# TE 046
# DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS

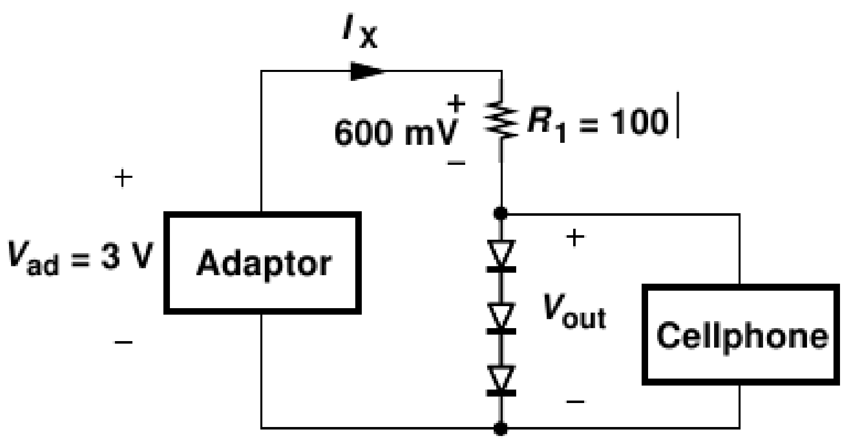
**Oscar C. Gouveia Filho**
**Departamento de Engenharia Elétrica**
**UFPR**

URL:
www.eletrica.ufpr.br/ogouveia/te046
E-mail: ogouveia@eletrica.ufpr.br

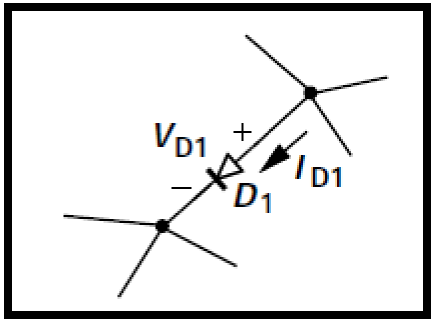
GICS

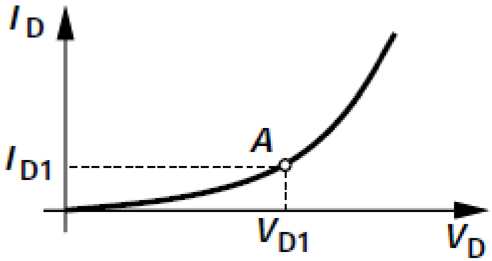
## 4.3 OPERAÇÃO EM GRANDES SINAIS E PEQUENOS SINAIS

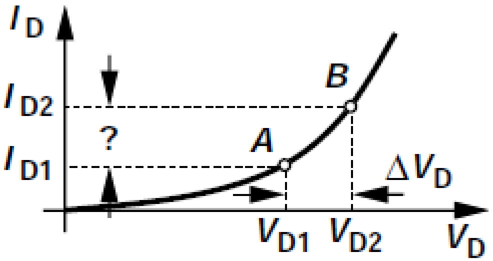
**Exemplo: Um estudante de engenharia elétrica construiu o circuito abaixo para substituir o carregador de 2,4 V, de seu celular. Neste circuito três diodos idênticos fornecem uma tensão $V_{out} = 3.V_D \approx 2,4$ V. Despezando a corrente do celular determine: a) a corrente de saturação reversa para $V_{out}$=2,4 V; b) $V_{out}$ se a tensão do adaptador for 3,1 V.**

