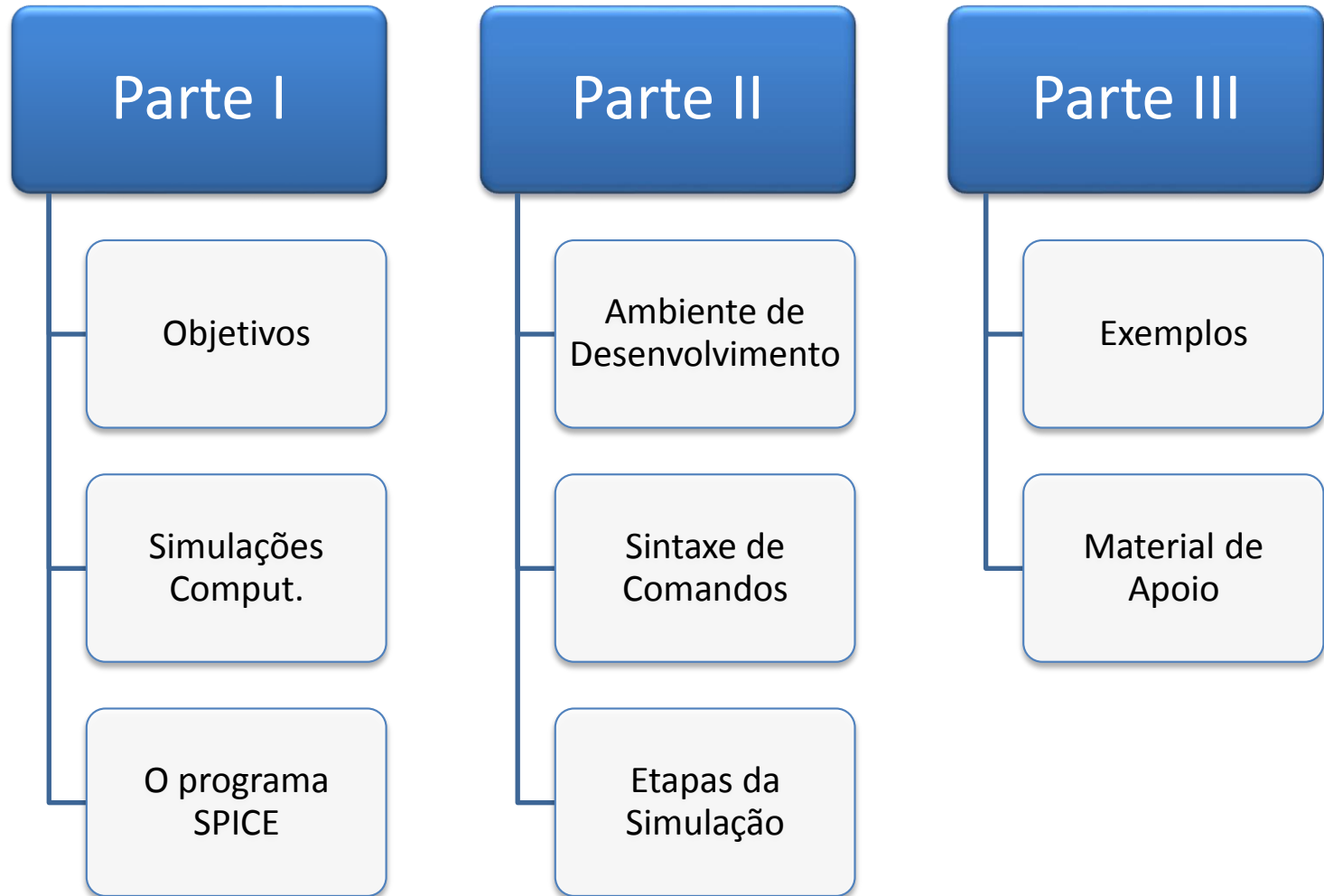


Introdução à Análise de Circuitos Elétricos Utilizando “SPICE”

Disciplinas: *SEL0301 – Circuitos Elétricos I e SEL0602 – Circuitos Elétricos*
Docente: *Prof. Dr. Mário Oleskovicz*
Palestrante: *Paulo Estevão Teixeira Martins*

Organização da Apresentação



(Parte I) Objetivos



Adquirir conhecimento mínimo necessário para simular circuitos elétricos no SPICE



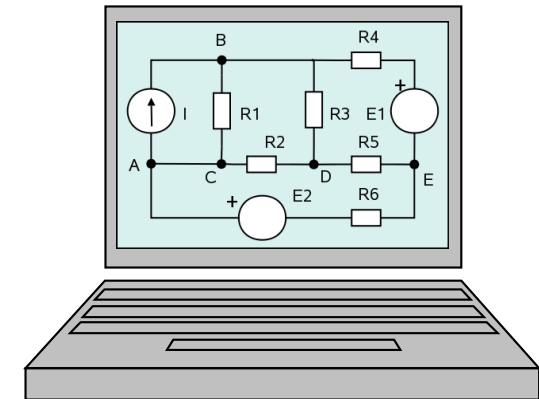
Familiarização com a ferramenta computacional para ampliação da capacidade de análise de circuitos



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

(Parte I) 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.



(Parte I) 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



(Parte I) O Programa SPICE

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 (*reposta no tempo*)

(Parte I) 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

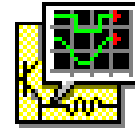
- Obrigatório a presença de um nó de referência (nó zero);
- Usualmente atribui-se o terra do circuito;
- Tensões calculadas referenciadas ao nó zero.

(Parte II) Ambiente de Desenvolvimento

- ✓ PSPICE (Personal Spice)

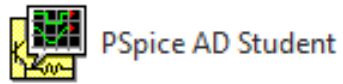
- ✓ PSPICE 9.1 Student Version
 - Algumas limitações:
 - Quantidade de componentes;
 - Biblioteca.
 - Disponível no portal edisciplinas;

- ✓ Versões mais atuais
 - Versão acadêmica:
 - <https://www.orcad.com/orcad-academic-program>
 - Versão comercial (DEMO):
 - <https://www.orcad.com/pspice-free-trial>

