



INSTITUTO  
SUPERIOR  
TÉCNICO

# Fundamentos de Electrónica Laboratório

## Guia de Utilização do PSPICE

# Guia de Utilização do PSpice

## 1. Introdução

O programa SPICE é um simulador de circuitos direccionado para o projecto de circuitos electrónicos. SPICE é o acrónimo de “*Simulation Program with Integrated Circuits Emphasis*” (Programa de Simulação com Ênfase em Circuitos Integrados).

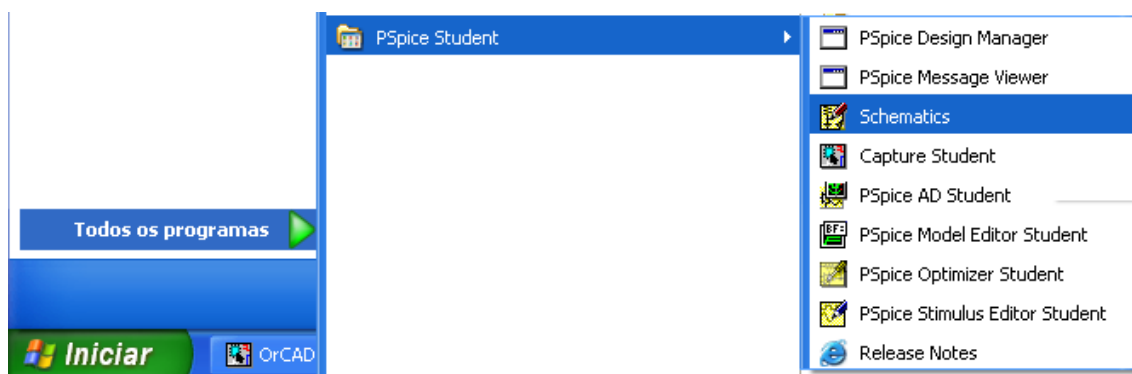
O programa SPICE, na sua primeira versão, foi apresentado por Laurence W. Nagel na sua tese de doutoramento na Universidade da Califórnia em Berkeley em 1972. Inicialmente escrito na linguagem Fortran, este programa passou seguidamente a ser codificado em linguagem C. Trata-se de um programa aberto, bem documentado, continuamente actualizado pela Univesidade de Berkeley e de utilização universal. A sua popularidade extravasou largamente os meios académicos para servir de ponto de partida ao desenvolvimento de muitos programas comerciais virados para o projecto automático de circuitos electrónicos (EDA-*Electronic Design Automation*), tanto na área da microelectrónica como também no campo do projecto de circuitos impressos (PCB-*Printed Circuits Board*). O programa OrCAD (*Oregon Circuit Aid Design*) é um desses exemplos. A correspondente versão demo mais actualizada pode ser descarregada através da Web a partir do sítio da empresa Cadence actual proprietária do programa. Esta mesma empresa dispõe de outras ferramentas de software viradas exclusivamente para a construção de circuitos integrados, mas funcionando em ambiente Unix, ao passo que o programa OrCAD/PSpice funciona em ambiente Windows.

Mais que um programa, o OrCAD é uma plataforma de trabalho que integra uma família de ferramentas de software com o objectivo de assistir ao projecto de circuitos impressos desde a fase do desenho do esquema eléctrico até ao “layout”. O programa PSPICE AD (analógico-digital) é o simulador de circuitos dessa plataforma. Este programa foi criado em 1985 pela empresa MicroSim para adaptar, de forma optimizada, o programa Spice aos computadores pessoais IBM compatíveis que então surgiam. A grande inovação então introduzida foi o programa PROBE que permitia a visualização gráfica dos resultados da simulação. Contudo, em si mesmo, a principal limitação do programa resultava do facto da introdução de dados do circuito (*netlist*) e de comandos ser unicamente possível através de ficheiros de texto com extensão \*.cir. O editor de esquemas eléctricos, Schematic, vem ultrapassar este problema. De dentro desse editor e sem abandonar o modo gráfico, o PSPICE AD pode automaticamente ser iniciado e correr com base na netlist contida no ficheiro \*.cir também criado previamente de modo automático. A aplicação Capture permite criar um ambiente gráfico onde, entre outras, estas três aplicações se integram. No entanto, quando o

objectivo é apenas a simulação de circuitos eléctricos, uma versão simplificada do programa CAPTURE, denominada *Schematics* criada pela *MicroSim* será provavelmente a mais adequada. Para além da edição de esquemas esta aplicação apresenta a vantagem suplementar de permitir editar, modificar e criar a sua própria biblioteca de símbolos. Esta aplicação veio incluída na versão OrCAD 9.1, cuja versão demo é denominada **PSPICE Student** e que pode ser descarregado através do Fénix a partir da página da disciplina ou de qualquer outro sítio da Web. Esta é a única versão **DEMO** da OrCAD/CADENCE que permite a edição e criação de símbolos com mais de dois terminais. Será este o programa de simulação de circuitos que utilizaremos nesta cadeira. No decurso da correspondente instalação não se esqueça de activar a opção **Schematics**.

