

A versão que utilizo é LTspice XVII(x64), atualizada em 3/12/2019. No quarto artigo veremos o datasheet do diodo 1N4001 e suas curvas características usando o LTspice. Escolhi o fabricante On Semiconductor, que disponibiliza o datasheet e o modelo spice em sua página www.onsemi.com.

Figura 1 – Valores máximo do diodo 1N4001 da On Semiconductor.

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	Unit
†Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{RWM} V_R	50	100	200	400	600	800	1000	V
†Non-Repetitive Peak Reverse Voltage (halfwave, single phase, 60 Hz)	V_{RSM}	60	120	240	480	720	1000	1200	V
†RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	35	70	140	280	420	560	700	V
†Average Rectified Forward Current (single phase, resistive load, 60 Hz, $T_A = 75^\circ\text{C}$)	I_O	1.0							A
†Non-Repetitive Peak Surge Current (surge applied at rated load conditions)	I_{FSM}	30 (for 1 cycle)							A
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J T_{stg}	-65 to +175							$^\circ\text{C}$

Stresses exceeding those listed in the Maximum Ratings table may damage the device. If any of these limits are exceeded, device functionality should not be assumed, damage may occur and reliability may be affected.

†Indicates JEDEC Registered Data

Focaremos no diodo 1N4001, mas, o conceito serve para os demais diodos. O diodo 1N4001 suporta:

- ✓ Máximo Pico de Tensão Reversa Repetitiva: 50 (V);
- ✓ Máximo Pico de Tensão Reversa Não-Repetitiva: 60 (V);
- ✓ Máxima Tensão Reversa: 35 (V);
- ✓ Máxima Corrente Média de Condução: 1 (A);
- ✓ Máximo Pico de Corrente de Condução Não-Repetitiva: 30 (A);
- ✓ Faixa de Temperatura na Junção (Operação e Estocagem): -65 ($^\circ\text{C}$) à 175 ($^\circ\text{C}$).

Figura 2 – Características elétrica do diodo 1N4001 da On Semiconductor.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS†

Rating	Symbol	Typ	Max	Unit
Maximum Instantaneous Forward Voltage Drop, ($I_F = 1.0$ Amp, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	V_F	0.93	1.1	V
Maximum Full-Cycle Average Forward Voltage Drop, ($I_O = 1.0$ Amp, $T_L = 75^\circ\text{C}$, 1 inch leads)	$V_{F(AV)}$	–	0.8	V
Maximum Reverse Current (rated DC voltage) ($T_J = 25^\circ\text{C}$) ($T_J = 100^\circ\text{C}$)	I_R	0.05 1.0	10 50	μA
Maximum Full-Cycle Average Reverse Current, ($I_O = 1.0$ Amp, $T_L = 75^\circ\text{C}$, 1 inch leads)	$I_{R(AV)}$	–	30	μA

Product parametric performance is indicated in the Electrical Characteristics for the listed test conditions, unless otherwise noted. Product performance may not be indicated by the Electrical Characteristics if operated under different conditions.

†Indicates JEDEC Registered Data

Algumas características elétrica do diodo 1N4001:

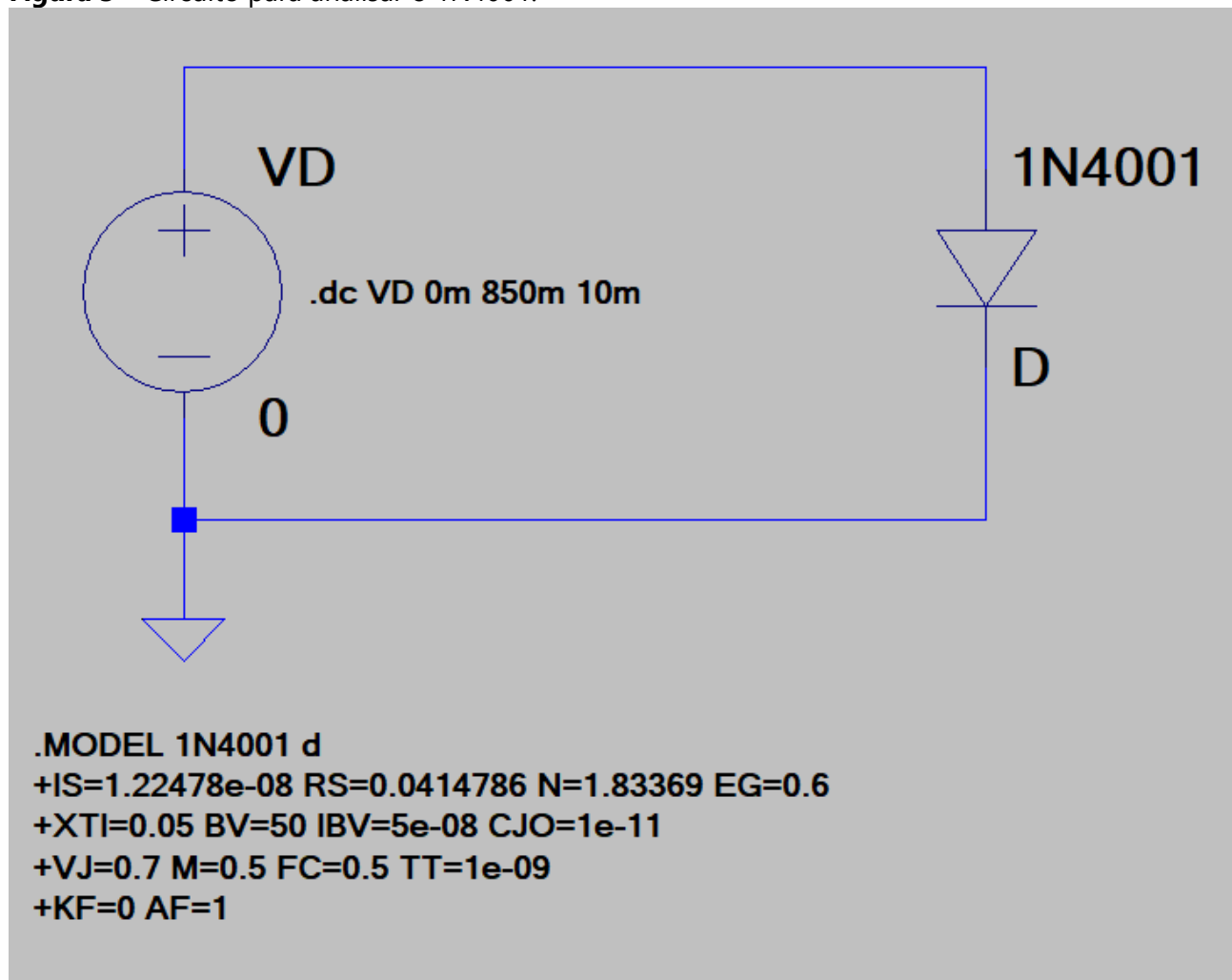
- ✓ Faixa da Queda de Tensão de Condução Máxima Instantânea: 0,93 (V) à 1,1 (V);
- ✓ Queda de Tensão de Condução Média, quando estiver conduzindo 1 (A): 0,8 (V);
- ✓ Faixa de Máxima Corrente Reversa, junção com 25 ($^\circ\text{C}$): 0,05 (μA) à 10 (μA);
- ✓ Faixa de Máxima Corrente Reversa, junção com 100 ($^\circ\text{C}$): 1,0 (μA) à 50 (μA);
- ✓ Máxima Corrente Reversa Média, quando estiver conduzindo 1 (A) à 75 ($^\circ\text{C}$): 30 (μA).

Também no site da On Semiconductor podemos encontrar o modelo spice do diodo 1N4001. O arquivo vem com comentários e outros detalhes, mas, eu copiei somente no modelo spice, como mostrado a seguir:

```
.MODEL 1N4001 d
+IS=1.22478e-08 RS=0.0414786 N=1.83369 EG=0.6
+XTI=0.05 BV=50 IBV=5e-08 CJO=1e-11
+VJ=0.7 M=0.5 FC=0.5 TT=1e-09
+KF=0 AF=1
```

Montei o seguinte circuito no LTspice para analisarmos as características elétrica do 1N4001, sendo assim, poderemos confrontar com os dados do datasheet.

Figura 3 – Circuito para analisar o 1N4001.

