

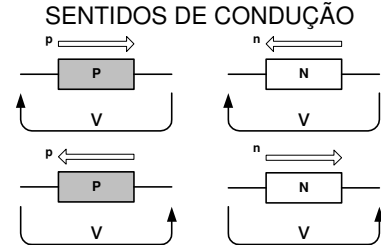
## DIODOS DE JUNÇÃO PN

### 1. OBJETIVO

Verificar as características de condução e de chaveamento de um diodo de junção PN, a característica de ruptura do diodo zener e sua aplicação como estabilizador de tensão.

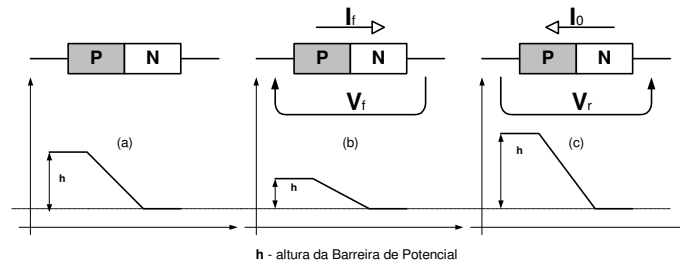
### 2. INTRODUÇÃO TEÓRICA

Um diodo de junção PN é de maneira simplista a justaposição de dois cristais semicondutores: um tipo N e outro tipo P. Um cristal semicondutor tipo P é basicamente um cristal enriquecido com impurezas trivalentes, ou seja, rico em lacunas (portadores de corrente positivos). Um cristal semicondutor tipo N é um cristal enriquecido com impurezas penta-valentes, ou seja, rico em elétrons livres (portadores de corrente negativos).

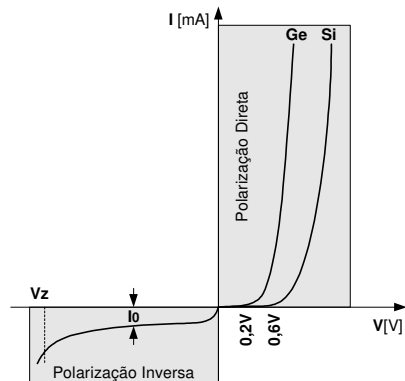


#### 2.1. BARREIRA DE POTENCIAL DA JUNÇÃO

- A barreira de potencial devido a difusão de elétrons do lado N para o lado P e de lacunas do lado P para o lado N;
- Polarização Direta: superação da barreira de potencial propicia a circulação de corrente.
- Polarização Reversa: reforça a região de depleção, bloqueia a passagem da corrente elétrica.

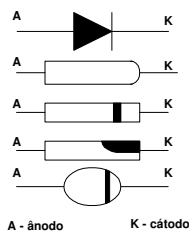


#### 2.2. CARACTERÍSTICAS $I \times V$ e ESPECIFICAÇÕES COMUNS



$V_p$	-	tensão direta
$I_F$	-	corrente direta
$I_{FWM}$	-	corrente direta de pico de trabalho
$I_{F(AV)}$	-	corrente direta média
$V_R$	-	tensão reversa
$V_{RRM}$	-	tensão de pico reversa repetitiva
$I_R$	-	corrente reversa
$I_{RSM}$	-	corrente reversa de pico não repetitiva
$f$	-	faixa de frequência de operação
$C_d$	-	capacitância

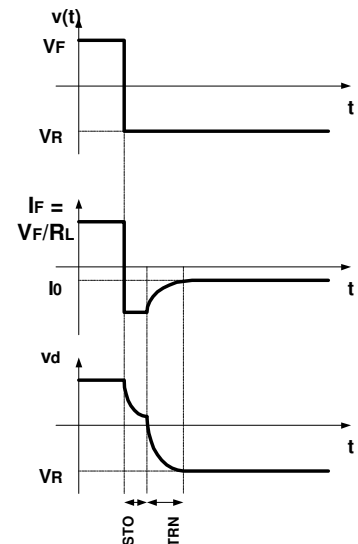
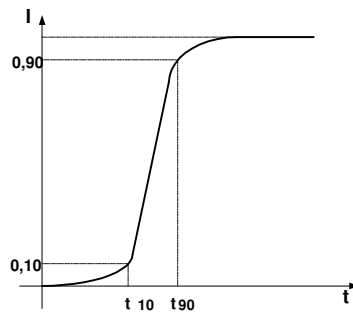
#### 2.3. SIMBOLOGIA E ENCAPSULAMENTO