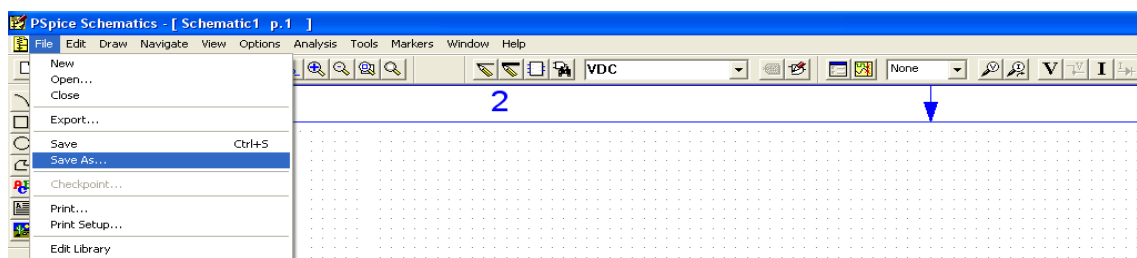
## 2. Desenho do esquema eléctrico a simular

Crie uma pasta em C:\ para as suas simulações com o PSPICE. Note que o PSPICE não reconhece as pastas em directorias com caminhos de acesso complexos com mais de quatro níveis hierárquicos. Em seguida abra o programa **Schematics** como a seguir se indica, *Fig.1*.



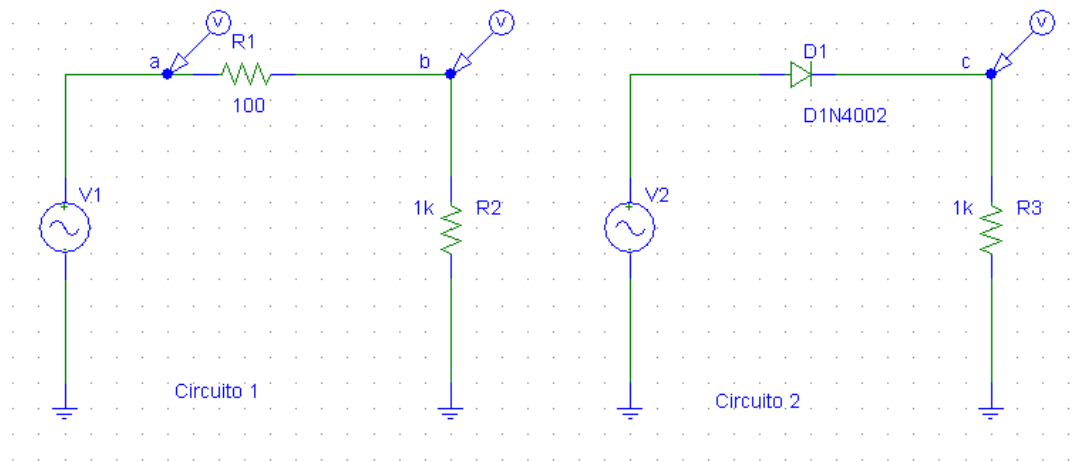
*Fig.1*

Abriu-se de imediato a página 1 do esquema com o título *Schematic1*, *Fig.2*.




*Fig.2*

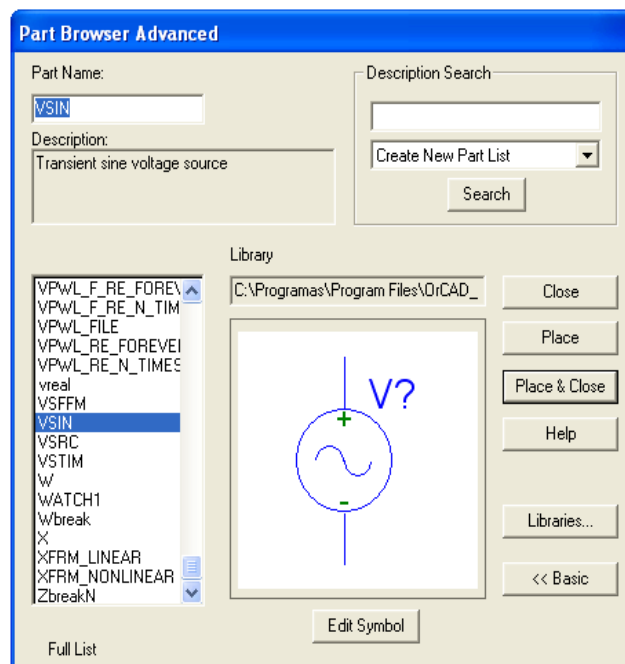
Active o menu **File>Save As...** do editor de esquemas, *Fig.2*, e salve para a pasta que criou este ficheiro com um novo título à sua escolha. Sobre esta página do esquema e cumprindo as etapas a seguir indicadas deverá desenhar os dois circuitos que se apresentam, *Fig.3*.