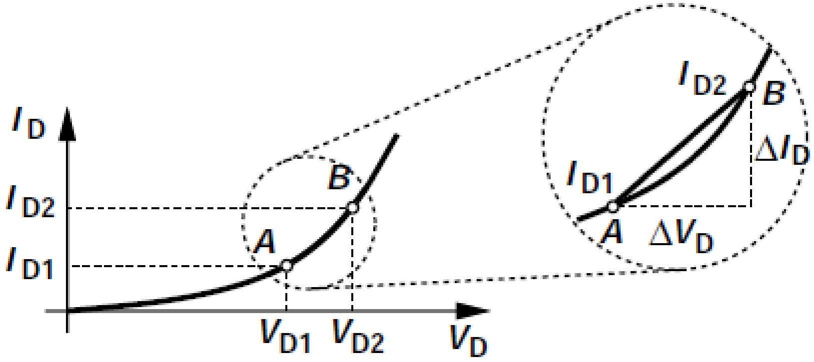


# Operação com pequenos sinais



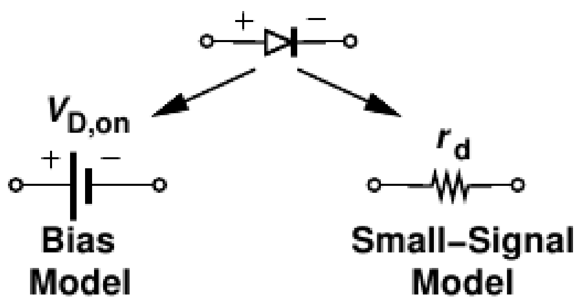



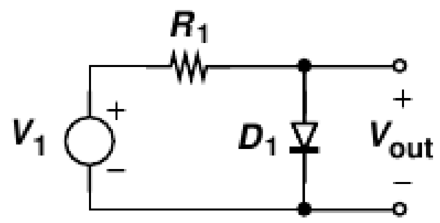



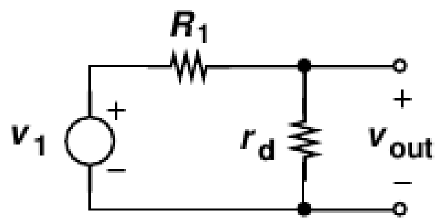



GICS

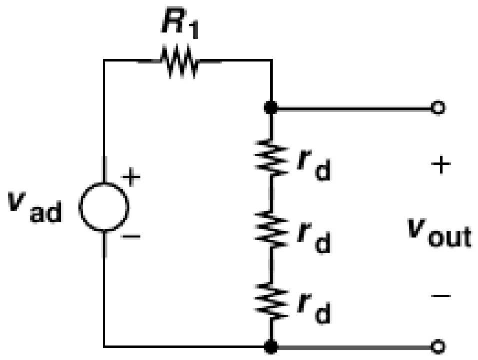
## Modelo de pequenos sinais



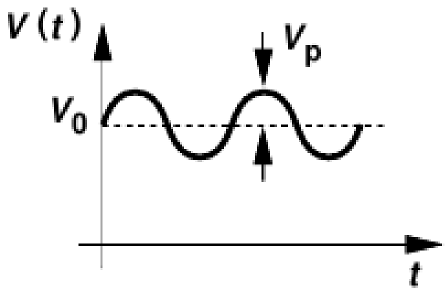



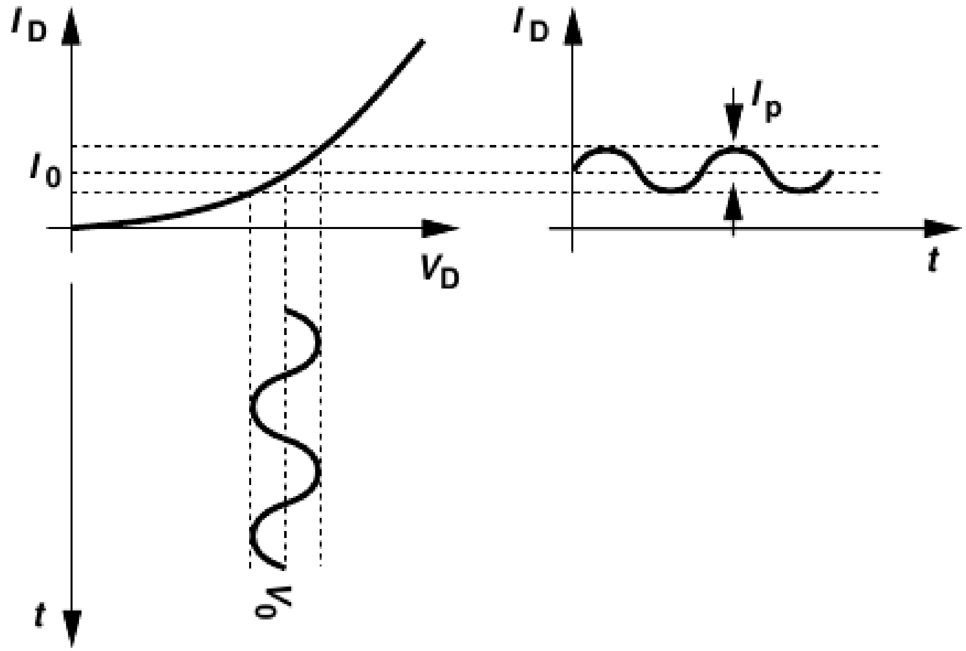




**Exemplo: Repita o item b) do exemplo anterior usando o modelo de pequenos sinais**



**Exemplo: Um sinal senoidal de