

Introdução à Análise de Circuitos Elétricos Utilizando “SPICE”

Disciplinas: SEL0301– Circuitos Elétricos I e SEL0602 – Circuitos Elétricos

Docente: Prof. Dr. Mário Oleskovicz

PAE: André Luís da Silva Pessoa

Universidade de São Paulo

Escola de Engenharia de São Carlos

Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação

31 de março de 2017



Tópicos



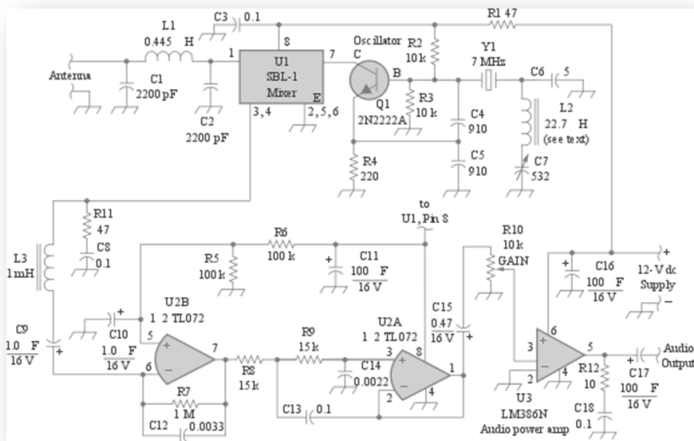
- 1) Importância das simulações computacionais
- 2) Visão geral sobre o PSPICE
- 3) Etapas da simulação
- 4) Exemplos
- 5) Formato do relatório
- 6) Material de apoio




Importância das simulações computacionais



Nem sempre os circuitos são triviais!



Importância das simulações computacionais

 Possibilita uma economia de Tempo e de Dinheiro.



Visão geral sobre o PSPICE



SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis)



Possibilita prever o comportamento de um circuito elétrico.



PSPICE é um programa SPICE criado pela empresa ORCAD.



Descrição do circuito: Arquivo texto conhecido como netlist; lista dos elementos existentes e seus nós elétricos; e regras simples de sintaxe;



Numeração de todos os nós do circuito: Obrigatório a presença de um nó de referência (nó zero); Usualmente atribui-se o nó do circuito e tensões calculadas referidas ao nó zero.



Visão geral sobre o PSPICE



Ambiente de desenvolvimento:

PSPICE: Personal SPICE

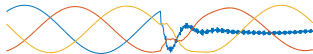
PSPICE 9.1 Student Version



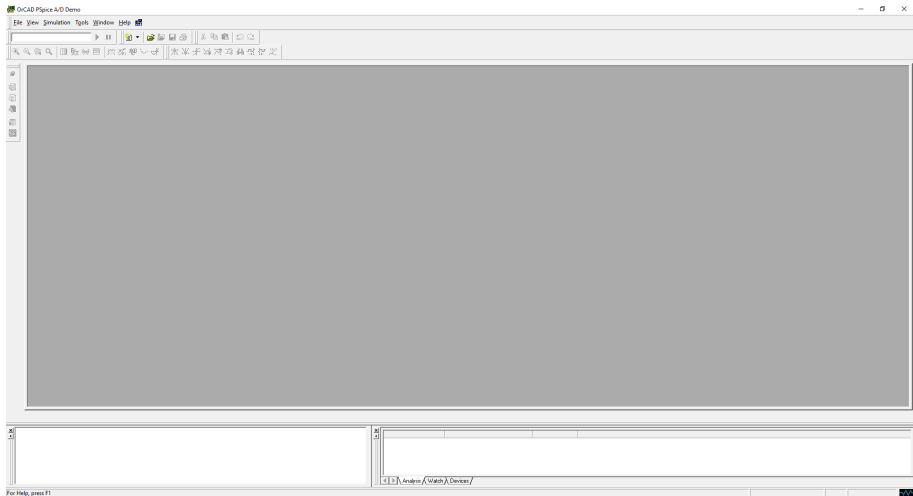
PSpice AD Student



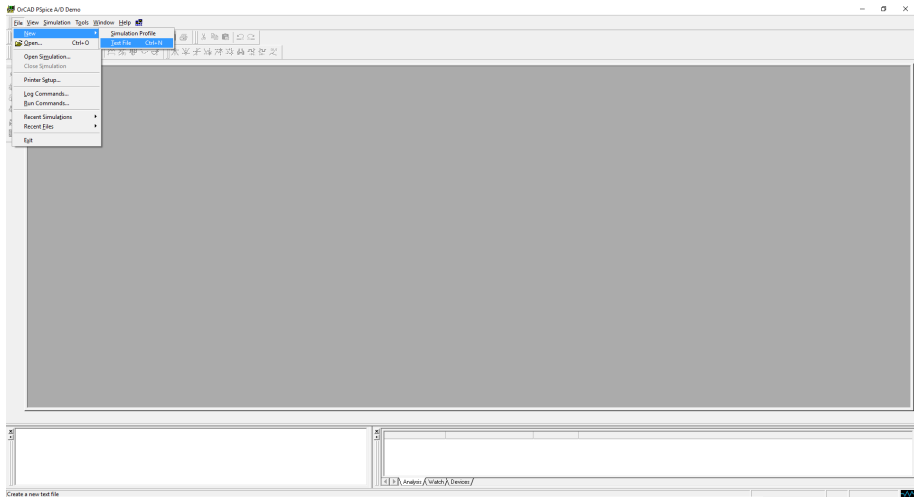
Disponível no moodle



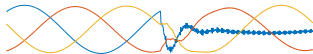
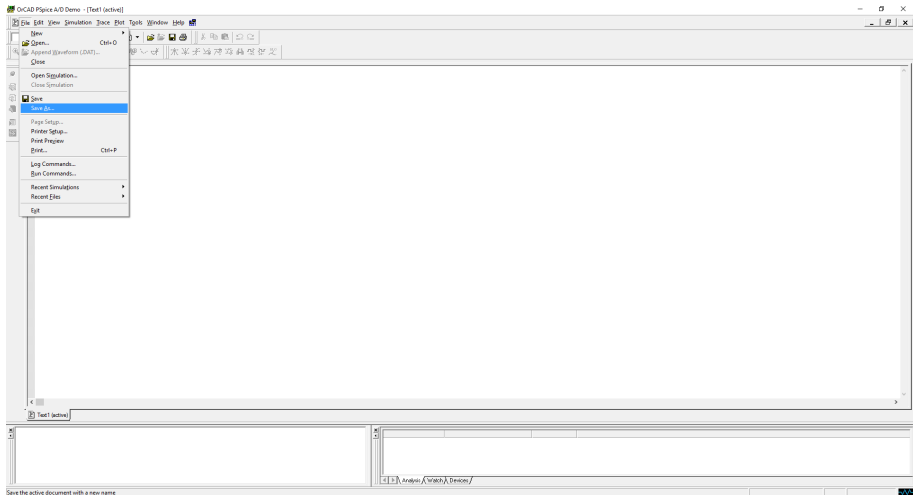
Visão geral sobre o PSPICE



