

# Introdução à Análise de Circuitos Elétricos Utilizando “SPICE”

**Palestrante:** Iago de Moura Faria

**Orientador:** Prof. Assoc. Mário Oleskovicz

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

**E-mail:** [iagomfaria@usp.br](mailto:iagomfaria@usp.br)

# Estrutura

- ❑ Objetivo;
- ❑ Importância das Simulações Computacionais;
- ❑ O programa PSPICE;
- ❑ Ambiente de Desenvolvimento;
- ❑ Principais Comandos;
- ❑ Exemplos; e
- ❑ Material de Apoio.

# Objetivos



Adquirir conhecimento mínimo necessário para simular circuitos elétricos no SPICE



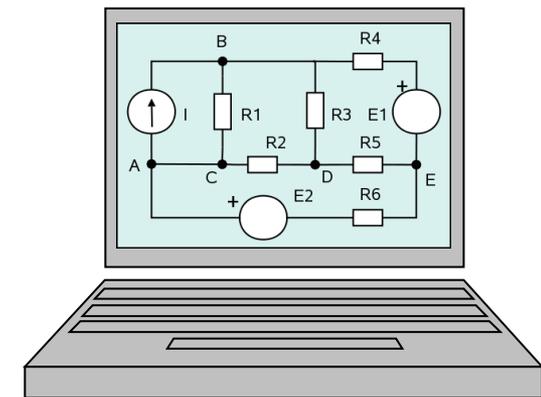
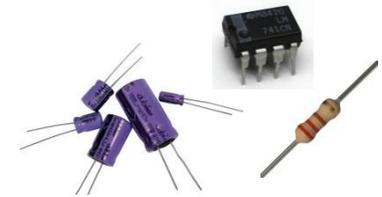
Familiarização com a ferramenta computacional para ampliação da capacidade de análise de circuitos



Obter uma visão geral de como utilizar a sintaxe do SPICE a partir de exemplos

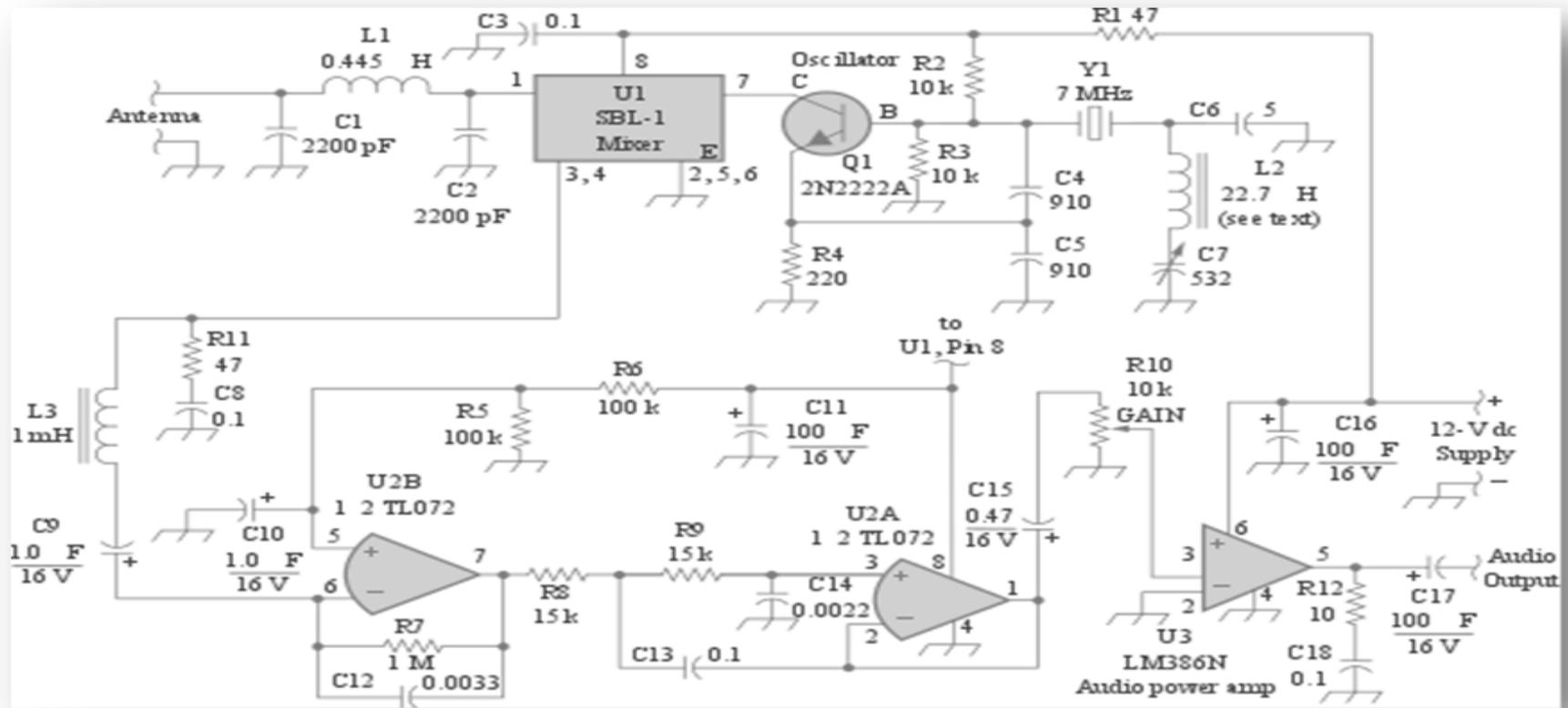
# Importância das Simulações Computacionais

- ✓ Economia de recursos para a implementação de montagens experimentais;
- ✓ Testar de várias configurações disponíveis para otimizar o desempenho do circuito para uma aplicação;
- ✓ Experimentos
  - ✓ Trocar valores dos componentes;
  - ✓ Alterar configurações e topologias do circuito;
  - ✓ Monitorar as grandezas elétricas nos testes.



# Importância das Simulações Computacionais

✓ Nem sempre os circuitos são triviais!





# Importância das Simulações Computacionais

- ✓ Possibilita uma economia de TEMPO e DINHEIRO!



# O Programa SPICE

- **SPICE**  
Simulation Program with Integrated  
Circuit Emphasis

- ✓ Prof. Donald O. Pederson;
  - SPICE 1 (1972)
  - SPICE 2 (1975)
  - SPICE 3 (1989)
- ✓ Ferramenta estável;
- ✓ Farta documentação e exemplos;
- ✓ Adotado como padrão na indústria.

Berkeley  
UNIVERSITY OF CALIFORNIA



# O Programa SPICE

## ✓ Descrição do Circuito

- Arquivo texto conhecido como *netlist*;
- Lista dos elementos existentes e de seus nós elétricos correspondentes;
- Criado a partir de 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 terra do circuito;
- Tensões calculadas referenciadas ao nó zero.

# Tipos de Análises

## Fontes DC

- Análise DC (*varredura em C.C.*)
- Ponto de operação ( *$V$  dos nós e  $I$  das fontes*)
- Função de transferência

## Fontes com Frequência Variável

- Análise AC (*resposta em frequência*)

## Fontes Variantes no Tempo

- Análise de Fourier (*componentes de Fourier*)
- Análise de transitórios (*resposta no tempo*)

# Ambiente de Desenvolvimento

- ✓ PSPICE: Personal SPICE
- ✓ PSPICE 9.1 Student Version



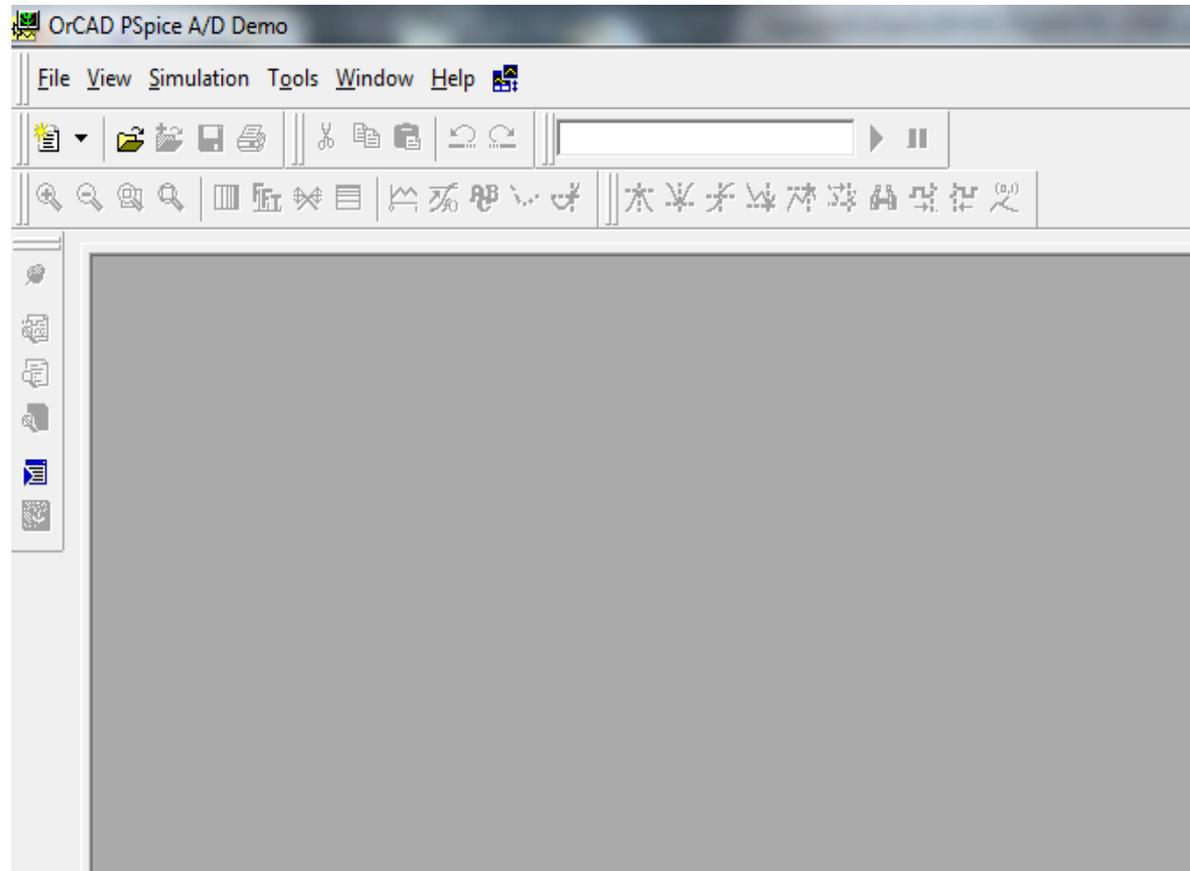
PSpice AD Student

- ✓ Disponível no MOODLE.

