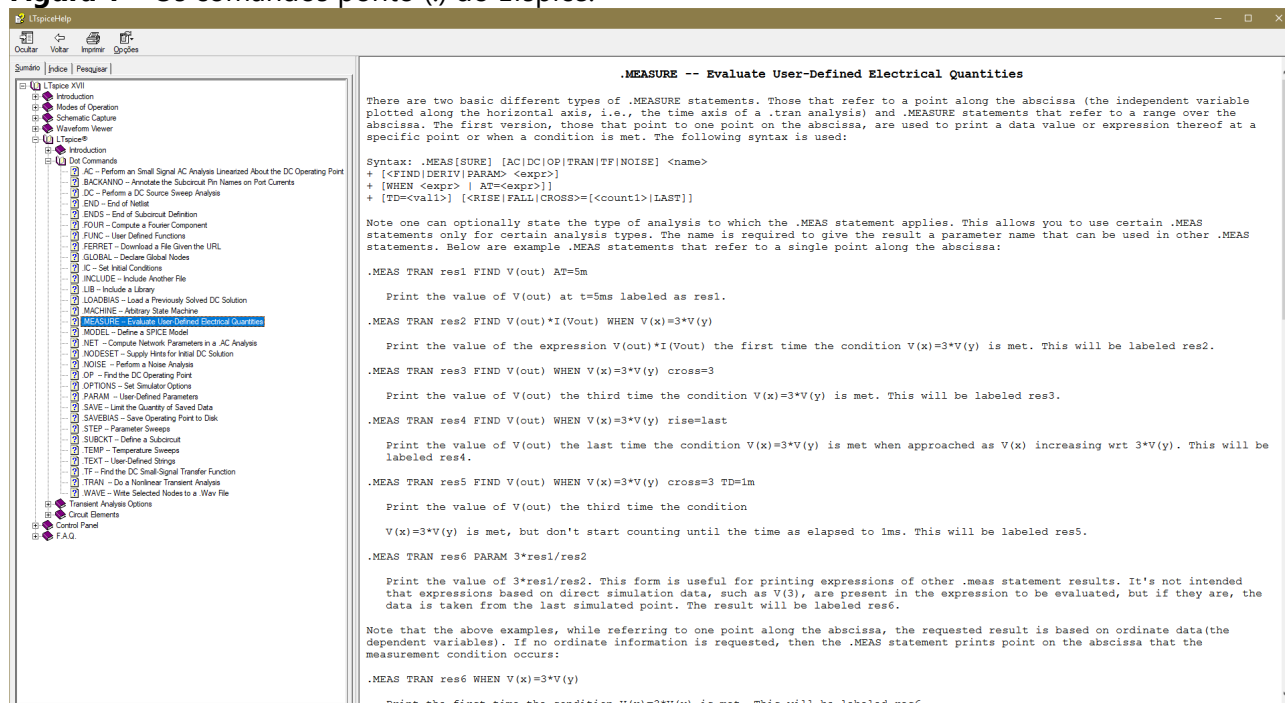


A versão que utilizo é LTspice XVII(x64), atualizada em 3/12/2019. Os artigos anteriores da série podem lhe auxiliar num melhor acompanhamento. Nesse décimo artigo veremos a diretiva spice .MEASURE. Faremos medições especiais que podem auxiliar na análise de circuitos. Essas informações foram obtidas do próprio help do LTspice.

Figura 1 – Os comandos ponto (.) do LTspice.



O comando .MEASURE suporta avaliar quantidades elétricas definidas pelo usuário. Existem dois tipos diferentes básicos de instruções .MEASURE. Aquelas que se referem a um ponto ao longo da abscissa, que é a variável independente plotada ao longo do eixo horizontal, ou seja, o eixo do tempo de uma análise de transiente (.TRAN), e às instruções .MEASURE que se referem a um intervalo acima da abscissa.

Nesse artigo veremos somente o primeiro caso, isto é, aquelas que apontam para um ponto na abscissa, que são usadas para imprimir um valor ou expressão dos dados em um ponto específico ou quando uma condição é atendida. A seguinte sintaxe é usada:

.MEAS[SURE] [AC|DC|OP|TRAN|TF|NOISE] <name>
+ [<FIND|DERIV|PARAM> <expr>]
+ [WHEN <expr> | AT=<expr>]]
+ [TD=<val1>] [<RISE|FALL|CROSS>=<count1>|LAST]]

Observe que se pode opcionalmente indicar o tipo de análise ao qual a instrução .MEAS se aplica (destaque em vermelho). Isso permite que você use determinadas instruções .MEAS apenas para determinados tipos de análise. O <name> é necessário para fornecer ao resultado um nome de parâmetro que possa ser usado em outras instruções .MEAS.

Segue alguns exemplos da instrução .MEAS, que se referem a um único ponto ao longo da abscissa. Montei o seguinte circuito no LTspice. Simule-o, e antes de fazermos as medições especiais no ponto VC, observe a forma de onda de tensões e corrente.

Figura 2 – Circuito de exemplo para fazermos medições especiais.