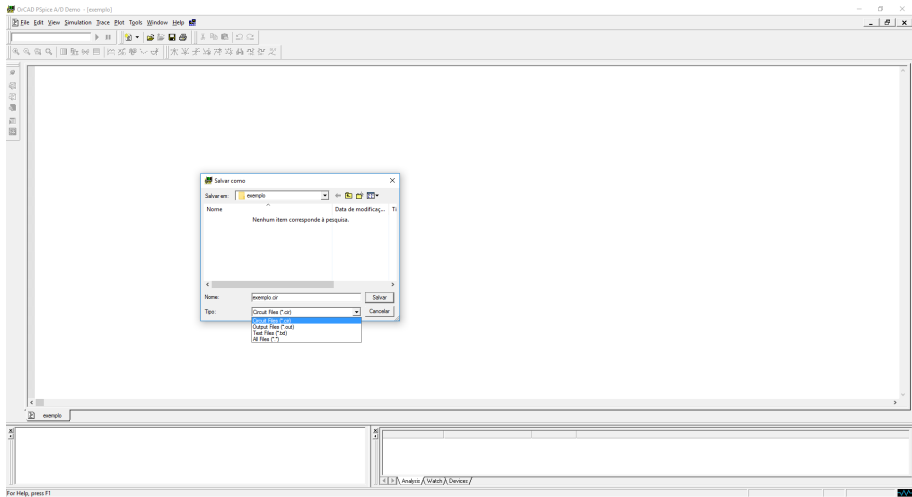
Visão geral sobre o PSPICE



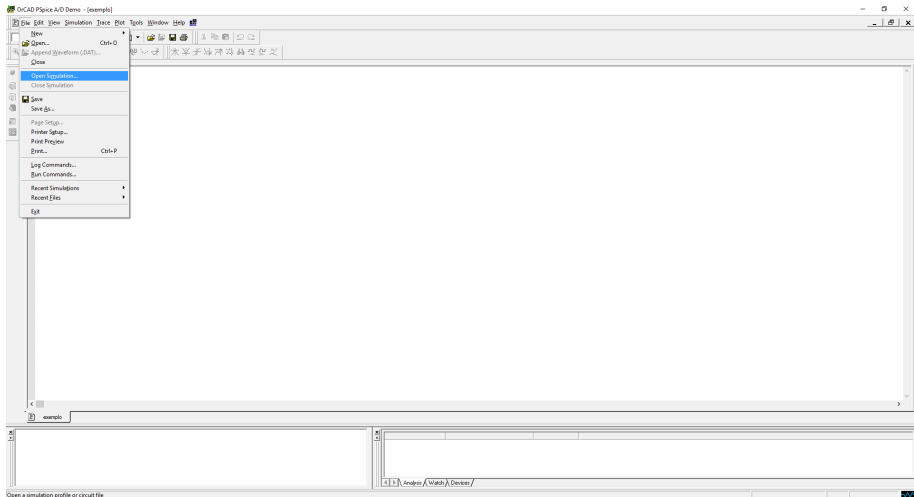
Visão geral sobre o PSPICE



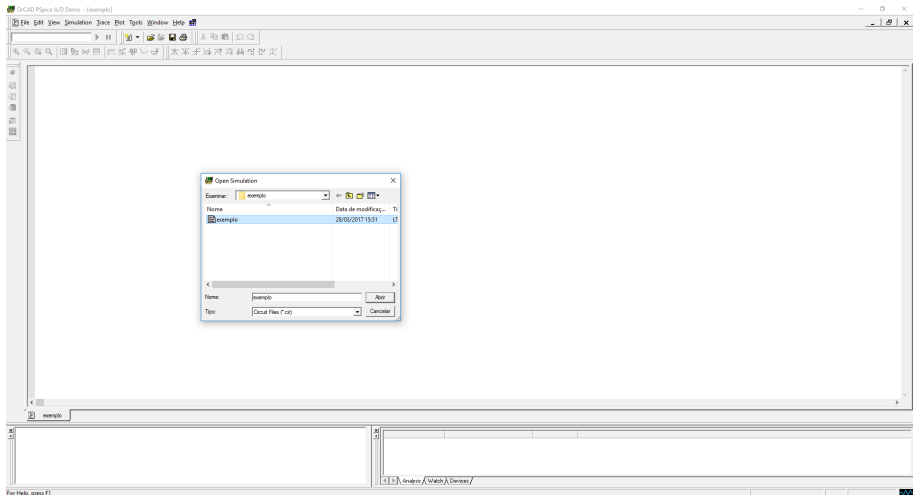
Visão geral sobre o PSPICE



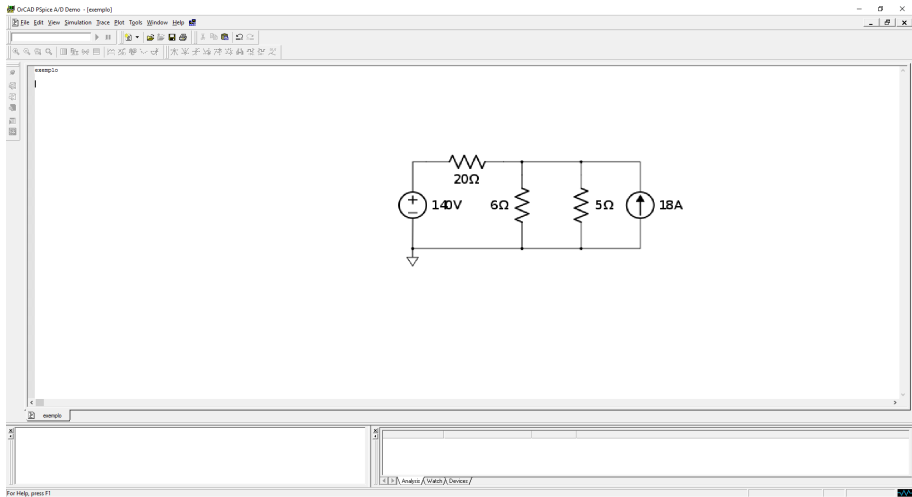
