

Introdução à Eletrônica – PSI2223

Aula 5

O material a seguir complementa o livro texto, Microeletrônica 5ª Edição de Sedra/Smith. Este material não é um substituto para o livro texto, portanto você deve seguir em paralelo com este material e o livro.

Dr. Antonio Carlos Seabra

Professor Titular

Dep. Engenharia de Sistemas Eletrônicos

Escola Politécnica da USP

2011

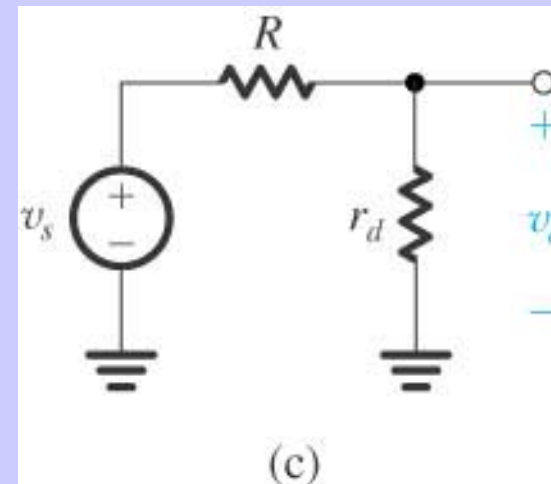
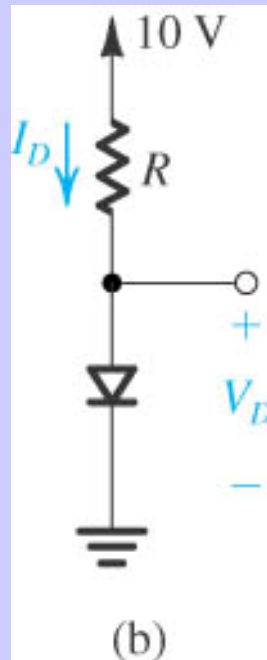
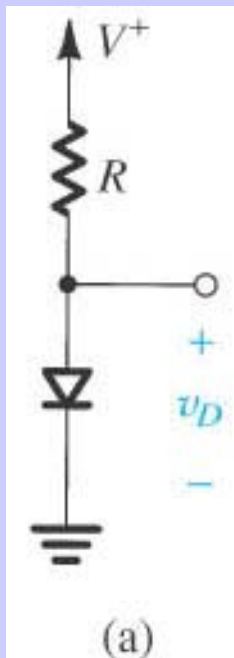
5ª Aula:

- **O Modelo para Pequenos Sinais**
- **O Diodo real na região de ruptura reversa**

Ao final desta aula você deverá estar apto a:

- Avaliar se o modelo para pequenos sinais pode ser empregado para analisar a resposta CA de um determinado circuito**
- Explicar e obter os parâmetros de um modelo CC/CA para diodos zener**
- Explicar as diferenças entre os modelos para diodos, tanto da região de polarização direta quanto na região de polarização reversa**
- Calcular tensões e correntes em circuitos CC/CA com diodos zener**
- Empregar diodos zener em circuitos reguladores de tensão**

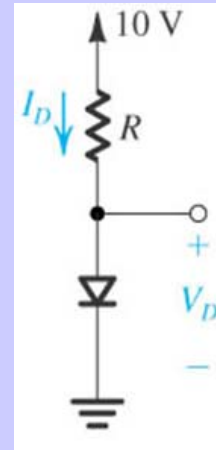
Relebrando Exemplo 3.6: Considere o circuito abaixo, alimentado por uma fonte V^+ constituída por um sinal CC de 10V sobre o qual aplica-se um sinal senoidal de 60Hz com 1V_p de amplitude. Calcule a tensão CC sobre o diodo e a amplitude do sinal senoidal sobre ele. Assuma que o diodo tem uma queda de tensão de 0,7V em 1mA e $n=2$.