*Fig.3*

## 2.1 Seleccionar e colocar os símbolos dos elementos dos circuitos

Comece por activar o botão **“Get New Part”**  da barra de ferramentas de forma a surgir a caixa **“Part Browser Advanced”** indicada na *Fig.4*. Procure o gerador de tensão alternada sinusoidal e, depois de activar o botão **“Place”**, coloque sobre a página do esquema dois destes geradores.





*Fig.4*

Qualquer elemento pode ser colocado sobre a página as vezes que se queira premindo para tal, de cada vez, o botão esquerdo do rato. Esse elemento deixará de ser seleccionado se o botão direito for pressionado ou, em alternativa, carregar na tecla **Esc**.

Seguidamente seleccione e coloque sobre a página os restantes elementos do circuito, as resistências **R**, o díodo **DIN4002** e os terminais do potencial de referência, **GND\_EARTH** ou **GND\_ANALOG**. Depois de fechar a caixa de diálogo disponha os elementos como indica a figura 3. Cada um dos elementos pode ser arrastado, rodado e copiado desde que este previamente tenha sido seleccionado com o ponteiro do rato pressionando o botão esquerdo. Se não houver outra indicação, o lado esquerdo de cada elemento representará o nó + e o direito o nó -. Qualquer que seja o elemento, o PSPICE utiliza a convenção na qual são arbitradas como positivas a corrente e a tensão do nó + para o nó - (dispositivos receptores). Para rodar um elemento no sentido directo poderá utilizar as teclas **Ctrl-R**. Para que um elemento seja disposto verticalmente com o nó + na parte superior deverá utilizar as teclas **Ctrl-R** três vezes consecutivas.

## **2.2 Desenho de ligações**

O passo a seguir é a ligação entre os diversos elementos. Para tal active o botão “**Draw wire**”  da barra de ferramentas. Marque o ponto inicial com o ponteiro do lápis premindo o botão esquerdo do rato, e, em seguida, marque o ponto final da ligação do mesmo modo. A ligação surgirá automaticamente desenhada no esquema. Para deixar de seleccionar o modo “**Draw wire**” basta pressionar o botão direito do rato ou a tecla **Esc**.

Uma vez realizadas as ligações, prima duas vezes consecutivas o botão esquerdo do rato sobre cada uma destas ligações. Abrir-se-á de cada vez a caixa de diálogo “**LABELS**” que permite atribuir os rótulos *a*, *b* e *c* a cada uma das ligações do circuito. Em seguida, coloque os marcadores do nível de tensão  para a medida do potencial em cada ligação.

Eventualmente, caso queira colocar sobre a página do esquema qualquer comentário ou desenho pode utilizar a barra de ferramentas de desenho colocada no lado esquerdo do editor de esquemas, *Fig.2*.

## **2.3 Atribuição de valores e alteração de designações**



Para alterar valores ou mudar designações terá que começar por apontar estes atributos dos elementos com o ponteiro do rato e pressionando duas vezes consecutivas o botão esquerdo. Altere o valor de R1 para 100Ω. Seleccione da mesma forma, com o botão esquerdo

do rato, o gerador V1. Na caixa de diálogo em seguida aberta atribua os valores  $V_{OFF}=0$ ,  $V_{AMPL}=5V$  e  $FREQ=50Hz$  e faça **OK**. De modo análogo faça o mesmo para o gerador V2.

### 3. Simulação

#### 3.1 Análise de resposta no domínio do tempo

##### 3.1.a Especificações para a análise temporal

Seleccione o botão “*Analysis Setup*” , active a análise Transient e abra a respectiva caixa de diálogo como mostra a Fig.5. Escolha como “*Final Time*” 60ms e como passo máximo, **Step Ceiling=10u** (10 $\mu$ s). Active o botão “*simulate*”  da barra de ferramentas.