Visão geral sobre o PSPICE



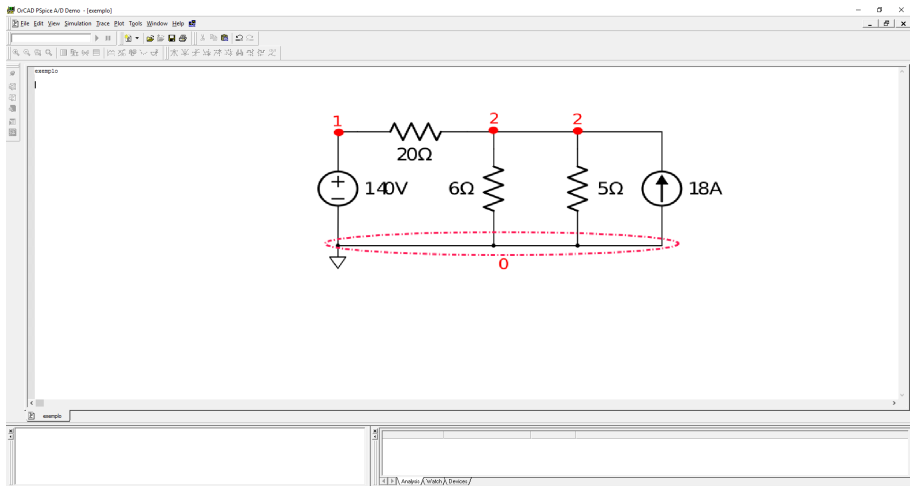
Visão geral sobre o PSPICE



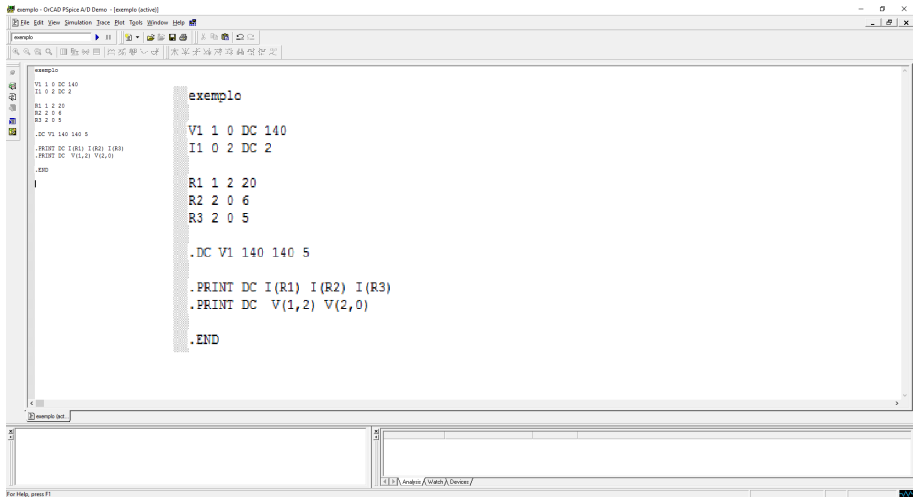
Visão geral sobre o PSPICE



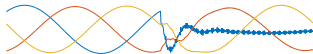
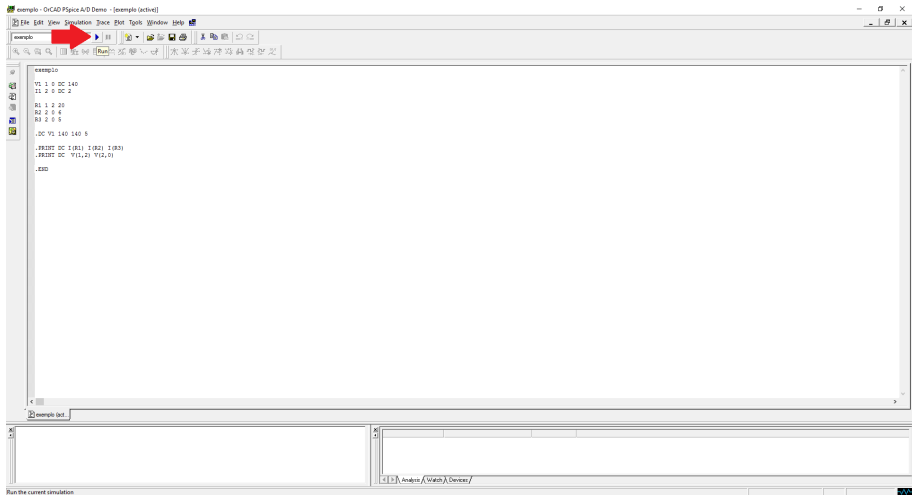
Visão geral sobre o PSPICE