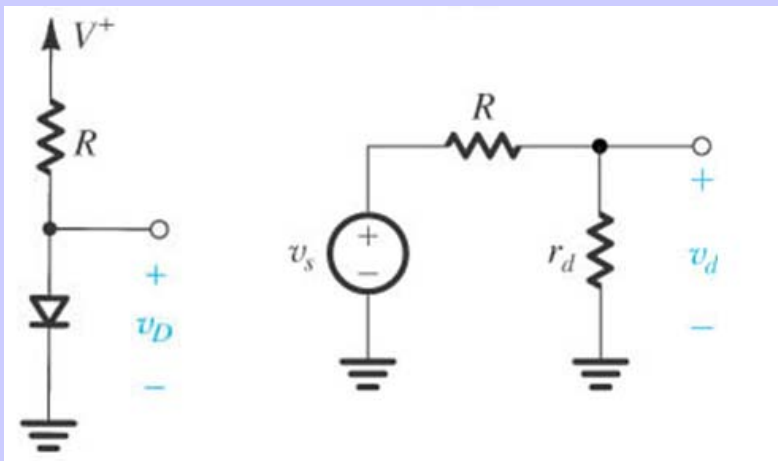
Relebrando Exemplo 3.6:

Passos:

- Resolver a parte CC
 - Modelo diodo ideal (aberto/fechado)
 - Modelo bateria
 - Modelo bateria + r_D
- Resolver a parte CA
 - Modelo para pequenos sinais



$$I_D = \frac{(10 - 0,7)}{10k} = 0,93mA$$



$$r_d = \frac{nV_T}{I_D} = \frac{2 \times 25mV}{0,93mA} = 53,8\Omega$$

$$v_d = v_s \frac{r_d}{R + r_d} = \frac{54}{10k + 54} = 5,35mV$$

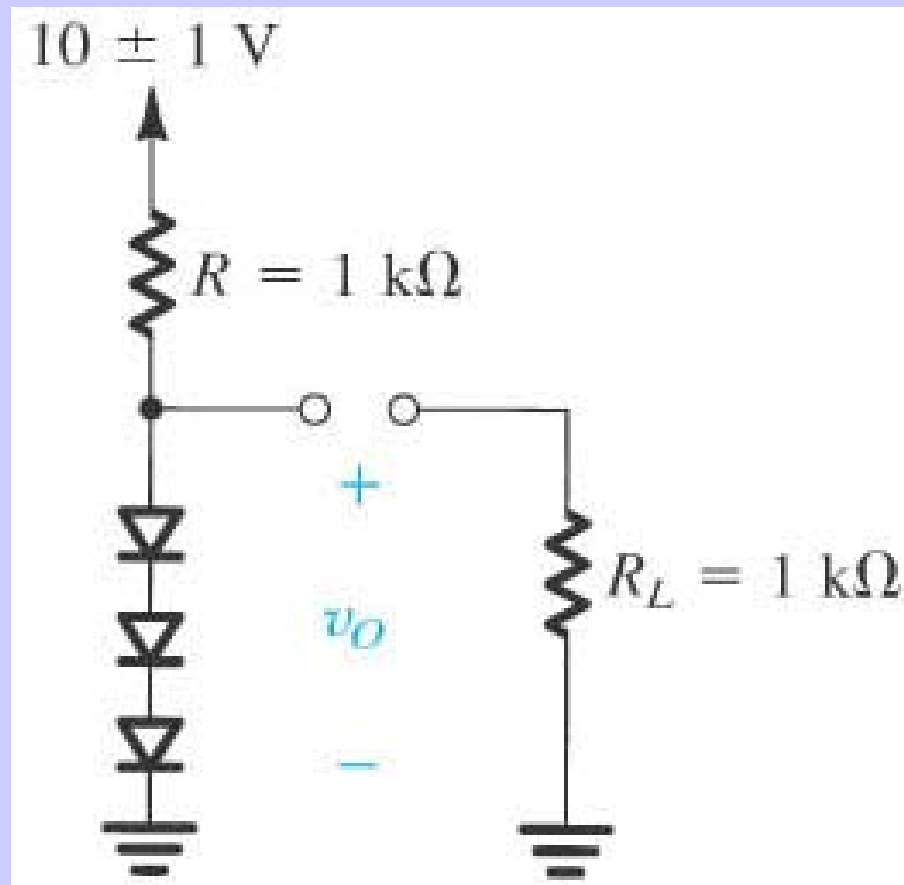
Exercício 3.15: Considere um diodo com $n=2$ polarizado em 1mA. Determine a variação na corrente quando variamos a tensão de
(a)-20mV (b) -10mV (c)-5mV (d)+5mV (e)+10mV (f)+20mV
Faça esse cálculo (i) usando o modelo para pequenos sinais
(ii) a lei do diodo