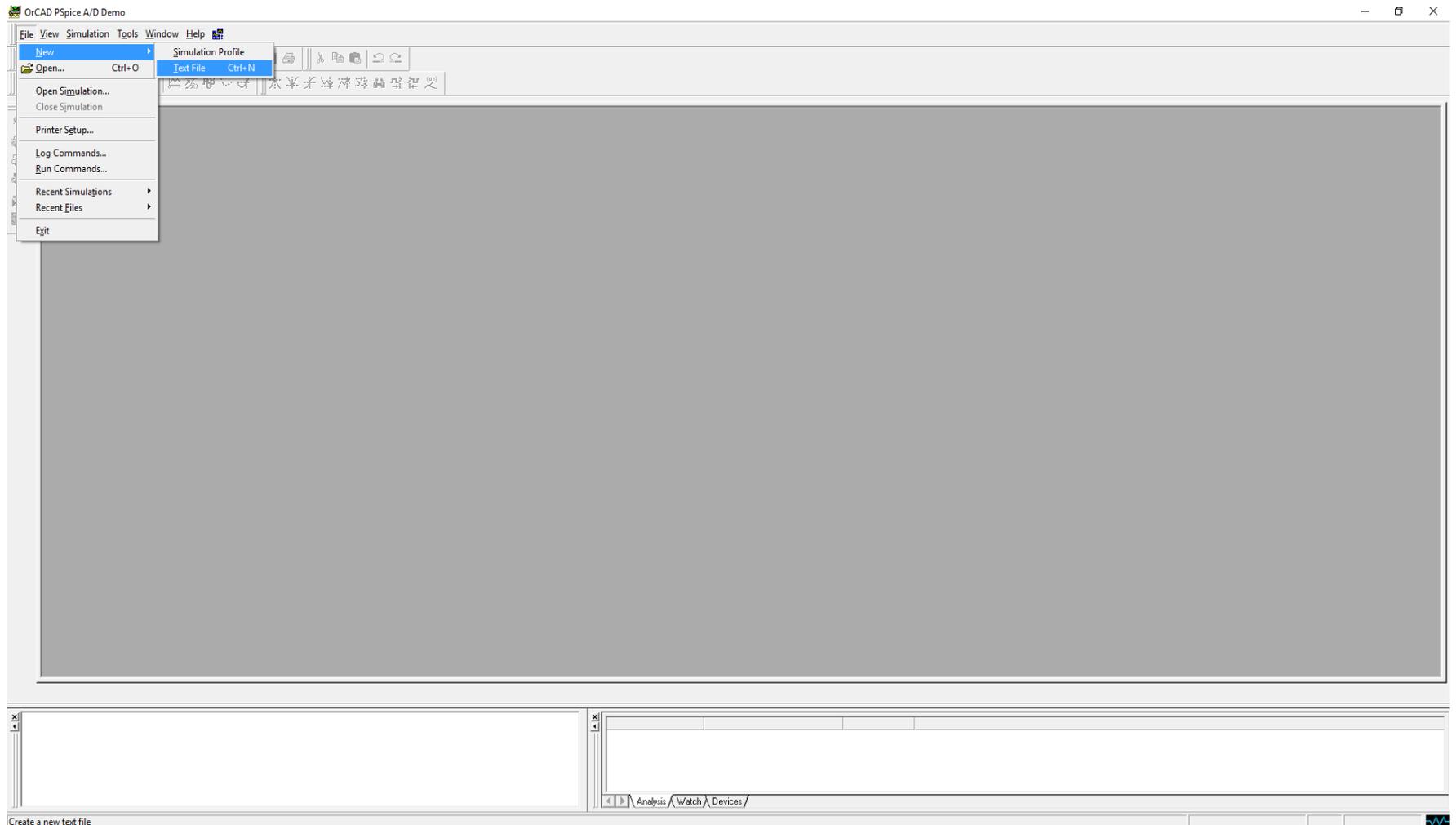
# Ambiente de Desenvolvimento



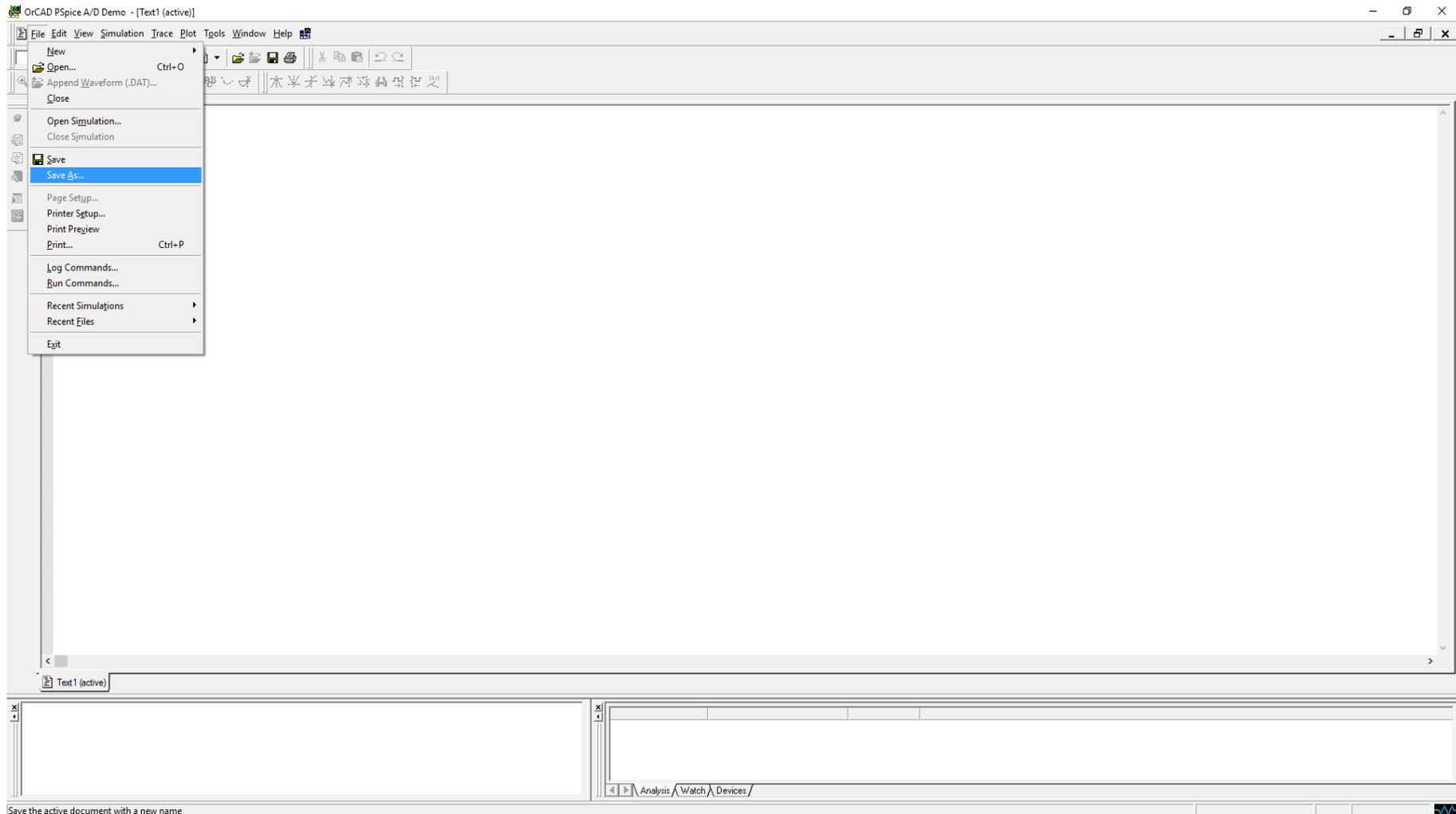
PSpice AD Student



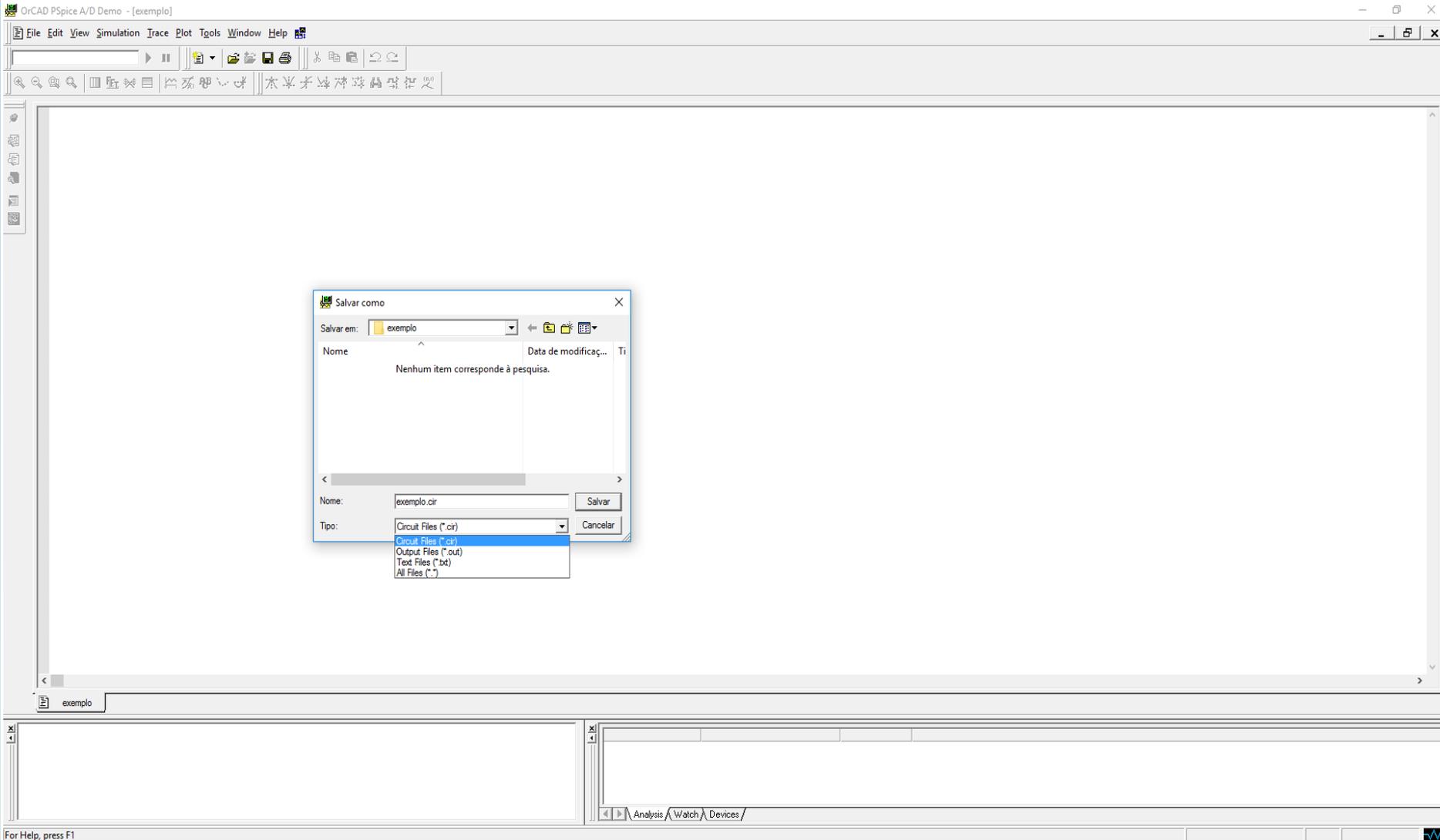
# Ambiente de Desenvolvimento



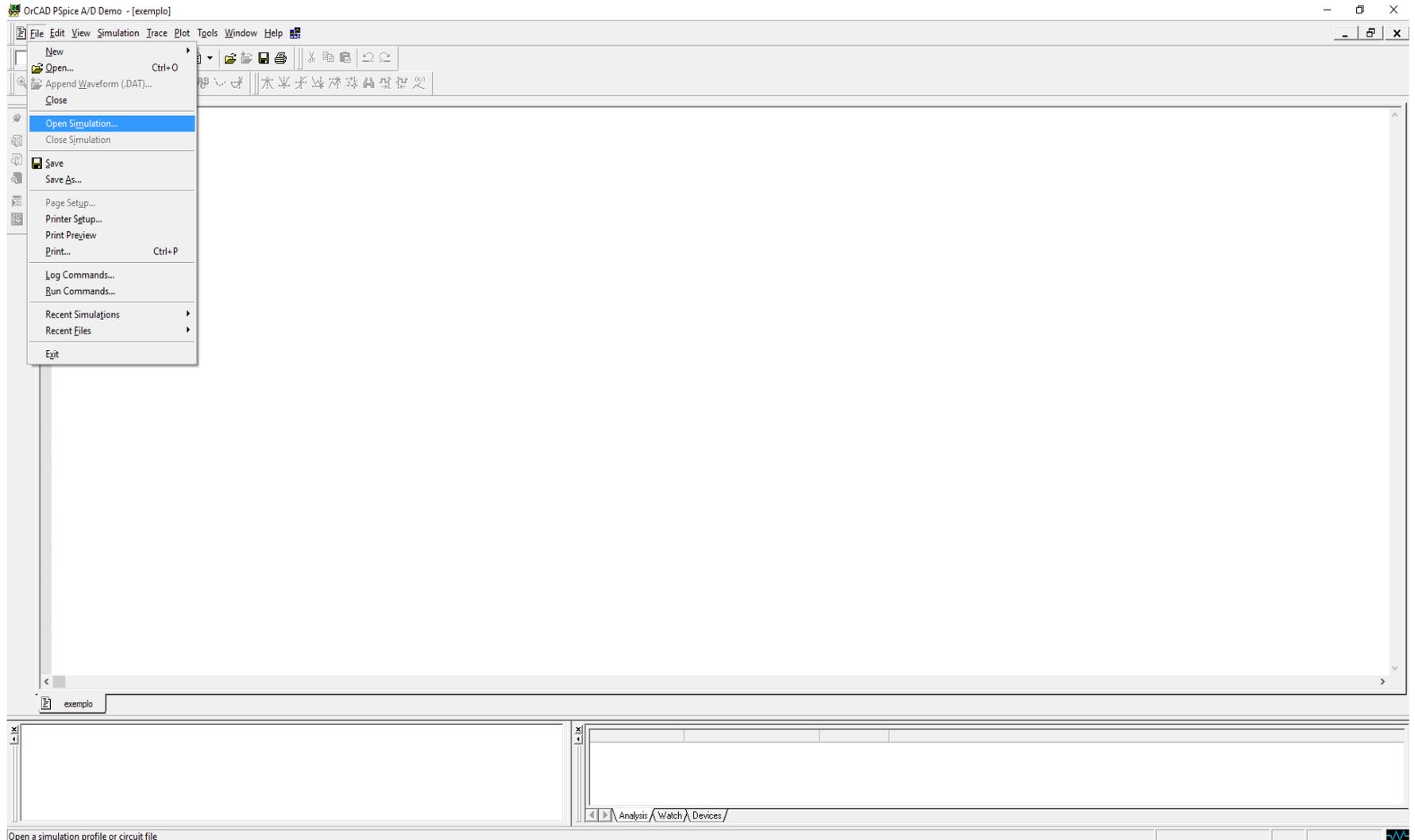
# Ambiente de Desenvolvimento



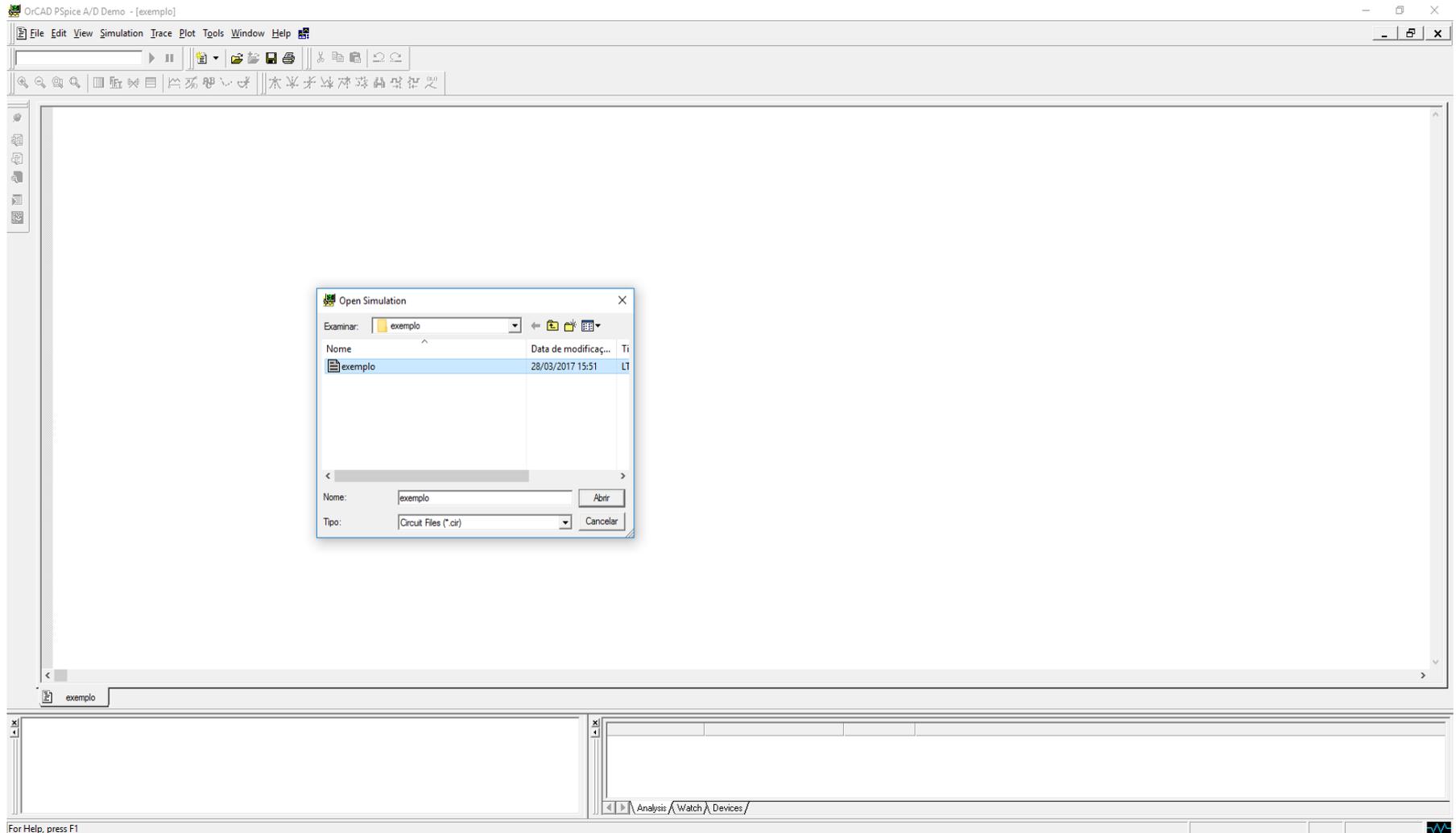
# Ambiente de Desenvolvimento



# Ambiente de Desenvolvimento

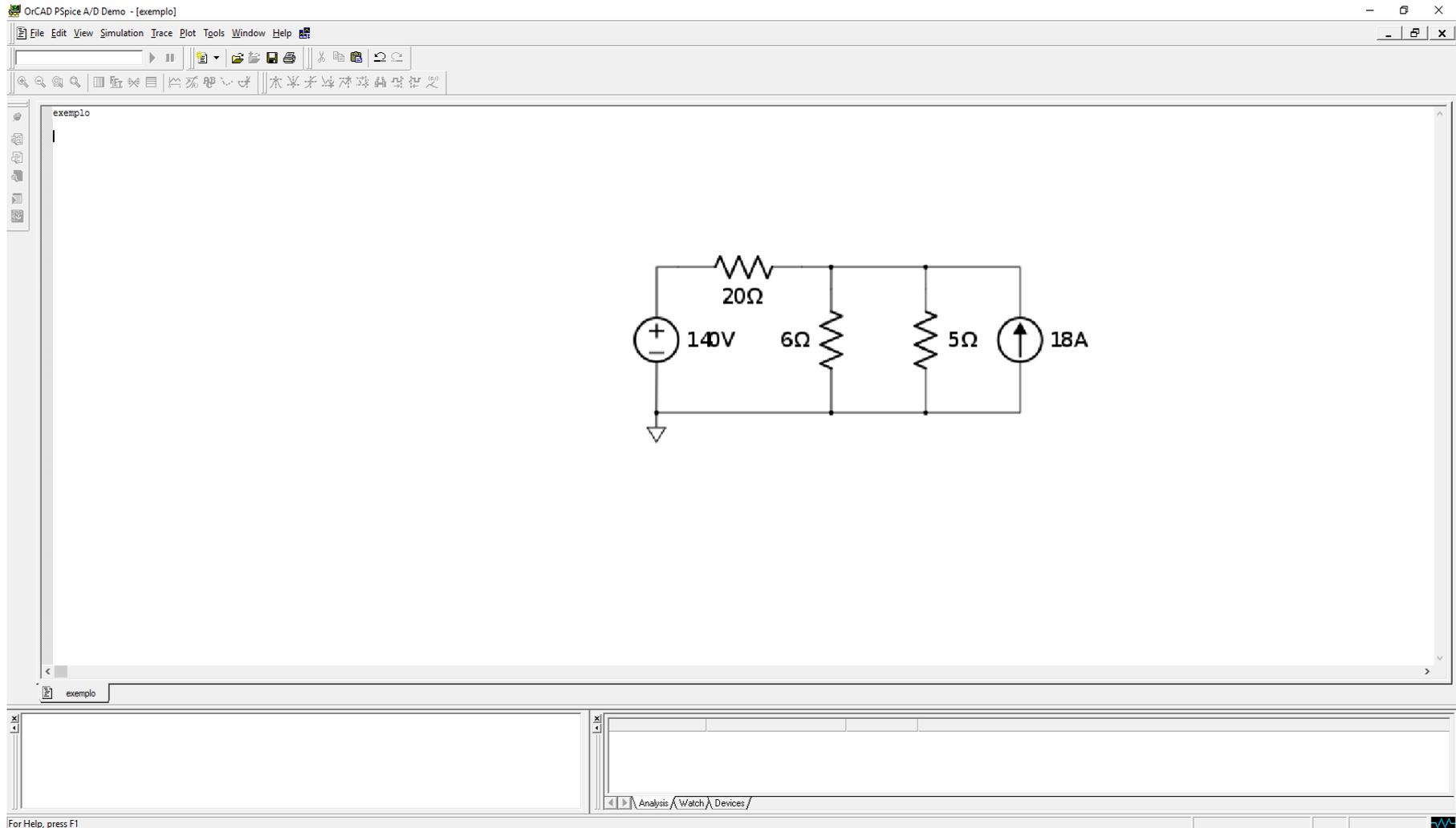