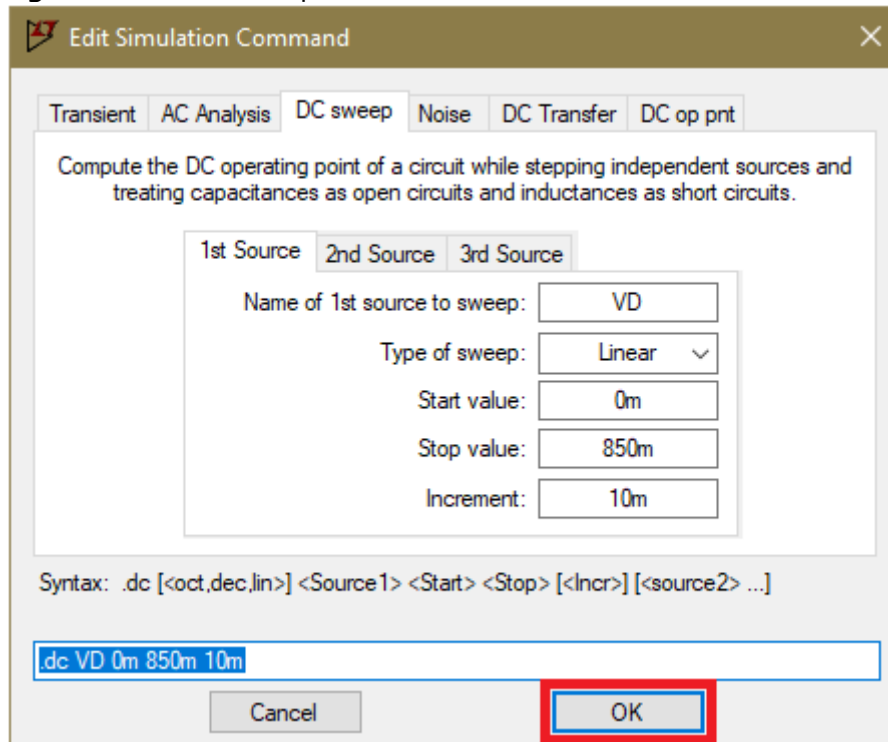


No menu 'Simulate' selecione 'Edit Simulation Cmd' e na janela 'Edit Simulation Command' vamos trabalhar com análise de varredura DC (DC sweep), portanto, na aba [DC sweep] preencha os parâmetros conforme mostrado a seguir.

```
.dc VD 0m 850m 10m
```

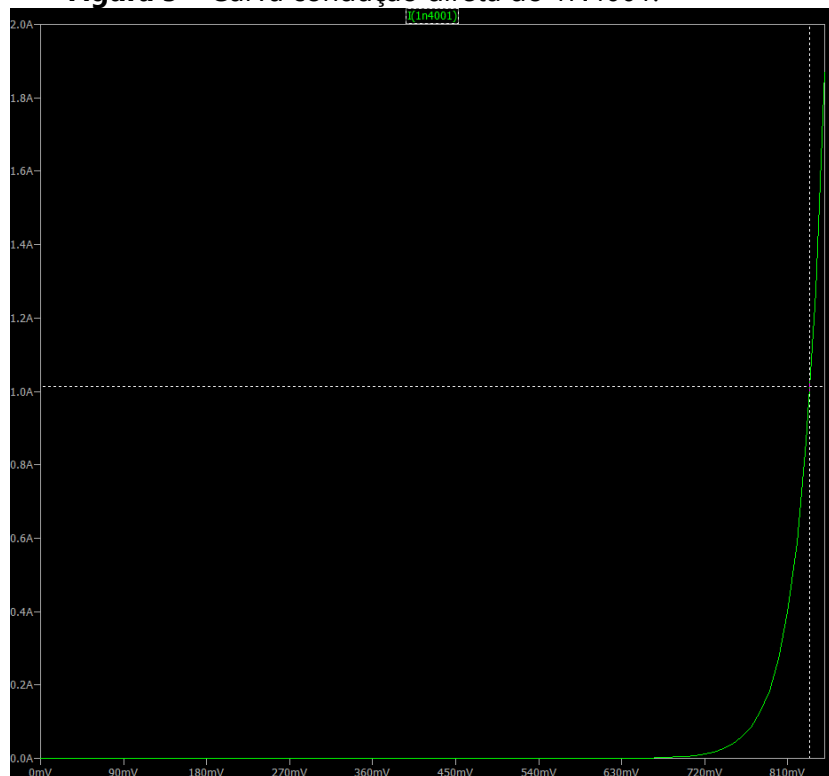
A fonte de tensão, rotulada VD, variará a tensão de 0 à 850 (mV), com passos de 10 (mV).

Figura 4 – Parâmetros para análise de varredura DC.



Para inserir o modelo spice do 1N4401 no circuito você copia o modelo spice fornecido, e no LTspice, na barra de ferramentas, clique no botão [.op] (SPICE Directive), e cole-o. Depois clique no botão [OK]. Basicamente o circuito está completo, então, clique no botão [Run] para simular.

Figura 5 – Curva condução direta do 1N4001.