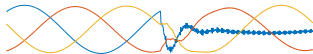
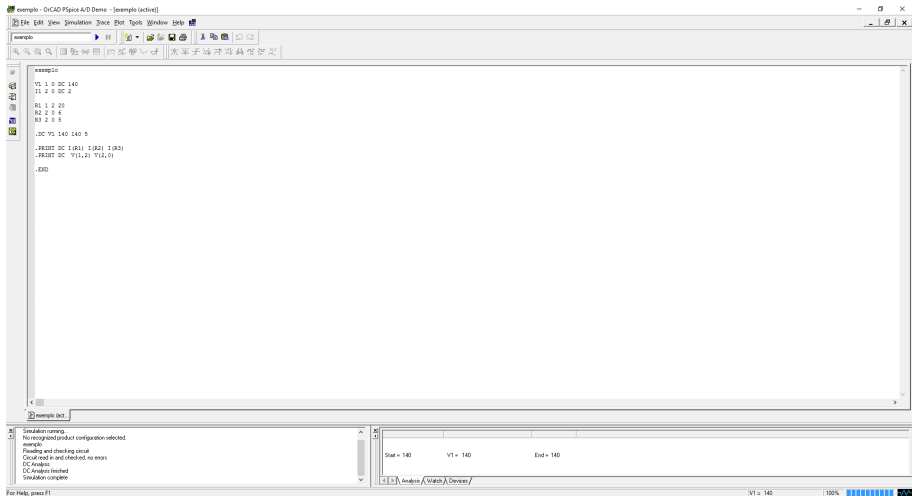
Visão geral sobre o PSPICE



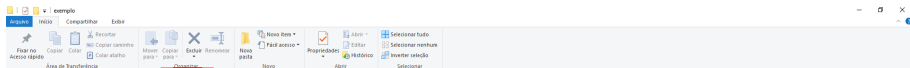
Visão geral sobre o PSPICE





Visão geral sobre o PSPICE



Visão geral sobre o PSPICE



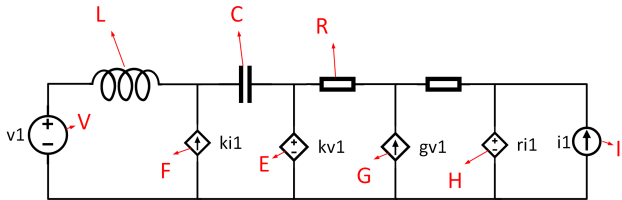
| Nome | Data de modificaç... | Tipo | Tamanho |
|---|----------------------|-----------------|---------|
|  exemplo | 28/03/2017 16:25 | LTspice Netlist | 1 KB |
|  exemplo.out | 28/03/2017 16:28 | Arquivo OUT | 2 KB |



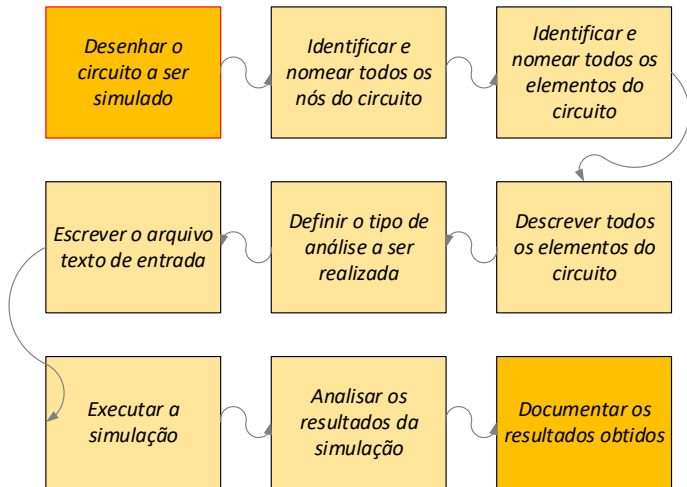
Visão geral sobre o PSPICE



Sintaxe para alguns elementos básicos

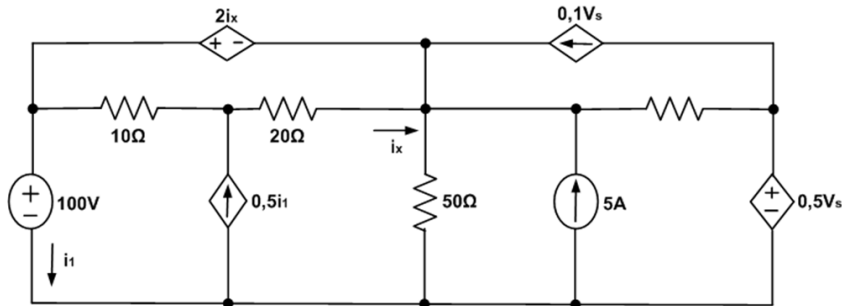


Etapas da simulação



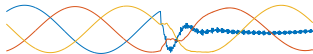
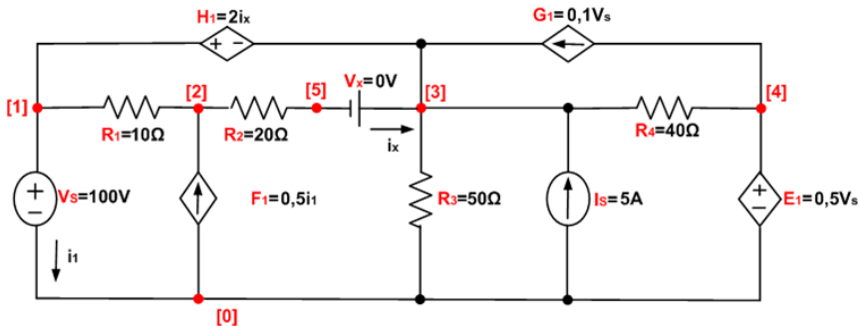


Exemplo 01: Para o circuito abaixo, determine todas as tensões nos nós, as correntes em cada ramo e o equivalente de Thévenin, visto a partir do resistor de $20\ \Omega$.