Exercício 3.15: Considere um diodo com $n=2$ polarizado em 1mA. Determine a variação na corrente quando variamos a tensão de
(a)-20mV (b) -10mV (c)-5mV (d)+5mV (e)+10mV (f)+20mV
Faça esse cálculo (i) usando o modelo para pequenos sinais
(ii) a lei do diodo

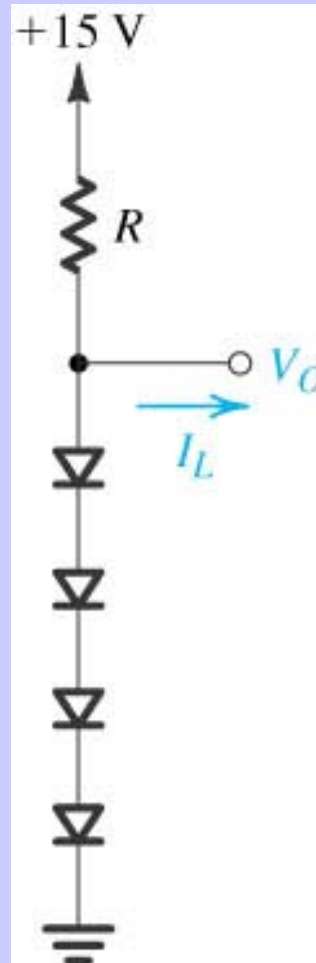
Colocar a tabela de solução!!!!

Exemplo 3.7: No circuito abaixo temos cerca de 2,1V na saída ($n=2$). Queremos saber qual a variação percentual de tensão na saída quando temos:

- (a) 10% de variação na tensão de entrada
- (b) Quando acoplamos uma carga na saída (mantendo a tensão de entrada em 10V fixos)

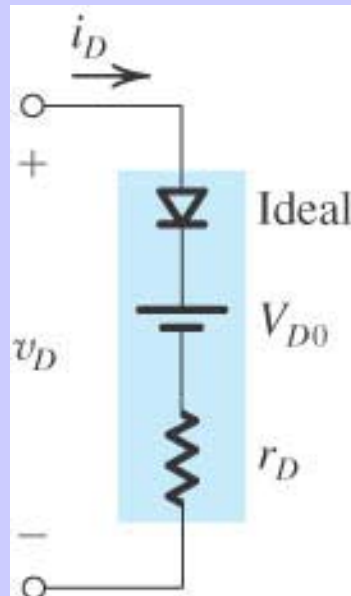
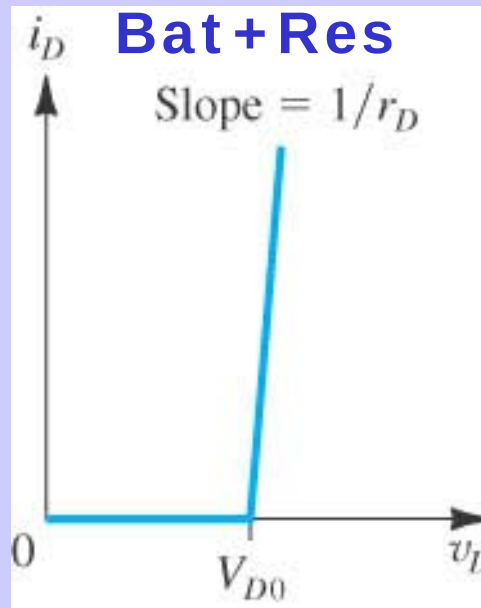
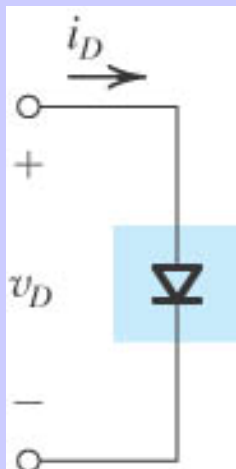
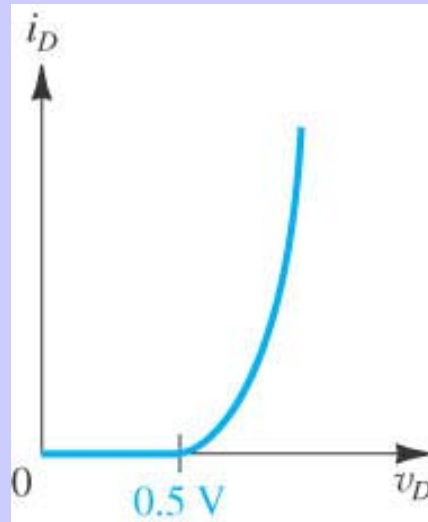


Exercício 3.16: Projete o circuito abaixo para que $V_O = 3V$ quando $I_L = 0$ e que V_O mude de 40mV por 1 mA de corrente de carga.