# Ambiente de Desenvolvimento

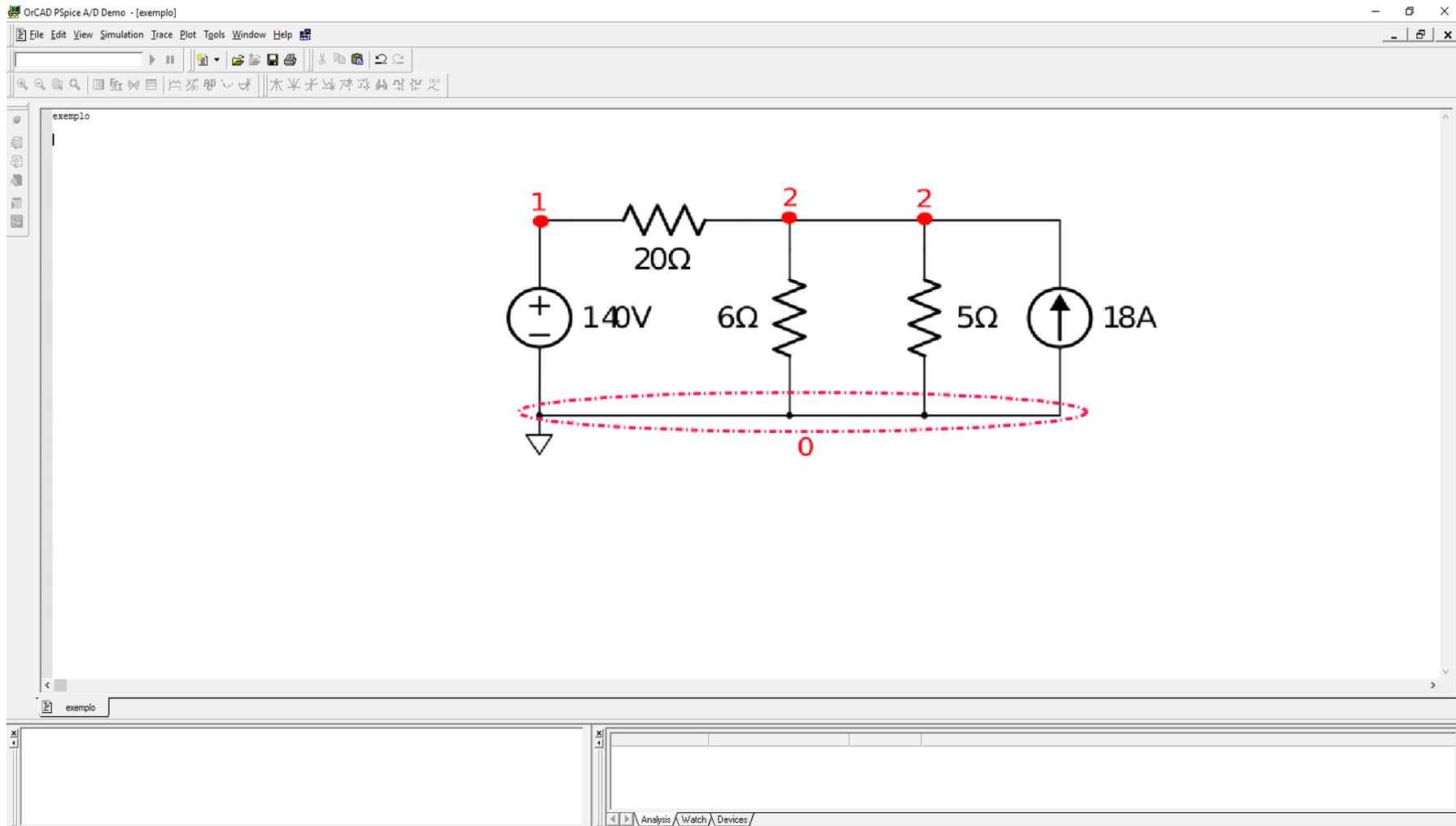


For Help, press F1

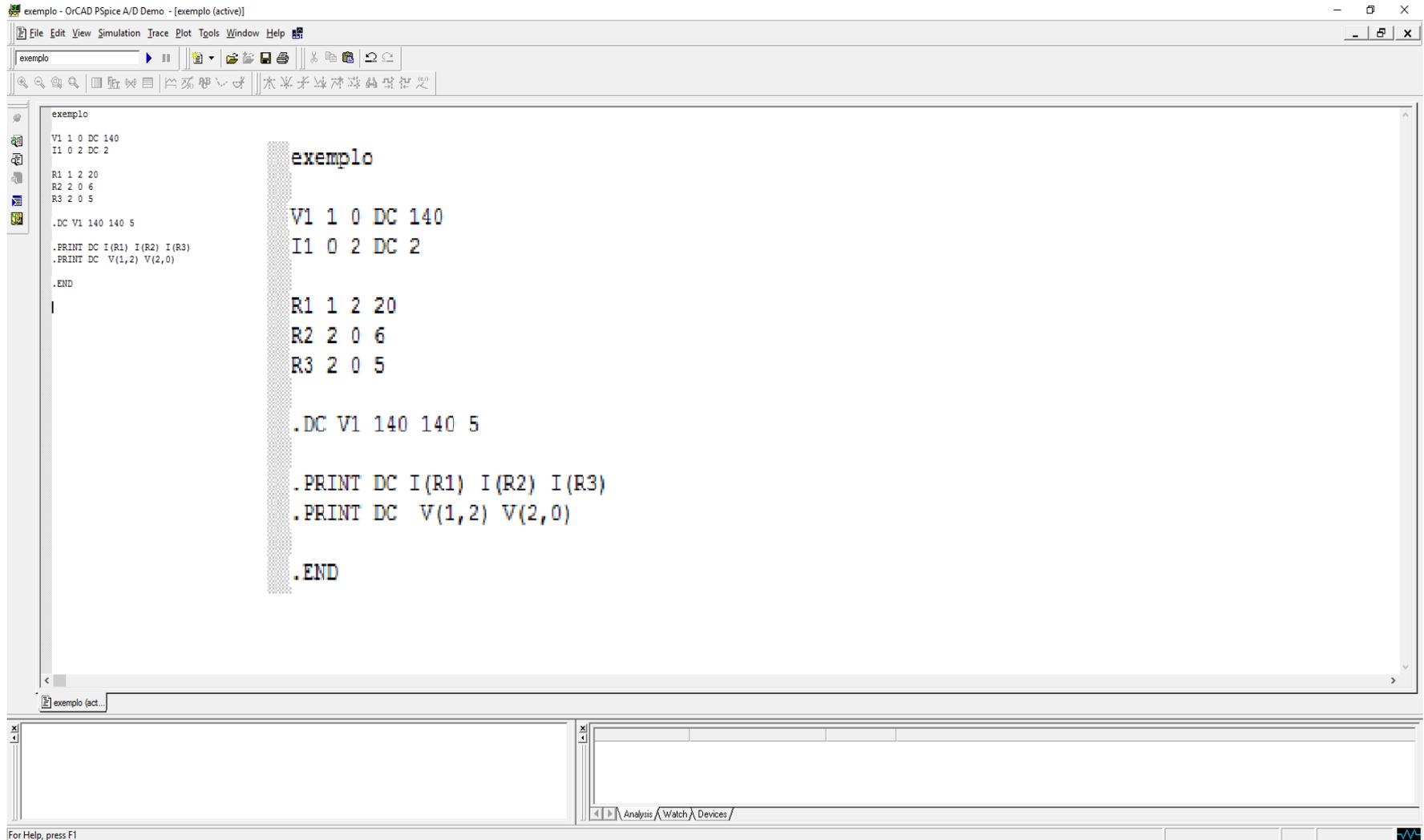
# Ambiente de Desenvolvimento



# Ambiente de Desenvolvimento



# Ambiente de Desenvolvimento



The screenshot displays the OrCAD PSpice A/D Demo software interface. The main window shows a text editor with the following circuit simulation code:

```
exemplo
V1 1 0 DC 140
I1 0 2 DC 2

R1 1 2 20
R2 2 0 6
R3 2 0 5

.DC V1 140 140 5

.PRINT DC I(R1) I(R2) I(R3)
.PRINT DC V(1,2) V(2,0)

.END
```

The interface includes a menu bar (File, Edit, View, Simulation, Trace, Plot, Tools, Window, Help), a toolbar with various simulation and editing icons, and a status bar at the bottom with the text "For Help, press F1".

