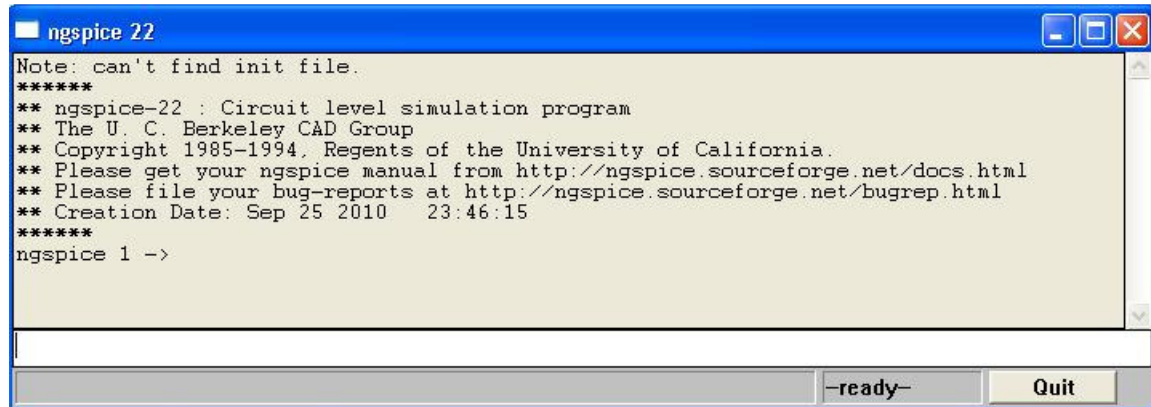


Laboratório NGSpice

Para abrir o NGSpice, pode-se executar o atalho "NGSpice" existente na área de trabalho ou executar diretamente o arquivo "ngspice.exe" localizado em `c:\NGSpice\bin`.

A janela principal do NGSpice, ilustrada na figura abaixo será aberta.



Os arquivos exemplo para a simulação estão na pasta "`c:\NGSpice\cee`".

Dentro da pasta "`cee`" existe a seguinte lista de arquivos:

<code>nmos_ids_vds.cir</code>	→ Simulação do transistor NMOS objetivando a curva I_{ds} x V_{ds}
<code>nmos_ids_vds_lc.cir</code>	→ Simulação do transistor NMOS de canal longo objetivando a curva I_{ds} x V_{ds}
<code>nmos_ids_vgs.cir</code>	→ Simulação do transistor NMOS objetivando a curva I_{ds} x V_{gs}
<code>pmos_ids_vds.cir</code>	→ Simulação do transistor PMOS objetivando a curva I_{ds} x V_{ds}
<code>pmos_ids_vgs.cir</code>	→ Simulação do transistor PMOS objetivando a curva I_{ds} x V_{gs}
<code>inv.cir</code>	→ Simulação transiente de um inversor CMOS
<code>ptm_32n_hp.tech</code>	→ Arquivo que contém os modelos dos transistores para serem utilizados pelo simulador elétrico

Exemplo de um arquivo SPICE (`nmos_ids_vgs.cir`):

```
** Primeira linha sempre é considerada comentário comentário. Comentários sempre iniciam com "**
** PTM 32n NMOS DC simulation (Ids x Vgs)

* Referência ao arquivo que contém os modelos do transistor
.include ptm_32n_hp.tech

* Descrição das fontes de alimentação
vsource source 0 0
Vgate gate 0 0.9
Vdrain drain 0 0.9
Vbulk bulk 0 0

* Descrição do transistor
Mnmos source gate drain bulk NMOS W=0.1u L=32n

* Especificação da simulação a ser realizada
.dc vgate 0 0.9 0.1

* Fim do Arquivo
.end
```

Para acessar a pasta "`cee`" pasta no NGSpice, utilize os seguintes comandos:

<code>cd</code>	→ Apresenta o diretório de trabalho atual
<code>cd ..</code>	→ Retorna um nível na árvore de diretórios
<code>cd cee</code>	→ Entra no diretório " <code>cee</code> "

O primeiro arquivo a ser executado como exemplo pode ser o "`nmos_ids_vds.cir`". Para ler o mesmo no NGSpice deve-se executar os seguintes comandos:

source nmos_ids_vds.cir → Carrega o arquivo "nmos_ids_vds.cir" na memória do simulador
run → Executa o que estiver descrito no simulador
plot i(vsource) → Apresenta o gráfico da corrente na fonte "vsource"

As figuras abaixo ilustram os comando executados e o resultado gráfico obtido:

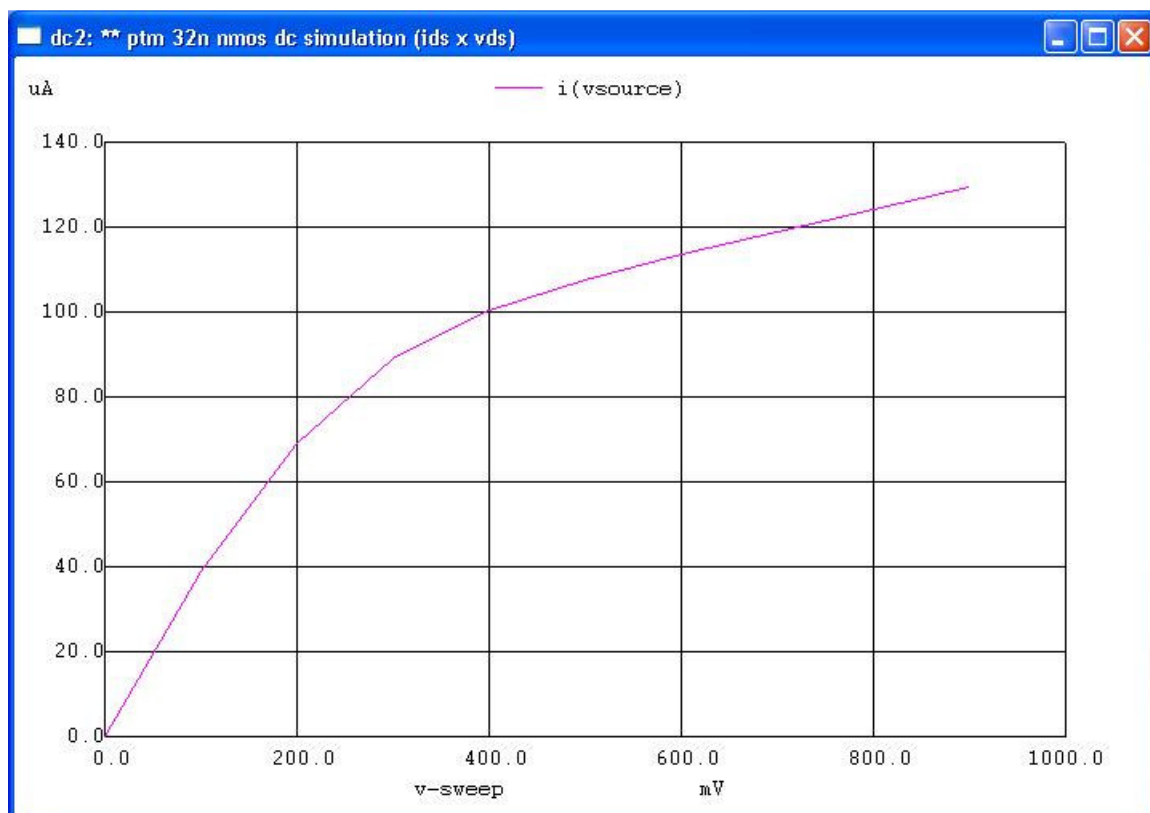
```
ngspice 22
Note: can't find init file.
*****
** ngspice-22 : Circuit level simulation program
** The U. C. Berkeley CAD Group
** Copyright 1985-1994, Regents of the University of California.
** Please get your ngspice manual from http://ngspice.sourceforge.net/docs.html
** Please file your bug-reports at http://ngspice.sourceforge.net/bugrep.html
** Creation Date: Sep 25 2010 23:46:15
*****
ngspice 1 -> cd ..
Current directory: C:\NGSpice
ngspice 2 -> cd cee
Current directory: C:\NGSpice\cee
ngspice 3 -> source nmos_ids_vds.cir

Circuit: ** ptm 32n nmos dc simulation (ids x vds)

ngspice 4 -> run
Doing analysis at TEMP = 27.000000 and TNOM = 27.000000

Warning: This model is BSIM4.2.1; you specified a wrong version number.
Warning: Acde = 0.263957 is too small.
Warning: (B1 + Weff) may be too small.

No. of Data Rows : 40
ngspice 5 -> plot i(vsource)
ngspice 6 ->
```