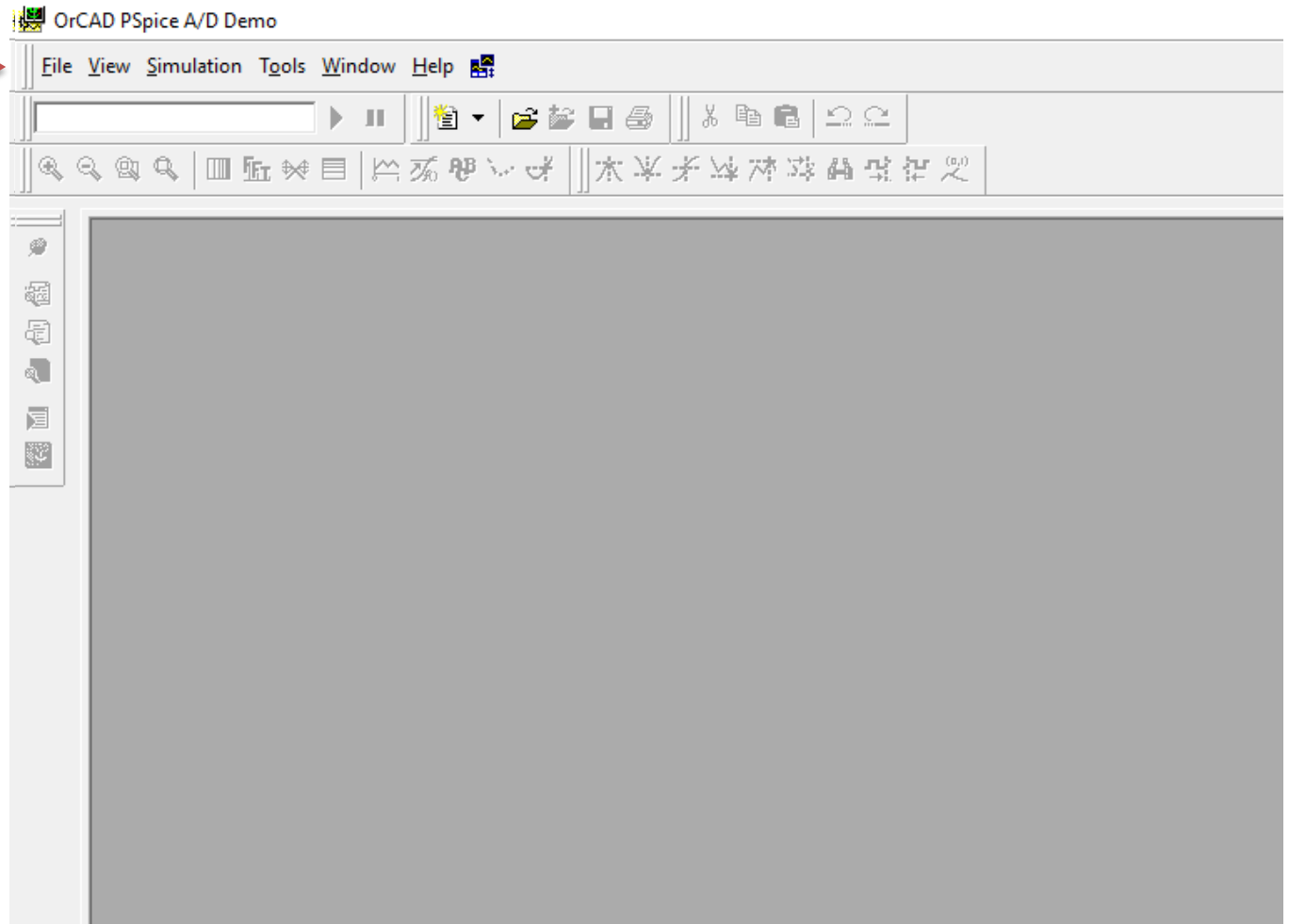


PSpice AD Student

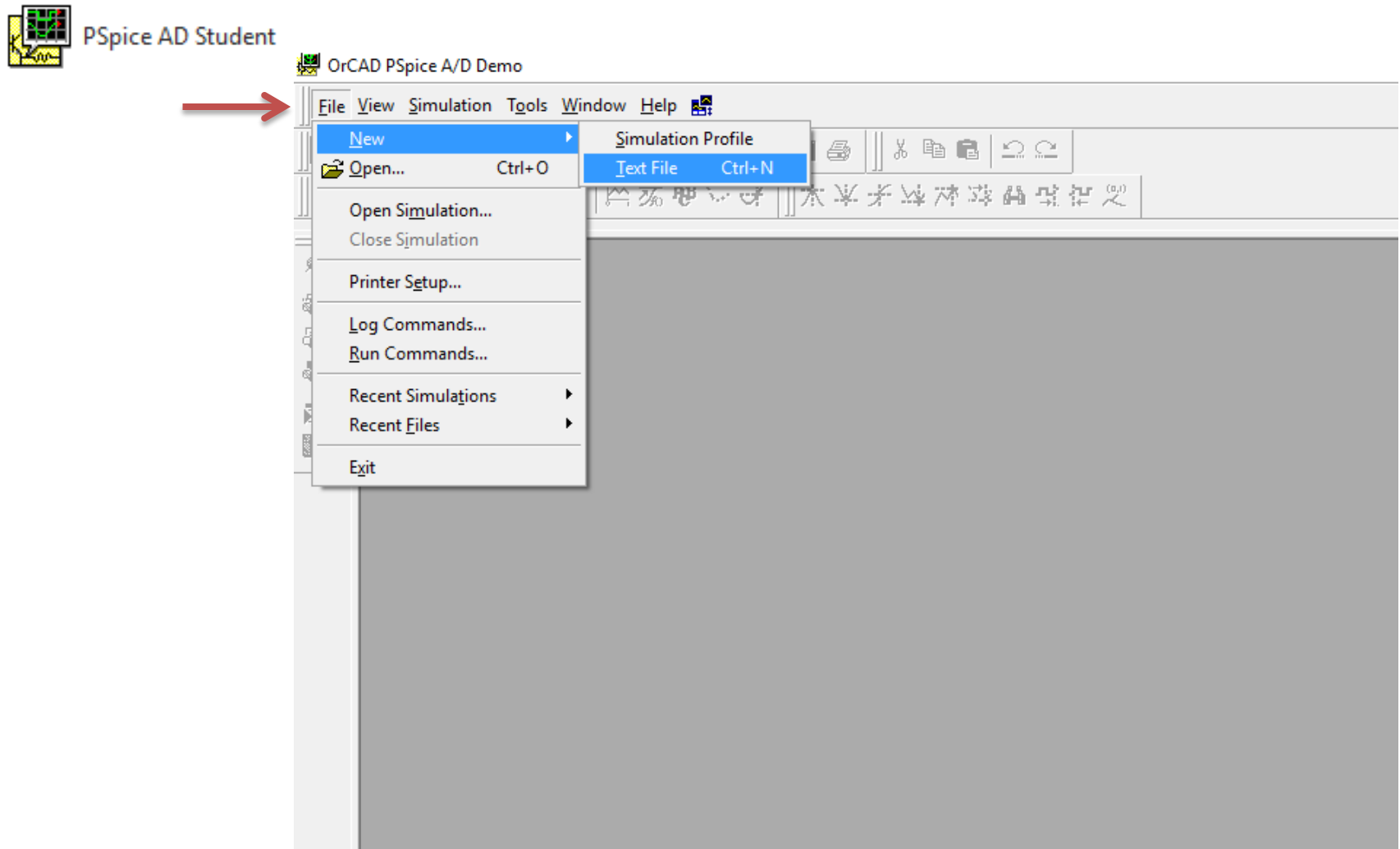
(Parte II) Ambiente de Desenvolvimento



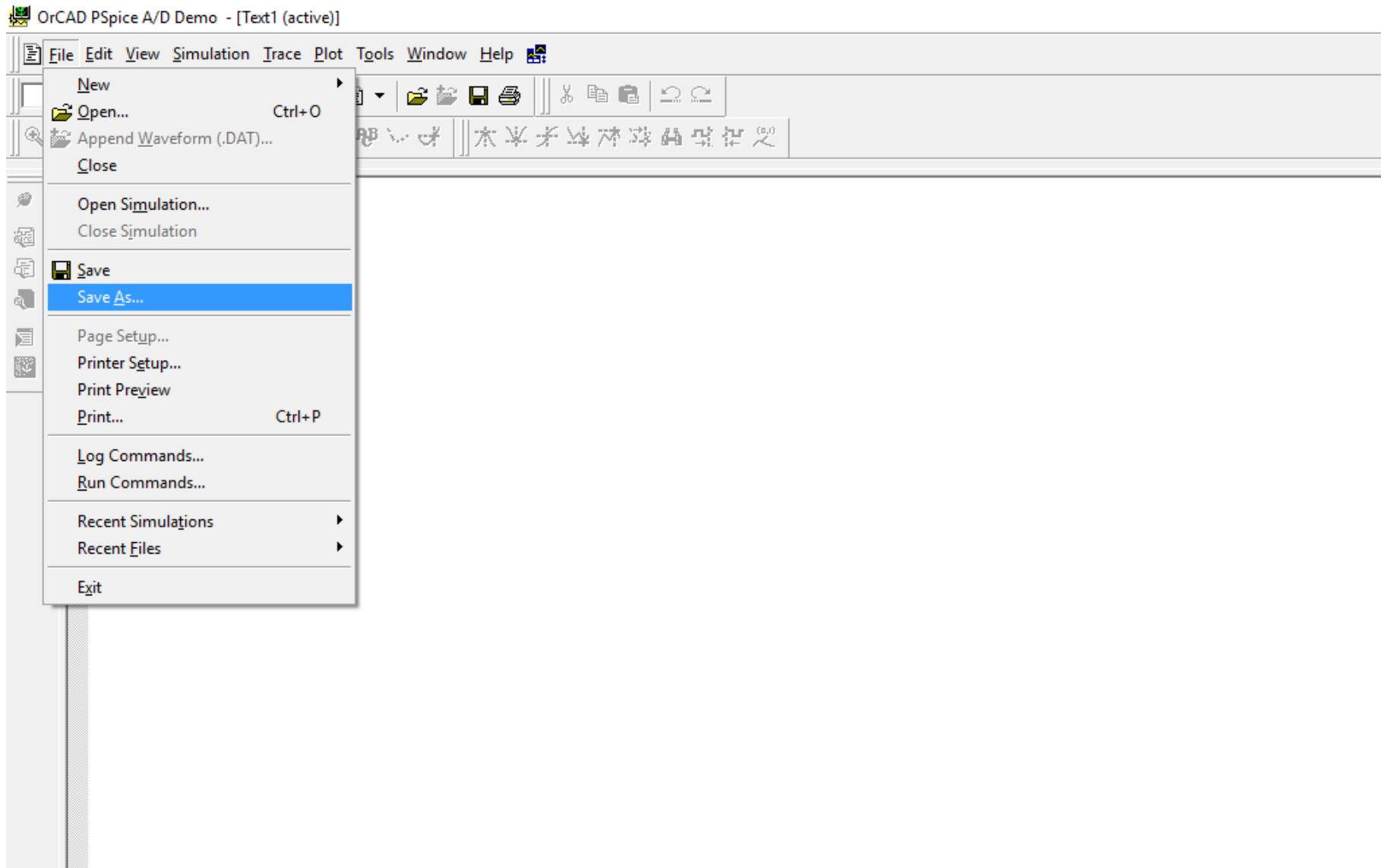
PSpice AD Student



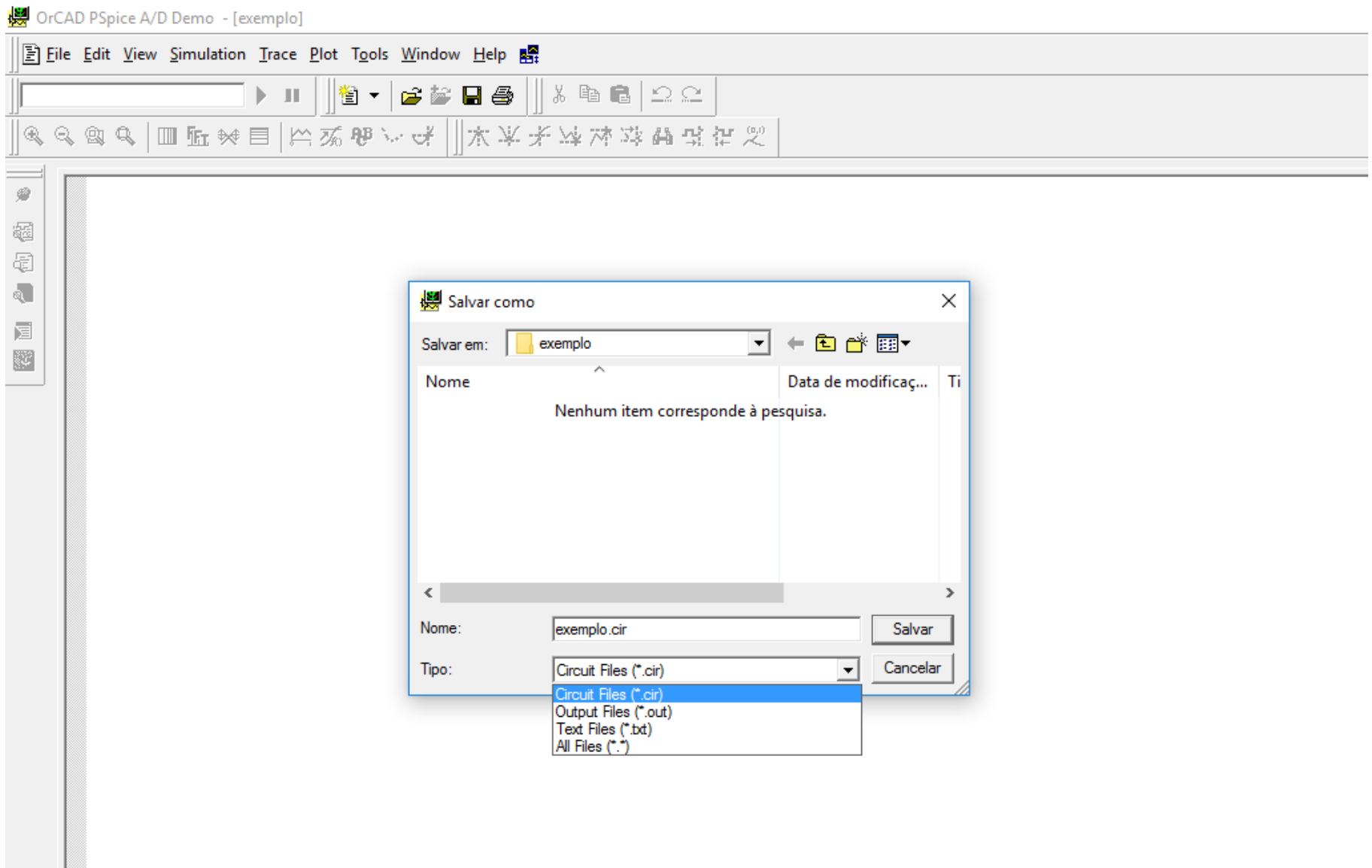
(Parte II) Ambiente de Desenvolvimento



