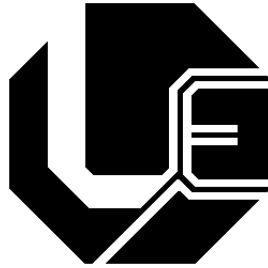


Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Engenharia Elétrica



Uma Breve Introdução ao Simulador

Microsim PSpice

Simulador de Circuitos Eletrônicos

Elvio Prado da Silva

Terceira Edição
21 de agosto de 2003

Sumário

Sumário	ii
Apresentação	iii
1 Histórioco do PSpice	1
2 Abrindo o Schematics	2
3 Criando e Simulando um Aplicativo	4
3.1 Inserindo Componentes	4
3.2 Desenhando Linhas (fios de conexão)	5
3.3 Editando os Valores dos Componentes	6
3.4 Definindo os Cálculos da Simulação	6
3.5 Simulando	8
4 Alguns componentes úteis	9
4.1 Fontes	9
4.2 Transformadores	11
4.2.1 Transformadores 1Φ	11
4.2.2 Transformadores 3Φ	13
4.2.3 Tiristores - Retificadores Controlados	13
Lista de Figuras	16
Índice Remissivo	17

Apresentação

Sobre o conteúdo deste tutorial:
◇
Esta apostila foi escrita por Elvio

Prado da Silva, utilizando
o processador de textos L^AT_EX.

Este foi escrito para auxílio nas aulas de Laboratório de Eletrônica Industrial. Este tutorial será breve e bem direcionado o suficiente para simulação de circuitos eletrônicos de uso geral de matérias ministradas no curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia. O material foi escrito utilizando como ferramenta o simulador OrCAD Release 9.2, onde em sua instalação personalizada permite a instalação do Schematic da antiga versão 8.0, que o autor acredita ser mais simples e didático que o Capture Cis da versão 9.2. Esta versão do software permite a utilização da interface da versão 8.0 com os benefícios e atualizações da versão 9.2. Aos que desejam utilizar o Capture Cis da versão 9.2, sugiro a apostila de OrCAD do Gustavo Malagoni, que deve inclusive ser utilizada como material complementar a este.

◇

Espero que aproveitem bastante este material!

Elvio - 21 de agosto de 2003

Capítulo 1

Histórioco do PSpice

O simulador de circuitos PSpice foi criado pela empresa Microsim, e em poucos anos já era o simulador de circuitos eletrônicos mais utilizado do mundo. Cada ano que passava, uma nova versão era desenvolvida.

A Microsim desenvolveu seu software até a versão 8.0, com o nome de Microsim PSpice. O software PSpice foi vendido para a empresa Cadence Design Systems, que por sua vez queria mudar a "cara" deste software. Não mudou só a "cara", mas também o nome para OrCAD.

O software PSpice, responsável pelos cálculos matemáticos do simulador continuou o mesmo, mas o Layout de desenho mudou-se e o ambiente onde são mostrados os gráficos (Probe) teve uma leve mudança com a adição de muitas ferramentas úteis.

A primeira versão do software OrCAD é a versão 9.0 e a última da Microsim é a 8.0, confirmando a linhagem do software.

Como o simulador da Microsim já era utilizado à vários anos pelos engenheiros eletrônicos, os antigos usuários tiveram uma certa "resistência" à nova versão do produto, por já estarem acostumados com a versão anterior. Pensando nestes fiéis usuários, a empresa Cadence lançou na versão 9.2 a versão 8.0, ou seja, quem gostou da nova "cara", utiliza o Capture Cis, já os "dinossáuros" utilizam o Schematics, onde ambos realizam seus cálculos no PSpice da versão 9.2 e plotam gráficos no Probe também desta versão. Para instalar o Schematics da versão 8.0 no OrCAD 9.2 basta escolher instalação personalizada e selecionar o Schematics na lista apresentada.

As vantagens da utilização do PSpice da versão 9.2 é a de conter bibliotecas mais atualizadas e o ambiente Probe conter ferramentas excelentes e indispensáveis para a captura e utilização dos gráficos após simulados.

Eu, como antigo usuário do simulador, acho mais simples e didático a versão 8.0, onde a configuração é bem simples de entender e utilizar, logo, esta apostila se restringirá ao Schematics da versão 8.0 e ao PSpice e Probe da versão 9.2.

Capítulo 2

Abrindo o Schematics

A partir de agora todo este material se referenciará ao Schematics da versão 9.2

Para abrirmos o schematics realizamos como mostra a figura 2.1:

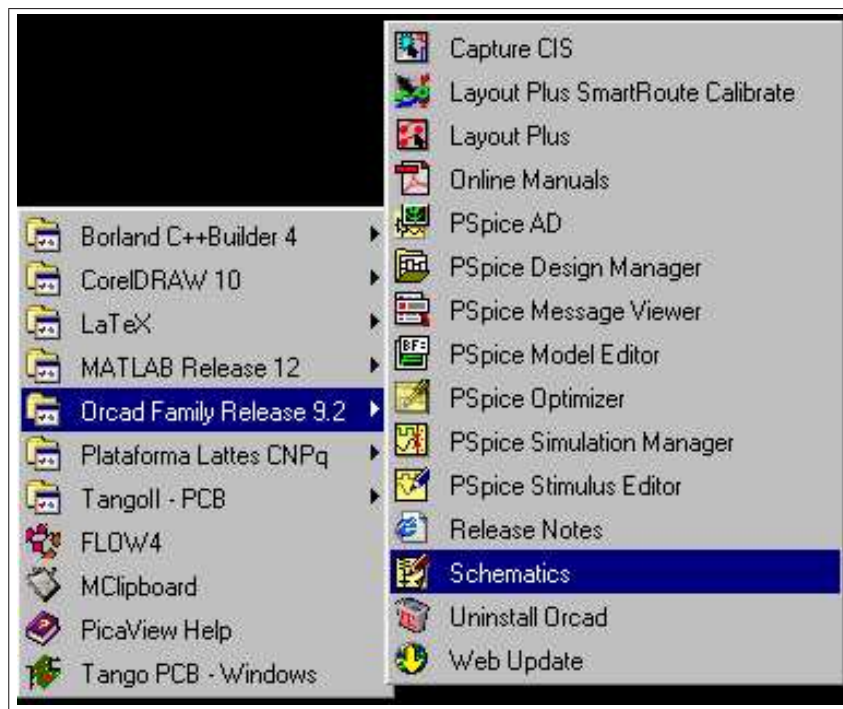


Figura 2.1: *Menu Iniciar*

Após aberto veremos o ambiente de desenho do Schematics, como mostra a figura 2.2:

A utilização este ambiente é bem simples, como mostraremos nos capítulos subsequentes.