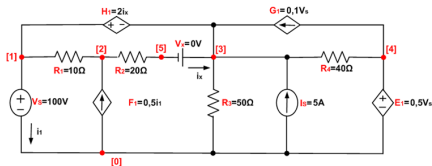


Resolução exemplo 01: *Desenhar o circuito a ser simulado \Rightarrow Identificar e nomear todos os nós do circuito \Rightarrow Identificar e nomear todos os elementos do circuito*





Resolução exemplo 01: Descrever todos os elementos do circuito



Descrever fontes independentes:

*Descrição das fontes de tensão e de corrente independentes

Vs 1 0 DC 100

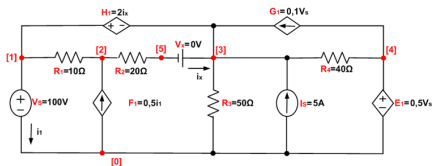
Vx 5 3 DC 0

Is 0 3 DC 5





Resolução exemplo 01: *Descrever todos os elementos do circuito*



Descrever fontes dependentes:

*Descrição das fontes de tensão e de corrente dependentes

E1 4 0 1 0 0.5

H1 1 3 Vx 2

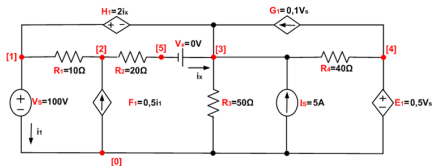
F1 0 2 Vs 0.5

G1 4 3 1 0 0.1





Resolução exemplo 01: Descrever todos os elementos do circuito



Descrever elementos passivos:

***Descrição dos elementos passivos**

R1 1 2 10

R2 2 5 20

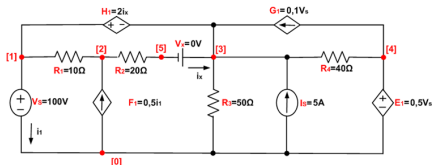
R3 3 0 50

R4 3 4 40





Resolução exemplo 01: *Definir o tipo de análise a ser realizada* \Rightarrow
Escrever o arquivo texto de entrada



*Tipos de análise

```
.DC Vs 100 100 5
```

```
.TF V(2,5) Vs
```

*Impressão dos dados

```
.PRINT DC I(R1) I(R2) I(R3) I(R4)
```

```
.PRINT DC V(1) V(2) V(3) V(4) V(5) V(2,5)
```

*FIM DO ARQUIVO

```
.END
```



Exemplos



Resolução exemplo 01:

```
exemplo1

*Descrição das fontes de tensão e de corrente independentes
Vs 1 0 DC 100
Vx 5 3 DC 0
Is 0 3 DC 5

*Descrição das fontes de tensão e de corrente dependentes
E1 4 0 1 0 0.5

H1 1 3 Vx 2

F1 0 2 Vs 0.5

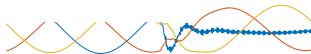
G1 4 3 1 0 0.1

*Descrição dos elementos passivos
R1 1 2 10
R2 2 5 20
R3 3 0 50
R4 3 4 40

*Tipos de análise
.DC Vs 100 100 5
.TF V(2,5) Vs

*Impressão dos dados
.PRINT DC I(R1) I(R2) I(R3) I(R4)
.PRINT DC V(1) V(2) V(3) V(4) V(5) V(2,5)

*FIM DO ARQUIVO
.END
```



Exemplos



Resolução exemplo 01:

```

**** 02/16/17 20:29:39 ***** Evaluation PSpice (Nov 1999) *****

exemplo1

****      DC TRANSFER CURVES              TEMPERATURE =  27.000 DEG C

*****

Vs      I(R1)      I(R2)      I(R3)      I(R4)
1.000E+02  -7.804E+00  4.336E+00  1.827E+00  1.033E+00

□
**** 02/16/17 20:29:39 ***** Evaluation PSpice (Nov 1999) *****

exemplo1

****      DC TRANSFER CURVES              TEMPERATURE =  27.000 DEG C

*****

Vs      V(1)      V(2)      V(3)      V(4)      V(5)
1.000E+02  1.000E+02  1.780E+02  9.133E+01  5.000E+01  9.133E+01

□
**** 02/16/17 20:29:39 ***** Evaluation PSpice (Nov 1999) *****

exemplo1

****      DC TRANSFER CURVES              TEMPERATURE =  27.000 DEG C

*****