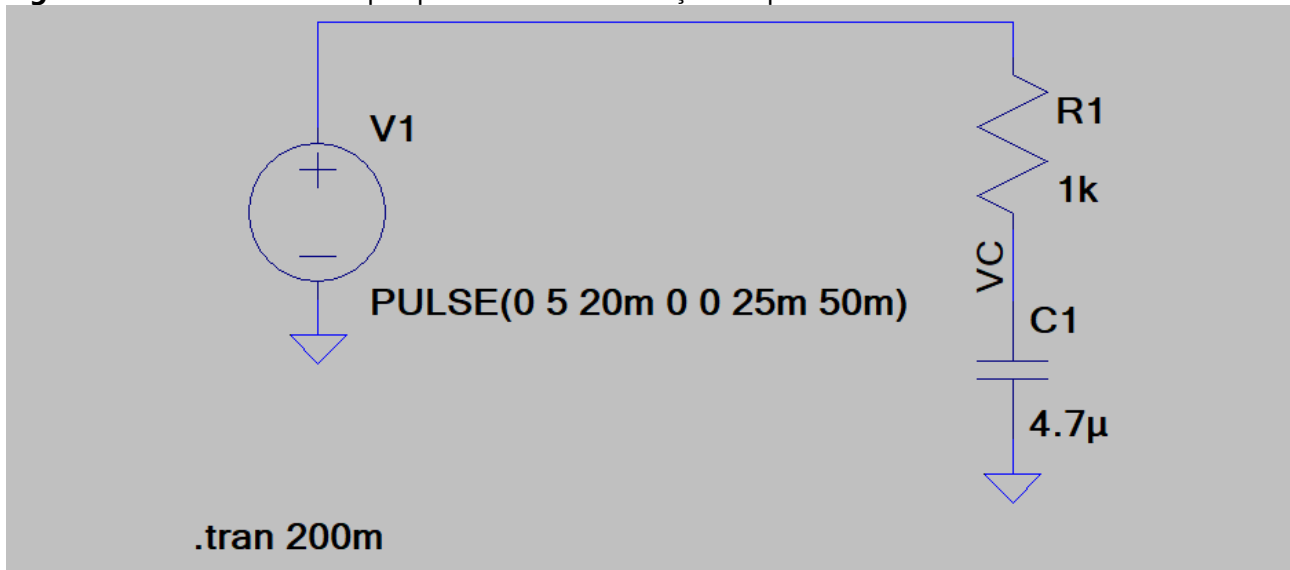


Figura 3 – Forma de onda na fonte, sobre o capacitor e a corrente no circuito.