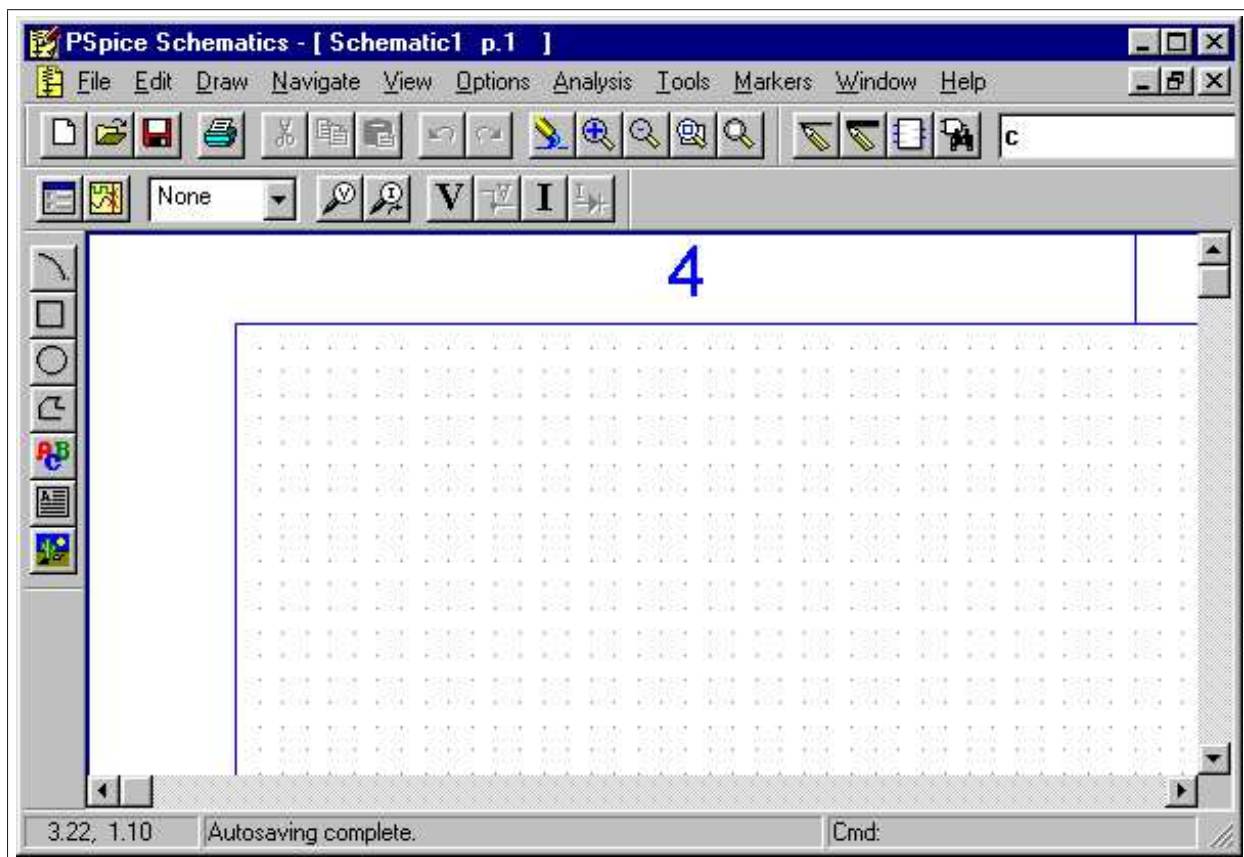


Figura 2.2: *Ambiente de desenho do Schematics*

Capítulo 3

Criando e Simulando um Aplicativo

A melhor maneira de entender alguma coisa é explicando com um exemplo. Então faremos a simulação de um circuito bem simples, apenas uma fonte senoidal com uma carga resistiva.

3.1 Inserindo Componentes

Para inserir componentes ao desenho de nosso circuito, utilizamos a ferramenta Get New Part, que pode ser acessada pelos comandos *Draw \ GetNewPart* ou acessando o atalho de teclado *Ctrl + G*, ou ainda clicando sobre o ícone mostrado na figura 3.1 .