Guia para simulações

Ao simular os seguintes arquivos no simulador spice, deseja-se que o aluno consiga identificar:

nmos_ids_vds.cir → Simulação do transistor NMOS objetivando a curva $I_{ds} \times V_{ds}$
Regiões de operação do transistor (Cortado, Linear, Saturação), corrente máxima do transistor

nmos_ids_vgs.cir → Simulação do transistor NMOS objetivando a curva $I_{ds} \times V_{gs}$
Tensão de Threshold (limiar) do transistor e corrente máxima do transistor

pmos_ids_vds.cir → Simulação do transistor PMOS objetivando a curva $I_{ds} \times V_{ds}$
Regiões de operação do transistor (Cortado, Linear, Saturação), corrente máxima do transistor

pmos_ids_vgs.cir → Simulação do transistor PMOS objetivando a curva $I_{ds} \times V_{gs}$
Tensão de Threshold (limiar) do transistor e corrente máxima do transistor

Com o auxílio dos arquivos de simulação acima descritos, responder:

1. Qual transistor (PMOS ou NMOS) tem maior capacidade de condução?
2. Qual a relação entre as correntes máximas dos dois transistores para a tecnologia em questão?
3. Qual a influência da largura do canal (parâmetro “W”) na corrente I_{ds} ?
4. Qual a influência do comprimento do canal (parâmetro “L”) na corrente I_{ds} ?
5. Qual a tensão de threshold do transistor NMOS?
6. A corrente máxima no gráfico $I_{ds} \times V_{ds}$ deve ser igual a corrente máxima no gráfico $I_{ds} \times V_{gs}$? Porque?

Ao simular os seguintes arquivos no simulador spice, deseja-se que o aluno consiga identificar:

inv.cir → Simulação transiente de um inversor CMOS
Funcionalidade lógica do inversor. Atrasos de subida e descida.
Influência dos parâmetros “L”, “W” e da capacitância “Cload” no comportamento do inversor em termos do atraso

Com o auxílio dos arquivos de simulação acima descritos, responder:

1. Qual o comportamento do inversor se o parâmetro W dos transistores for aumentado?
2. Qual o comportamento do inversor se somente o parâmetro W do transistor PMOS for aumentado?
3. Qual o comportamento do inversor quando o valor da capacitância **Cload** é dobrado?
4. Qual os valores dos parâmetros W dos transistores NMOS e PMOS para que o atraso de descida e de subida sejam praticamente iguais quando **Cload = 100fF**?

Exercício:

A partir do arquivo “**nmos_ids_vds.cir**”, fixar “**W=1u**” e realizar simulações elétricas variando o parâmetro “**L**” com os seguintes valores: **32n**, **45n**, **65n**, **90n**, **130n**, **180n**, **250n**, **350n**. O que acontece com o comportamento da curva $I_{ds} \times V_{ds}$ e com os valores máximos de corrente?