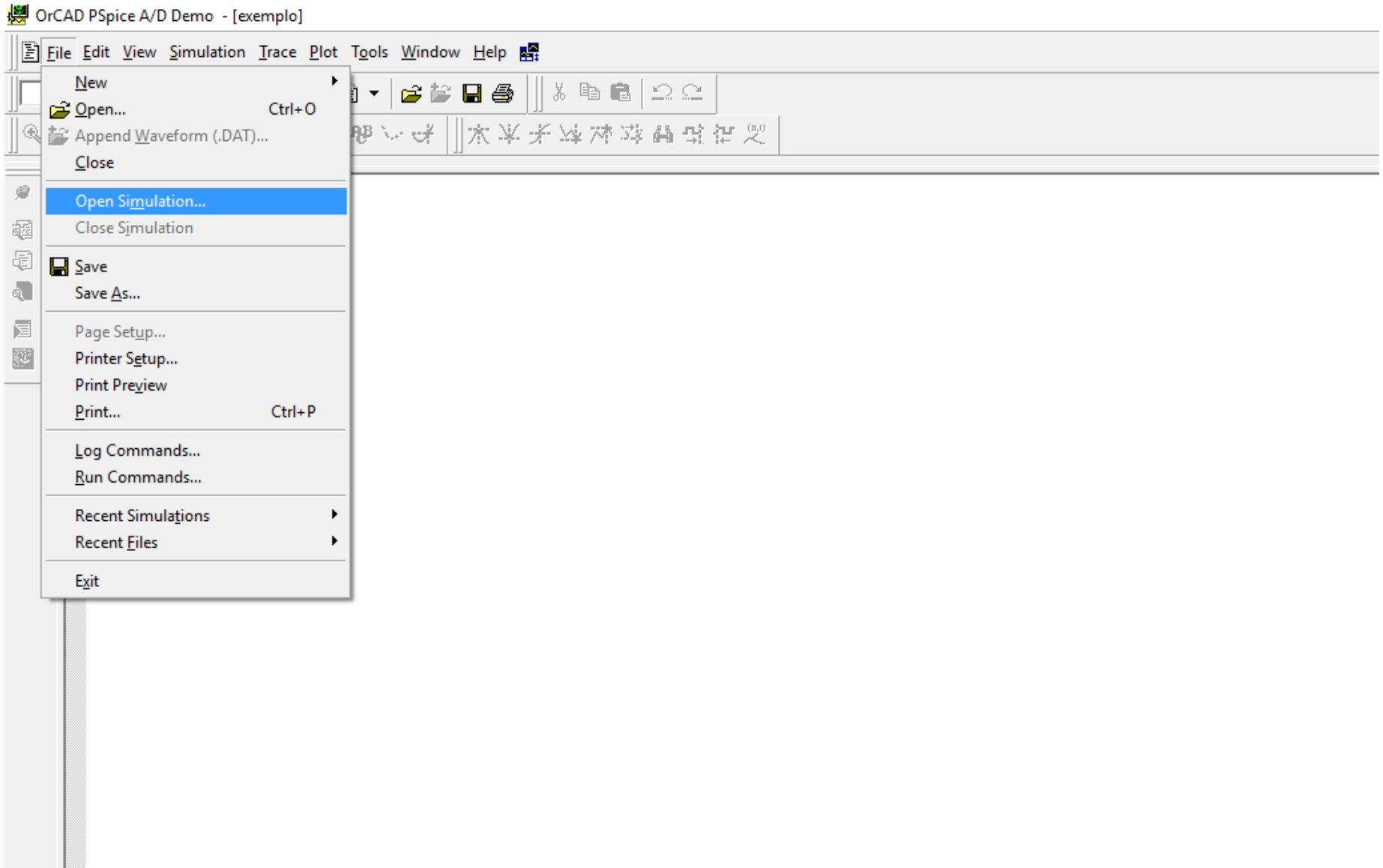
(Parte II) Ambiente de Desenvolvimento



(Parte II) Ambiente de Desenvolvimento

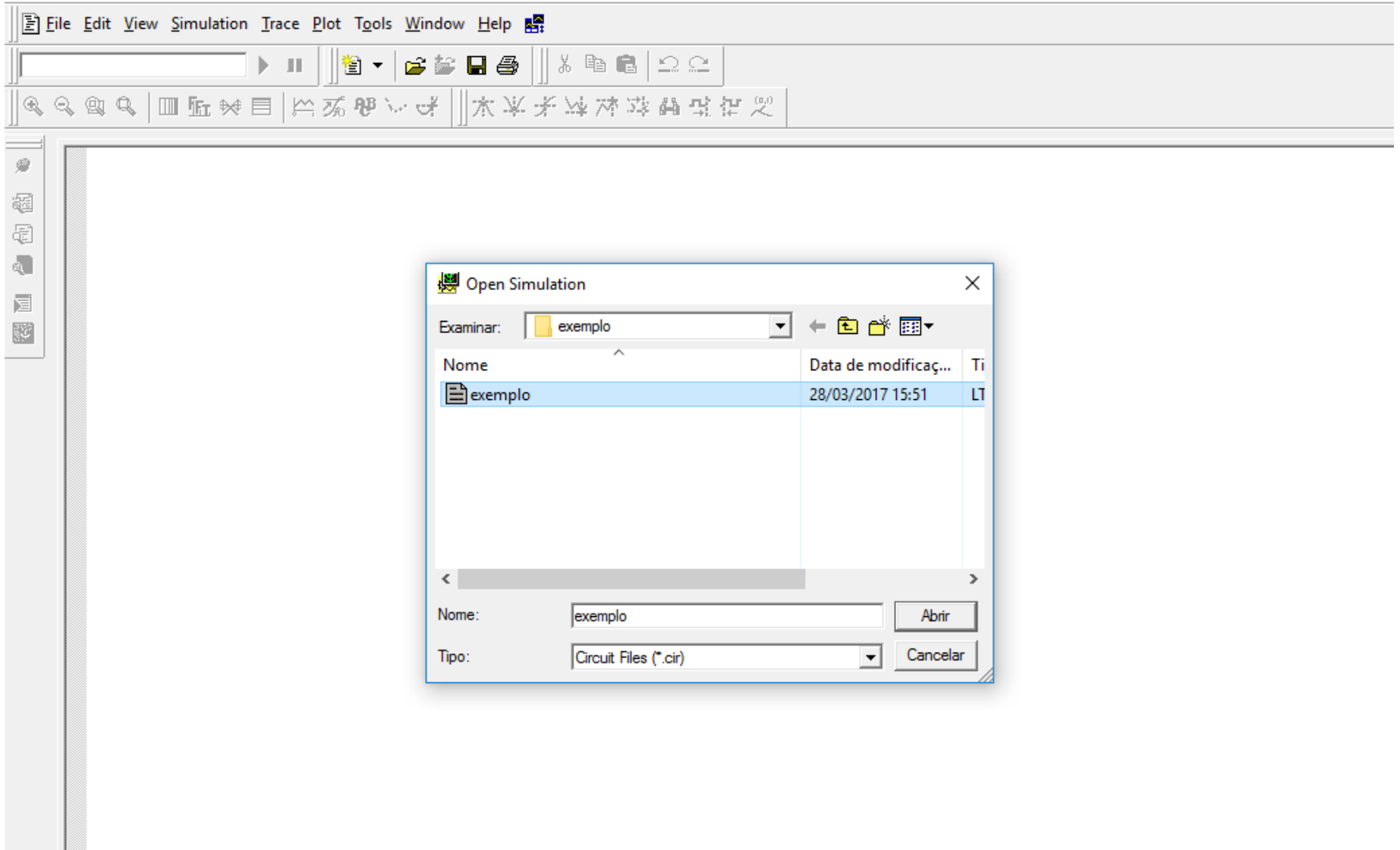


(Parte II) Ambiente de Desenvolvimento



(Parte II) Ambiente de Desenvolvimento

OrCAD PSpice A/D Demo - [exemplo]



(Parte II) Ambiente de Desenvolvimento

The screenshot displays the OrCAD PSpice A/D Demo software interface. The main window shows a circuit simulation setup for a file named "exemplo.cir". The simulation is running, and the results are displayed in the "exemplo.out..." window.