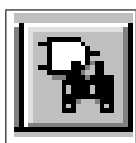


Figura 3.1:
Get New Part

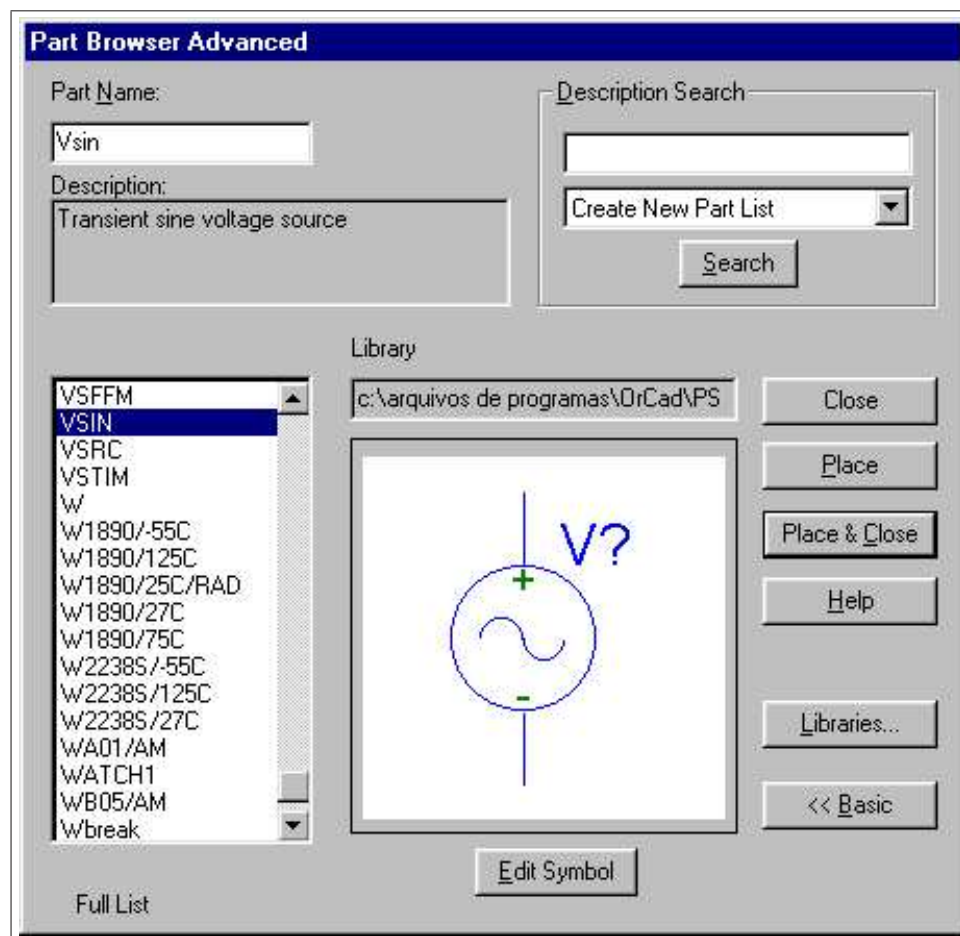
Agora podemos iniciar o desenho de nosso circuito. Acione o comando Get New Part como orientado anteriormente e você verá a janela Part Browser Advanced, como mostra a figura 3.2 .

Digite VSIN em Part Name , e irá aparecer o símbolo do componente referente ao gerador de função senoidal. Clique no botão Place & Close e coloque o componente no Schematic. Observe que a cada clique é adicionado mais um componente VSIN com nome diferente (V1, V2, V3, ...), para cancelar, basta precionar a tecla ESC do teclado ou apenas dar um clique com o botão direito do mouse.

Para deletar os componentes adicionados indesejadamente somente selecione-o e precione a tecla DELETE do teclado.

Ative novamente o comando Get New Part e digite R para colocarmos a respectiva carga resistiva.

Para rotacionar o componente basta precionar as teclas Ctr+R no teclado.

Figura 3.2: *Part Browser Advanced*

3.2 Desenhando Linhas (fios de conexão)

Para desenharmos os fios de conexão no desenho de nosso circuito, utilizamos a ferramenta Draw Wire, que pode ser acessada pelos comandos *Draw \ Wire* ou acessando o atalho de teclado *Ctrl + W*, ou ainda clicando sobre o ícone mostrado na figura 3.3.

Figura 3.3:
Draw Wire

Observe que esta ferramenta faz o cursor do mouse se tornar um lápis. Para desenharmos basta dar um clique em uma das extremidades do componente, leve o cursor (lápis) até a extremidade do outro componente e depois dê outro clique, observe que a ligação foi feita. Para conferir a ligação, basta clicar em um dos componentes e arrastá-lo, se os fios forem arrastados unidos ao componente, a ligação foi feita, caso contrário, ela deve ser refeita.

Dê um clique e solte, NÃO clique e arraste

Precisamos agora adicionar uma referência (TERRA) ao nosso circuito. Chame novamente o comando *Get New Part* e digite EGND ou GND_EARTH, que são os componentes *TERRA* mais utilizados.

Creio que você já tem um circuito parecido com o da figura 3.4.

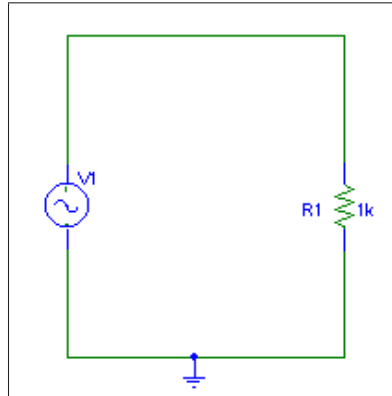


Figura 3.4: *Circuito montado*

3.3 Editando os Valores dos Componentes

Para editar o valor dos componentes basta dar um clique duplo sobre cada um deles e alterar suas propriedades. Em nosso exemplo, dê um duplo clique no resistor e verá a janela de propriedades¹ deste resistor. Poderemos alterar a propriedade **VALUE** para qualquer valor desejado, deixaremos então 1k, como de início.

Para alterar as propriedades do componente **VSIN**, procedemos da mesma forma que o resistor. Altere a propriedade **VOFF**² para 0 (zero) com um duplo clique em **VOFF** e clique no botão "Save Attr", altere a propriedade **VAMPL** para o valor de amplitude que você desejar, alteraremos para 100V e clique no botão "Save Attr", altere a propriedade **FREQ** para o valor de frequência que desejar, colocaremos 10Hz, e clique no botão "Save Attr".