# Ambiente de Desenvolvimento

```
exemplo
V1 1 0 DC 140
I1 2 0 DC 2

R1 1 2 20
R2 2 0 6
R3 2 0 5

.DC V1 140 140 5

.PRINT DC I(R1) I(R2) I(R3)
.PRINT DC V(1,2) V(2,0)

.END
```

# Ambiente de Desenvolvimento

The screenshot displays the OrCAD PSpice A/D Demo interface. The main window shows a text editor with the following circuit description:

```
exemplo
V1 1 0 DC 140
I1 2 0 DC 2

R1 1 2 20
R2 2 0 6
R3 2 0 5

.DC V1 140 140 5

.PRINT DC I(R1) I(R2) I(R3)
.PRINT DC V(1,2) V(2,0)

.END
```

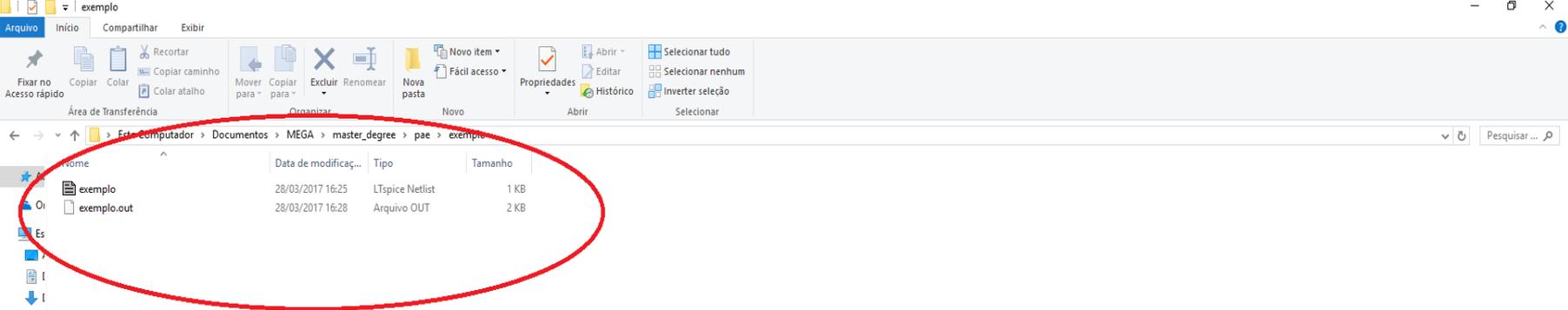
The bottom status bar indicates the simulation is complete. The output window shows the following results:

Start = 140	V1 = 140	End = 140
Analysis / Watch / Devices /		

For Help, press F1

V1 = 140 100%

# Ambiente de Desenvolvimento



The screenshot shows a Windows File Explorer window titled 'exemplo'. The address bar indicates the path: 'Este computador > Documentos > MEGA > master\_degree > pae > exemplo'. The file list contains two items:

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

The file list is circled in red. Below the screenshot, a larger version of the same table is displayed.

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

2 itens

# Principais Comandos

- Cada elemento do circuito, por sua vez, deve ter um nome único que o identifique, sendo que a primeira letra desse nome especificará o tipo de elemento.
- O formato para descrever elementos passivos é:  
<Elemento> <Nó+> <Nó-> <Valor>
- O formato para descrever fontes independentes é:  
<Fonte> <Nó+> <Nó- > [Tipo <Valor>]

# Principais Comandos

- Fontes dependentes:

- FONTE DE CORRENTE CONTROLADA POR CORRENTE [F]

<Fonte> <Nó+> <Nó-> <Vnome> <Ganho>

<Vnome> é a fonte de tensão pela qual passa a corrente de controle da fonte.

- FONTE DE CORRENTE CONTROLADA POR TENSÃO [G]

<Fonte> <Nó+> <Nó-> <Con. nó+> < Con. Nó-> <Ganho >

<Con. nó> é o terminal de controle da fonte

# Principais Comandos

## ■ Fontes dependentes:

### ➤ FONTE DE TENSÃO CONTROLADA POR CORRENTE [H]

**<Fonte> <Nó+> <Nó-> <Vnome> <Ganho>**

➤ <Vnome> é a fonte de tensão pela qual passa a corrente de controle da fonte

### ➤ FONTE DE TENSÃO CONTROLADA POR TENSÃO [E]

**<Fonte> <Nó+> <Nó-> <Con. nó+> < Con. Nó-> <Ganho >**

➤ <Con. nó> é o terminal de controle da fonte

# Principais Comandos

- Análise DC (.DC) – Faz uma análise em varredura em corrente contínua para o circuito, variando uma grandeza entre valores pré-determinados com um dado passo.
  - **.DC <Var. Varredura> <Valor Ini.> <Valor Fim> <Passo>**
- Análise AC (.AC) - resposta do circuito sobre uma faixa de frequências pré-determinadas.
  - **.AC <Tipo> <NP> <Freq. De Partida> < Freq. Final>**

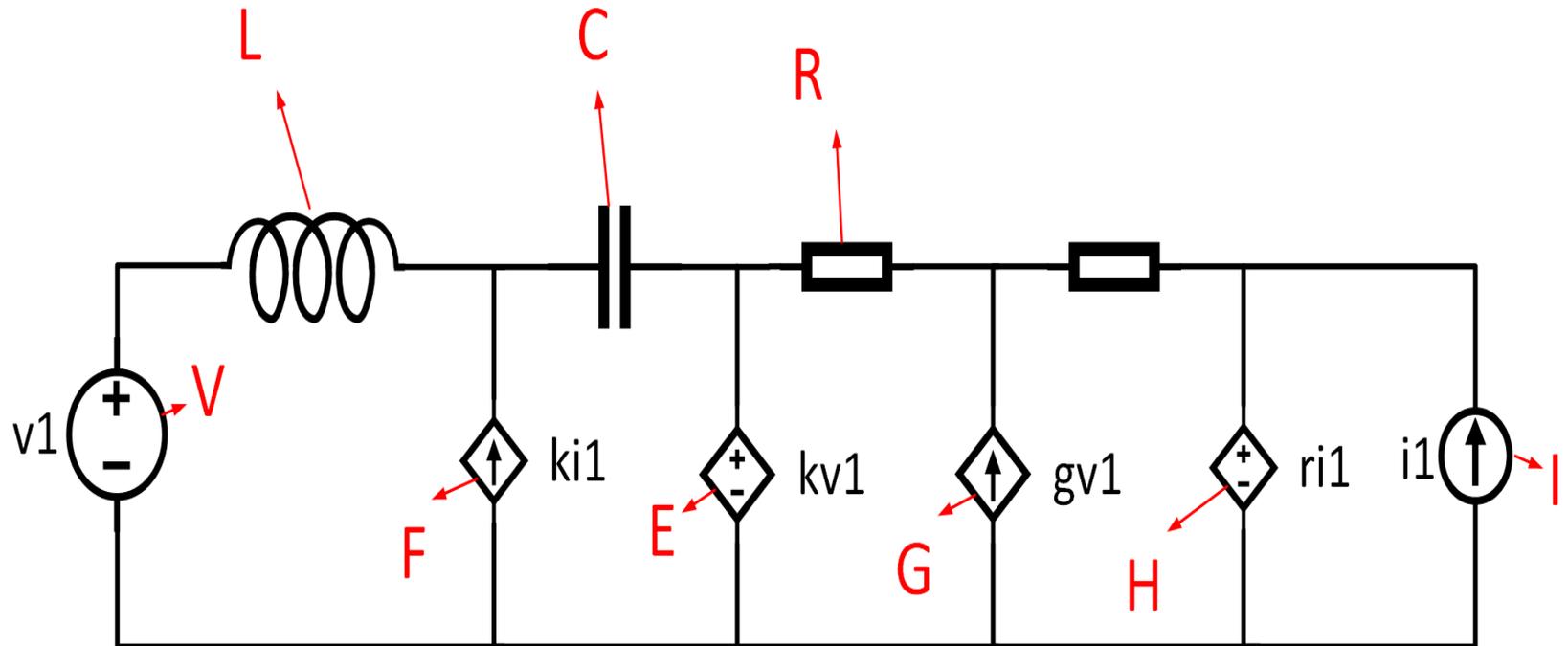
# Principais Comandos

- .PRINT – Impressão dos valores desejados em forma de tabela.
  - **.PRINT <Tipo de Análise> [Variáveis de Saída]\***
- .PLOT – Impressão das informações desejadas em forma gráfica, no próprio arquivo de saída da simulação.
  - **.PLOT <Tipo de Análise> [Variáveis de Saída]  
[Lim. Inf. , Lim. Sup.]**

