

LABORATÓRIO 1 - SIMULAÇÃO SPICE DO TRANSISTOR

Revisão: 02/agosto/2016

Exemplo de ajuda para descrição SPICE

<http://www.seas.upenn.edu/~jan/spice/spice.overview.html>

Login no sistema operacional LINUX

Todas as atividades de laboratório são executadas na máquina *kriti* – solicitar login no início da aula.

Configuração das variáveis de ambiente. Digitar:

```
source /soft64/source_gaph; module load ic mmsim
```

Estes dois comandos definem as variáveis de ambiente, carregam o programa *module*, *viva* (aplicação para visualizar formas de onda) e *spectre* (simulador elétrico).

Baixar os arquivos abaixo:

- ids.sp
- ids_p.sp
- vds.sp
- tsmc035.mod

Comando para baixar os arquivos:

```
wget http://www.inf.pucrs.br/moraes/microel/lab1/lab1.zip; unzip lab1; cd lab1
```

Os arquivos com sufixo .sp contêm a descrição *spice* do circuito que será estudado no laboratório, enquanto que o arquivo *tsmc035.mod* define a tecnologia que iremos empregar (0,35 μm). O arquivo de tecnologia **deve estar no mesmo diretório** do arquivo contendo a descrição *spice*.

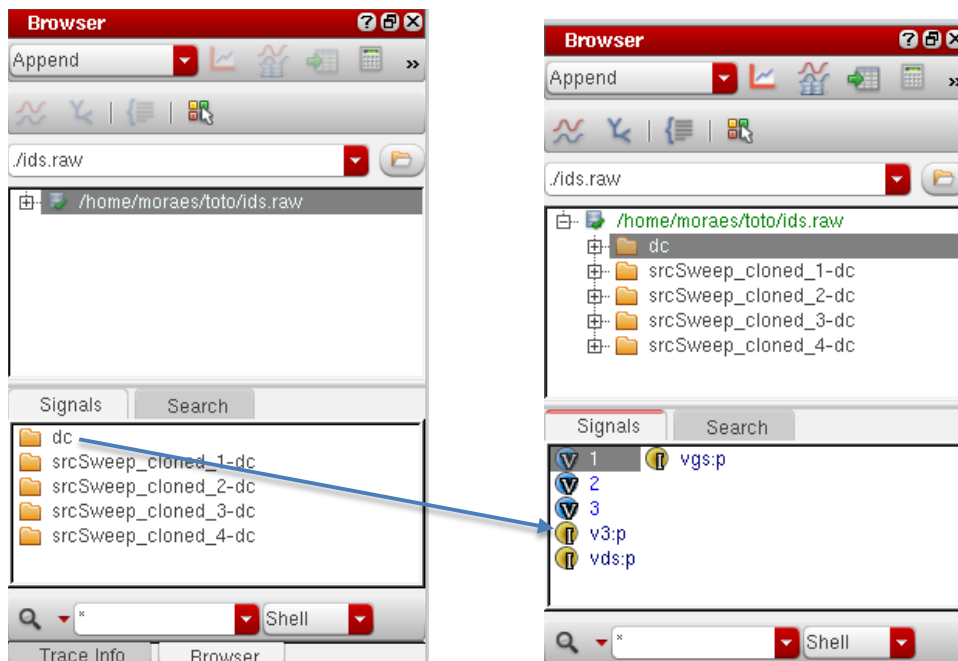
1) SIMULAÇÃO PARA VISUALIZAR IDS EM FUNÇÃO DE VGS

- Simular o arquivo *ids.sp*.
- Para simular: executar no terminal o comando *spectre ids.sp*. Após a simulação concluir, são impressas as seguintes mensagens:

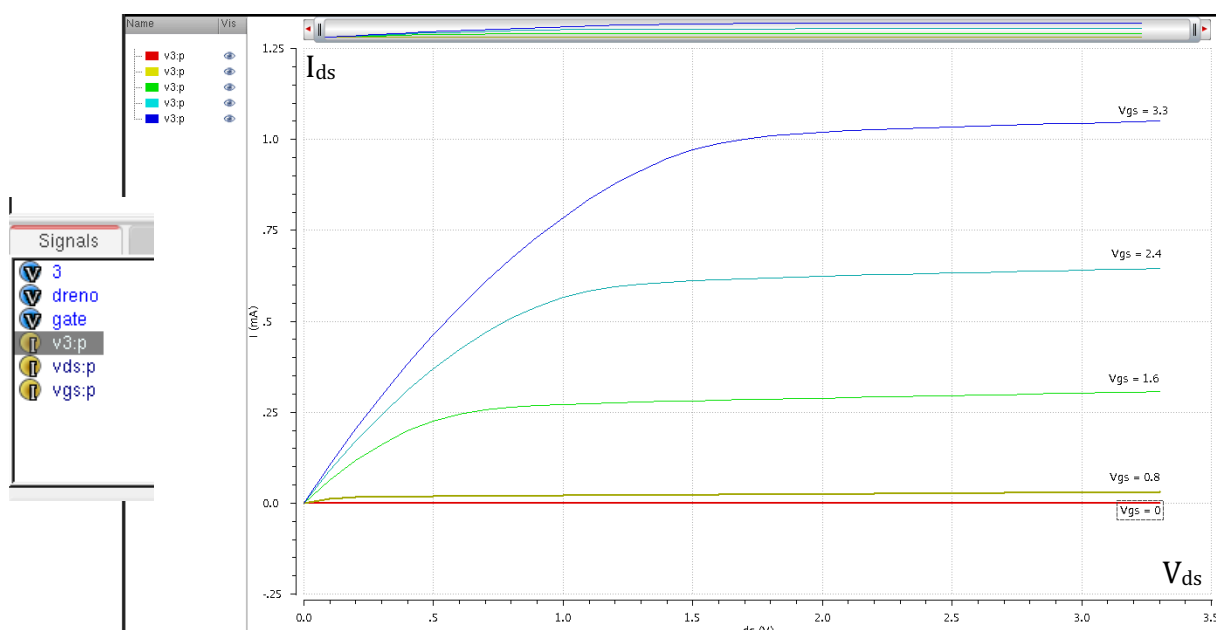
```
Aggregate audit (2:52:30 PM, Fri Mar 5, 2010):  
Time used: CPU = 265 ms, elapsed = 265 ms, util. = 100%.  
...  
spectre completes with 0 errors, 2 warnings, and 0 notices.
```

→ abrir a interface gráfica: *viva &*. Notar que há 5 resultados relativos à simulação *ids*, porque alteramos a tensão V_{GS} 5 vezes.

- ❑ **File → Open Results → ids.raw** - duplo clique em *ids.raw* para abrir os 5 resultados. Depois duplo clique em “dc” para abrir os resultados da primeira simulação.



Duplo clique **em cada $i(v3)$** . O resultado obtido é o apresentado abaixo. (usei *graph* → *properties* pra trocar a cor de fundo. **Inserir labels** com *graph* → *add label*).



Observar que no eixo x temos V_{DS} variando de 0 a 3.3 volts, e no eixo y a corrente I_{DS} . Notar que cada simulação é dada por uma cor. No arquivo spice:

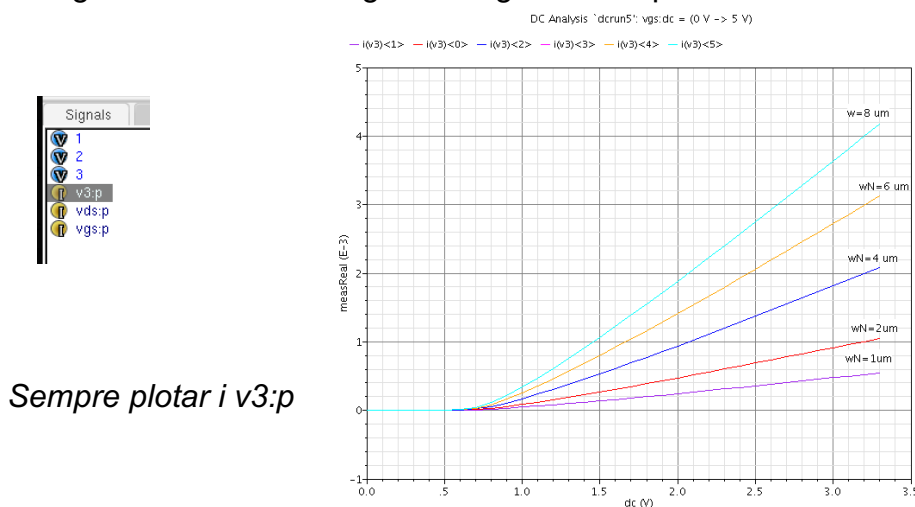
```
vG gate 0 dc 0
.alter
vG gate 0 dc 0.8
.alter
vG gate 0 dc 1.6
.alter
vG gate 0 dc 2.4
.alter
vG gate 0 dc 3.3
.END
```

PEDE-SE:

1. Qual o objetivo desta simulação?
2. Desenhe o circuito elétrico equivalente do circuito 'ids.sp', com os *labels* dos nodos (**consultar** as lâminas da aula).
3. No relatório plotar a curva de simulação (figura acima) e identificar as regiões de transistor cortado, linear e saturado nas curvas.
4. Altere de tensão de threshold do transistor N para 1.5 V (alterar no arquivo tsmc035.mod o parâmetro VTH0 do transistor N), **simule novamente**, e explique o novo comportamento das curvas. No relatório plotar esta curva, identificando as regiões de operação. Compare com a simulação original, explicando as principais diferenças observadas
5. **Simular** o arquivo **ids_p.sp** (transistor P sendo avaliado). Apresentar as formas de onda, com os labels de vG, e explicar o comportamento do circuito.

2) SIMULAÇÃO PARA VISUALIZAR IDS EM FUNÇÃO DO DIMENSIONAMENTO DO TRANSISTOR

- **Simular o arquivo vds.sp.** Esta simulação aplica uma tensão no *gate* (VGS, eixo x), que varia de 0 a 3.3 volts, para 5 condições de W (largura de canal). A variação da largura do transistor N gera o seguinte comportamento:



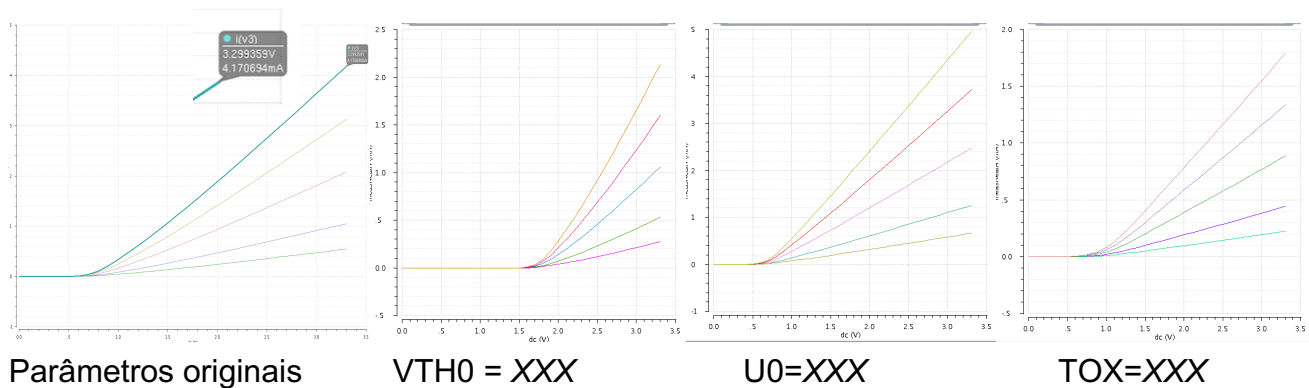
Sempre plotar $i\ v3:p$

- Observar na simulação o momento em que o transistor começa a conduzir, e o efeito do tamanho do transistor na corrente. Observar que o W não influi na tensão de threshold na corrente I_{ds} , pois este é um parâmetro da tecnologia.

PEDE-SE:

6. Variar (**individualmente**) os seguintes parâmetros do arquivo de tecnologia, para o transistor N:
 - tensão de threshold - VTH0
 - mobilidade - U0
 - espessura do óxido – TOX

- a) Apresentar quatro simulações, lado a lado, cada uma variando um dado parâmetro (XXX é o novo valor do parâmetro)



- b) Relacionar esta variação com a corrente I_{ds} (observar no destaque que posicionei o mouse sobre o ponto de máxima corrente na simulação – 4.17 mA). Não diga apenas aumenta ou diminuiu a corrente, **mas o por quê. Apresentar a equação de corrente para I_{ds} e verificar se está de acordo.** Consultar o livro texto.

7. Comente no arquivo vds.sp o transistor N (acrescentando um “*” no início da linha) e acrescente um transistor P como abaixo:

```
*M1 1 2 0 0 nmos I=0.35e-6 W=wtr AD=4.0P AS=4.0P PD=6.0U PS=6.0U
```

```
M2 1 2 0 vds pmos I=0.35e-6 W=wtr AD=4.0P AS=4.0P PD=6.0U PS=6.0U
```

Plote a curva para o transistor P, e explique o comportamento observado.

8. Qual a relação de mobilidade entre o transistor N e o transistor P? Esta relação é dada pela relação U_0 dos transistores. O que indica esta relação de mobilidade?

FIM DO LABORATÓRIO 1