amplitude $V_P$ e um valor dc $V_o$, sendo $V_P$ << $V_o$, é aplicado sobre um diodo. Determine a corrente no diodo.**



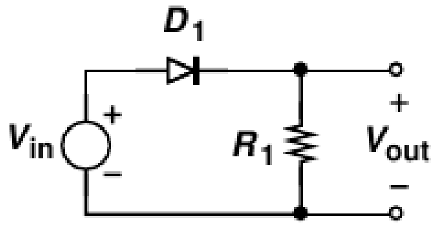


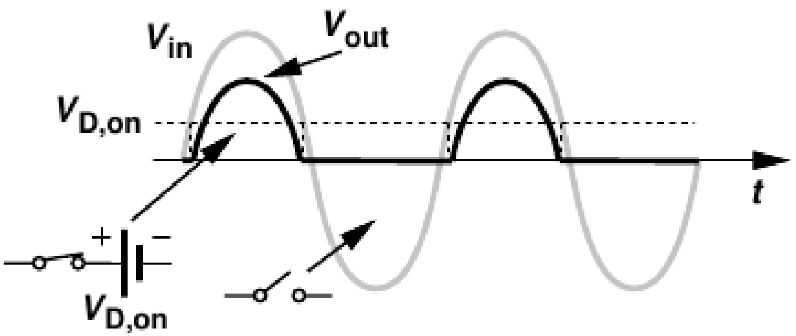

GICS

# 4.4 APLICAÇÕES DE DIODOS

## 4.4.1 Retificadores

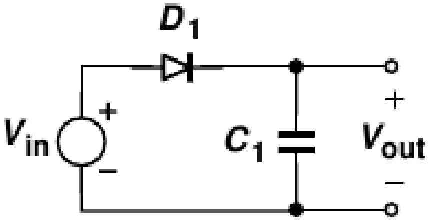
### 4.4.1.1 Retificador de meia onda

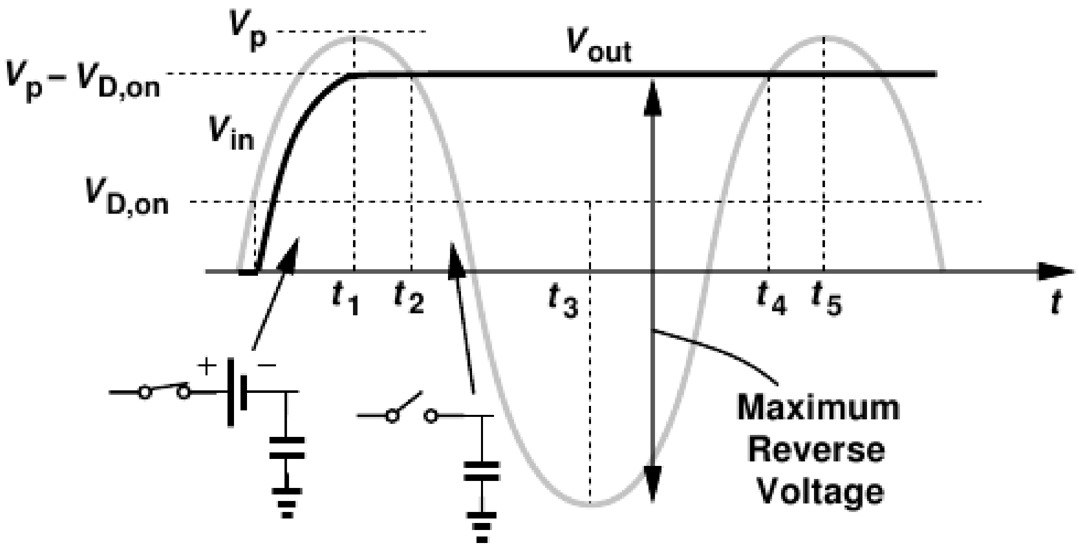



Se a amplitude do sinal alternado for muito maio que a queda de tensão no diodo esta pode ser desprezada.