```



Exemplos



Resolução exemplo 01:

```

Vs          V(2,5)
1.000E+02   8.672E+01

□
**** 02/16/17 20:29:39 ***** Evaluation PSpice (Nov 1999) *****
exemplo1

****      SMALL SIGNAL BIAS SOLUTION          TEMPERATURE = 27.000 DEG C
*****

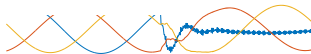
NODE   VOLTAGE   NODE   VOLTAGE   NODE   VOLTAGE   NODE   VOLTAGE
(  1) 100.0000  (  2) 178.0400  (  3)  91.3280  (  4)  50.0000
(  5)  91.3280

VOLTAGE SOURCE CURRENTS
NAME      CURRENT
Vs         2.428E+01
Vx         4.336E+00

TOTAL POWER DISSIPATION -2.43E+03  WAITS

****      SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS

```





Resolução exemplo 01:

**** SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS

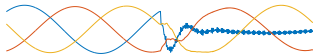
$V(2,5)/V_s = 4.982E-01$

INPUT RESISTANCE AT $V_s = -7.169E+00$

OUTPUT RESISTANCE AT $V(2,5) = 5.240E+00$

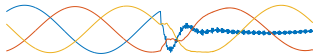
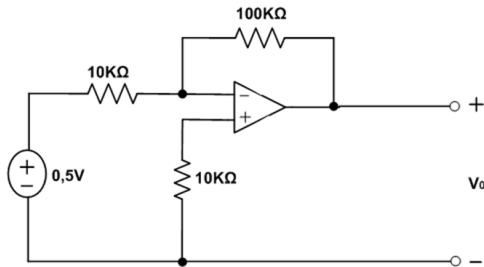
JOB CONCLUDED

TOTAL JOB TIME 0.00



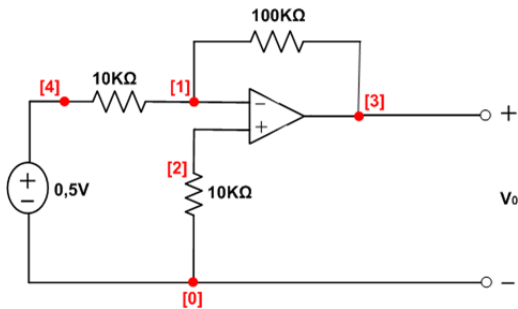


Exemplo 02: Determine a corrente na fonte de 0.5V e a resistência de saída do AmpOp. vista do terminal de saída. Considere a resistência de entrada do AmpOp. $R_{in} = 10^{10}\Omega$ e o ganho $\mu = 10^6$.



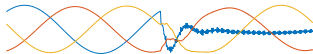
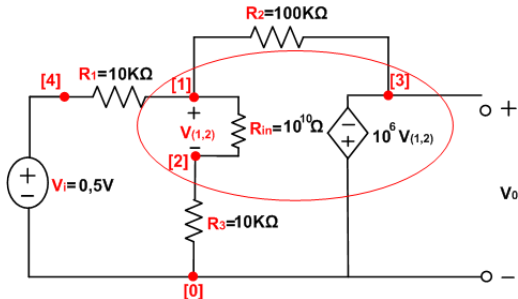


Resolução exemplo 02: *Desenhar o circuito a ser simulado \Rightarrow Identificar e nomear todos os nós do circuito \Rightarrow Identificar e nomear todos os elementos do circuito*





Resolução exemplo 02: *Desenhar o circuito a ser simulado \Rightarrow Identificar e nomear todos os nós do circuito \Rightarrow Identificar e nomear todos os elementos do circuito*





Resolução exemplo 02: *Descrever todos os elementos do circuito*



Definir o subcircuito para o Amp. Op.

```
exemplo02

*Chamada do sub-circuito do amplificador operacional

.SUBCKT OPAMP 1 2 3

*1 - terminal inversor de entrada (-)
*2 - terminal não inversor de entrada (+)
*3 - terminal de saída

Rin 1 2 1E+10
EVO 0 3 1 2 1E+6

.ENDS

*Descrição das fontes de tensão e corrente

*Fontes de tensão independentes

Vi 4 0 DC 0.5
```