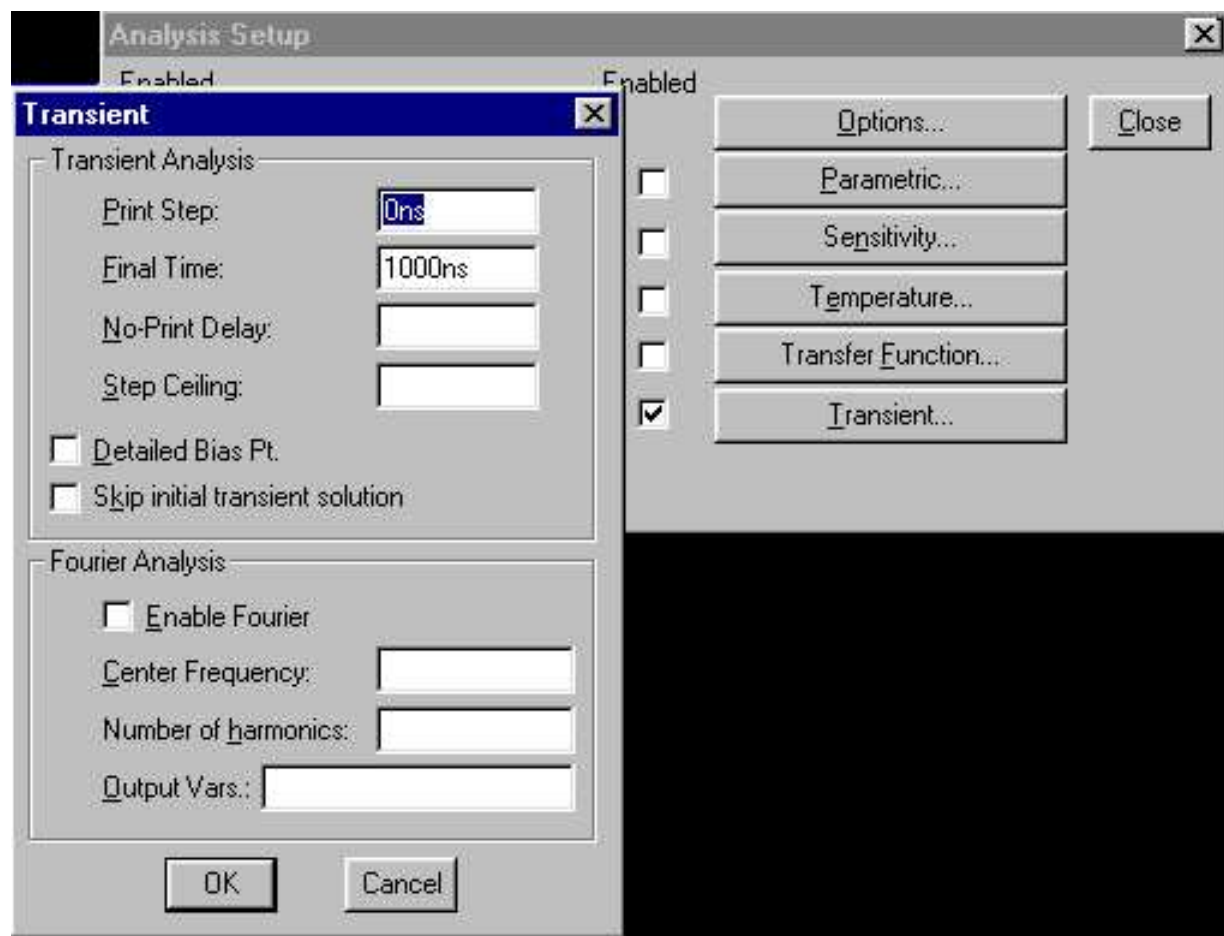
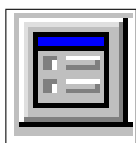
3.4 Definindo os Cálculos da Simulação

Para podermos simular um circuito, devemos definir o **Tempo** e o **Passo**³ de simulação, para isso temos a janela **Transient** mostrada na figura 3.6.

¹Se clicar no texto **R1**, você terá apenas acesso ao guia "Edit Reference Designator", se clicar no texto **1k**, terá acesso apenas ao guia "Set Attribute Value", logo, deve clicar no desenho do componente para ter acesso a todas as propriedades do componente.

²nos capítulos posteriores será explicado o significado destes parâmetros

³Passo: lembra do cálculo numérico? Existia um parâmetro de cálculo que se chamava PASSO, e ele indicava de quanto em quanto tempo deveríamos recalcular uma dada expressão numérica, pois bem, os simuladores trabalham com iterações numéricas do cálculo numérico e ele fornecerá cada ponto do gráfico plotado.

Figura 3.6: *Transient Analysis*Figura 3.5:
Setup Analysis

Podemos acessar esta janela com os comandos Analysis \ Setup e depois clicando no botão Transient, ou podemos clicar no botão Setup Analysis mostrado na figura 3.5.

Na janela Transient Analysis(figura 3.6), podemos definir:

- **Print Step** $\Rightarrow$ Passo de impressão ($\pm 20\text{ns}$);
- **Final Time** $\Rightarrow$ Tempo final de cálculo e de impressão;
- **No-Print Delay** $\Rightarrow$ Calcula mas não imprime no gráfico até que este tempo passe;
- **Step Ceiling** $\Rightarrow$ Passo de cálculo.

Em nosso exemplo, altere a propriedade Print Step para 20ns, como nossa frequência estipulada para a fonte VSIN foi de 10Hz, logo $\frac{1}{10\text{Hz}} = 0.1\text{s}$ ou 100ms, logo Final Time = 100ms, para este circuito não é necessário configurar o No-Print Delay nem o Step Ceiling,

(Final Time = 100ms para plotar somente um período)

pois o No-Print Delay é utilizado quando o circuito possui um transitório indesejado, e o Step Ceiling também não é necessário pois na frequência de 10Hz, o passo padrão (Default) do simulador é suficiente, caso contrário é necessário configurá-lo.

3.5 Simulando

Antes de simular devemos salvar nosso aplicativo.

Após salvar o arquivo devemos indicar em nosso circuito onde queremos medir tensão e corrente, ou seja devemos colocar as "ponteiras de osciloscópio". Podemos acessar estas ponteiras em:

Makers \:

- \Mark Voltage Level $\Rightarrow$ Tensão no ponto aplicado;
- \Mark Voltage Differential $\Rightarrow$ Diferença de potencial;
- \Mark Current Into Pin $\Rightarrow$ Corrente no componente;

Também podemos acessar as ponteiras de tensão e corrente pelos seus atalhos mostrados na figura 3.7.

