per a excitacions constants o de variació lenta. En aquesta experiència es tracta d'estudiar com es comporta l'inversor en ser excitat per senyals que varien amb el temps. El circuit estudiat és el que es mostra a la Figura 3, on C_L representa una capacitat de càrrega (per exemple, la resultant de connectar en cascada un altre circuit CMOS).

Tasca 5. Prenent $V_{dd} = 5 \text{ V}$, $W = 40 \text{ }\mu\text{m}$, $L = 8 \text{ }\mu\text{m}$ i $C_L = 1 \text{ pF}$:

- Exciteu el circuit amb un cicle de senyal quadrat comprès entre 0 i 5 V . Representeu en una única gràfica en funció del temps el senyal d'entrada v_i i el senyal de sortida v_o .

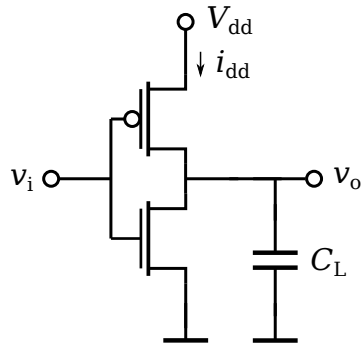


Figura 3

- b) Escollint adequadament els intervals de simulació i de periodicitat del senyal quadrat, mesureu a la sortida: el temps de pujada, el temps de baixada, el temps de retard de pujada i el temps de retard de baixada.
- c) A partir dels resultats de l'apartat anterior, feu una estimació de la màxima freqüència del senyal quadrat que es pot aplicar a l'entrada sense que es degradi significament el funcionament del circuit.
- d) Indiqueu quins paràmetres del circuit cal modificar, i en quin sentit, per tal de reduir els temps mesurats i aconseguir un circuit amb una resposta més ràpida i alhora més equilibrada en el que respecta a les transicions de pujada i de baixada.
- e) Investigueu en quin sentit es veuen afectats els temps de resposta obtinguts anteriorment en variar la tensió d'alimentació. Comproveu-ho amb $V_{dd} = 10 \text{ V}$ i $V_{dd} = 2,5 \text{ V}$, i justifiqueu el motiu d'aquest comportament.