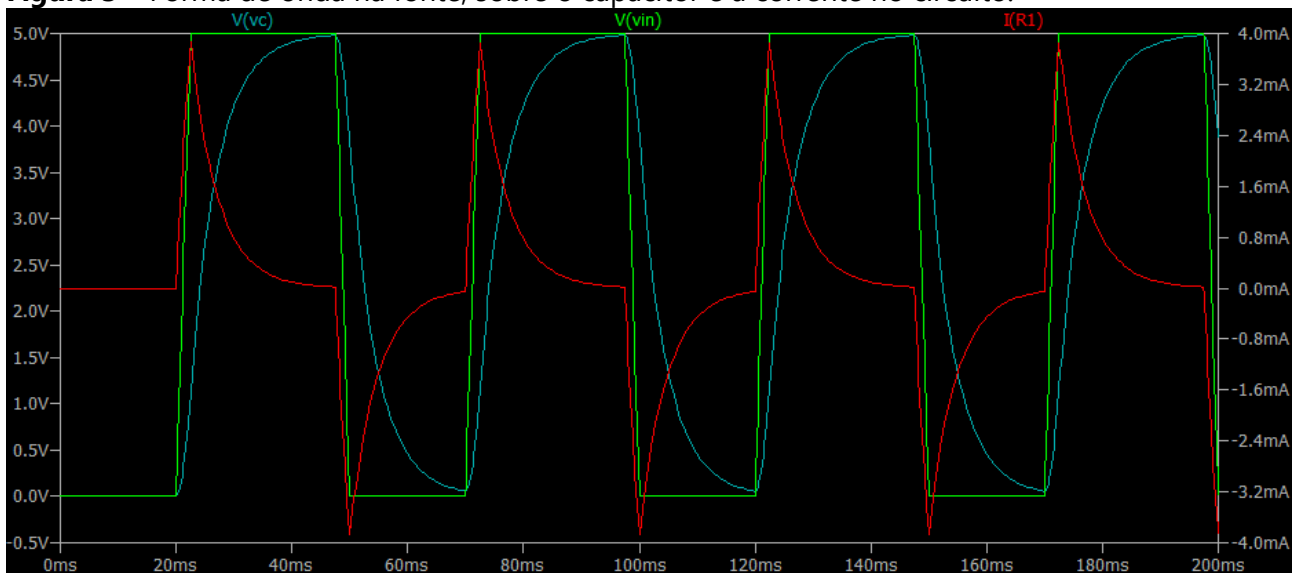
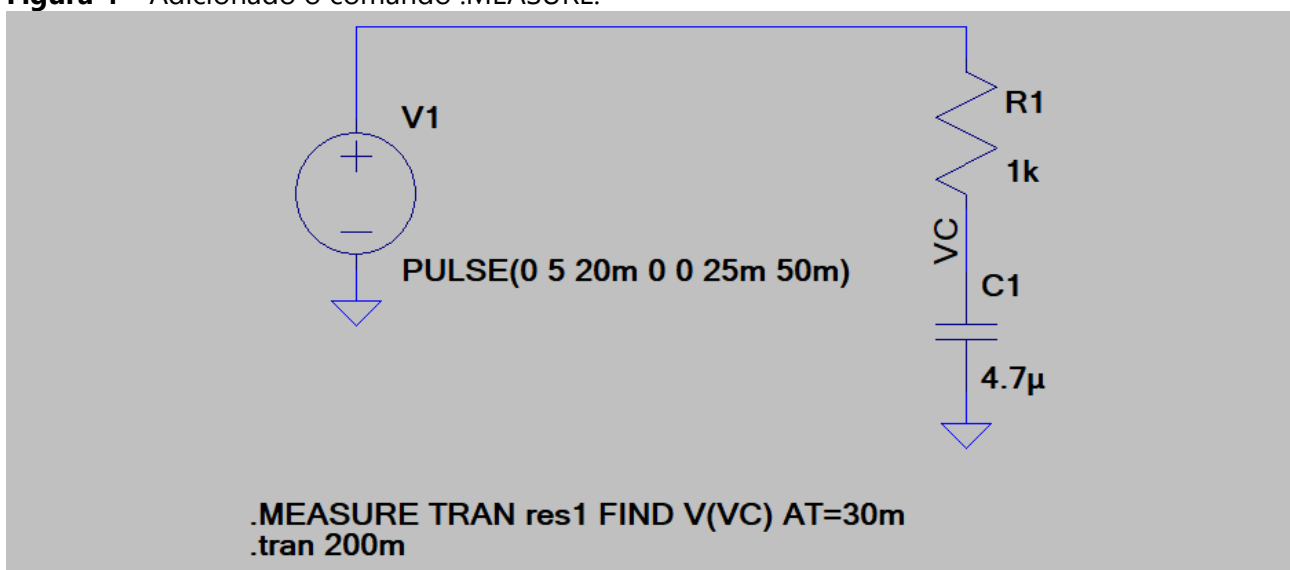
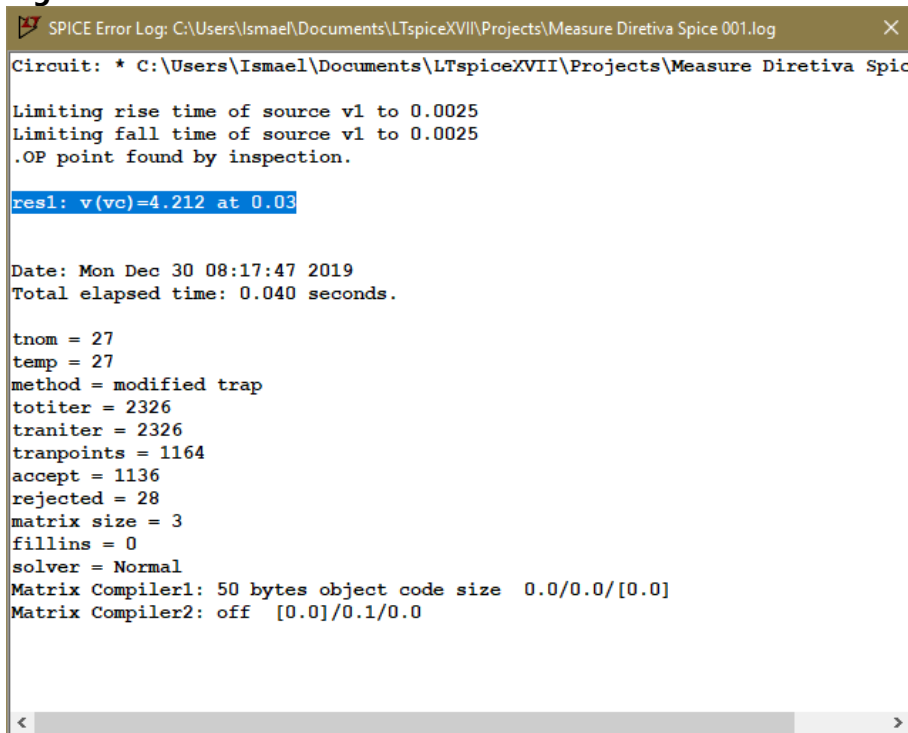


Figura 4 – Adicionado o comando .MEASURE.



Simule novamente o circuito. Aparentemente nada mudou, mas, para visualizar as medições especiais pressione simultaneamente as teclas [CTRL+L]. A janela 'Error Log' será mostrada e observe que nossa medição especial foi destacada.