The circuit setup is defined in the "EXEMPLO" window as follows:

```
EXEMPLO
V1 1 0 DC 100
R1 1 2 20
R2 2 0 30

.DC V1 100 100 1

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

.END
```

The simulation results are shown in the "exemplo.out..." window:

Start = 100	V1 = 100	End = 100
-------------	----------	-----------

The status bar at the bottom indicates the simulation progress:

```
Simulation running...
No recognized product configuration selected.
EXEMPLO
Reading and checking circuit
Circuit read in and checked, no errors
DC Analysis
DC Analysis finished
```

(Parte II) Ambiente de Desenvolvimento









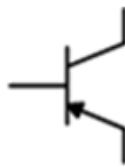


The screenshot displays the OrCAD PSpice A/D Demo software interface. The main window shows the simulation results for a circuit named 'EXEMPLO'. The results are presented in a text-based format, showing the current through a resistor (R1) and the voltages at two nodes (1,2) and (2,0).

```
*****  
V1      I (R1)  
1.000E+02  2.000E+00  
  
□  
**** 04/24/20 11:41:23 ***** Evaluation PSpice (Nov 1999) *****  
  
EXEMPLO  
  
****      DC TRANSFER CURVES              TEMPERATURE =  27.000 DEG C  
  
*****  
  
V1      V(1,2)   V(2,0)  
1.000E+02  4.000E+01  6.000E+01
```

The status bar at the bottom left indicates the simulation status: "Simulation running... No recognized product configuration selected. EXEMPLO Reading and checking circuit Circuit read in and checked, no errors DC Analysis DC Analysis finished". The status bar at the bottom right shows the simulation parameters: "Start = 100 V1 = 100 End = 100".

(Parte II) Sintaxe dos Comandos

- ✓ Cada elemento do circuito possui nome único que o identifique
- ✓ A primeira letra especifica o tipo de elemento.

	Resistor	R		Fonte de corrente independente	I	 KI_nV	Fonte de tensão controlada por corrente	H
	Capacitor	C	 KI_nA	Fonte de corrente controlada por corrente	F		Diodo	D
	Indutor	L	 KV_nA	Fonte de corrente controlada por tensão	G		Transistor	Q
	Fonte de Tensão independente	V	 KV_nV	Fonte de tensão controlada por tensão	E			

(Parte II) Sintaxe dos Comandos


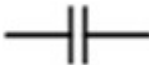

- ✓ O SPICE não é *case sensitive*
- ✓ O valor do elemento é dado em unidades do SI
- ✓ Valores fracionários fornecidos com ponto decimal
- ✓ Valor Exponencial: E3; E-3; E6; etc

Potencia de dez	Nome no SI	Sufixo do SPICE
-15	femto	f ou F
-12	pico	p ou P
-9	nano	n ou N
-6	micro	u ou U
-3	mili	m ou M
3	kilo	k ou K
6	mega	meg ou MEG
9	gica	g ou G
12	tera	t ou T

Unidade	Abreviatura
Volt	V
Ampère	A
Hertz	HZ
ohm (Ω)	OHM
Henry	H
Farad	F
graus	DEG



(Parte II) Sintaxe dos Comandos

- Formato para descrever elementos passivos:
<Elemento> <Nó+> <Nó-> <Valor>


	Resistor	R	R1 1 0 100K
	Capacitor	C	C1 1 2 4.7n
	Indutor	L	L1 3 0 10m

(Parte II) Sintaxe dos Comandos

- Formato para descrever fontes independentes:
<Fonte> <Nó+> <Nó- > <Tipo> <Valor>

	Fonte de corrente independente	I	I1 0 1 DC 1M
	Fonte de Tensão independente	V	V1 2 0 DC 6V

- Formato para descrever FCCC:
<Fonte> <Nó+> <Nó- > <Vnome> <Ganho>


 KInA	Fonte de corrente controlada por corrente	F	F1 1 5 Vnome 5
---	---	---	----------------

↓
Fonte de Tensão Independente

(Parte II) Sintaxe dos Comandos

- Formato para FCCT:

<Fonte> <Nó+> <Nó- > <controle +> <controle-> <Ganho>

 KV _n A	Fonte de corrente controlada por tensão	G
--	---	---


G1 1 2 NA NB 5



Nós que definem as tensões de controle

- Formato para FTCC:

<Fonte> <Nó+> <Nó- > <Vnome> <Ganho>

 KI _n V	Fonte de tensão controlada por corrente	H
--	---	---

H1 1 0 Vnome 5




Fonte de tensão independente

(Parte II) Sintaxe dos Comandos

- Formato para FTCT:

<Fonte> <Nó+> <Nó- > <controle +> <controle-> <Ganho>

 KV _n V	Fonte de tensão controlada por tensão	E
--	--	---

E1 1 0 NA NB 10



Nós que definem as
tensões de controle

(Parte II) Sintaxe dos Comandos

Fontes DC

- Ponto de operação
- Função de transferência
- Análise DC

- ✓ Obter todas tensões nodais, correntes nos ramos, potência e correntes em fontes existentes
 - **.OP**

(Parte II) Sintaxe dos Comandos

Fontes DC

- Ponto de operação
- Função de transferência
- Análise DC

- ✓ Fornece o ganho para pequenos sinais, resistências de entrada e saída de um circuito;
- ✓ Usado também para o cálculo do equivalente de Thévenin
 - **.TF <Variável de Saída> <Fonte de Entrada>**
- ✓ Varredura em corrente contínua para o circuito entre valores pré-determinados.
 - **.DC <Var. Varredura> <Valor Ini.> <Valor Fim> <Passo>**

(Parte II) Sintaxe dos Comandos

Fontes com Frequência Variável

- Análise AC

- ✓ Resposta em frequência do circuito sobre uma faixa de frequências pré-determinada.
 - **.AC <Tipo> <pontos> <Freq. inicial> <Freq. final>**
 - Ex: **.AC LIN 200 10 100KHZ**

