

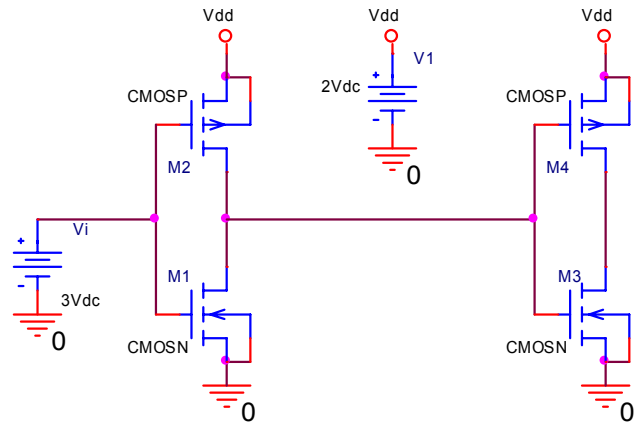
Experimento nº 1 – Análise do inversor CMOS

Este experimento tem por objetivo analisar com um simulador de circuitos (PSpice) o funcionamento de um inversor CMOS, sob o aspecto estático (parte a) e dinâmico (parte b).

a) Análise das características estáticas:

Nesta etapa as principais características em regime estático (DC) serão analisadas. No simulador será efetuada a análise DC, variando a tensão de entrada V_i entre os valores da tensão de alimentação do circuito.

- Desenhe no “Capture CIS” (Analog or Mixed-signal) o circuito ao lado:
- Para os transistores PMOS e NMOS, utilize os componentes da biblioteca BREAKOUT MbreakP e MbreakN
- selecione o transistor, edite o modelo PSpice e insira o conteúdo do arquivo de parâmetros cmosp_3.txt e cmosn_3.txt (respectivamente para o PMOS e NMOS)
- Defina os parâmetros geométricos para cada transistor (clique 2x no componente): L, W, AD, PD. Utilize as mesmas dimensões dadas no exercício 2, convertendo-as para metros.

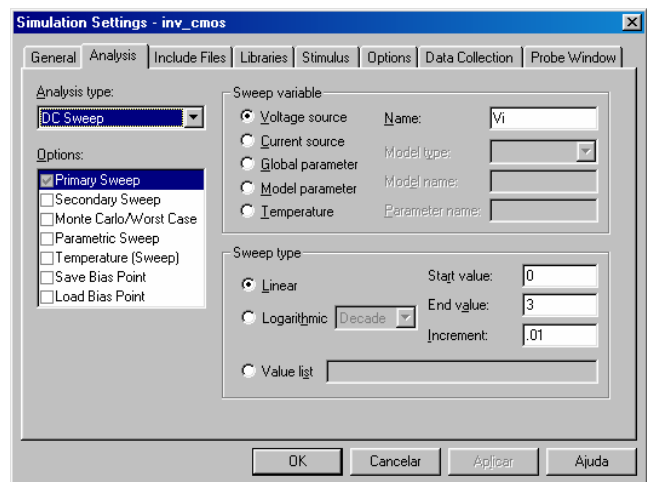


Efetue as seguintes análises, para $V_{dd}=3V$ e $V_{dd}=2V$:

- curva de transferência $V_i \times V_o$ para o 1º e 2º estágios ($0 \leq V_i \leq V_{dd}$)
- curva $I_d \times V_i$ para o 1º e 2º estágios
- curva $P_d \times V_i$ para o 1º e 2º estágios
- curva $R_d \times V_i$ para NMOS e PMOS

A partir das análises encontre:

- Corrente estática para $V_i=0$ e $V_i=V_{dd}$
- Corrente de pico de dreno
- potência de pico
- margens de ruído (NM_H e NM_L) entre o 1º e o 2º estágios
- Resistência equivalente de dreno R_d dos transistores na condição $V_i=0$ e $V_i=V_{dd}$

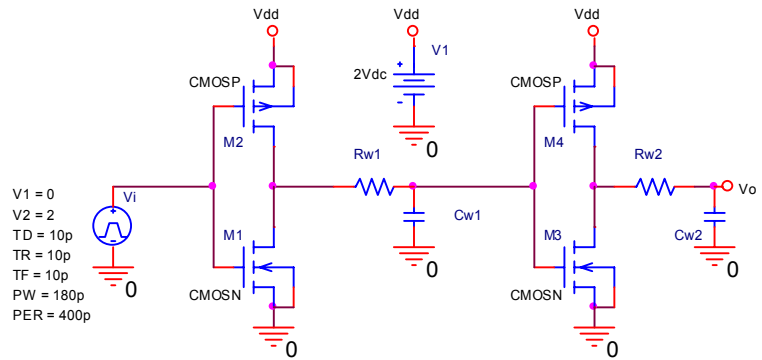


Experimento nº 1 – Análise do inversor CMOS

b) Análise das características dinâmicas:

Nesta etapa as principais características em regime dinâmico (transiente) serão analisadas. No simulador será efetuada a análise Transiente, com o sinal de entrada V_i sob a forma de onda quadrada, com amplitude igual à tensão de alimentação do circuito.