# Mantendo a tensão na saída constante

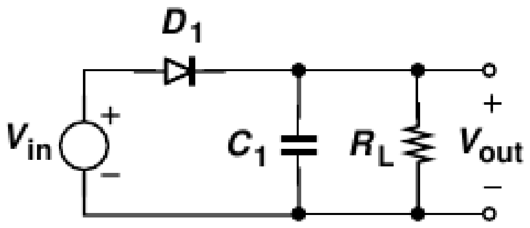


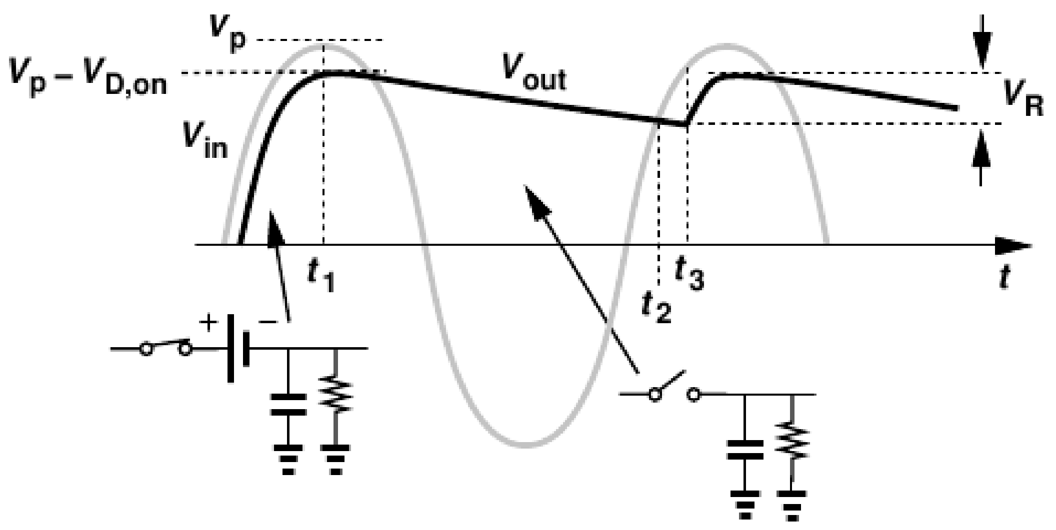






GICS

## Aplicando uma carga na saída

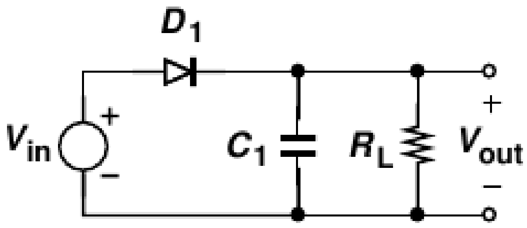


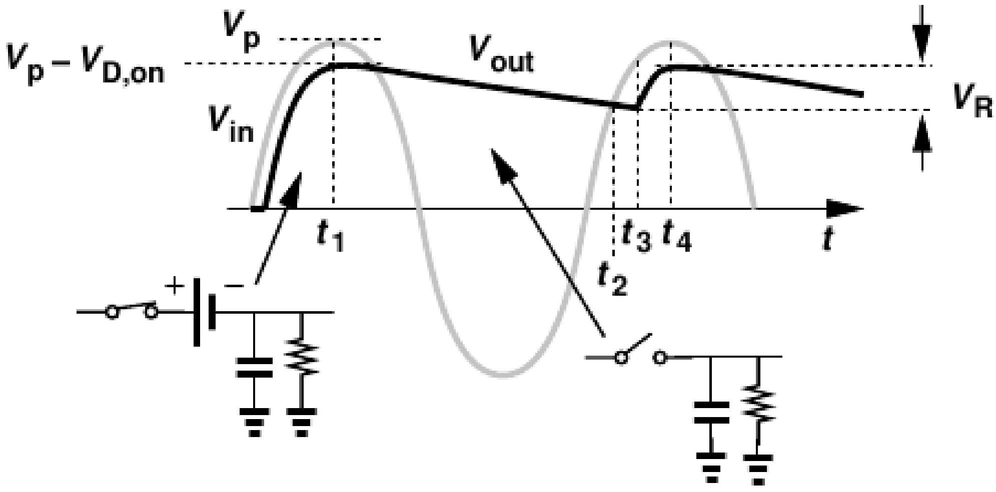





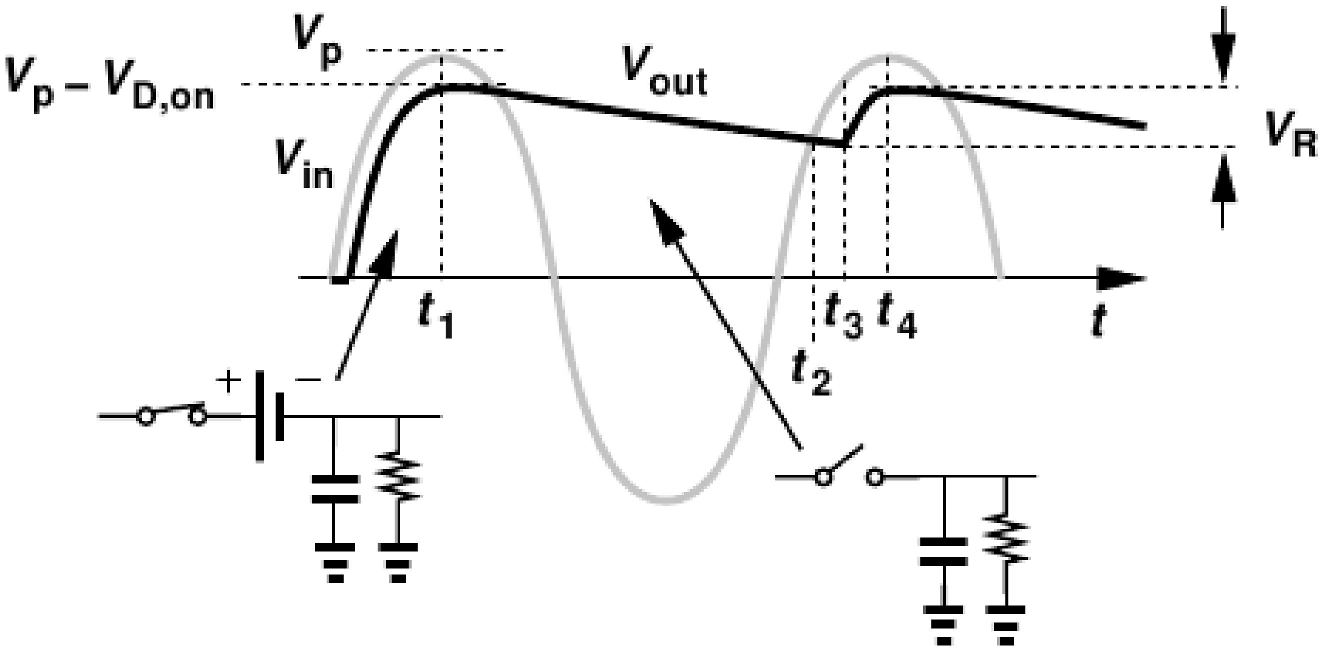