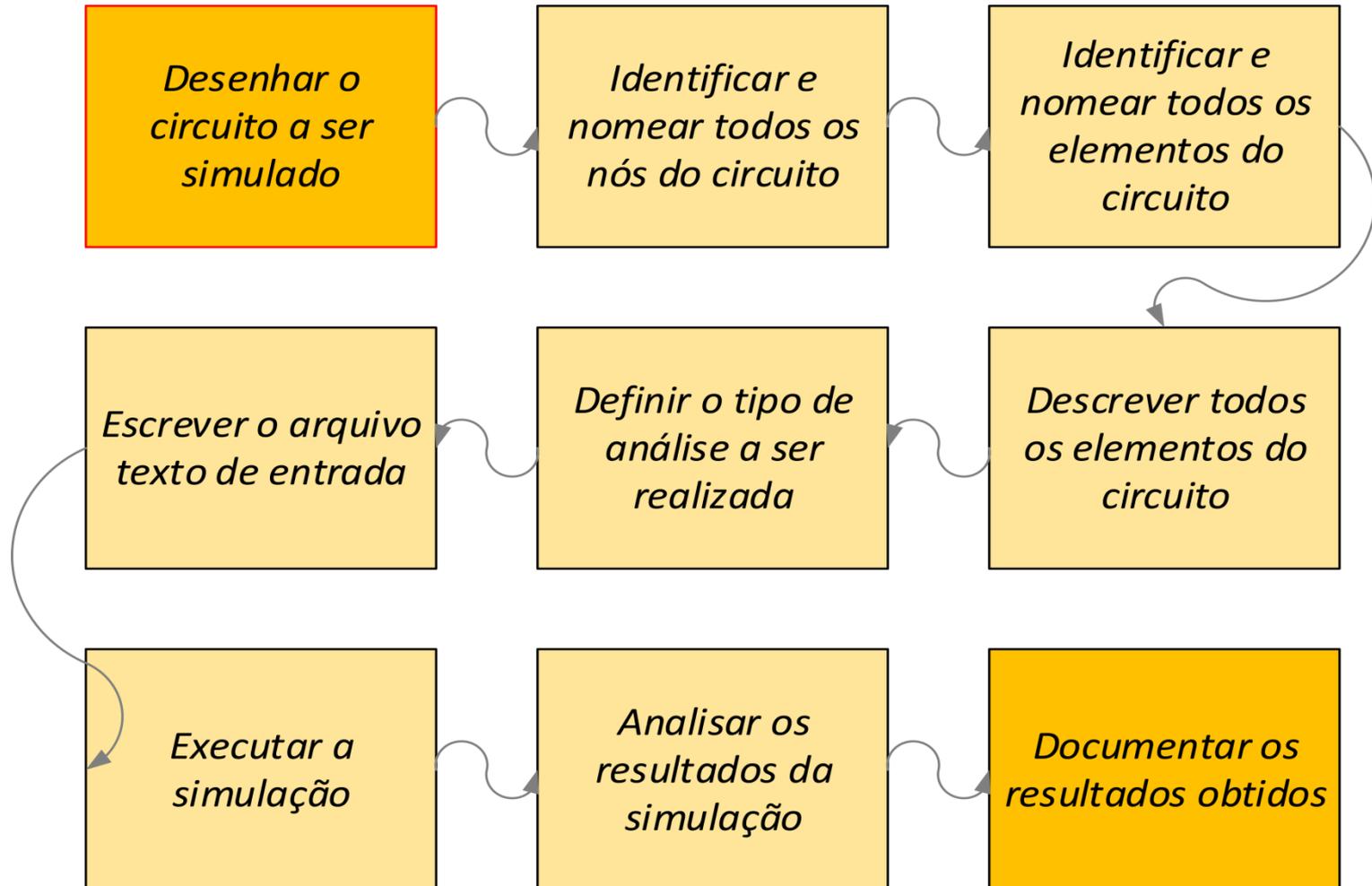
# Principais Comandos

- Fim de arquivo (.END)- Este comando é obrigatório na última linha do arquivo de entrada.
  - **.END**
  - **.ENDS** – Fim de arquivo de sub-circuito
- Comentários
  - \* - Inserção de linha de comentário.
  - ; - Inserção de comentário após linha de descrição do circuito.

# Principais Comandos

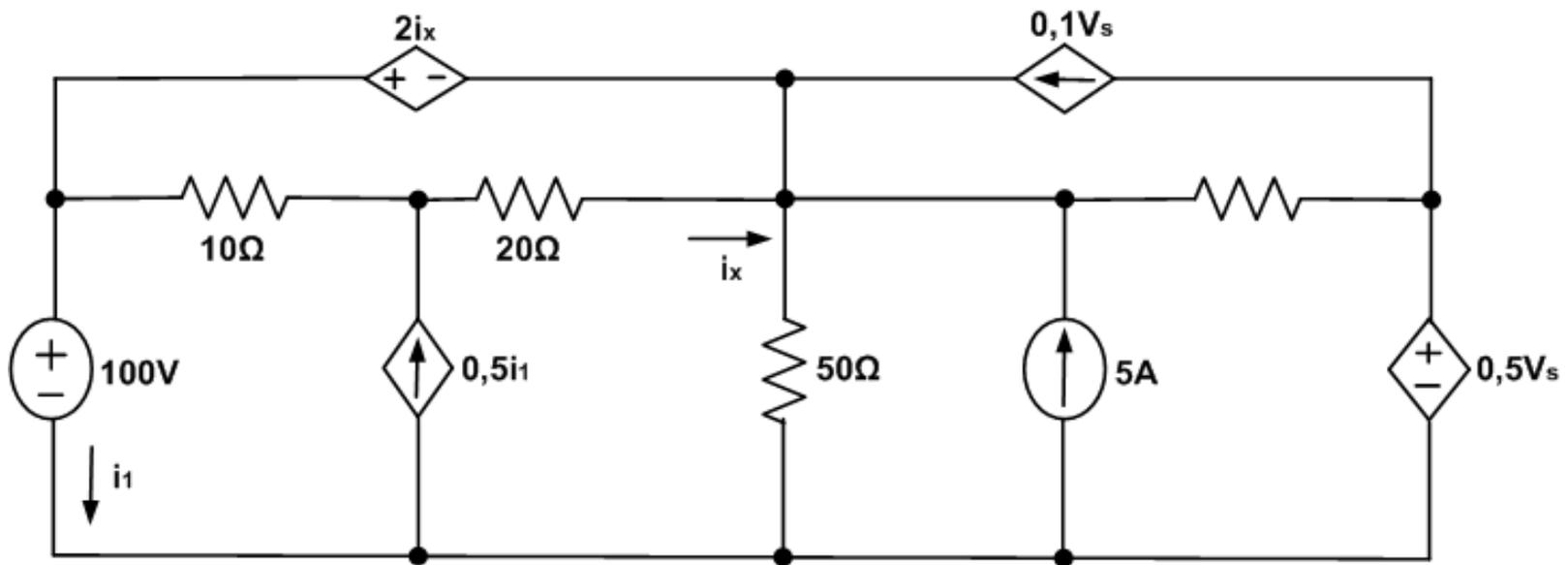


# Etapas de Simulação



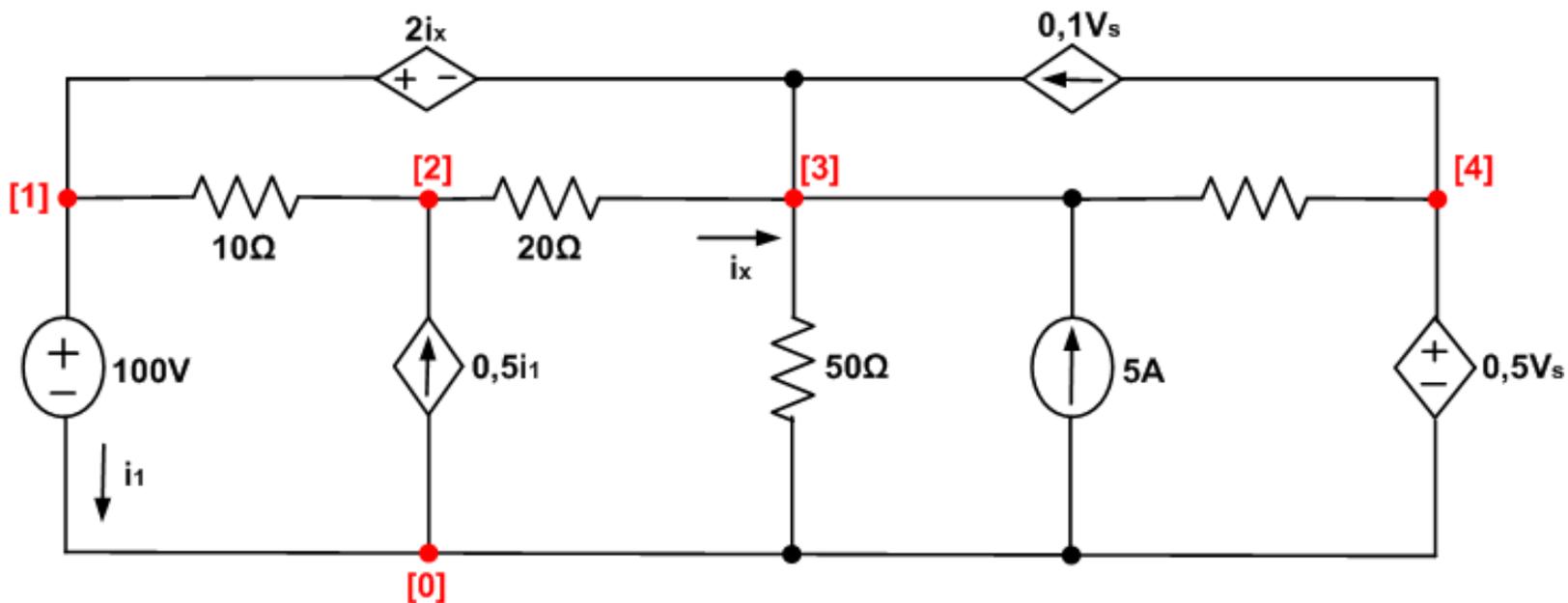
# Exemplo I

- Para o circuito abaixo, determine todas as tensões nos nós, as correntes em cada ramo, visto a partir do resistor de  $20\ \Omega$ .