## 2.4. TEMPOS DE CHAVEAMENTO DO DIODO

Chamamos de chaveamento às passagens do estado de condução (ligado) para o de não-condução (desligado) e vice-versa. Os tempos envolvidos são:

- $t_{rr}$  - tempo de recuperação direta (diferença entre os tempos de 10% e 90% de resposta);
- $t_n$  - tempo de recuperação reversa (decaimento a zero da densidade de portadores minoritários em excesso);
- $t_{sto}$  - tempo de armazenamento (carga minoritária cai a zero);
- $t_{TRN}$  - tempo de transição (intervalo entre a anulação da carga minoritária e a recuperação nominal do diodo).



## 2.5. DIODO ZENER

O diodo zener é um dispositivo destinado a trabalhar polarizado reversamente (na região de ruptura). Quando ocorre a ruptura, uma ampla corrente pode circular pelo dispositivo com d.d.p. entre seus terminais aproximadamente constante. É um diodo de junção PN especialmente dopado para permitir propriedades de polarização inversa controladas.

### 2.5.1. MECANISMOS DE RUPTURA DA JUNÇÃO

- Efeito Zener: campo elétrico, na junção PN reversamente polarizada, suficientemente forte para romper ligações covalentes;
- Efeito Avalanche: portadores gerados termicamente são acelerados pelo campo elétrico adquirindo energia suficiente para romper ligações covalentes gerando novos portadores e assim sucessivamente.

### 2.5.2. COEFICIENTES DE TEMPERATURA

- Coeficiente POSITIVO: ruptura por avalanche ( $V_Z > 5V$  aproximadamente);
- Coeficiente NEGATIVO: ruptura por zener ( $V_Z < 5V$  aproximadamente);
- Coeficiente NULO:  $V_Z = 5V$  (na faixa de 4,5 a 6,0V).

#### COMPENSAÇÃO DO EFEITO DE TEMPERATURA:

1° processo: usar um diodo zener com coeficiente de temperatura nulo;

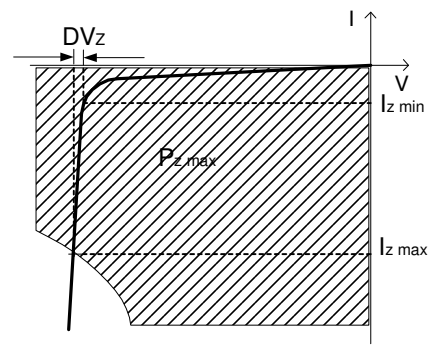
2° processo: usar um diodo comum diretamente polarizado em série com o diodo zener com coeficiente de temperatura de mesmo valor, mas com sentido contrário (compensação BACK TO BACK).

### 2.5.3. ESCOLHA DO DIODO ZENER

Máxima Potência de Dissipação:  $P_{ZMAX} = V_Z \cdot I_{ZMAX}$

Obs.: É conveniente usar como  $I_{ZMAX}$  80% de  $I_{ZMAX}$  especificada pelo manual do fabricante. A resistência zener diminui com o aumento de  $I_Z$  e aumenta aproximadamente 3%/°C.

## 2.5.4. CARACTERÍSTICA V x I E IMPEDÂNCIA ZENER



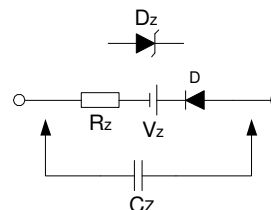
**Impedância Zener:**

$$R_z = \Delta V_z / \Delta I_z$$

**Capacitância Zener :**  $C_z$  depende da área da secção reta da junção e consequentemente da potência do zener, tendo-se aproximadamente