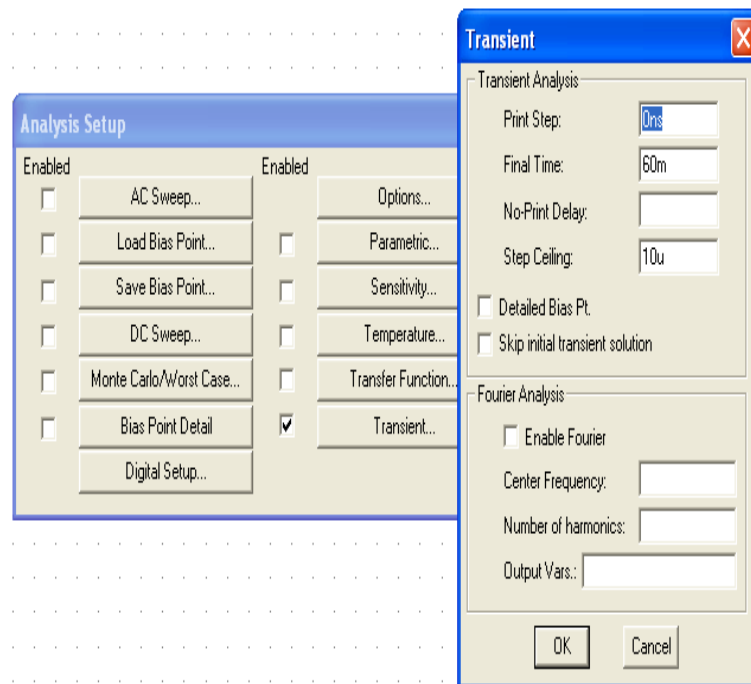



Fig.5

Verificará de imediato que o programa **ORCAD PSPICE AD DEMO** começara a ser executado ao abrirem-se as três janelas do respectivo editor como mostra a Fig.6. Após a indicação, na janela de saída, do fim da execução da simulação, surge na janela de trabalho a janela do programa **PROBE** com a representação da evolução temporal dos potenciais nos conductores *a*, *b* e *c*. Para melhor visualização destes gráficos convirá activar o ícone “*Alternate Display*”  para apenas deixar aberta a janela de trabalho e ver surgir as restantes barras de ferramentas associadas ao programa **PROBE** e ao programa **CURSOR**.

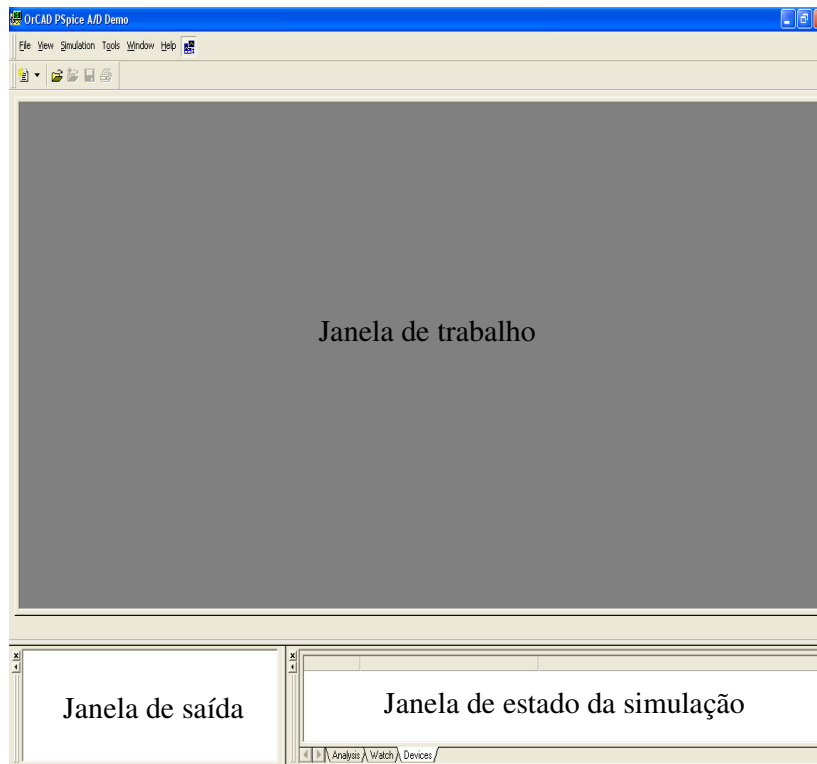






Fig.6

### 3.1.b Observação de resultados

Active o botão “*Toggle Cursor*” , ou, em alternativa entre no menu *Trace>Cursor>Display* do programa **PROBE**. Abrir-se-á a janela “*Probe Cursor*”, como mostra a Fig.7, com o cursor A1 associado ao botão esquerdo do rato e o cursor A2 ao botão direito. Pressionando com o botão esquerdo sobre a legenda  e activando o botão , ou, em alternativa entrando em *Trace>Cursor>Max*, poderá ler na janela do **Cursor** o valor máximo de  $V_a$  detectado pelo cursor A1 bem como o instante que lhe corresponde. Para associar o cursor A2 à onda  $V_b$  terá que pressionar o botão direito do rato sobre a legenda . Mantendo o botão direito pressionado, arraste o cursor A2 para poder medir o valor de  $V_b$  correspondente ao mesmo instante. Na janela do Cursor leia o valor da diferença  $V_a - V_b$  para esse instante.