Resolução exemplo 02: *Descrever todos os elementos do circuito*

*Descrição dos elementos passivos

*resistores

R1 4 1 10k

R2 1 3 100k

R3 2 0 10k

*Amplificador operacional

XAMP1 1 2 3 OPAMP





Resolução exemplo 02: *Definir o tipo de análise a ser realizada* \Rightarrow
Escrever o arquivo texto de entrada

```
*Tipos de analises
.DC Vi 0.5 0.5 1

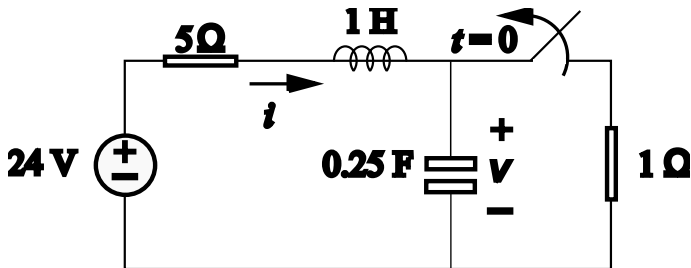
*Impressão das informações de saída
.PRINT DC V(1) V(2) V(3,0) I(R1)

*Fim do arquivo
.END
```





Exemplo 03: Para o circuito abaixo, calcule $i(t)$ para $t > 0$. Considere $i(0) = 4A$ e $V(0) = 4V$.



Exemplos



Resolução exemplo 03:

```
exemplo03
```

```
v1 1 0 dc 24
```

```
c1 3 0 0.25
```

```
L1 2 3 1
```

```
r1 1 2 5
```

```
.IC I(L1)=4
```

```
.IC V(3,0)=4
```

```
.tran .05 1 uic
```

```
.plot tran I(r1)
```

```
.end
```

Definindo condições
iniciais

"0.05" é passo da simulação
e "1" é o tempo final de simulação

Visualizar regime transitório



Exemplos



Resolução exemplo 03:

```

U
**** 03/29/17 18:20:08 ***** Evaluation PSpice (Nov 1999) *****

RC time delay circuit

****      TRANSIENT ANALYSIS              TEMPERATURE = 27.000 DEG C

*****|

TIME          I(z1)
(*)-----
1.0000E+00    4.000E+00
2.0000E+00    3.981E+00
3.0000E+00    3.932E+00
4.0000E+00    3.859E+00
5.0000E+00    3.767E+00
6.0000E+00    3.663E+00
7.0000E+00    3.550E+00
8.0000E+00    3.430E+00
9.0000E+00    3.306E+00
1.0000E+00    3.180E+00
2.0000E+00    3.055E+00
3.0000E+00    2.929E+00
4.0000E+00    2.806E+00
5.0000E+00    2.685E+00
6.0000E+00    2.567E+00
7.0000E+00    2.453E+00
8.0000E+00    2.342E+00
9.0000E+00    2.235E+00
1.0000E+00    2.132E+00
2.0000E+00    2.038E+00
3.0000E+00    1.938E+00

JOB CONCLUDED

TOTAL JOB TIME      .02
  
```



Formato do relatório



O relatório deve contemplar os itens a, b e c abaixo:

- Resolução Teórica: desenho do circuito sob análise e análise do circuito.
- Resolução pelo SPICE: Desenho do circuito com a respectiva identificação dos nós utilizados no SPICE; *Netlist* SPICE comentada; arquivos de entrada original sem modificações (*.cir); e arquivos de saída original sem modificações (*.out).
- Análise dos resultados: Confrontar e analisar os resultados fornecidos pelo SPICE com os resultados obtidos pela resolução teórica.



Material de apoio



C. K. Alexander and M. N. Sadiku.
Fundamentos de circuitos eléctricos (5a).
McGraw Hill Mexico, 2013.



D. E. Johnson, J. L. Hilburn, and J. R. Johnson.
Fundamentos de análise de circuitos eléctricos.
Livros Tecnicos e Cientificos, 1994.



T. Quarles, A. Newton, D. Pederson, and A. Sangiovanni-Vincentelli.
Spice3 version 3f3 user's manual, 1994.



M. B. Steer.
Spice: User's guide and reference.
Manual, Edition, 1, 2007.



P. W. Tuinenga.
SPICE: a guide to circuit simulation and analysis using PSpice.
Prentice Hall PTR, 1995.



Introdução à Análise de Circuitos Elétricos Utilizando “SPICE”

Contato:
alsp@usp.br

Atendimento:
sexta-feira 16:00-18:00 (LSEE)

Datas importantes:

- Entrega Exercício 01: 19/04 (SEL0301) e 26/04 (SEL0602)
- Entrega Exercício 02: 17/05 (SEL0301) e 16/05 (SEL0602)
- Entrega Exercício 03: 21/06 (SEL0301) e 20/06 (SEL0602)