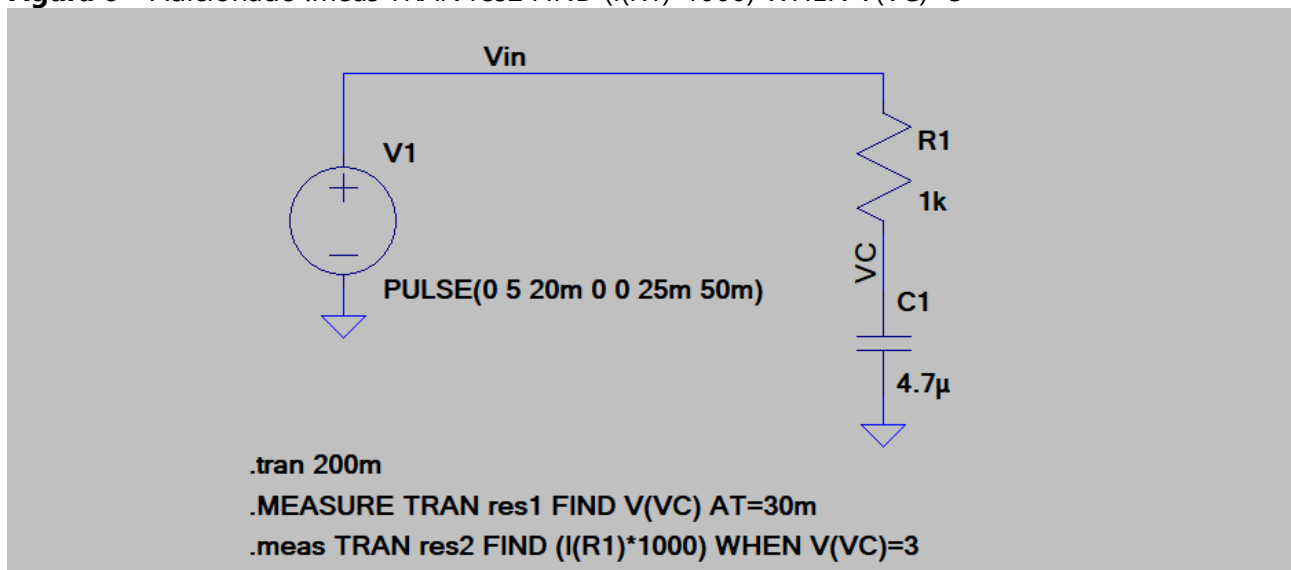
Figura 5 – Resultado armazenado na variável 'res1'.



```
SPICE Error Log: C:\Users\Ismael\Documents\LTspiceXVII\Projects\Measure Diretiva Spice 001.log
Circuit: * C:\Users\Ismael\Documents\LTspiceXVII\Projects\Measure Diretiva Spic
Limiting rise time of source v1 to 0.0025
Limiting fall time of source v1 to 0.0025
.OP point found by inspection.
res1: v(vc)=4.212 at 0.03
Date: Mon Dec 30 08:17:47 2019
Total elapsed time: 0.040 seconds.
tnom = 27
temp = 27
method = modified trap
totiter = 2326
traniter = 2326
tranpoints = 1164
accept = 1136
rejected = 28
matrix size = 3
fillins = 0
solver = Normal
Matrix Compiler1: 50 bytes object code size 0.0/0.0/[0.0]
Matrix Compiler2: off [0.0]/0.1/0.0
```

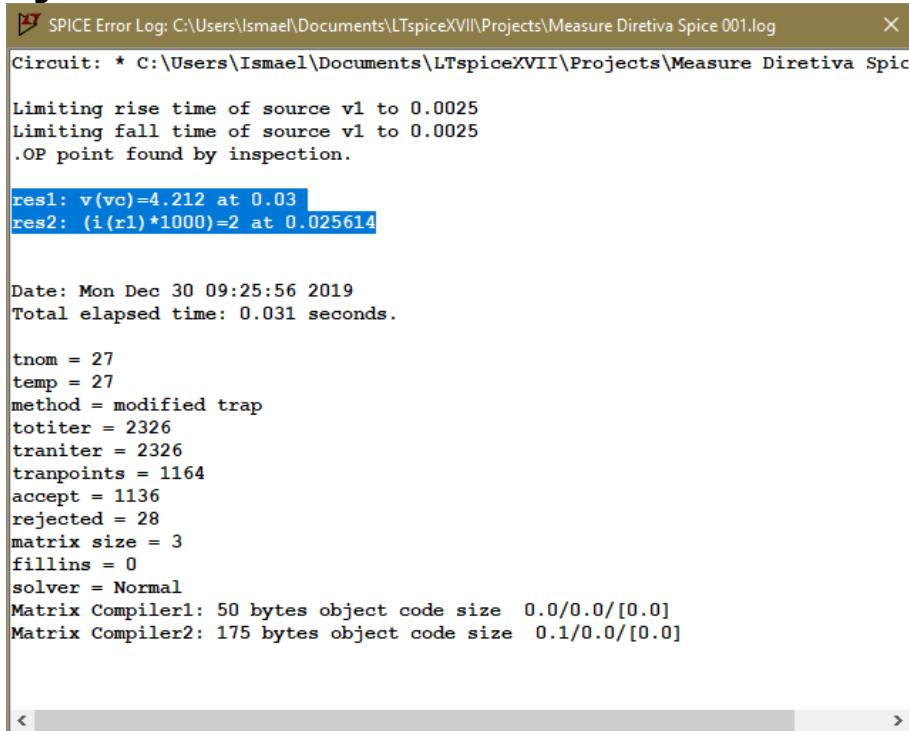
Essa janela também pode ser acessada através do menu 'View' → 'SPICE Error Log'. A interpretação do comando **.MEASURE TRAN res1 FIND V(VC) AT=30m**, seria – Meça através na análise de transiente a tensão no capacitor, o primeiro ponto do intervalo dessa análise, quando o tempo for exatamente 30 (ms), e armazena o resultado na variável interna denominada 'res1'.

Figura 6 – Adicionado .meas TRAN res2 FIND (I(R1)*1000) WHEN V(VC)=3



Adicionei o comando **.meas TRAN res2 FIND (I(R1)*1000) WHEN V(VC)=3**. Observe que o comando está abreviado, porém, funciona normalmente. Veja o resultado na janela 'SPICE Error Log'.