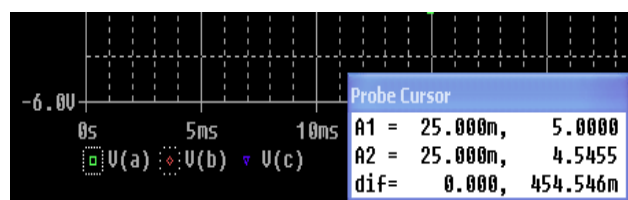



Fig.7

### 3.1.c Registo e análise de resultados

Registe os valores das tensões aos terminais da resistência R1 e diódo D1 para os instantes em que  $V_a$  atinge, respectivamente, um máximo e um mínimo. Obtenha uma cópia do gráfico observado entrando no menu **Window>Copy to clipboard** activando a opção de fundo transparente e colando-o na folha de registos.

### 3.1.d Representação do esquema eléctrico na forma Excitação/Circuito

Para simplificar o desenho e a análise de circuitos, por vezes distribuídos em várias páginas dum mesmo esquema, é usual separá-los da correspondente excitação. Para tal, active o ícone “**Get New Part**”, seleccione três portos do tipo **BUBBLE** (outros tipos de portos como **OFFPAGE** e **GLOBAL** podem também ser utilizados) coloque-os sobre a página do esquema eléctrico do circuito que construiu. Depois de seleccionar cada um dos conectores com o botão esquerdo do rato, atribua-lhes o rótulo (**LABEL**) “**VIN**” e disponha o circuito como a Fig.8 indica. Active o botão “**simulate**”  e verifique que os resultados anteriores da simulação não são alterados.

Feche o programa **OrCAD/PSPICE AD Demo** e volte ao Programa **Schematics**.

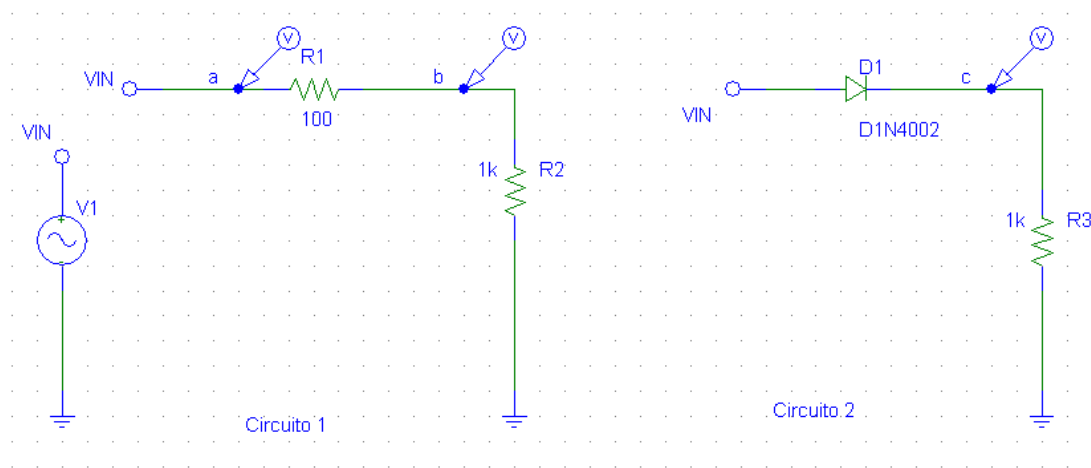


Fig. 8

## 3. 2 Função de transferência para um varrimento em tensão contínua

### 3.2.a Especificações para o varrimento em tensão contínua

Active o ícone “**Get New Part**”, do programa **Schematics** e seleccione um gerador **VDC**, um conector **BUBBLE** e uma tensão de referência **GND\_EARTH** e coloque-os sobre a página do esquema eléctrico conforme a Fig.9. Note que o porto “**VIN**” deverá estar agora ligado ao gerador de tensão V3. Modifique o rótulo do conector ligado a V1 para “**VOFF**”.



Com este artifício o gerador V1 e respectivo conector poderão ainda ser mantidos no esquema na eventualidade de se pretender repetir o estudo da evolução no tempo.