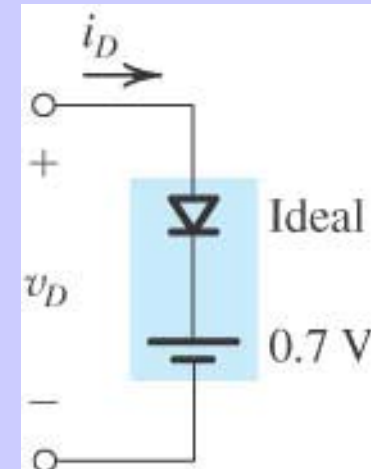
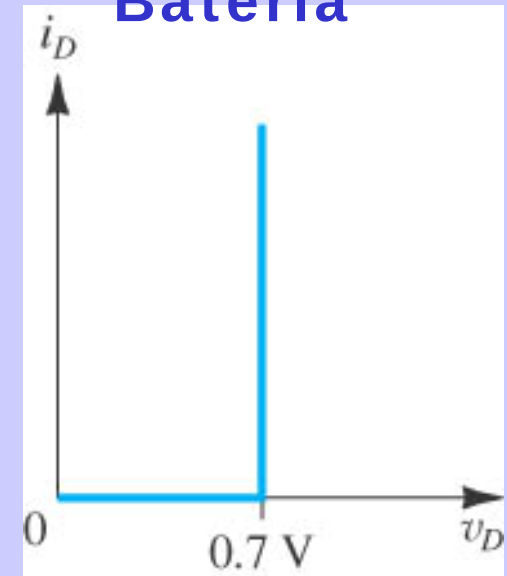


Resumo de Modelos

Exponencial

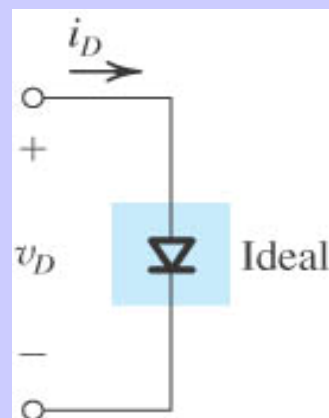
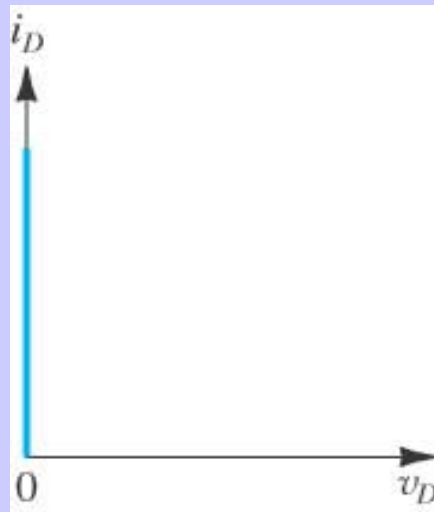


Bateria

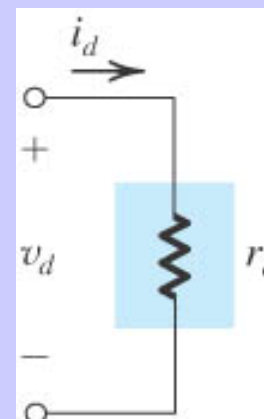
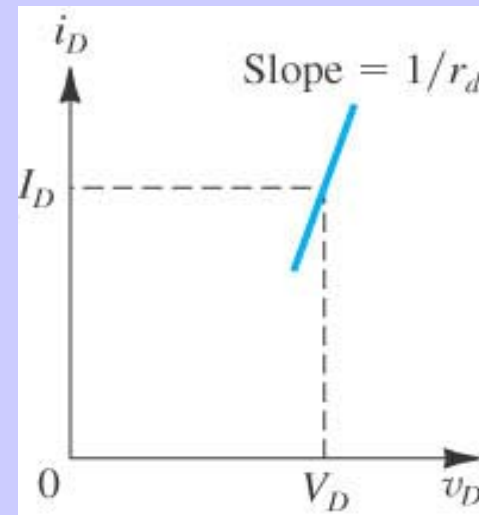