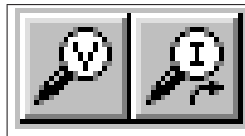


Figura 3.7: *Ponteiras*

Iremos agora simular nosso circuito.

Basta acessar o comando Analysis \ Simulate⁴ ou pela tecla de atalho de teclado F11 ou pelo botão mostrado na figura 3.8.

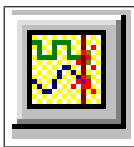


Figura 3.8:
Botão de Simulação

⁴Caso esta simulação em específico estiver demorando muito, basta colocar um capacitor de qualquer valor (ex: 0.001pF, bem pequeno) em paralelo com o resistor, que simulará quase que instantaneamente. Este é um artifício de simulação, ou "macete", que ao longo do tempo você irá descobrindo e/ou criando os teus próprios.

Capítulo 4

Alguns componentes úteis

Mostraremos parâmetros de alguns componentes úteis em todas simulações.

4.1 Fontes

No curso de Eletrônica Industrial somente utilizaremos as fontes VSIM, VDC e VPULSE.

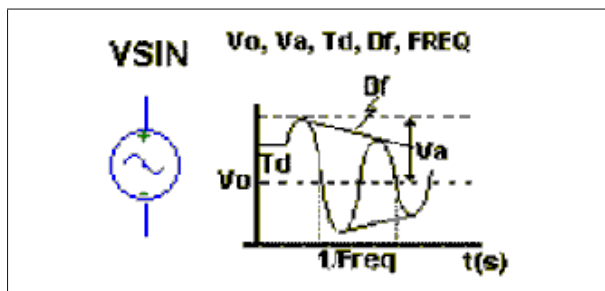


Figura 4.1: *Tensão Senoidal*

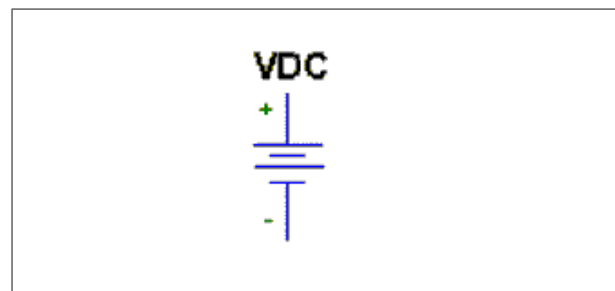


Figura 4.2: *Tensão Contínua*

VSIN:

- VOFF
- VAMPL $\Rightarrow$ Amplitude;
- FREQ $\Rightarrow$ Frequência.

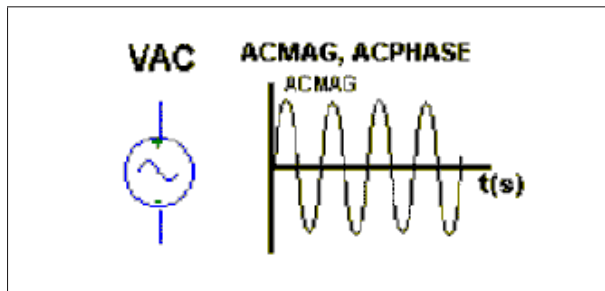


Figura 4.3: Tensão Alternada

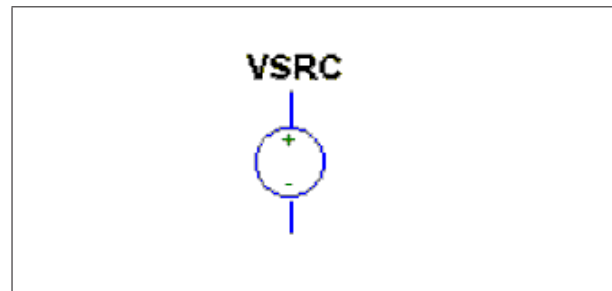


Figura 4.4: VSRC

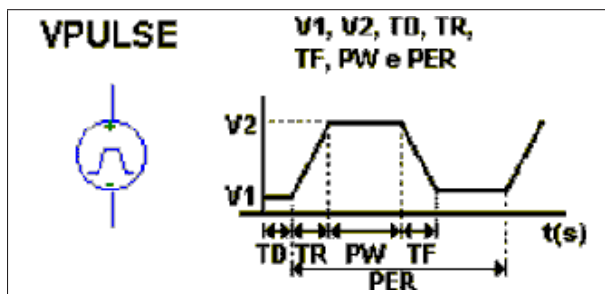


Figura 4.5: VPULSE

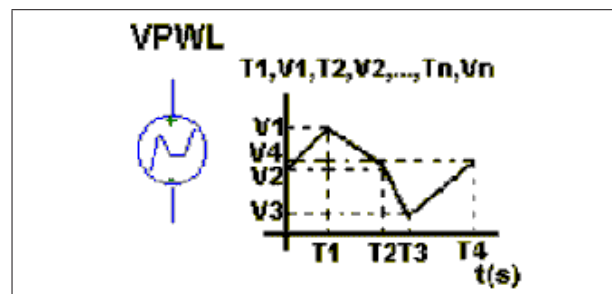
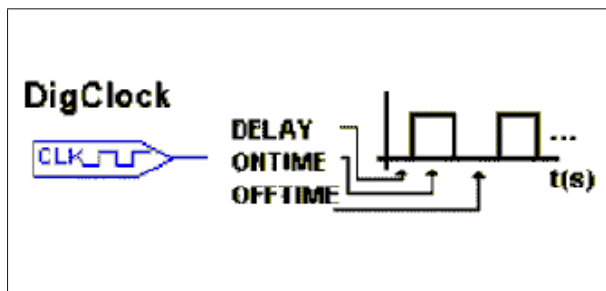
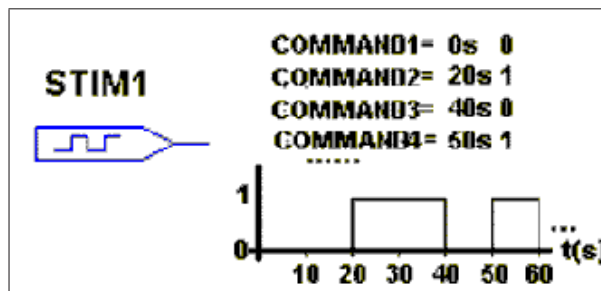
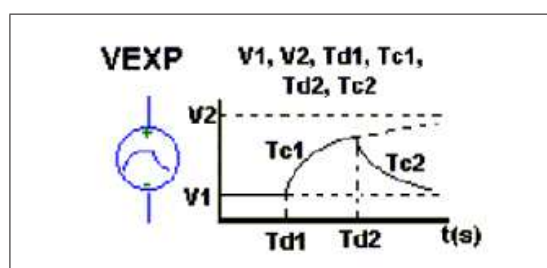