OCT - oitavas

DEC - décadas

(Parte II) Sintaxe dos Comandos

Fontes Variantes no Tempo

- Análise de Fourier
- Análise de transitórios

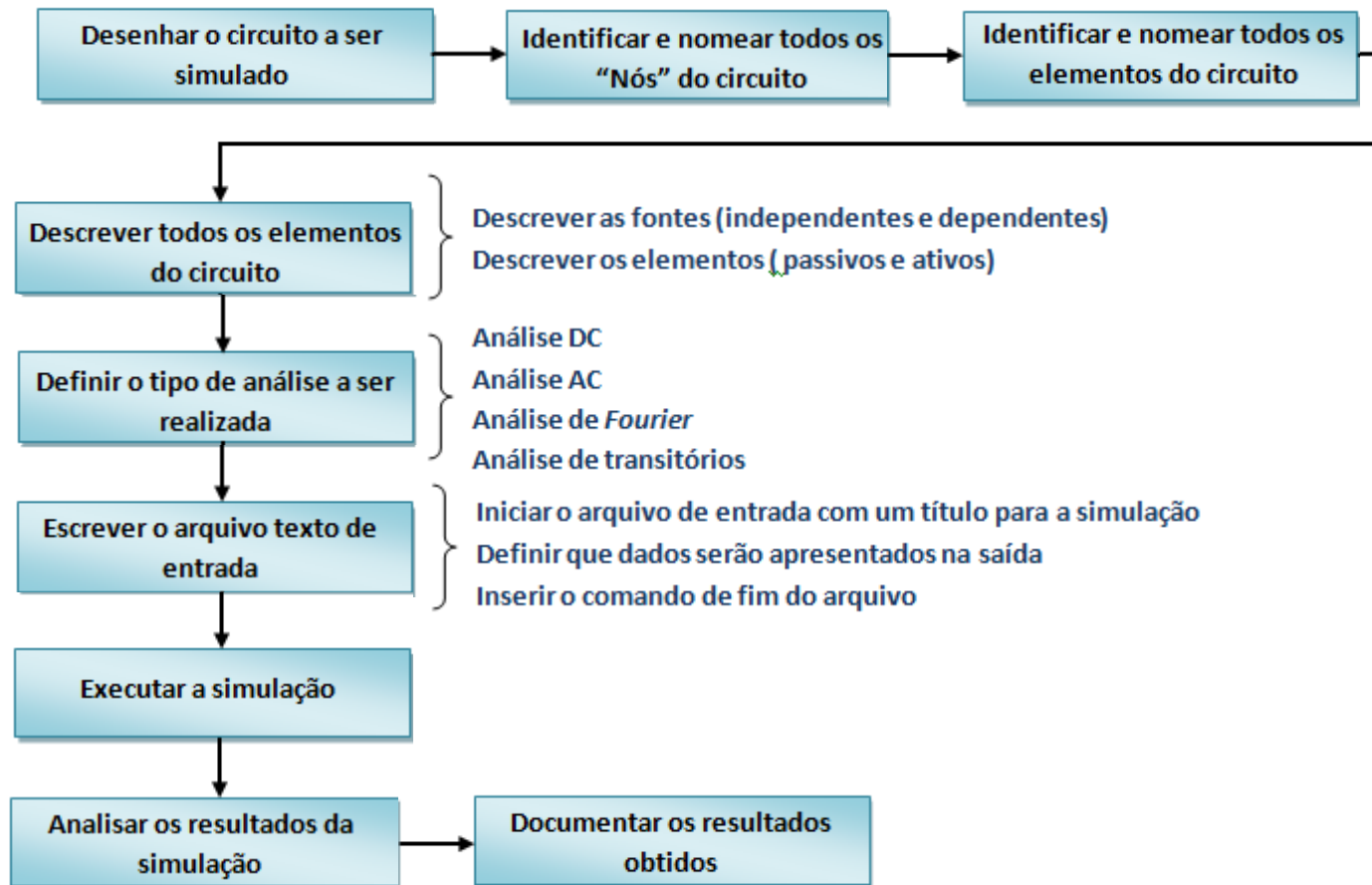
- ✓ Produz uma decomposição em componentes de Fourier
 - **.FOUR <Frequência> <Var1> <Var2>...<VarN>**
- ✓ Efetua a análise de transitório do circuito de t=0s até o valor estipulado.
 - **.TRAN <Passo> <Tempo Final> UIC**

(Parte II) Sintaxe dos Comandos

✓ Controles de Saída

- **.PRINT <Tipo de Análise> [Variáveis de Saída]**
- **.PLOT <Tipo de Análise> [Variáveis de Saída]**