GICS

# Ondulação na tensão de saída (ripple)



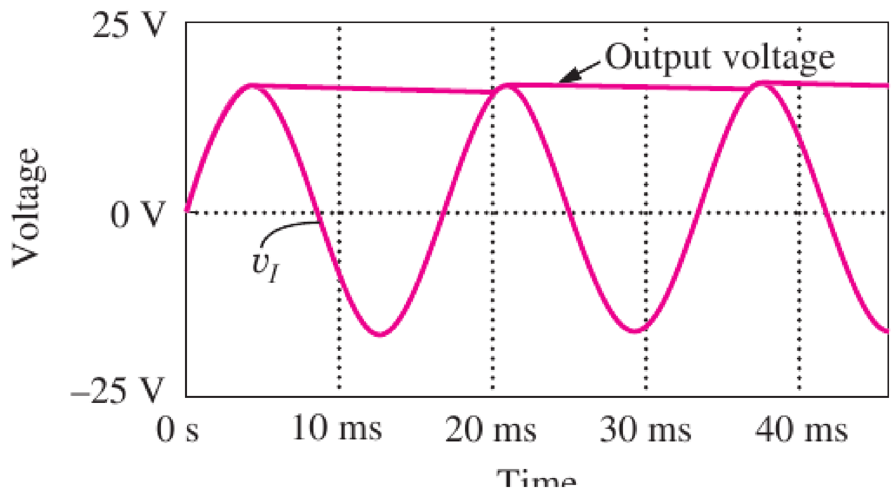



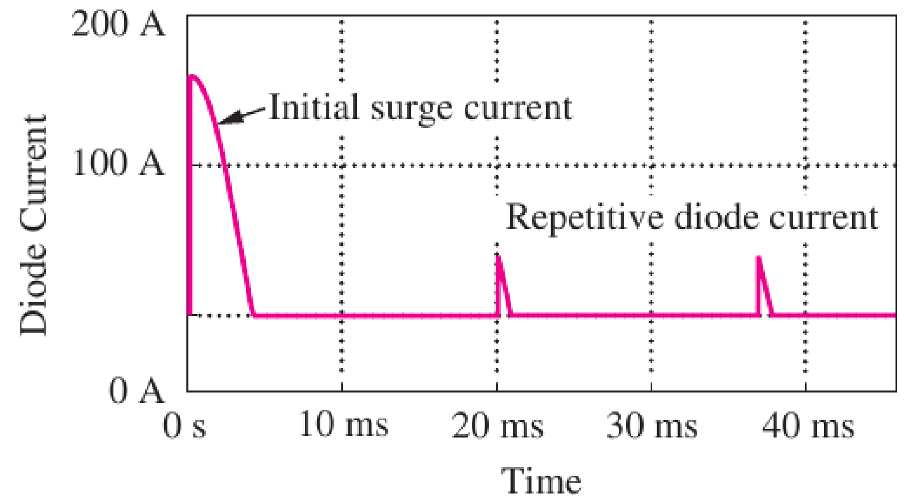
Ângulo de condução do diodo

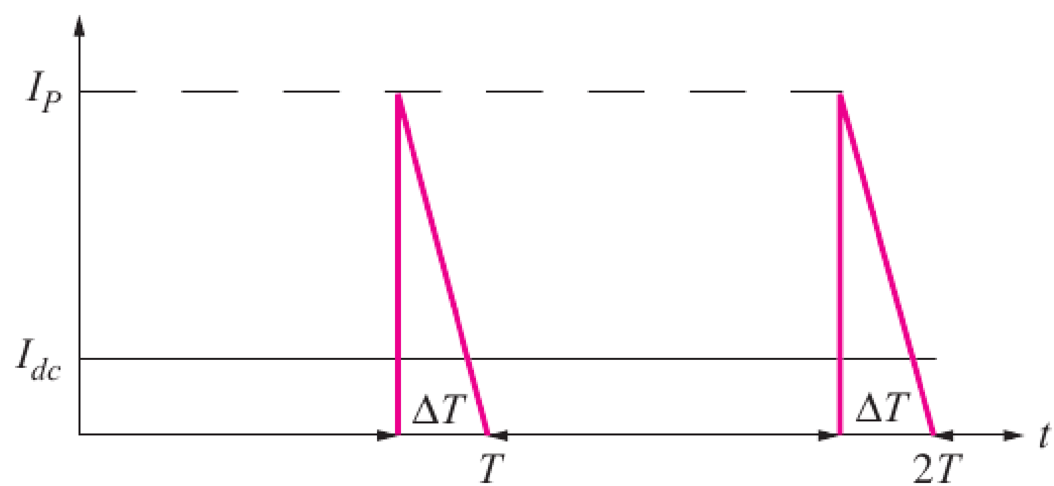


**Exemplo:** Determine o valor da tensão de saída dc, da corrente de saída dc, do ripple,do intervalo de condução,e do ângulo de condução para um retificador de meia onda alimentado por um transformador com uma tensão no secundario de 12,6 Vrms (60 Hz) with R = 15 Ω and C = 25.000 μF. Assuma que a queda de tensão no diodo seja de 1 V.