Figura 4.6: VPWL

VPULSE:

- $V1 \Rightarrow$ Tensão mínima;
- $V2 \Rightarrow$ Tensão máxima;
- $TD \Rightarrow$ Time Delay = tempo antes de começar o pulso;
- $TR \Rightarrow$ Time Rise = tempo de subida;
- $TF \Rightarrow$ Time Fall = tempo de descida;
- $PW \Rightarrow$ Pulse Width = largura de pulso;
- $PER \Rightarrow$ Período;

Figura 4.7: *DigClock*Figura 4.8: *StiM1*Figura 4.9: *VEXP*

4.2 Transformadores

No curso de Eletrônica Industrial e demais eletrônicas, não é necessário a simulação completa de um transformador nem sua análise detalhada, para isso existem outras matérias específicas para tal.

Esta apostila se reserva a simulação de transformadores levando-se em conta somente sua indutância interna (que é o objetivo maior da Eletrônica Industrial e Eletrônica de Potência).

Simularemos então, transformadores como sendo indutores acoplados.

Não simularemos relações de transformação nem perdas no ferro

4.2.1 Transformadores 1Φ

Montemos então o circuito como mostra a figura 4.10. Os componentes utilizados foram:

- **Vsim:** $\Rightarrow$ VOFF=0; VAMPL=100V; FREQ=50Hz.
- **R1:** $\Rightarrow$ um valor muito pequeno, ex: VALUE=0.001;
- **R2:** $\Rightarrow$ um valor muito pequeno, ex: VALUE=0.001;
- **R3:** $\Rightarrow$ resistência de carga, ex: VALUE=100;
- **R4:** $\Rightarrow$ um valor muito grande, ex: VALUE=100M;

- **L1:** $\Rightarrow$ VALUE=50uH; REFDES=Lprimario;
- **L2:** $\Rightarrow$ VALUE=50uH REFDES=Lsecundario;
- **TERRA:** $\Rightarrow$ EGND;
- **K_Linear:** $\Rightarrow$ L1=Lprimario; L2=Lsecundario;

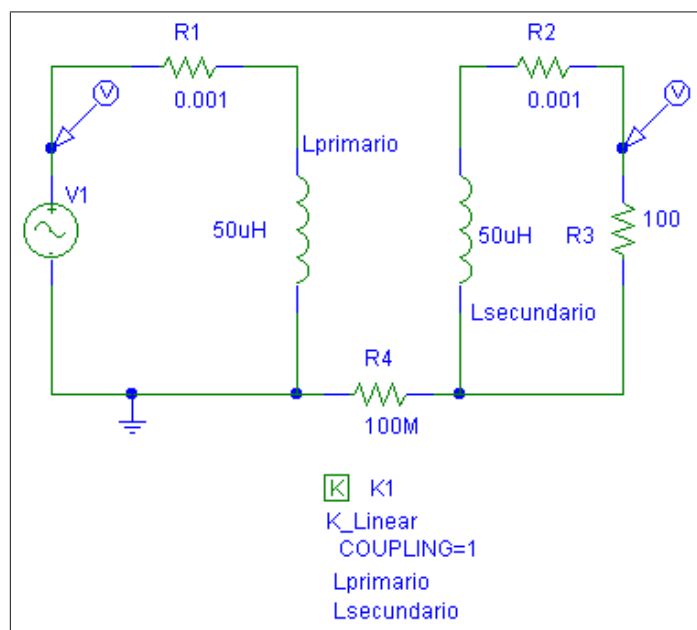


Figura 4.10: Transformadores 1Φ

O que foi feito neste exemplo foi acoplar dois indutores através do componente K_Linear.

Os resistores R1 e R2 de $0,001\Omega$ são utilizados para simular a resistência dos fios do enrolamento do transformador.

O resistor R4 de $100M\Omega$ foi colocado por motivo de simulação, para indicar que o ramo da esquerda está "ligado" ao ramo da direita e possui mesma referência (TERRA). Caso não o coloquemos, o simulador considerará o ramo da esquerda como um circuito independente ao da direita.

Este transformador 1Φ possui relação de transformação de 1:1, logo a tensão de entrada deve ser igual à tensão na saída.

Quanto maior a indutância, melhor é o acoplamento

4.2.2 Transformadores 3 Φ

Consideraremos os transformadores trifásicos como sendo a união de 3 transformadores monofásicos.

Montemos então o circuito da figura 4.11, que é um transformador trifásico tipo Δ -Y.