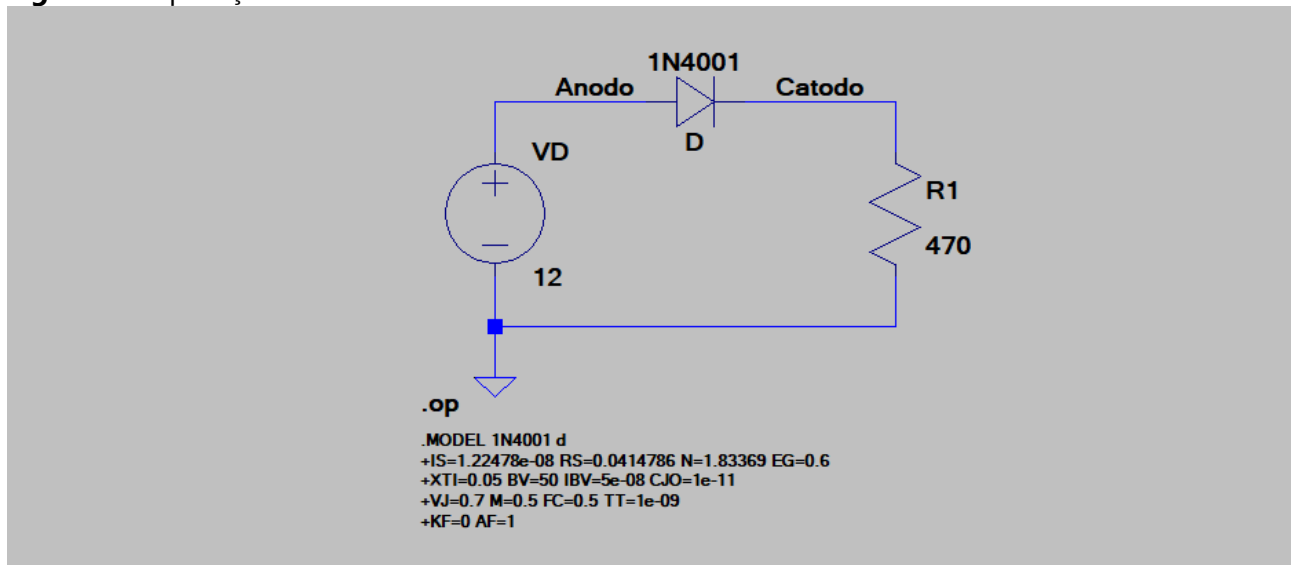


Observe o perfil da curva da região de polarização direta, que após o potencial ser maior do que o potencial da barreira PN, o diodo começa a conduzir. Também destaquei no gráfico uma corrente

de aproximadamente 1 (A), cujo potencial é aproximadamente 835 (mV), que valida com o dado no datasheet (valores aproximados).

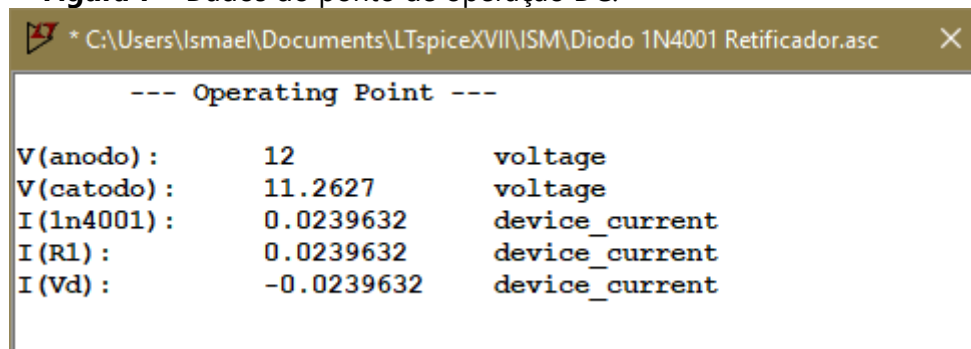
O próximo circuito, mostrado a seguir, é uma aplicação simples. No menu 'Simulate' selecione 'Edit Simulation Cmd' e na janela 'Edit Simulation Command' vamos trabalhar com análise de ponto de operação DC (DC op pnt), portanto, selecione a aba [DC op pnt] e clique no botão [OK].

Figura 5 – Aplicação com 1N4001.



Para simular, clique no botão [Run]. A seguinte janela será mostrada, contendo as medições do ponto de operação DC. Se a corrente no resistor é 23,96 (mA), então, a queda de tensão sobre o diodo, obtida no gráfico anterior, seria aproximadamente 796 (mV). Podemos confirmar subtraindo a tensão no Anodo, em relação ao terra, da tensão no Catodo, em relação ao terra, portanto, 12 (V) – 11,2627 (V) = 737 (mV). O resultado não é exatamente o mesmo valor, mas, são aproximados.

Figura 7 – Dados do ponto de operação DC.



Quando sabemos a corrente que fluirá através do diodo, pela curva da região de polarização direta desse diodo, podemos encontrar a queda de tensão sobre o mesmo (valores aproximados).