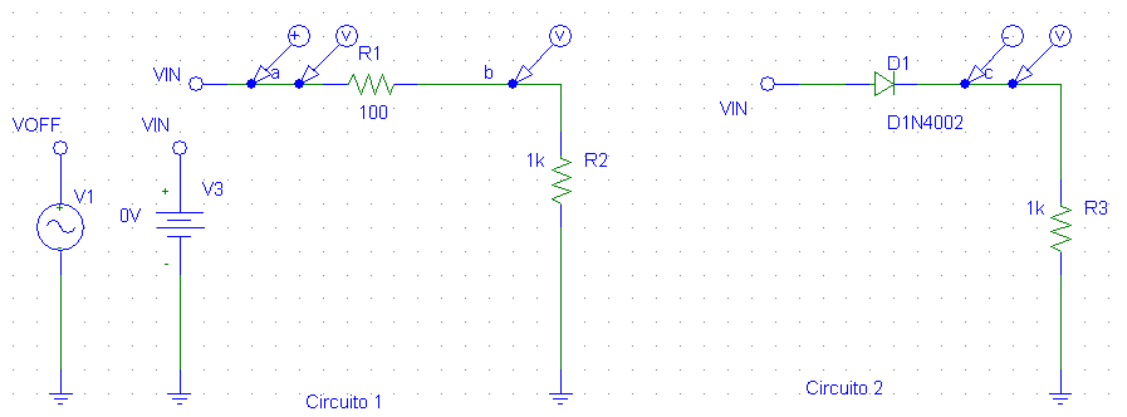


Fig.9

Selecione o ícone “*Analysis Setup*”, active a análise *DC Sweep* e desactive as restantes, e, conforme se indica na Fig.10, introduza o nome da variável de entrada que pretende fazer variar, o intervalo e o passo da respectiva variação.

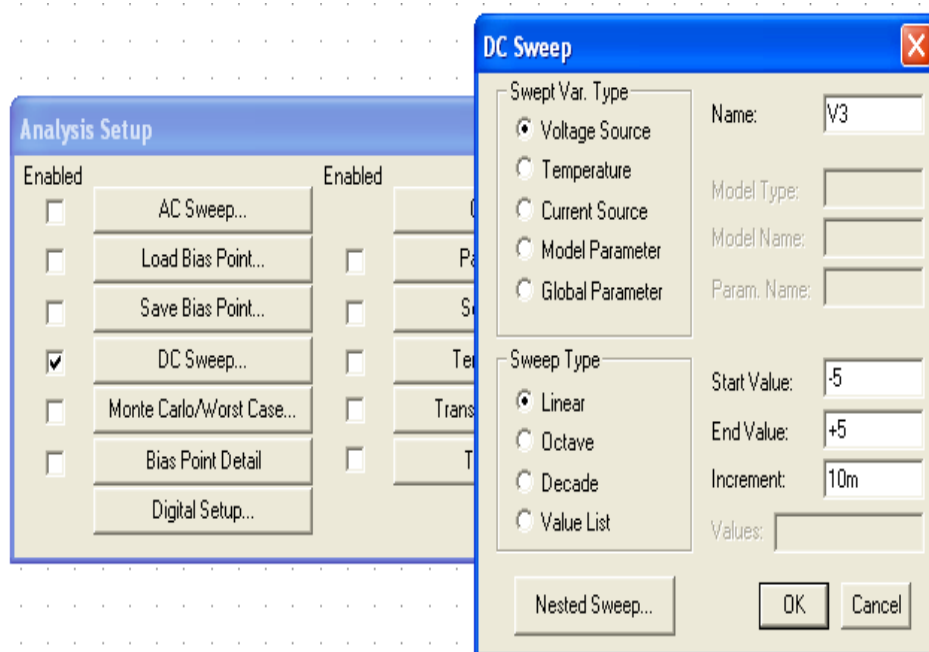



Fig.10

### 3.2.b Extracção e análise de resultados




Active o botão “*simulate*” . Observe, dentro da janela do programa Probe, os gráficos obtidos para Va, Vb e Vc notando que para este último caso o andamento não é linear com V3. Caso pretenda ver a diferença de potencial entre os pontos a e c, entre no menu

**Markers>Marker Voltage Differential** e com o botão esquerdo do rato seleccione os nós **a** e **c**.

Obtenha uma cópia do gráfico observado e registe, respectivamente para  $V_3=+5$ , os valores assumidos por  $V_c$  e pela tensão aos terminais do díodo,  $V_{ac}$ .

### 3.3 Estudo da polarização do circuito em corrente contínua

#### 3.3.a Especificações para polarização do circuito

Seleccione o gerador  $V_3$  pressionando sobre ele duas vezes consecutivas o botão esquerdo do rato e atribua-lhe o valor DC igual a 5V. Active o botão “*Analysis Setup*”  e verifique se a opção “*Bias Point Detail*” se encontra seleccionada e as restantes desactivadas. Active na barra de ferramentas os botões “*Enable bias voltage display*” e “*Enable bias current display*”  e em seguida o botão “*simulate*” .



#### 3.3.b Registo de valores

Após completar a simulação, abra o ficheiro de texto de saída do programa **OrCAD PSPICE AD DEMO** recorrendo ao menu **View>Output File**. Na parte final desse ficheiro leia e registe os valores de  $ID$  e  $VD$  que definem o ponto de funcionamento em repouso (PFR) do díodo bem como os valores referentes aos parâmetros do respectivo modelo incremental, resistência equivalente,  $REQ$ , e capacidade, ( $CAP$ ).

Feche o programa **PSPICE AD** e leia, os valores  $V_a$ ,  $V_b$  e  $V_c$  escritos por este programa sobre a página do esquema eléctrico do editor de esquemas **SCHEMATICS**.