Resumo de Modelos

Ideal

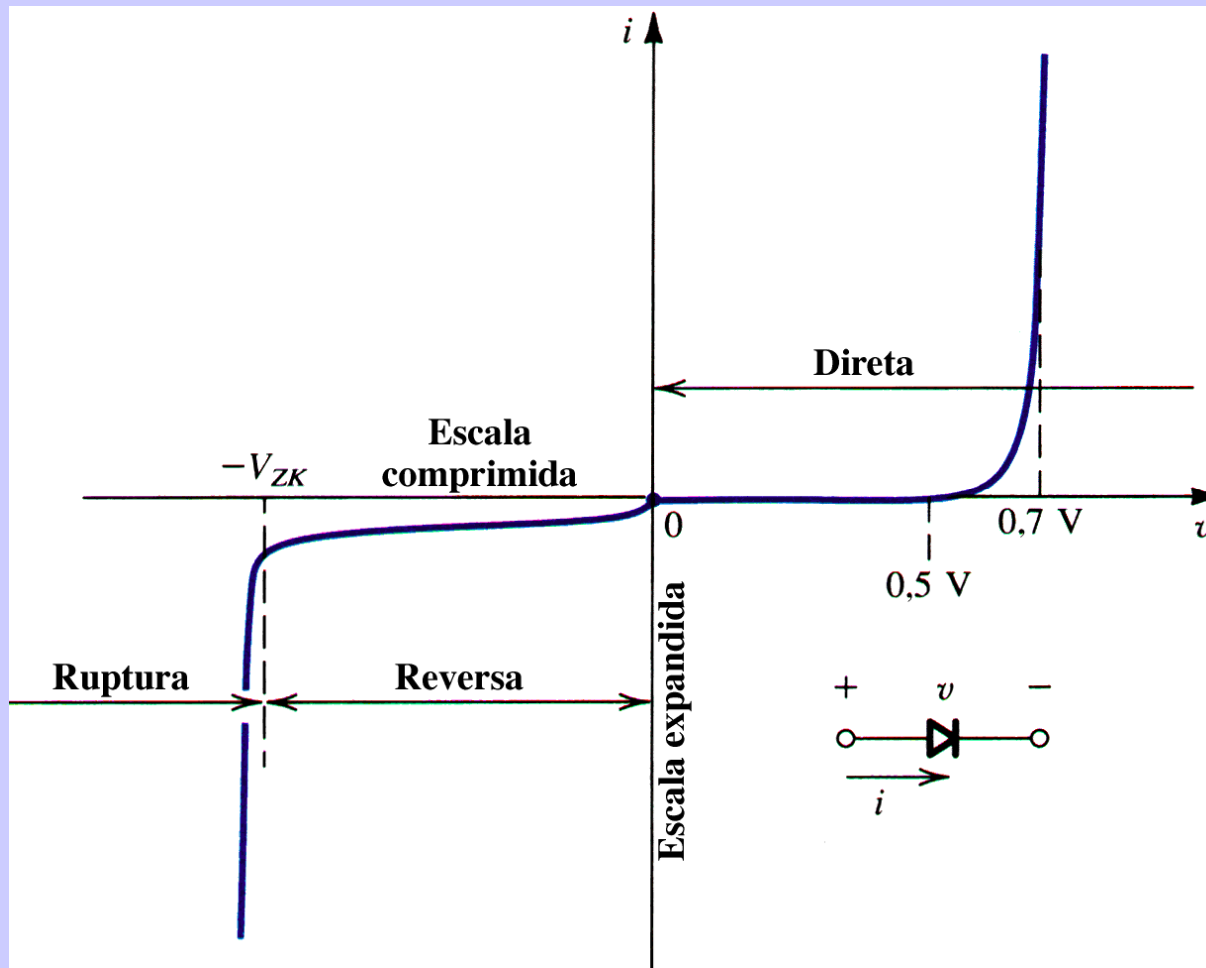


Pequenos Sinais



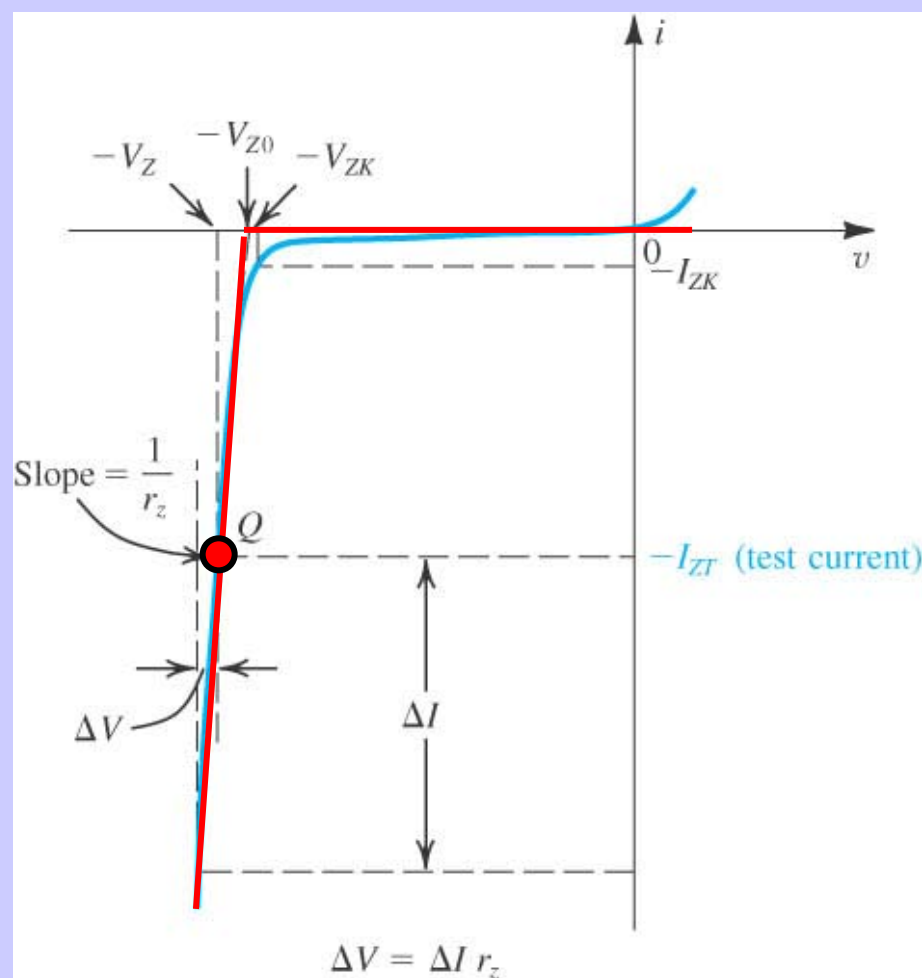
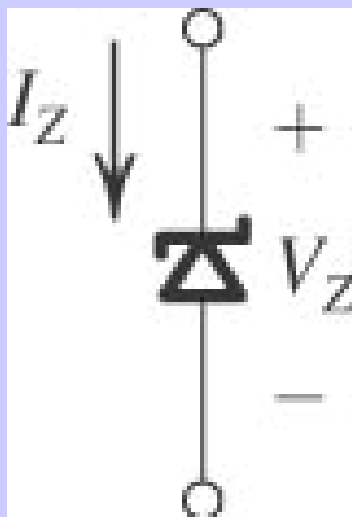