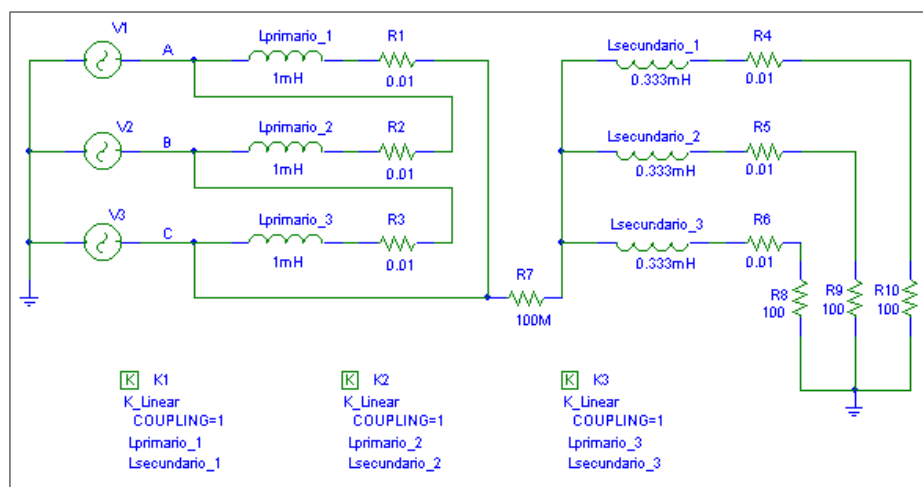


Figura 4.11: Transformador 3 Φ em Δ -Y

Fiquem atentos para as posições dos indutores, em relação aos pontos do transformador e também das configurações das ligações Δ e Y. Observe também que agora temos três acoplamentos (sistema 3 Φ).

Os componentes VSIN deverão estar defasados de 120° um em relação ao outro, logo, sua propriedade PHASE deve ser alterada para 0, -120° e +120° ou 0, 120° e 240°.

Os pontos se referem ao sentido de enrolamento do transformador

4.2.3 Tiristores - Retificadores Controlados

Tiristores são retificadores controlados. Possuem as mesmas propriedades dos diodos, mas com a ressalva de podermos manipular esta retificação, ou seja, podemos através de uma lógica de controle disparar este tiristor no momento em que desejarmos, logo, podemos utilizá-los como chaves.

Os diodos possuem dois pólos, Catodo (K) e Anodo (A). Em se tratando de tiristores também temos Catodo e Anodo, e também um terceiro pino que chamamos de Gate (G).

Os disparos de Gate se dão injetando um sinal neste pino, conforme especificado em sua folha de dados (Datasheet). O mais comum é injetar ondas quadradas, PWM (modulação por largura de pulso) ou simplesmente um sinal DC, conforme aplicação.

A característica marcante dos tiristores em relação às demais chaves como Transistores Bipolares, Mosfets, JFETs, IGBTs e outras, é que os tiristores quando disparados pela primeira vez, mantém-se comutando mesmo retirando-se o pulso em seu gatilho, logo, para "desligá-lo" devemos fazer com que o sinal retificado vá a zero ou curtcircuitamos Catodo e Anodo.

Gate, traduzindo significa portão mas trataremos como gatilho que é mais fácil de associar com disparo.

Montemos então o Retificador Monofásico Controlado de Meia Onda como mostra a figura 4.12:

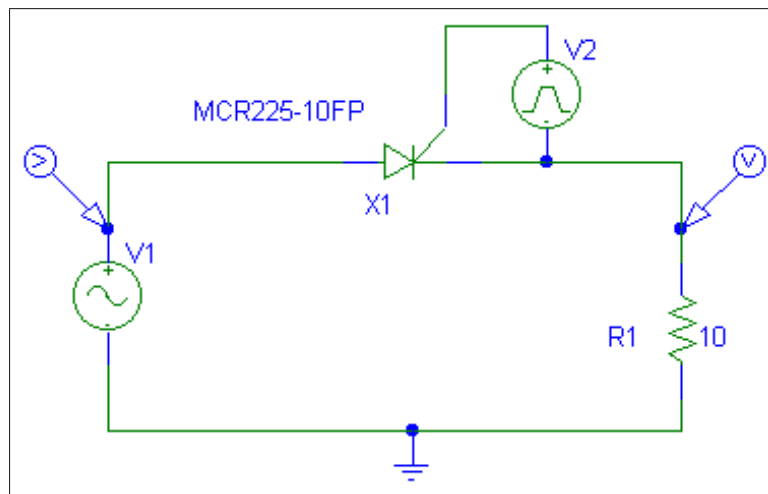


Figura 4.12: *Retificador monofásico controlado de meia onda*

Pede-se que disparemos o tiristor à 60° da referência zero. Neste caso, faremos uma regra de três simples para calcularmos quantos milissegundos equivale a 60° , para um período de 20ms($f=50\text{Hz}$), temos:

$$\begin{array}{lcl} 360^\circ & \longrightarrow & 20\text{ms} \\ 60^\circ & \longrightarrow & X \end{array}$$

$$X = \frac{60 \cdot 20\text{ms}}{360} = \boxed{3,3333\text{ms}}$$

Logo, $60^\circ = 3,333\text{ms}$.

Os componentes utilizados na configuração da figura 4.12 são:

- V1 $\Rightarrow$ VSIN $\Rightarrow$ VOFF=0, VAMPL=100V, FREQ=50Hz
- V2 $\Rightarrow$ VPULSE $\Rightarrow$ V1=0, V2=15V, TD=3.333ms, TR=1ns, TF=1ns, PW=2ms, PER=20ms
- R $\Rightarrow$ 10 Tiristor $\Rightarrow$ MCR225

Para esta simulação, o Transient Analysis está configurado para Print Step de 20ns, Final Time de 40ms e Step Ceiling de 0.1ms.

A simulação final será como mostra a figura 4.13:

Final time de 40ms equivale a 2 períodos completos em $f=50\text{Hz}$.