# Corrente no diodo



Potência média dissipada no diodo

$$P_D = \frac{1}{T}\int_0^T v_D(t) i_D(t)\, dt$$

Considerando a tensão sobre o diodo constante e a aproximação triangular para a corrente no diodo

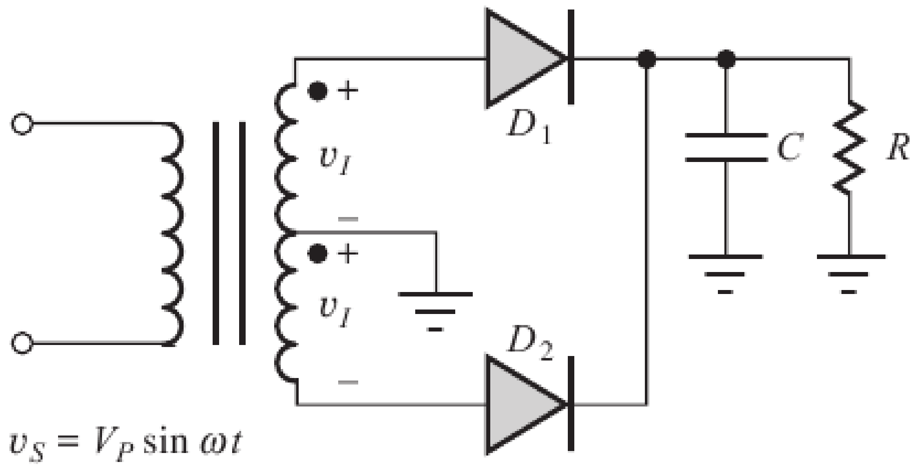
$$P_D = \frac{1}{T}\int_0^T V_{\text{on}} i_D(t)\, dt = \frac{V_{\text{on}}}{T}\int_{T-\Delta T}^{T} i_D(t)\, dt = V_{\text{on}} \frac{I_P}{2}\frac{\Delta T}{T} = V_{\text{on}} I_{\text{dc}}$$



GICS

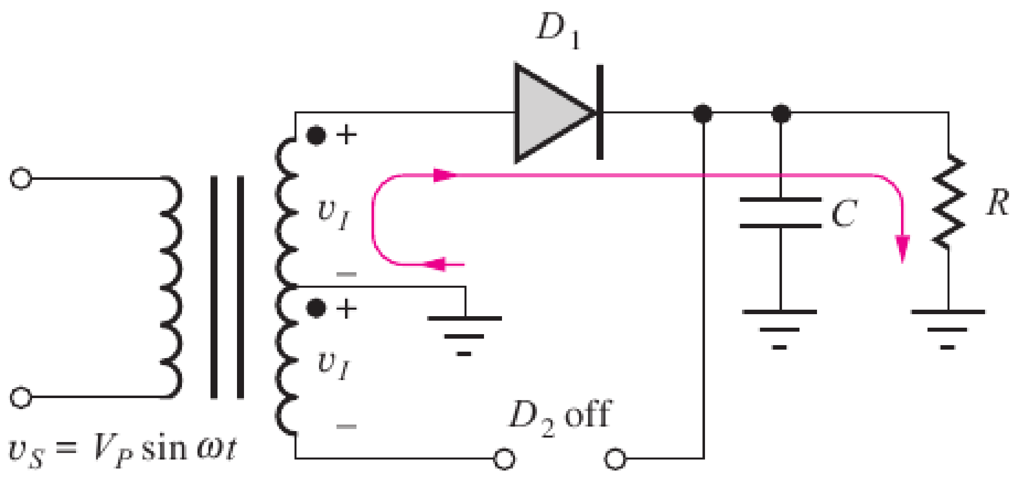
## 4.4.1.2 Retificadores de onda completa