Modifique  $V_3$  para -5V e repita os procedimentos anteriormente tomados para  $V_3=5V$ .

#### 3.3.c Efeito da temperatura no ponto de funcionamento em repouso do díodo

Para a polarização  $V_3=5V$ , active o ícone “*Analysis Setup*”  bem como a caixa de diálogo “*Temperature*” e modifique o valor de defeito 27°C (300K) para 100°C, *Fig.11*. Inicie a simulação com o botão “*Simulate*” . Determine o novo ponto de funcionamento em repouso  $ID$  e  $VD$  do díodo. Active de novo o ícone “*Analysis Setup*” e desactive a opção temperatura para regressar ao valor de defeito 27°C.

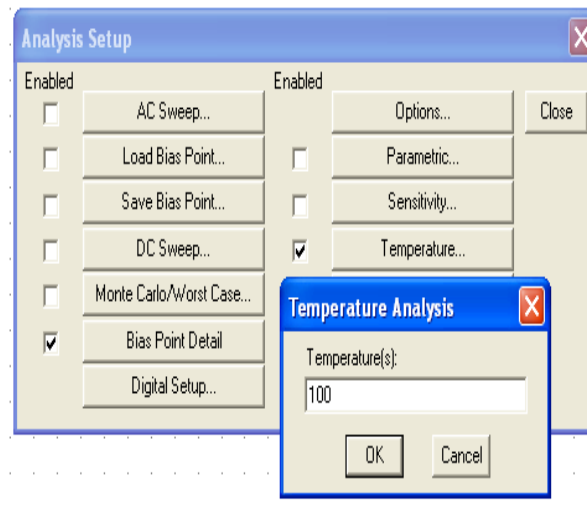



Fig.11

### 3.3.d Efeito dos parâmetros do modelo do díodo no seu PFR

Depois de seleccionar o díodo D1 pressionando apenas uma vez o botão esquerdo do rato, entre em **Edit>Model...** e sobre a respectiva caixa de diálogo seleccione o botão “**Edit Instance Model (Text)**”, Fig.12. Dentro do editor de modelos modifique o parâmetro  $IS=14.11E-9$  para  $IS=14.11E-6$  e faça OK. Inicie a simulação com o botão “**Simulate**”  e determine e registe o novo ponto de funcionamento em repouso  $ID$  e  $VD$  do díodo que corresponde ao novo modelo de díodo que criou.

Volte de novo a editar o modelo do díodo e reponha o valor anterior de  $IS$ .