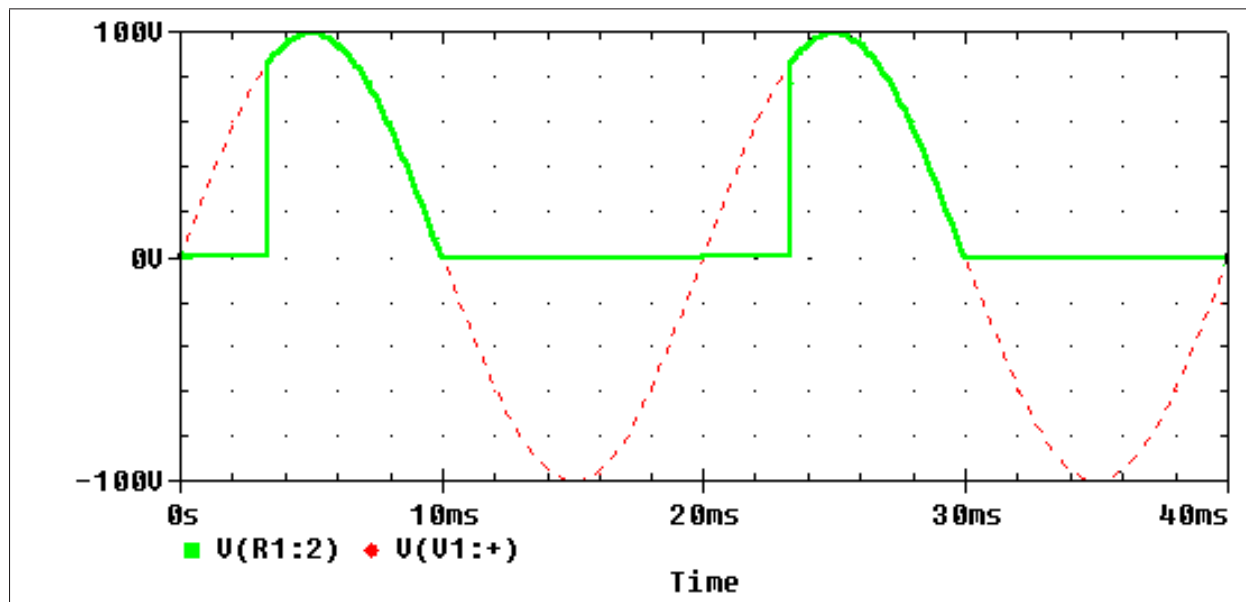


Figura 4.13: *Simulação do Retificador Monofásico Controlado de Meia Onda*

Como a forma de onda de entrada é uma senóide, Não foi necessário um circuito de controle que desligasse o tiristor pois a senóide passa por zero a cada meio período.

Lista de Figuras

2.1	<i>Menu Iniciar</i>	2
2.2	<i>Ambiente de desenho do Schematics</i>	3
3.1	<i>Get New Part</i>	4
3.2	<i>Part Browser Advanced</i>	5
3.3	<i>Draw Wire</i>	5
3.4	<i>Circuito montado</i>	6
3.6	<i>Transient Analysis</i>	7
3.5	<i>Setup Analysis</i>	7
3.7	<i>Ponteiras</i>	8
3.8	<i>Botão de Simulação</i>	8
4.1	<i>Tensão Senoidal</i>	9
4.2	<i>Tensão Contínua</i>	9
4.3	<i>Tensão Alternada</i>	10
4.4	<i>VSRC</i>	10
4.5	<i>VPULSE</i>	10
4.6	<i>VPWL</i>	10
4.7	<i>DigClock</i>	11
4.8	<i>StiM1</i>	11
4.9	<i>VEXP</i>	11
4.10	<i>Transformadores 1Φ</i>	12
4.11	<i>Transformador 3Φ em Δ-Y</i>	13
4.12	<i>Retificador monofásico controlado de meia onda</i>	14
4.13	<i>Simulação do Retificador Monofásico Controlado de Meia Onda</i>	15

Índice Remissivo

- amplitude, [6](#)
- Anodo (A), [13](#)
- Cadence Design System, [1](#)
- Cancelar, [4](#)
- Catodo (K), [13](#)
- chaves, [13](#)
- conferir ligação, [5](#)
- Controlado, [14](#)
- controle, [15](#)
- Datasheet, [13](#)
- defasagem, [13](#)
- diodos, [13](#)
- disparo, [13](#)
- Draw Wire, [5](#)
- Fios de Conexão, [5](#)
- Fontes, [9](#)
- FREQ, [6](#), [9](#)
- frequencia, [6](#)
- Gate, [13](#)
- Gatilho, [13](#)
- gatilho, [13](#)
- Gerador de função, [4](#)
- Get New Part, [4](#)
- Histórico, [1](#)
- IGBT, [13](#)
- indutância, [11](#)
- Inserindo Componentes, [4](#)
- JFET, [13](#)
- K_Linear, [12](#)
- lápiz, [5](#)
- lógica de controle, [13](#)
- Linhas, [5](#)
- MCR225, [15](#)
- Meia Onda, [14](#)
- Microsim, [1](#)
- Monofásico, [14](#)
- Mosfet, [13](#)
- ondas quadradas, [13](#)
- OrCAD, [1](#)
- Part Browser Advanced, [4](#)
- Part Name, [4](#)
- passo, [6](#)
- PER, [10](#)
- PHASE, [13](#)
- Place & Close, [4](#)
- ponteiras de osciloscópio, [8](#)
- portão, [13](#)
- Probe, [1](#)
- PW, [10](#)
- PWM, [13](#)
- referência, [5](#), [14](#)
- regra de três, [14](#)
- retificação, [13](#)
- Retificador, [14](#)
- retificadores controlados, [13](#)
- rotacionar componente, [4](#)
- salvar, [8](#)
- Save Attr, [6](#)
- Schematics, [1](#)
- senoidal, [4](#)
- simulador, [1](#)

sinal DC, [13](#)

TD, [10](#)

tempo, [6](#)

Terra, [5](#)

TF, [10](#)

Tiristores, [13](#)

TR, [10](#)

Transformadores, [11](#)

Transistores Bipolares, [13](#)

VALUE, [6](#)

VAMPL, [6](#), [9](#)

VDC, [9](#)

VOFF, [6](#), [9](#)

VPULSE, [9](#)

VSIN, [4](#), [6](#), [9](#)