Figura 7 - Resultado armazenado nas variáveis 'res1' e 'res2'.



```
SPICE Error Log: C:\Users\Ismael\Documents\LTspiceXVII\Projects\Measure Diretiva Spice 001.log
Circuit: * C:\Users\Ismael\Documents\LTspiceXVII\Projects\Measure Diretiva Spic
Limiting rise time of source v1 to 0.0025
Limiting fall time of source v1 to 0.0025
.OP point found by inspection.

res1: v(vc)=4.212 at 0.03
res2: (i(r1)*1000)=2 at 0.025614

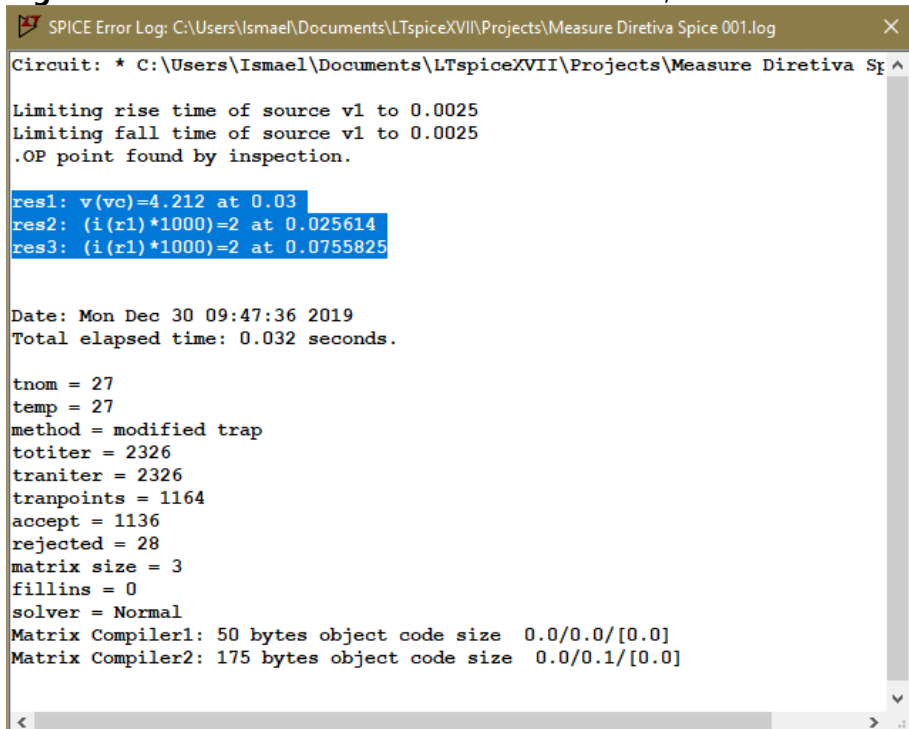
Date: Mon Dec 30 09:25:56 2019
Total elapsed time: 0.031 seconds.

tnom = 27
temp = 27
method = modified trap
totiter = 2326
traniter = 2326
tranpoints = 1164
accept = 1136
rejected = 28
matrix size = 3
fillins = 0
solver = Normal
Matrix Compiler1: 50 bytes object code size 0.0/0.0/[0.0]
Matrix Compiler2: 175 bytes object code size 0.1/0.0/[0.0]
```

A interpretação do comando **.meas TRAN res2 FIND (I(R1)*1000) WHEN V(VC)=3**, seria – Meça através da análise de transientes a expressão $I(R1) \cdot 1000$, que é a tensão sobre o resistor, o primeiro ponto do intervalo dessa análise, quando a tensão sobre o capacitor for igual a 3 (V), e armazena o resultado na variável interna denominada 'res2'.

Se adicionarmos ao comando a opção 'CROSS', o comando ficaria **.meas TRAN res3 FIND (I(R1)*1000) WHEN V(VC)=3 CROSS=3**.