- Desenhe no “Capture CIS” (Analog or Mixed-signal) o circuito ao lado:
- Utilize os mesmos transistores PMOS e NMOS do item a).
- Defina os valores concentrados de R_w e C_w (resistências e capacitâncias parasitas das conexões) a partir dos parâmetros geométricos L , W (como efetuado no Ex. 4).

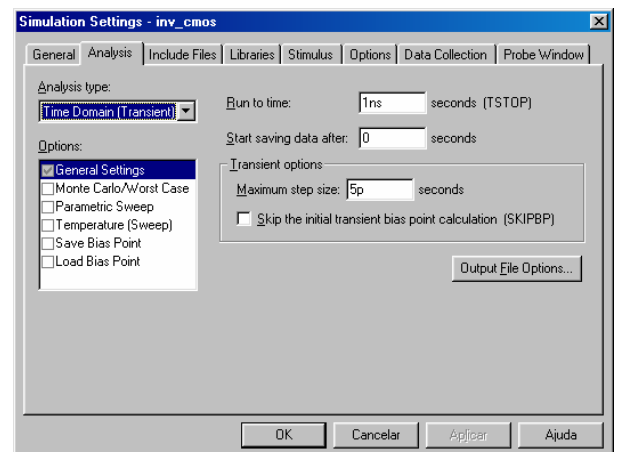


Efetue as seguintes análises, para $V_{dd}=3V$ e $2V$:

- Análise transiente com $f_i=100MHz$ e $1GHz$ ($0 \leq V_i \leq V_{dd}$, $t_r=t_f=10ps$). Obs: analise pelo menos 5 períodos
- Análise transiente para frequência máxima de operação (considere $f_{max}=1/(t_{pHL} + t_{pLH})$ do inversor mais “lento” e verifique se a saída ainda responde ao sinal de entrada)

A partir das análises encontre:

- t_{pHL} , t_{pLH} , t_r , t_f
- potência total dissipada ($-AVG(I(V1)) * V(V1: +)$)
- produto potência-atraso (PDP)



Experimento nº 1 – Análise do inversor CMOS**RELATÓRIO :**

1. Breve introdução sobre o funcionamento do inversor CMOS.
2. Apresente as curvas de transferência $V_o \times V_i$, $I_d \times V_i$, $P_d \times V_i$ e $R_d \times V_i$ para o 1º estágio para $V_{DD} = 2V$ e $V_{DD} = 3V$ ($0 \leq V_i \leq V_{DD}$)
3. Apresente as curvas obtidas da análise transiente na entrada e saída dos dois estágios para $f = 100$ MHz, indicando como foram obtidos os tempos de propagação, subida e descida.
4. Apresente as curvas obtidas da análise transiente na entrada e saída dos dois estágios para a frequência máxima de operação, discutindo o critério utilizado na escolha dessa frequência.
5. Monte uma tabela sob a forma de “data sheet” de componentes eletrônicos, comparando os resultados teóricos obtidos nos exercícios feitos em sala com valores obtidos para a simulação do 1º inversor. Siga os moldes da tabela exemplo abaixo e complemente os dados faltantes.

DC Electrical Characteristics						
Symbol	Parameter	V_{DD}	Exercícios	Simulações ($T=25^\circ C$)	Units	Condition s
V_{IH}	Minimum HIGH Level Input Voltage	2				$\Delta V_o / \Delta V_i = -1$
		3				
V_{IL}		2				$\Delta V_o / \Delta V_i = -1$
		3				
V_{OH}		2				$\Delta V_o / \Delta V_i = -1$
		3				
V_{OL}		2				$\Delta V_o / \Delta V_i = -1$
		3				
I_{leak}	Leakage current	2				$V_i = 0$ or $V_i = V_{DD}$
		3				
I_{peak}	Peak internal current	2				$V_o = V_{DD}/2$
		3				

AC Electrical Characteristics						
Symbol	Parameter	V_{DD}	Exercícios	Simulações ($T=25^\circ C$)	Units	Condition s
t_{pHL}	Propagation Delay HI to LOW	2				$C_L =$
		3				
t_{pLH}		2				$C_L =$
		3				
t_r		2				$C_L =$
		3				
t_f		2				$C_L =$
		3				
f_{max}		2				$C_L =$
		3				
$P_T @ 100MHz$		2				$C_L =$ $f = 100MHz$
		3				
$P_T @ f_{max}$		2				$C_L =$ $f =$
		3				
PDP @100MHz		2				$C_L =$ $f = 100MHz$
		3				
PDP @ f_{max}		2				$C_L =$ $f =$
		3				

6. Comente os resultados comparativos da tabela, identifique as principais discrepâncias entre valor calculado e simulação (erro > 20%), sugerindo a provável fonte de erro.