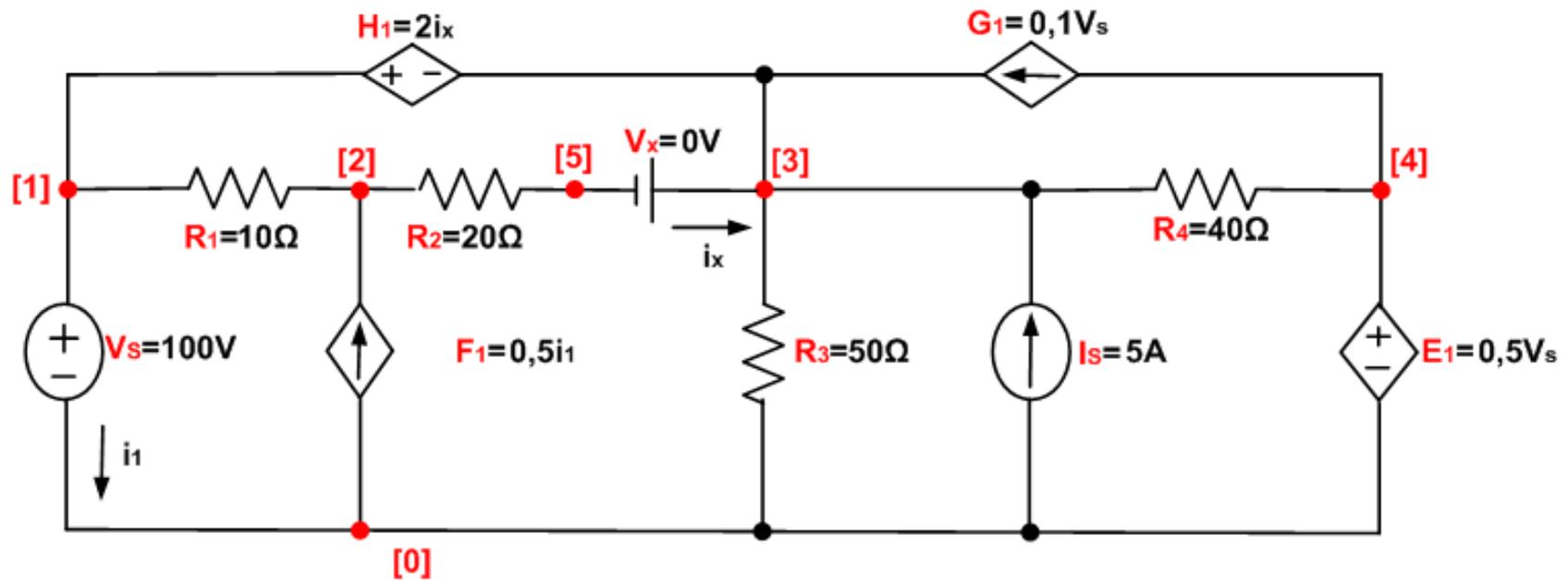
# Exemplo I

- Identificação dos nós do circuito



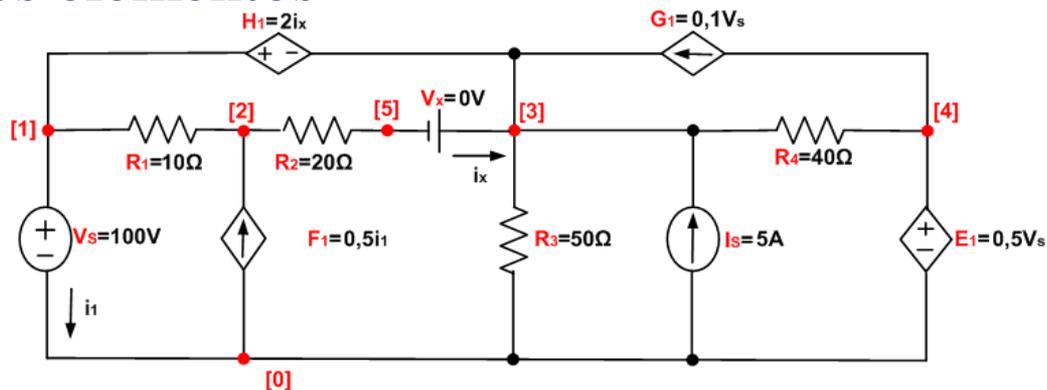
# Exemplo I

- Identificação dos elementos do circuito



# Exemplo I

- Descrever os elementos



- Elementos Independentes:

\*Descrição das fontes de tensão e de corrente independentes

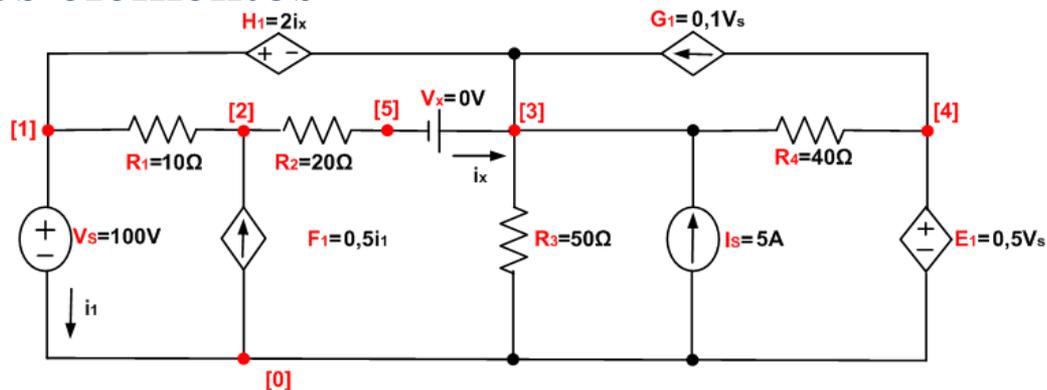
```
Vs 1 0 DC 100
```

```
Vx 5 3 DC 0
```

```
Is 0 3 DC 5
```

# Exemplo I

- Descrever os elementos



- Elementos Dependentes:

\*Descrição das fontes de tensão e de corrente dependentes

```
E1 4 0 1 0 0.5
```

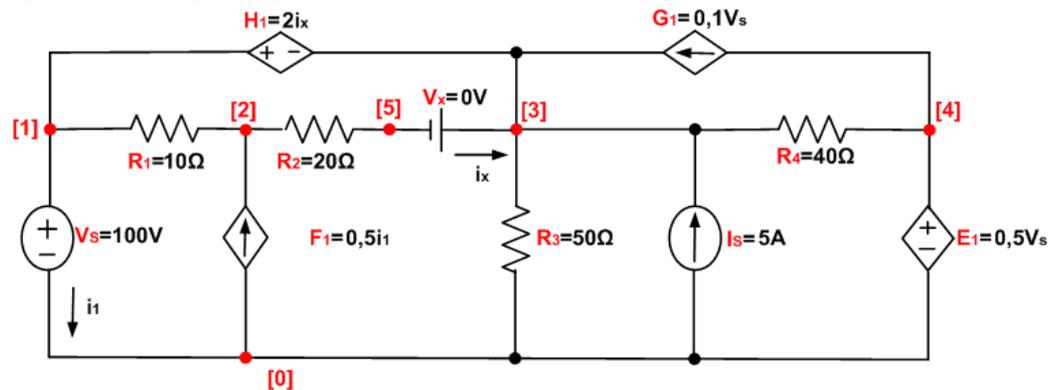
```
H1 1 3 Vx 2
```

```
F1 0 2 Vs 0.5
```

```
G1 4 3 1 0 0.1
```

# Exemplo I

- Descrever os elementos



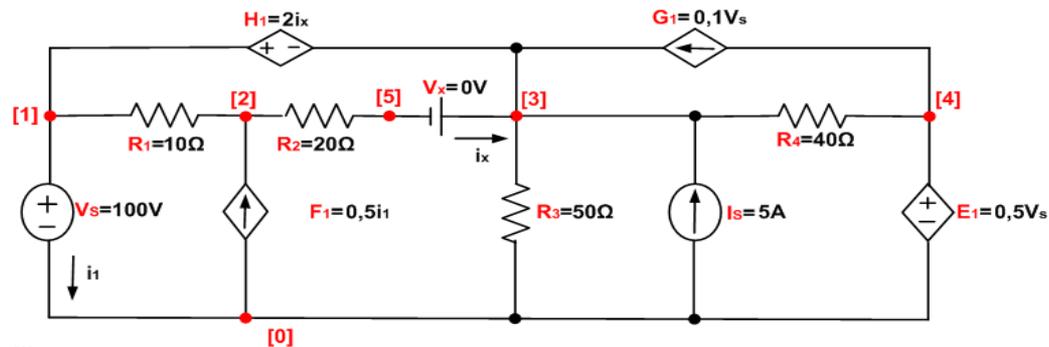
- Elementos Passivos:

\*Descrição dos elementos passivos

R1	1	2	10
R2	2	5	20
R3	3	0	50
R4	3	4	40

# Exemplo I

- Definir o tipo de análise a ser realizada - > Escrever o arquivo texto de entrada



\*Tipos de análise

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

```
.IF 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
```

# Exemplo I

- Resolução Final

```
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
```

# Exemplo I

## ■ Resolução Final

```

**** 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

*****

```

# Exemplo I

- Resolução Final

```

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 WATTS

****      SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS

```

# Exemplo I

- Resolução Final

```
****      SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS

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

INPUT RESISTANCE AT Vs = -7.169E+00

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

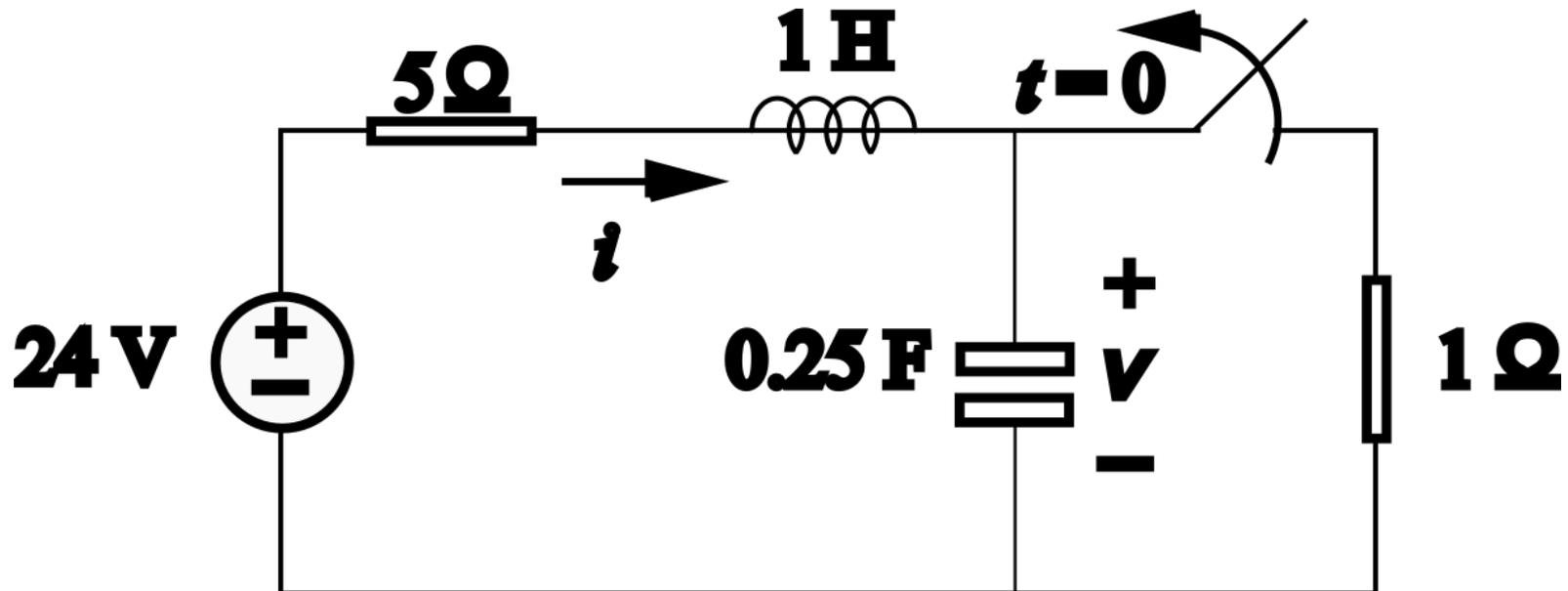
      JOB CONCLUDED

      TOTAL JOB TIME           0.00
```