Figura 8 - Resultado armazenado na variável 'res3', usando CROSS.



```
SPICE Error Log: C:\Users\Ismael\Documents\LTspiceXVII\Projects\Measure Diretiva Spice 001.log
Circuit: * C:\Users\Ismael\Documents\LTspiceXVII\Projects\Measure Diretiva Spic
Limiting rise time of source v1 to 0.0025
Limiting fall time of source v1 to 0.0025
.OP point found by inspection.

res1: v(vc)=4.212 at 0.03
res2: (i(r1)*1000)=2 at 0.025614
res3: (i(r1)*1000)=2 at 0.0755825

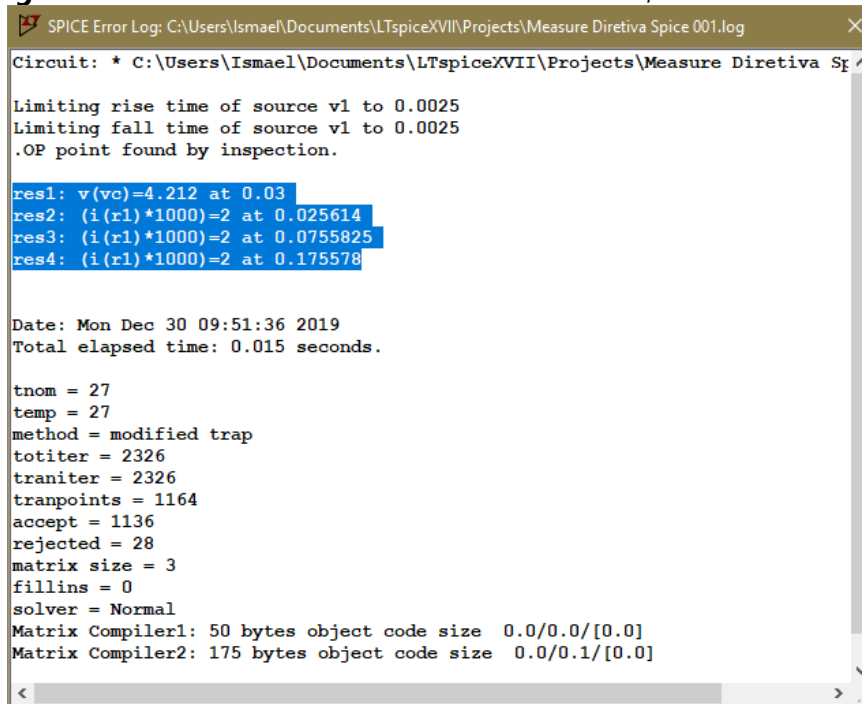
Date: Mon Dec 30 09:47:36 2019
Total elapsed time: 0.032 seconds.

tnom = 27
temp = 27
method = modified trap
totiter = 2326
traniter = 2326
tranpoints = 1164
accept = 1136
rejected = 28
matrix size = 3
fillins = 0
solver = Normal
Matrix Compiler1: 50 bytes object code size 0.0/0.0/[0.0]
Matrix Compiler2: 175 bytes object code size 0.0/0.1/[0.0]
```

A interpretação do comando **.meas TRAN res2 FIND (I(R1)*1000) WHEN V(VC)=3 CROSS=3**, seria – Meça através da análise de transientes a expressão $(I(R1)*1000)$, que é a tensão sobre o resistor, o terceiro ponto do intervalo dessa análise, quando a tensão sobre o capacitor for igual a 3 (V), e armazena o resultado na variável interna denominada 'res3'. Observe que o resultado de tensão é o mesmo, mas, na terceira repetição, em 75,58 (ms).

Se adicionarmos ao comando a opção 'RISE=LAST', o comando ficaria **.meas TRAN res4 FIND (I(R1)*1000) WHEN V(VC)=3 RISE=LAST**.

Figura 9 - Resultado armazenado na variável 'res4', usando RISE=LAST.



```
SPICE Error Log: C:\Users\Ismael\Documents\LTspiceXVII\Projects\Measure Diretiva Spice 001.log
Circuit: * C:\Users\Ismael\Documents\LTspiceXVII\Projects\Measure Diretiva Sp
Limiting rise time of source v1 to 0.0025
Limiting fall time of source v1 to 0.0025
.OP point found by inspection.
res1: v(vc)=4.212 at 0.03
res2: (i(r1)*1000)=2 at 0.025614
res3: (i(r1)*1000)=2 at 0.0755825
res4: (i(r1)*1000)=2 at 0.175578
Date: Mon Dec 30 09:51:36 2019
Total elapsed time: 0.015 seconds.
tnom = 27
temp = 27
method = modified trap
totiter = 2326
traniter = 2326
tranpoints = 1164
accept = 1136
rejected = 28
matrix size = 3
fillins = 0
solver = Normal
Matrix Compiler1: 50 bytes object code size 0.0/0.0/[0.0]
Matrix Compiler2: 175 bytes object code size 0.0/0.1/[0.0]
```

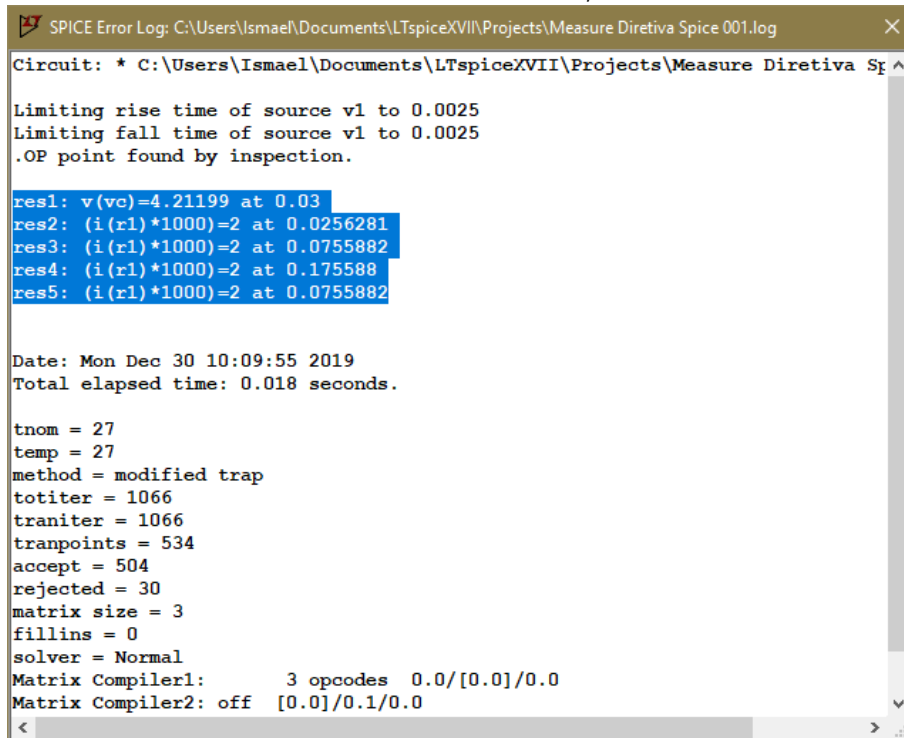
A interpretação do comando **.meas TRAN res4 FIND (I(R1)*1000) WHEN V(VC)=3 RISE=LAST**, seria – Meça através da análise de transientes a expressão $(I(R1)*1000)$, que é a tensão sobre o resistor, o último ponto do intervalo dessa análise, quando a tensão sobre o capacitor for igual a 3 (V), e armazena o resultado na variável interna denominada 'res4'. Observe que o resultado de tensão é o mesmo, mas, no último ponto da análise, em 175,57 (ms).