Diodo Real

A Região de Ruptura Reversa



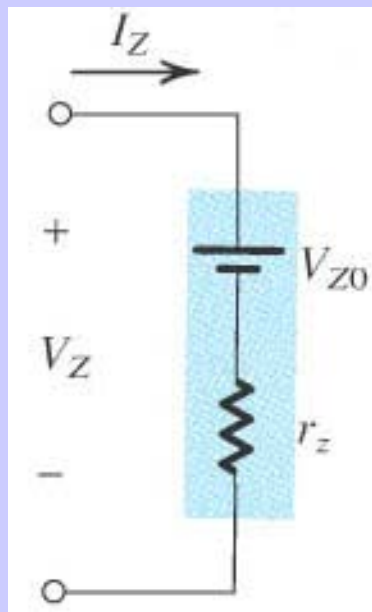
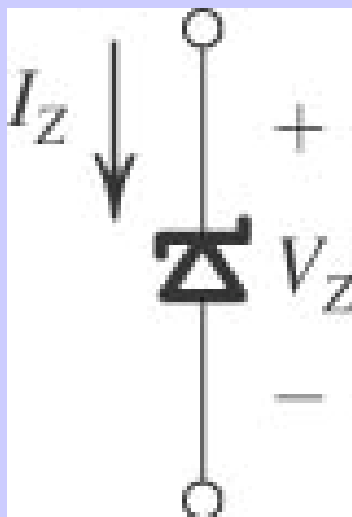
A região de Ruptura Reversa