□

# Exemplo II

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



# Exemplo II

- Resolução :

```
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

# Exemplo II

## ■ Resolução :

```

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

RC time delay circuit

****   TRANSIENT ANALYSIS           TEMPERATURE =  27.000 DEG C

*****|

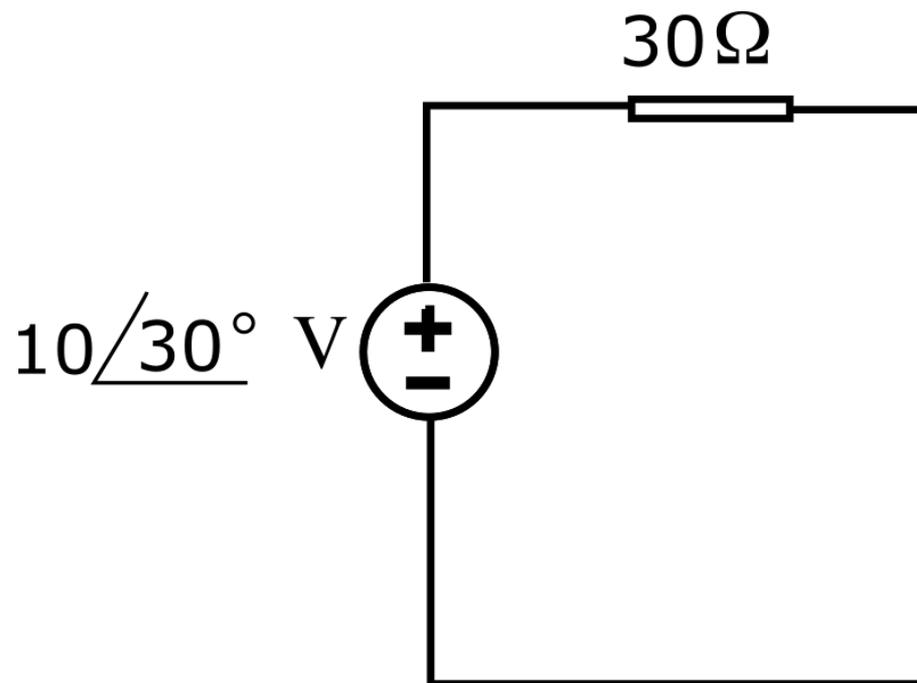
TIME          I(r1)
(*)-----  1.0000E+00  2.0000E+00  3.0000E+00  4.0000E+00  5.0000E+00
-----|-----
0.000E+00  4.000E+00 . . . . . *
5.000E-02  3.981E+00 . . . . . *
1.000E-01  3.932E+00 . . . . . *
1.500E-01  3.859E+00 . . . . . *
2.000E-01  3.767E+00 . . . . . *
2.500E-01  3.663E+00 . . . . . *
3.000E-01  3.550E+00 . . . . . *
3.500E-01  3.430E+00 . . . . . *
4.000E-01  3.306E+00 . . . . . *
4.500E-01  3.180E+00 . . . . . *
5.000E-01  3.055E+00 . . . . . *
5.500E-01  2.929E+00 . . . . . *
6.000E-01  2.806E+00 . . . . . *
6.500E-01  2.685E+00 . . . . . *
7.000E-01  2.567E+00 . . . . . *
7.500E-01  2.453E+00 . . . . . *
8.000E-01  2.342E+00 . . . . . *
8.500E-01  2.235E+00 . . . . . *
9.000E-01  2.132E+00 . . . . . *
9.500E-01  2.033E+00 . . . . . *
1.000E+00  1.938E+00 . . . . . *
-----|-----

JOB CONCLUDED
TOTAL JOB TIME          .02

```

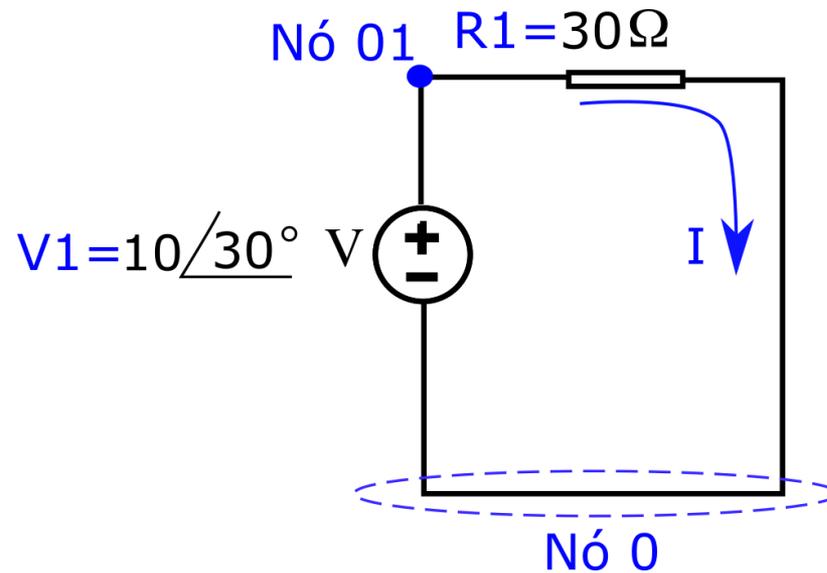
# Exemplo III

- Para o circuito abaixo, determine MAGNITUDES e FASES das tensões e das correntes.



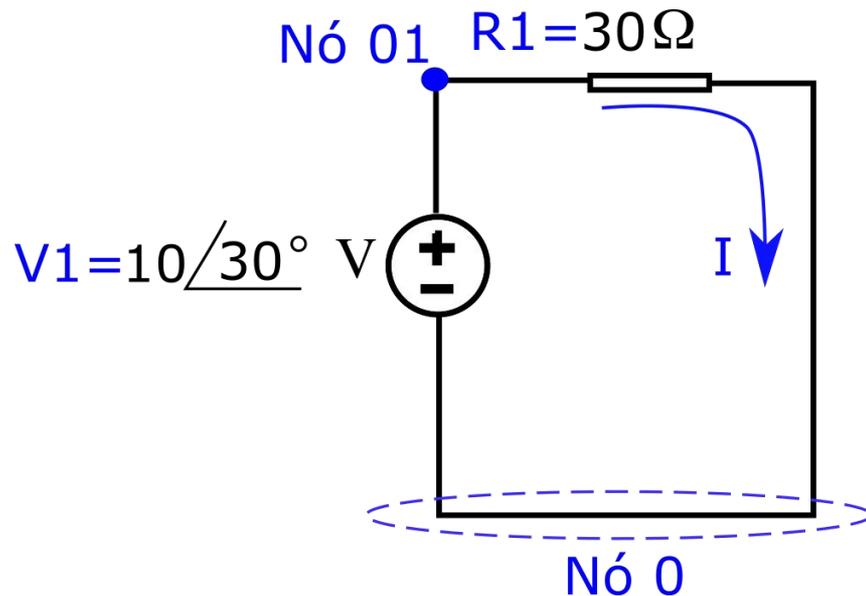
# Exemplo III

- Resolução:



# Exemplo III

- Resolução:



```
exemplo_ac
v1 1 0 ac 10 30
r1 1 0 30

.ac lin 1 60 60
.print ac VM(1) VP(1) IM(r1) IP(r1)
.end
```

# Exemplo III

- Resolução:

```

VOLTAGE SOURCE CURRENTS
NAME          CURRENT

v1            0.000E+00

TOTAL POWER DISSIPATION  0.00E+00  WATTS

1
*** 04/12/18 15:40:27 ***** Evaluation PSpice (Nov 1999) *****

exemplo 3

****      AC ANALYSIS                      TEMPERATURE =  27.000 DEG C

:*****

FREQ          VM(1)          VP(1)          IM(r1)          IP(r1)

6.000E+01     1.000E+01     3.000E+01     3.333E-01     3.000E+01

JOB CONCLUDED

TOTAL JOB TIME          .02

```

# Material de Apoio

- JOHNSON, David E., *et. al. Fundamentos de Análise de Circuitos Elétricos*, 4<sup>a</sup> ed. Editora LTC. Rio de Janeiro, 2000.
- RASHID, Muhammad. H. *Spice for Circuits and Electronics Using Psipice*, 2<sup>nd</sup> ed. Prentice Hall. New Jersey, 1995.
- STEER, Michael B., FRANZON, Paul D. *Spice: User's Guide and Reference*. Department of Electrical and Computer Engineering, North Carolina State University. North Carolina. USA, 2002.

# Material de Apoio

- TUINENGA, Paul W. *Spice: A Guide to Circuit Simulation and Analysis Using Pspice*, 3<sup>rd</sup> ed. Prentice Hall. New Jersey, 1995.
- QUARLES, T. , *et. al. SPICE3 Version 3f3 User's Manual*. Department of Electrical Engineering and Computer Sciences University of California. Berkeley. USA, 1993.
- IRWIN, J. David. *Análise de Circuitos em Engenharia*, 4<sup>a</sup> ed. Pearson Makron Books, 2000

# 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.

# Introdução à Análise de Circuitos Elétricos Utilizando “SPICE”

## CONTATO:

iagomfaria@usp.br

## ATENDIMENTO:

Sexta-feira 16:00h às 17:30h

## DATAS IMPORTANTES:

Entrega do Exercício 1: 09/05/2018 às 18:00h.

Entrega do Exercício 2: 01/06/2018 às 18:00h.

Entrega do Exercício 3: 22/06/2018 às 18:00h.