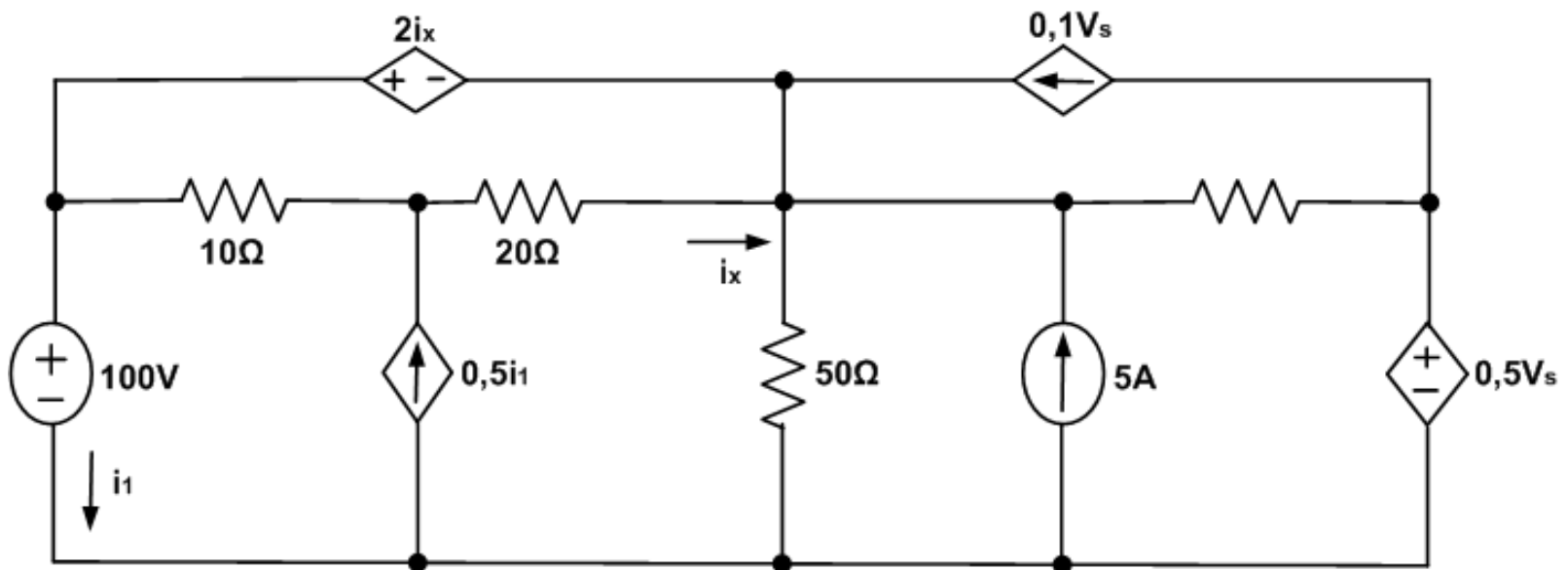
(Parte II) Etapas da Simulação



(Parte III) Exemplos

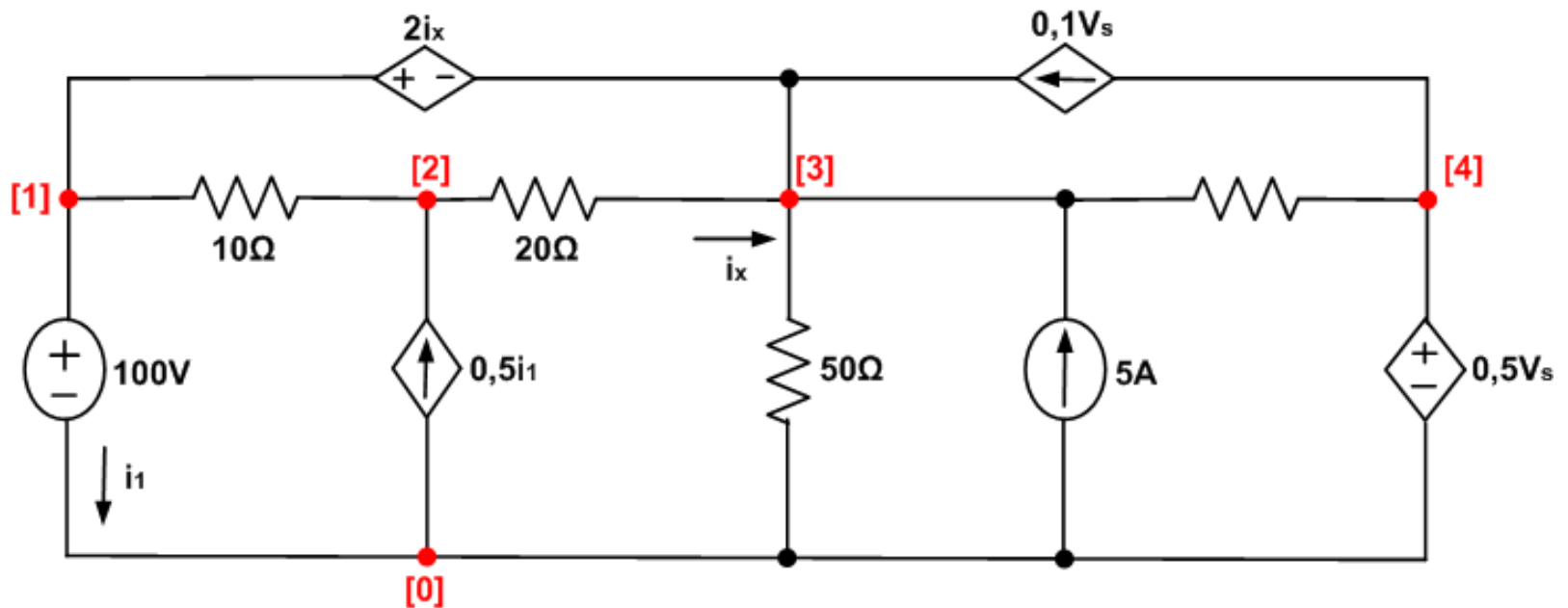
Exemplo 1:

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 $20\ \Omega$.



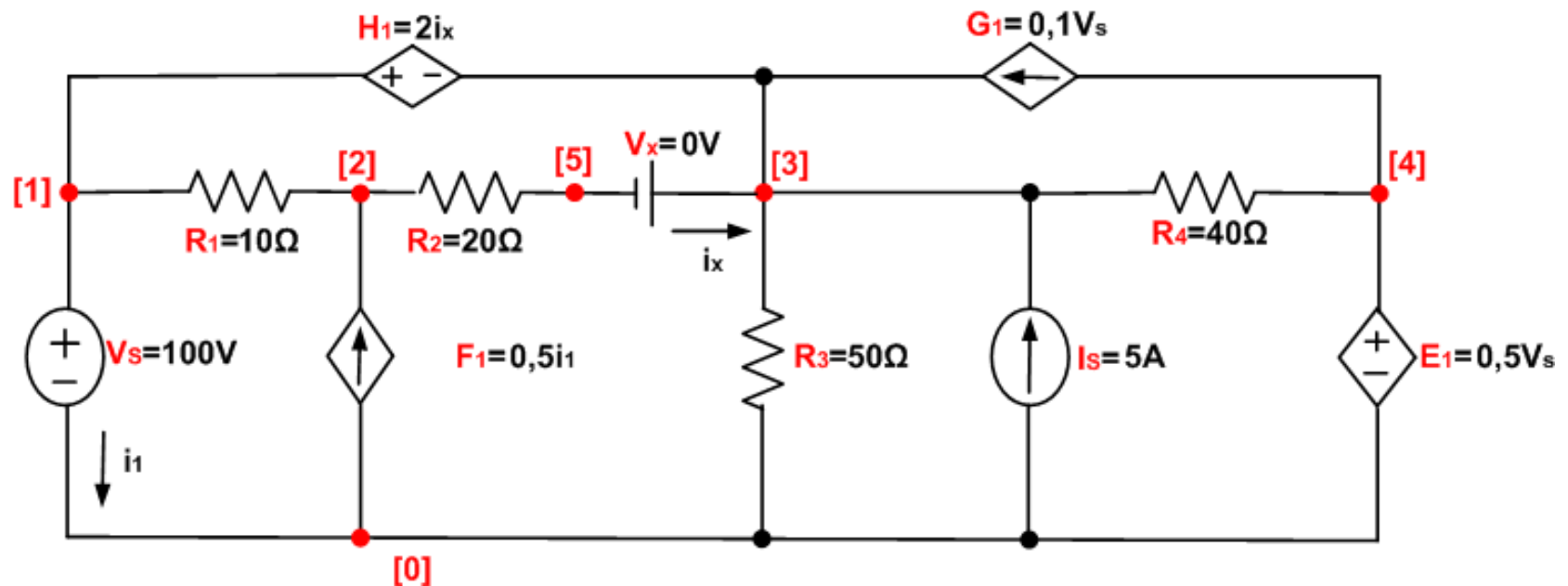
(Parte III) Exemplos

- ✓ Identificação dos nós do circuito



(Parte III) Exemplos

✓ Identificação dos elementos do circuito



(Parte III) Exemplos

✓ Netlist

*DESCRICAO DAS FONTES DE TENSÃO E CORRENTE

*FONTES DE TENSÃO INDEPENDENTES

Vs 1 0 DC 100

Vx 5 3 DC 0;ARTIFICIO PARA MEDICAO DE CORRENTE

*FONTES DE CORRENTE INDEPENDENTES

Is 0 3 DC 5

*FONTES DE TENSÃO CONTROLADA POR TENSÃO

E1 4 0 1 0 0.5

*FONTES DE TENSÃO CONTROLADA POR CORRENTE

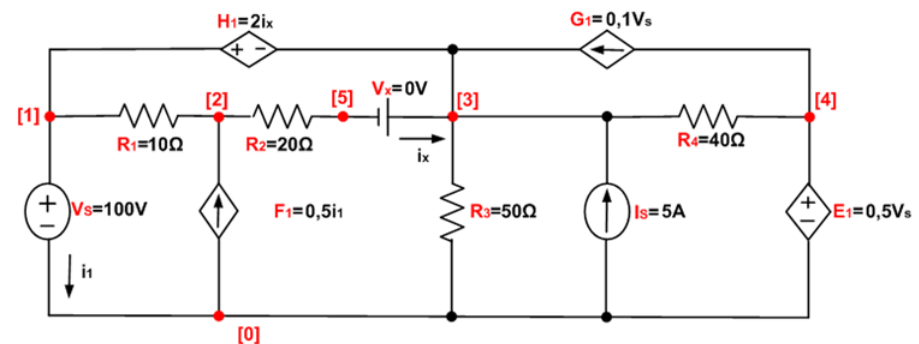
H1 1 3 Vx 2

*FONTES DE CORRENTE CONTROLADA POR CORRENTE

F1 0 2 Vs 0.5

*FONTES DE CORRENTE CONTROLADA POR TENSÃO

G1 4 3 1 0 0.1



(Parte III) Exemplos

*DESCRICAO DOS ELEMENTOS PASSIVOS

*RESISTORES

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

*TIPOS DE ANALISES|

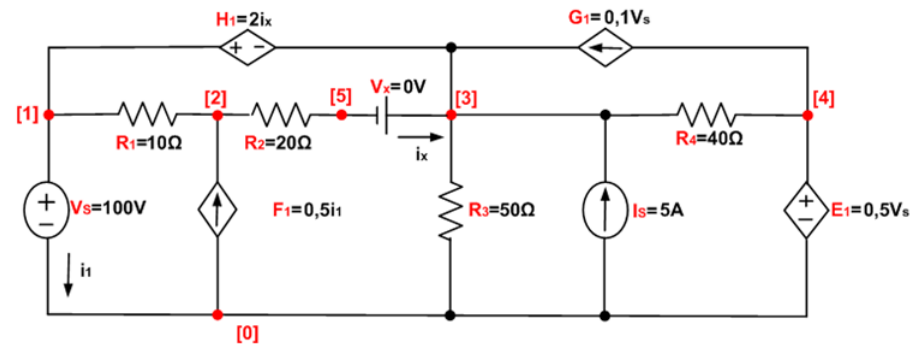
```
.DC Vs 100 100 5V
.TF V(2,5) Vs
```

*IMPRESSAO DAS INFORMACOES DE SAIDA

```
.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
```