Construindo um modelo



A região de Ruptura Reversa

Construindo um modelo para o Diodo Zener



$$V_Z = V_{Z0} + R_Z \times I_Z$$

A região de Ruptura Reversa

Uma Família de Diodos Zener Reais



Zeners

1N4728A - 1N4752A

Absolute Maximum Ratings*

$T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
P_D	Power Dissipation Derate above 50°C	1.0 6.67	W mW/ $^\circ\text{C}$
T_{STG}	Storage Temperature Range	-65 to +200	$^\circ\text{C}$
T_J	Operating Junction Temperature	+ 200	$^\circ\text{C}$
$R_{\theta JL}$	Thermal resistance Junction to Lead	53.5	$^\circ\text{C}/\text{W}$
$R_{\theta JA}$	Thermal resistance Junction to Ambient	100	$^\circ\text{C}/\text{W}$
	Lead Temperature (1/16" from case for 10 seconds)	+ 230	$^\circ\text{C}$
	Surge Power**	10	W

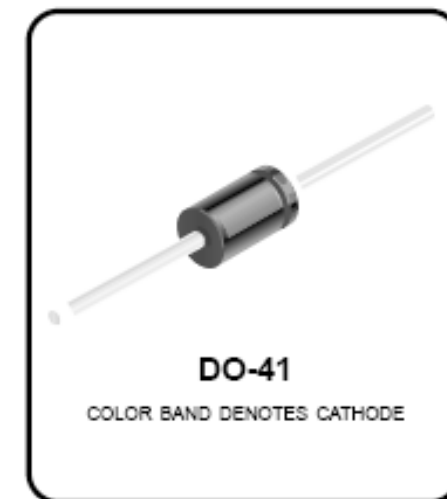
*These ratings are limiting values above which the serviceability of the diode may be impaired.

**Non-recurrent square wave $PW = 8.3 \text{ ms}$, $T_A = 55^\circ\text{C}$.

NOTES:

- 1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 200°C .
- 2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

Tolerance: A = 5%



A região de Ruptura Reversa

Uma Família de Diodos Zener Reais

Electrical Characteristics

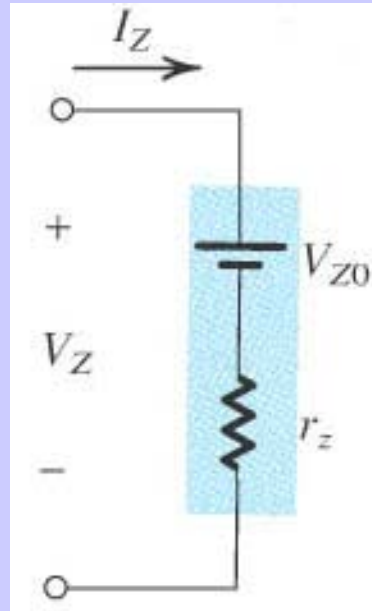
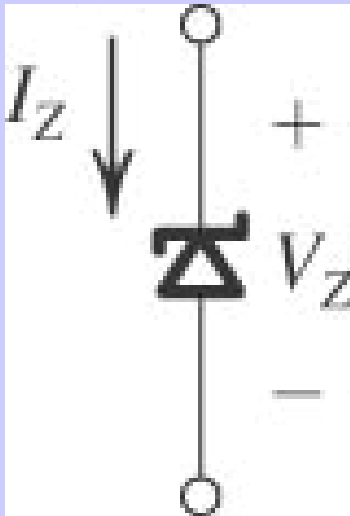
$T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Device	V_Z (V)	Z_Z @ (Ω)	I_{ZT} (mA)	Z_{ZK} @ (Ω)	I_{ZK} (mA)	V_R @ (V)	I_R (μA)	I_{SURGE} (mA)	I_{ZM} (mA)
1N4728A	3.3	10	76	400	1.0	1.0	100	1380	276
1N4729A	3.6	10	69	400	1.0	1.0	100	1260	252
1N4730A	3.9	9.0	64	400	1.0	1.0	50	1190	234
1N4731A	4.3	9.0	58	400	1.0	1.0	10	1070	217
1N4732A	4.7	8.0	53	500	1.0	1.0	10	970	193
1N4733A	5.1	7.0	49	550	1.0	1.0	10	890	178
1N4734A	5.6	5.0	45	600	1.0	2.0	10	810	162
1N4735A	6.2	2.0	41	700	1.0	3.0	10	730	146
1N4736A	6.8	3.5	37	700	1.0	4.0	10	660	133
1N4737A	7.5	4.0	34	700	0.5	5.0	10	605	121
1N4738A	8.2	4.5	31	700	0.5	6.0	10	550	110
1N4739A	9.1	5.0	28	700	0.5	7.0	10	500	100
1N4740A	10	7.0	25	700	0.25	7.6	10	454	91
1N4741A	11	8.0	23	700	0.25	8.4	5.0	414	83
1N4742A	12	9.0	21	700	0.25	9.1	5.0	380	76
1N4743A	13	10	19	700	0.25	9.9	5.0	344	69
1N4744A	15	14	17	700	0.25	11.4	5.0	304	61
1N4745A	16	16	15.5	700	0.25	12.2	5.0	285	57
1N4746A	18	20	14	750	0.25	13.7	5.0	250	50
1N4747A	20	22	12.5	750	0.25	15.2	5.0	225	45
1N4748A	22	23	11.5	750	0.25	16.7	5.0	205	41
1N4749A	24	25	10.5	750	0.25	18.2	5.0	190	38
1N4750A	27	35	9.5	750	0.25	20.6	5.0	170	34
1N4751A	30	40	8.5	1000	0.25	22.8	5.0	150	30
1N4752A	33	45	7.5	1000	0.25	25.1	5.0	135	27