Se adicionarmos ao comando a opção 'TD=5m', o comando ficaria **.meas TRAN res5 FIND (I(R1)*1000) WHEN V(VC)=3 CROSS=3 TD=5m**.

A interpretação do comando **.meas TRAN res5 FIND (I(R1)*1000) WHEN V(VC)=3 CROSS=3 TD=5m**, seria – Meça através da análise de transientes a expressão $(I(R1)*1000)$, que é a tensão sobre o resistor, o terceiro ponto do intervalo dessa análise, quando a tensão sobre o capacitor for igual a 3 (V), e armazena o resultado na variável interna denominada 'res3'. Observe que o resultado de tensão é o mesmo, mas, na terceira repetição, em 75,58 (ms).

Parece que nada mudou com relação com comando 'CROSS=3', mas, a variável será armazenada após um atraso de 5 (ms).

Figura 10 - Resultado armazenado na variável 'res5', usando CROSS=3 e TD=5m.



```
SPICE Error Log: C:\Users\Ismael\Documents\LTspiceXVII\Projects\Measure Diretiva Spice 001.log
Circuit: * C:\Users\Ismael\Documents\LTspiceXVII\Projects\Measure Diretiva Spice 001.log
Limiting rise time of source v1 to 0.0025
Limiting fall time of source v1 to 0.0025
.OP point found by inspection.

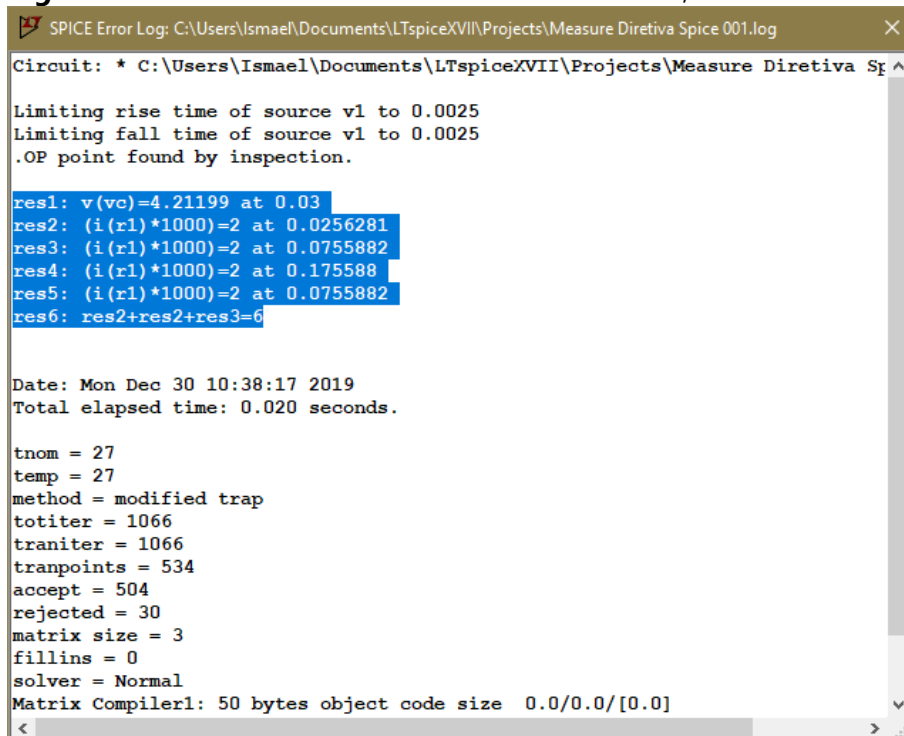
res1: v(vc)=4.21199 at 0.03
res2: (i(r1)*1000)=2 at 0.0256281
res3: (i(r1)*1000)=2 at 0.0755882
res4: (i(r1)*1000)=2 at 0.175588
res5: (i(r1)*1000)=2 at 0.0755882

Date: Mon Dec 30 10:09:55 2019
Total elapsed time: 0.018 seconds.

tnom = 27
temp = 27
method = modified trap
totiter = 1066
traniter = 1066
tranpoints = 534
accept = 504
rejected = 30
matrix size = 3
fillins = 0
solver = Normal
Matrix Compiler1: 3 opcodes 0.0/[0.0]/0.0
Matrix Compiler2: off [0.0]/0.1/0.0
```

Também podemos usar os valores dos resultados, como por exemplo, o comando **.meas TRAN res6 PARAM res2+res2+res3**, soma os resultados anteriores e armazena na variável 'res6'.