(Parte III) Exemplos

✓ Informações de Saída (.out)

```
****      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
```

← Correntes

```
****      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
```

← Tensões

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

**** SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS

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

INPUT RESISTANCE AT Vs = -7.169E+00

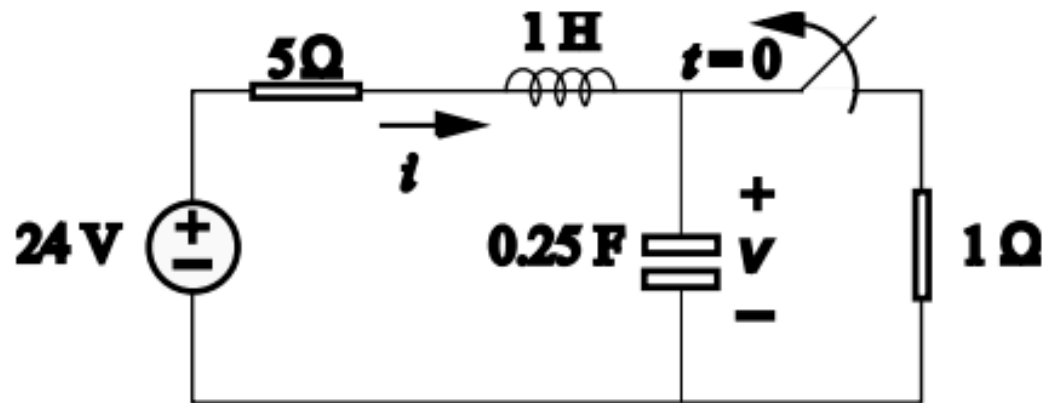
OUTPUT RESISTANCE AT V (2,5) = 5.240E+00

← Resistência de Thévenin

(Parte III) Exemplos

Exemplo 2

Para o circuito abaixo calcule $i(t)$ para $t > 0$. Considere $i(0) = 4\text{A}$ e $V(0) = 4\text{V}$.



(Parte III) Exemplos

Resolução exemplo 02:

```
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
```

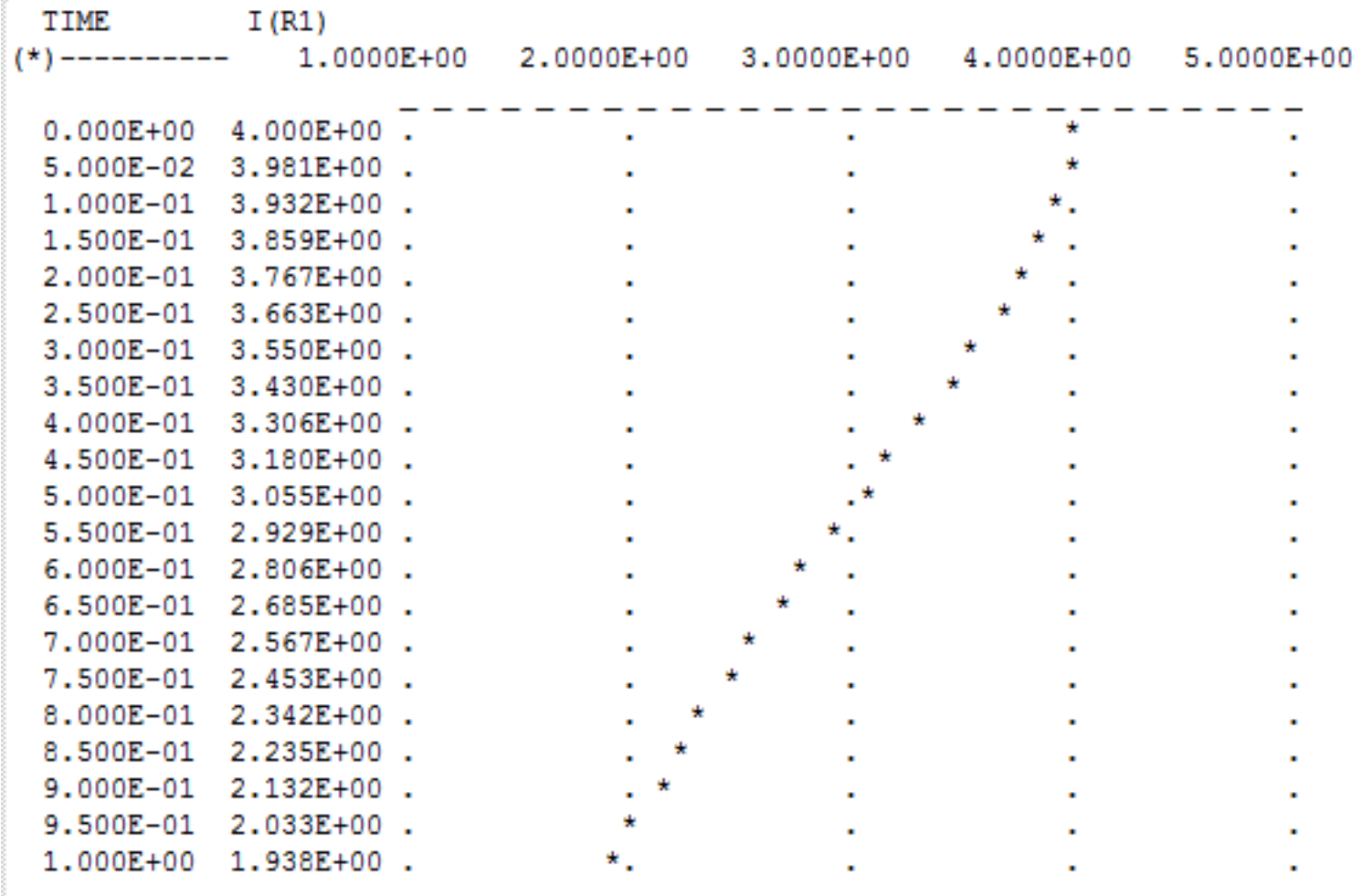
Definindo condições
iniciais

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

Visualizar regime transitório

(Parte III) Exemplos

✓ Informações de Saída (.out)



(Parte III) Material de Apoio

JOHNSON, David E., *et. al. Fundamentos de Análise de Circuitos Elétricos*, 4a ed. Editora LTC. Rio de Janeiro, 2000.

RASHID, Muhammad. H. *Spice for Circuits and Electronics Using Pspice*, 2nd 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.

TUINENGA, Paul W. *Spice: A Guide to Circuit Simulation and Analysis Using Pspice*, 3rd 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*, 4a ed. Pearson Makron Books, 2000

Introdução à Análise de Circuitos Elétricos Utilizando “SPICE”

Atendimento:

Sexta-feira: 16:00 às 17:30h

Datas importantes:

Exercício 1 – 15/05/2020

Exercício 2 – 05/06/2020

Exercício 3 – 26/06/2020

Paulo Estevão Teixeira Martins
pauloetm@usp.br