V_F Forward Voltage = 1.2 V Maximum @ $I_F = 200$ mA for all 1N4700 series

A região de Ruptura Reversa

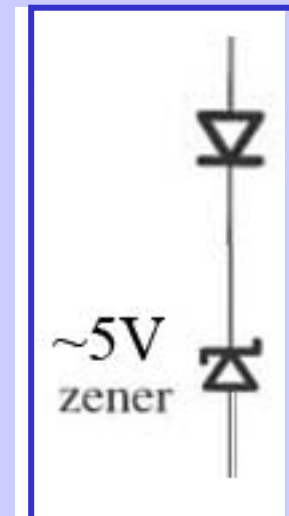
Construindo um modelo para o Diodo Zener



$$V_Z = V_{Z0} + R_Z \times I_Z$$

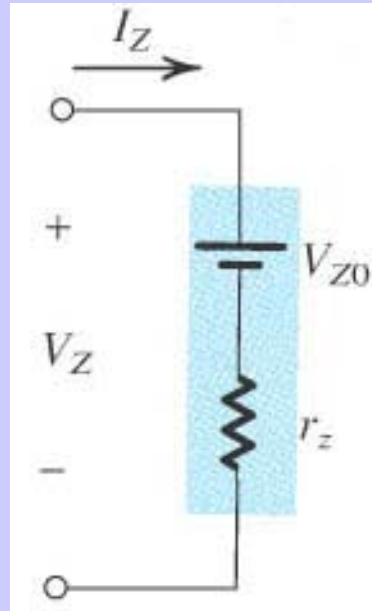
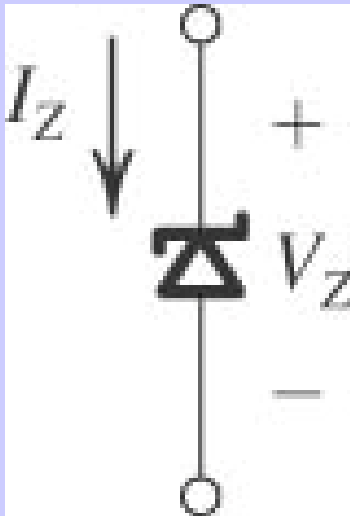
O efeito da temperatura:

- $V_Z < 5V$ o coeficiente de temperatura é negativo
- $V_Z > 5V$ o coeficiente de temperatura é positivo



A região de Ruptura Reversa

Construindo um modelo para o Diodo Zener



$$V_Z = V_{Z0} + R_Z \times I_Z$$

O efeito da temperatura:

- $V_Z < 5V$ o coeficiente de temperatura é negativo
- $V_Z > 5V$ o coeficiente de temperatura é positivo