Figura 11 - Resultado armazenado na variável 'res6', usando PARAM.



```
SPICE Error Log: C:\Users\Ismael\Documents\LTspiceXVII\Projects\Measure Diretiva Spice 001.log
Circuit: * C:\Users\Ismael\Documents\LTspiceXVII\Projects\Measure Diretiva Spice 001.log
Limiting rise time of source v1 to 0.0025
Limiting fall time of source v1 to 0.0025
.OP point found by inspection.

res1: v(vc)=4.21199 at 0.03
res2: (i(r1)*1000)=2 at 0.0256281
res3: (i(r1)*1000)=2 at 0.0755882
res4: (i(r1)*1000)=2 at 0.175588
res5: (i(r1)*1000)=2 at 0.0755882
res6: res2+res2+res3=6

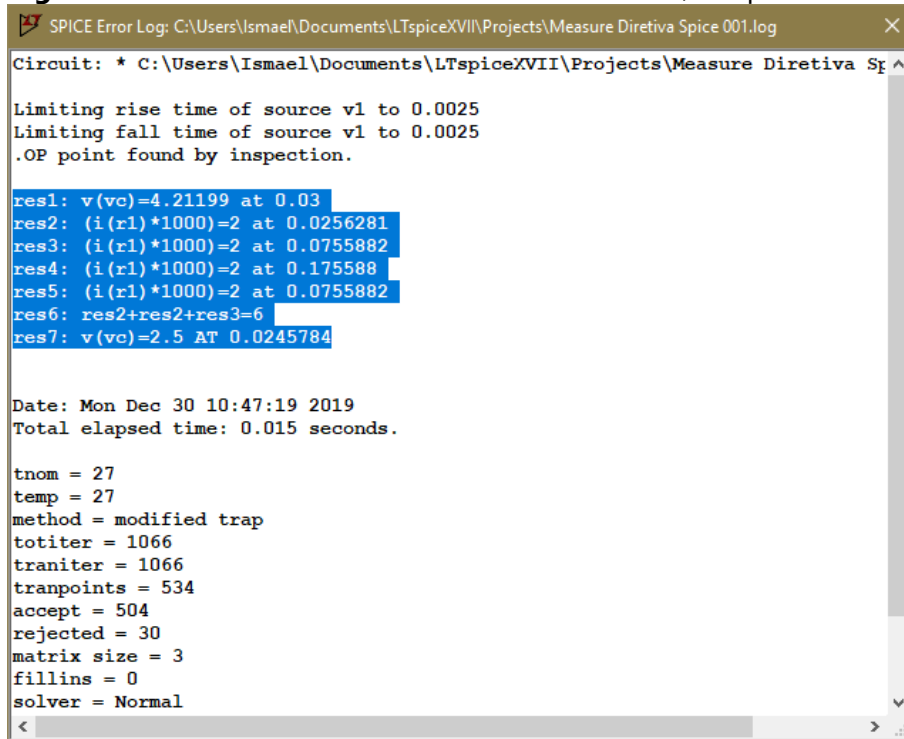
Date: Mon Dec 30 10:38:17 2019
Total elapsed time: 0.020 seconds.

tnom = 27
temp = 27
method = modified trap
totiter = 1066
traniter = 1066
tranpoints = 534
accept = 504
rejected = 30
matrix size = 3
fillins = 0
solver = Normal
Matrix Compiler1: 50 bytes object code size 0.0/0.0/[0.0]
```

Observe que os exemplos acima, enquanto se referem a um ponto ao longo da abcissa, o resultado solicitado é baseado em dados ordenados, que são as variáveis dependentes. Se nenhuma informação ordenada for solicitada, a instrução **.MEAS** imprimirá um ponto na abcissa de que a condição de medição ocorre.

Se adicionarmos o comando **.meas TRAN res7 WHEN V(VC)=2.5**, a interpretação seria – Meça através da análise de transientes, o primeiro ponto do intervalo dessa análise, quando a tensão sobre o capacitor for igual a 2,5 (V), e armazena o resultado na variável interna denominada 'res7'. Observe que o resultado é o tempo de 24,5 (ms), e não um valor na ordenada.

Figura 12 - Resultado armazenado na variável 'res7', um ponto na abscissa.



```
SPICE Error Log: C:\Users\Ismael\Documents\LTspiceXVII\Projects\Measure Diretiva Spice 001.log
Circuit: * C:\Users\Ismael\Documents\LTspiceXVII\Projects\Measure Diretiva Spice 001
Limiting rise time of source v1 to 0.0025
Limiting fall time of source v1 to 0.0025
.OP point found by inspection.

res1: v(vc)=4.21199 at 0.03
res2: (i(r1)*1000)=2 at 0.0256281
res3: (i(r1)*1000)=2 at 0.0755882
res4: (i(r1)*1000)=2 at 0.175588
res5: (i(r1)*1000)=2 at 0.0755882
res6: res2+res2+res3=6
res7: v(vc)=2.5 AT 0.0245784

Date: Mon Dec 30 10:47:19 2019
Total elapsed time: 0.015 seconds.

tnom = 27
temp = 27
method = modified trap
totiter = 1066
traniter = 1066
tranpoints = 534
accept = 504
rejected = 30
matrix size = 3
fillins = 0
solver = Normal
```