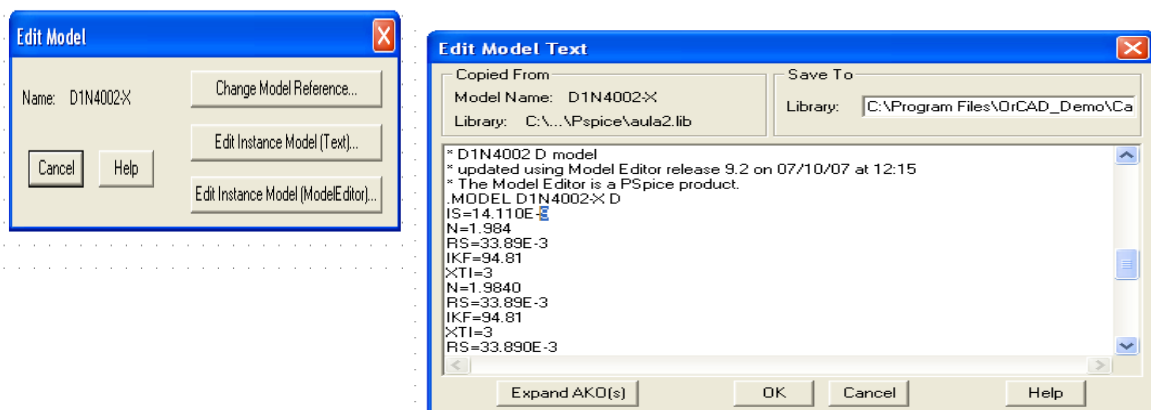


Fig.12

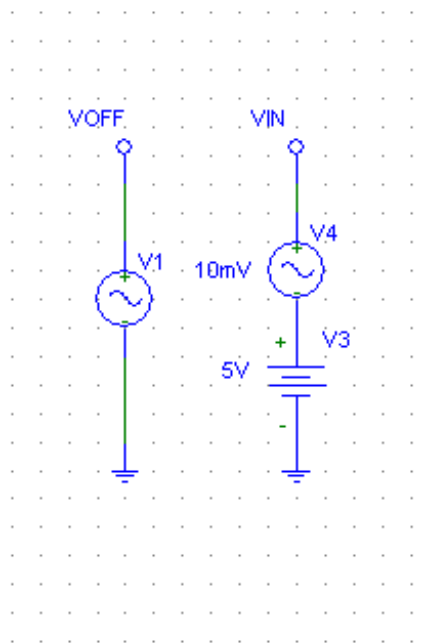
**Nota:** O PSPICE possibilita tanto a criação de novos modelos de dispositivos eléctricos como a alteração dos modelos que constam nas bibliotecas de validade global *eval.lib* e *breakout.lib* incluídas na biblioteca de defeito ....OrCAD\_Demo\Capture\Library\Ps spice\NOM.LIB. Contudo as alterações a serem realizadas não alteram o conteúdo destas bibliotecas. Os modelos modificados terão uma validade local e farão parte duma biblioteca que de modo automático surgirá na pasta que criou no início da sessão de trabalho. O

PSPICE dará indicação de erro se não conseguir localizar as bibliotecas correspondentes aos dispositivos do esquema. Caso necessite de corrigir essa situação deverá entrar em *Analysis>Library and include Files* e atribuir o caminho adequado para aquelas bibliotecas.

### 3.4 Regime incremental: análise da resposta em frequência

#### 3.4.a Especificações para a polarização do circuito

Active o ícone “*Get New Part*”, seleccione o gerador **VAC** e coloque-o em série com o gerador V3, *Fig.13*. Premindo duas vezes consecutivas sobre a designação desse gerador atribua-lhe o rótulo **V4** caso essa designação não lhe seja atribuída por defeito. Altere para 10mV a amplitude de tensão desse gerador. O gerador **VAC (V4)** servirá para estudar o comportamento do circuito em regime incremental para a situação em que a perturbação introduzida, do tipo sinusoidal, não modifica significativamente as condições da anterior análise em corrente contínua e, em particular, os valores dos parâmetros do modelo incremental do diodo D1.



*Fig.13*

Selecione o ícone “*Analysis Setup*”, active a análise *AC Sweep* e abra a respectiva caixa de diálogo. Escolha a opção que lhe permite analisar o comportamento do circuito quando o sinal sinusoidal do gerador V4, com a amplitude 10mV, apresenta uma frequência que pode variar de década em década, começando em 10Hz e terminando em 100MHz, *Fig.14*.

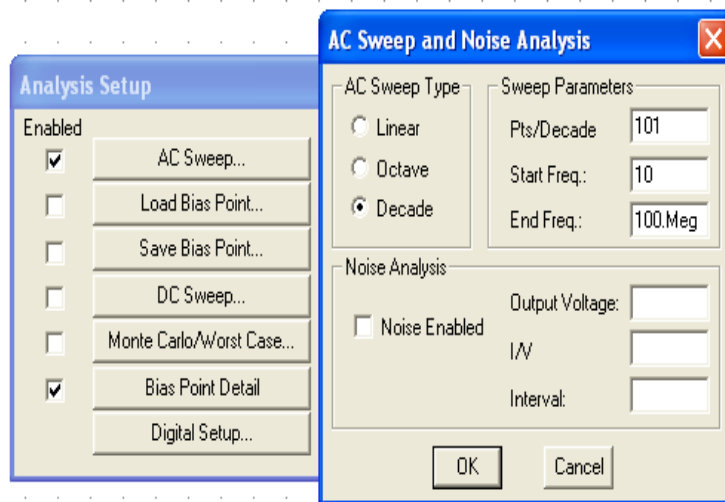


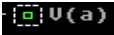


Fig.14

### 3.4.b Registo de valores

Active o botão “**Simulate**”  e, em seguida, dentro do **PSPICE AD**, active o botão “**Toggle Cursor**” , ou, em alternativa, entre no menu **Trace>Cursor>Display**. Com o botão esquerdo do rato seleccione  $V_a$  . Arraste o cursor A1 para ler a amplitude de  $V_a$  para a frequência 1KHz. Para a mesma frequência leia as amplitudes de  $V_b$  e  $V_c$  depois de as seleccionar com o botão esquerdo do rato e verifique que esses valores satisfazem as relações

$$V_b = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_a \quad V_c = \frac{R_3}{R_{EQ} + R_3} V_a$$

Para a obtenção dos gráficos das fases de  $V_a$ ,  $V_b$  e  $V_c$  na mesma página que contém os andamentos para as amplitudes, active **Plot>Add Plot to Window** e entre em **Trace>Add Traces** e no campo **Trace expression** escreva  $P(V(a))$ ,  $P(V(b))$ ,  $P(V(c))$  e faça **OK**. Conclua sobre a evolução da amplitude e fase de  $V_c$  quando a frequência tende para infinito.

Caso queira obter separadamente um gráfico para os andamentos das fases das tensões entre no menu **MARKERS>Mark Advanced** e seleccione **vphase** e depois **OK**. Coloque os novos marcadores sobre os ramos a b e c do esquema e remova os marcadores de tensão **Voltage Markers**.