$$10\text{pF} \leq C_z \leq 10.000\text{pF}.$$

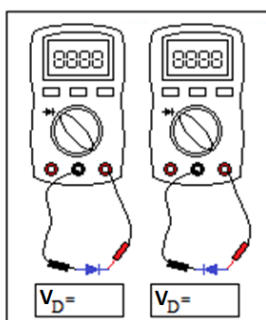
**SIMBOLOGIA E CIRCUITO EQUIVALENTE**



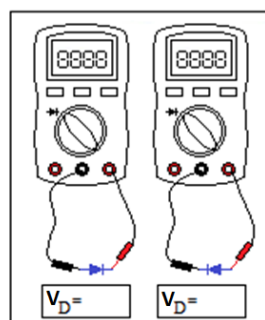
## 3. PARTE EXPERIMENTAL

### 3.1. VERIFICAÇÃO DA INTEGRIDADE DOS DIODOS SEMICONDUTORES E DO DIODO ZENER

3.1.1- Com um multímetro selecionado para teste de diodos verifique a integridade dos diodos semicondutores 1N4004/7 e 1N4148, pela medição das tensões nos sentidos direto e reverso. Anote as leituras do multímetro nas duas situações.

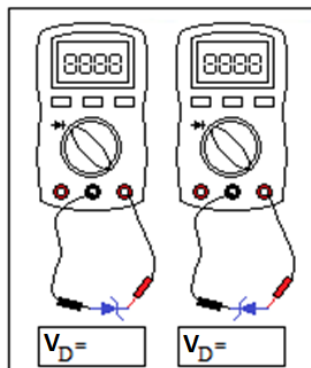


1N4004/7



1N 4148

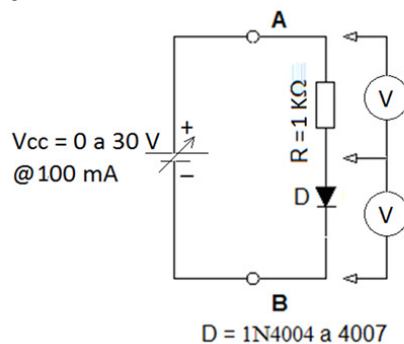
3.1.2- Com um multímetro selecionado para teste de diodos verifique a integridade do diodo zener pela medição das tensões nos sentidos direto e reverso. Anote as leituras do multímetro nas duas situações.



## 3.2. CURVA CARACTERÍSTICA V x I

3.2.1- Regule a fonte de CC para uma corrente máxima de 100 mA

3.2.2- Monte o circuito da figura abaixo.



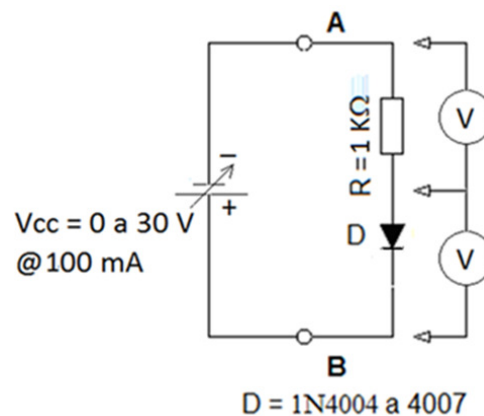
3.2.3- Regule a tensão da fonte CC para que a tensão no diodo se estabeleça conforme tabela abaixo e para cada tensão no diodo, anote a tensão da fonte CC e meça a corrente no resistor R..

Tensão na Fonte CC	Tensão no diodo	Corrente no resistor
	0,2 V	
	0,4 V	
	0,5 V	
	0,6 V	
	0,7 V	

3.2.4- Estabeleça os valores mostrados na tabela abaixo para a fonte CC e meça a tensão no diodo e a corrente no resistor R.

Tensão na Fonte CC	Tensão no diodo	Corrente no resistor
5 V		
10 V		
15 V		
20 V		

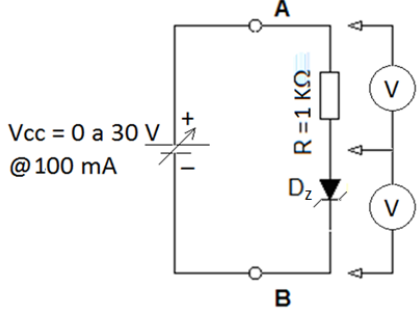
3.2.5- - Inverta a polaridade da fonte CC, conforme mostra o circuito da figura abaixo.



3.2.6- Estabeleça os valores de tensão mostrados na tabela abaixo para a fonte CC e meça a tensão no diodo e a corrente no resistor R

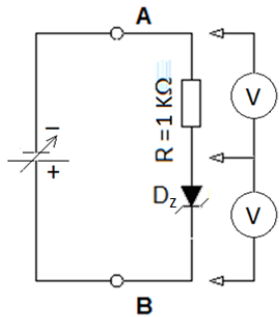
Tensão na Fonte CC	Tensão no diodo	Corrente no resistor
5 V		
10 V		
15 V		
20 V		
30 V		

3.2.7- Substitua o diodo retificador usado acima por um diodo zener e repita os passos 3.1.2 a 3.1.6.



Tensão na Fonte CC	Tensão no diodo	Corrente no resistor
	0,2 V	
	0,4 V	
	0,5 V	
	0,6 V	
	0,7 V	

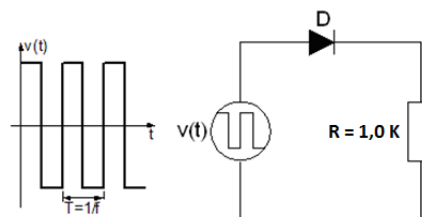
Tensão na Fonte CC	Tensão no diodo	Corrente no resistor
5 V		
10 V		
15 V		
20 V		



Tensão na Fonte CC	Tensão no diodo	Corrente no resistor
5 V		
10 V		
15 V		
20 V		
30 V		

### 3.3. DÍODO COMO CHAVE

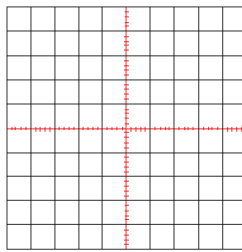
3.3.1- Monte o circuito da figura mostrada abaixo.



D = 1N 4004 a 4007

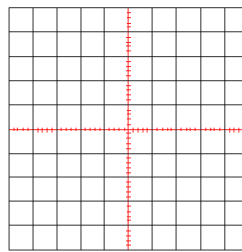
3.3.2- Ajuste o gerador de funções para a forma de onda mostrada na figura acima, com tensão de 10 Vpp e OFFSET = 0.

3.3.3- Para as frequências de 200 Hz, 5 kHz e 20 kHz, verifique com o osciloscópio as formas de onda de entrada  $v(t)$  e sobre o resistor.



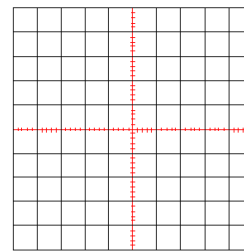
f = 200 Hz

Escala de tensão  
Canal 1 : \_\_\_\_\_ V/cm  
Canal 2: \_\_\_\_\_ V/cm



f = 5 KHz

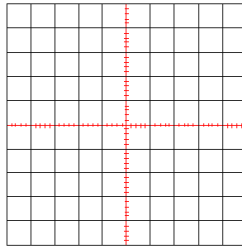
Escala de tensão  
Canal 1 : \_\_\_\_\_ V/cm  
Canal 2: \_\_\_\_\_ V/cm



f = 20 KHz

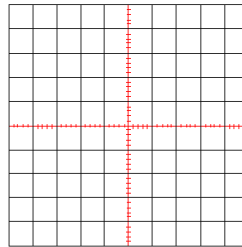
Escala de tensão  
Canal 1 : \_\_\_\_\_ V/cm  
Canal 2: \_\_\_\_\_ V/cm

3.3.4- Substitua o diodo retificador do circuito pelo diodo de sinal (1N4148). Compare os resultados e justifique as diferenças.



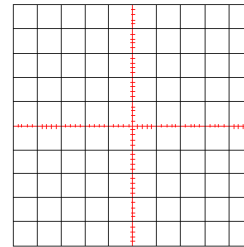
f = 200 Hz

Escala de tensão  
Canal 1 : \_\_\_\_\_ V/cm  
Canal 2: \_\_\_\_\_ V/cm



f = 5 KHz

Escala de tensão  
Canal 1 : \_\_\_\_\_ V/cm  
Canal 2: \_\_\_\_\_ V/cm



f = 20 KHz

Escala de tensão  
Canal 1 : \_\_\_\_\_ V/cm  
Canal 2: \_\_\_\_\_ V/cm