Retificador com transformador de tap central

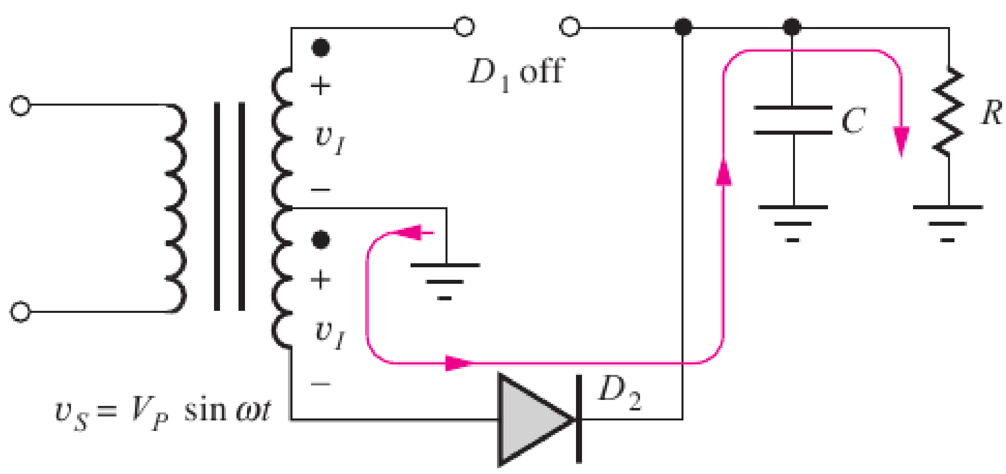




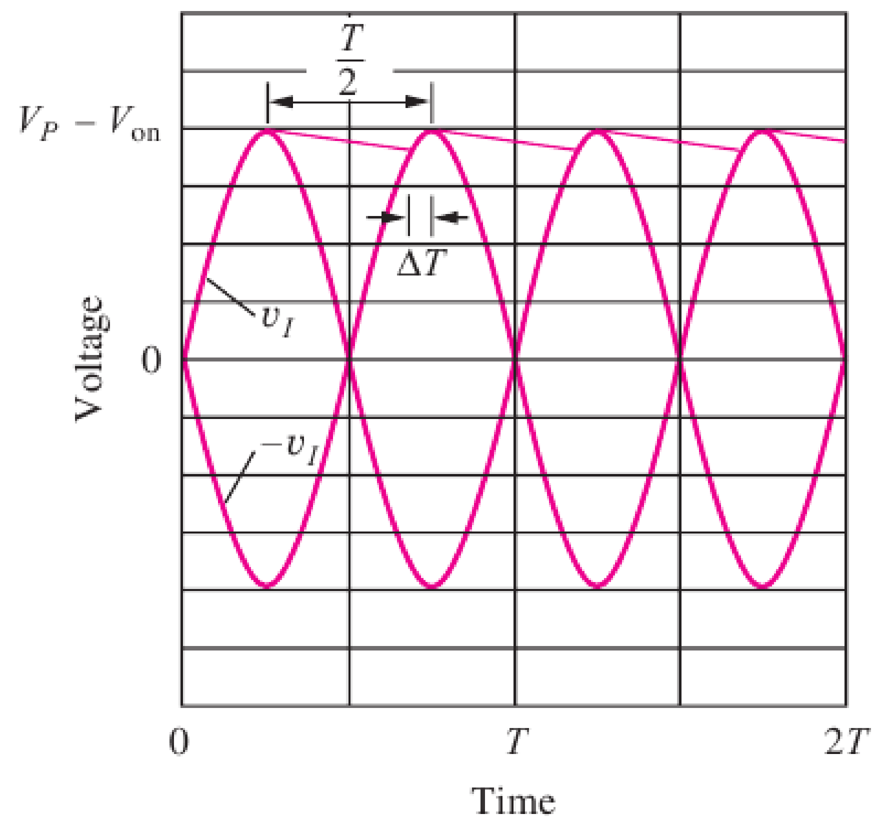

GICS



D1
+
vI
−
+
vI
−
C
R
D2 off
vS = VP sin ωt

D1 off
+
vI
−
+
vI
−
C
R
D2
vS = VP sin ωt

T/2
VP − Von
ΔT
vI
−vI
Voltage
0
0
T
2T
Time

Equações para o retificador de onda completa com transformador de tap central

$$V_{dc} = V_P - V_{\text{on}}$$

$$V_r = \frac{(V_P - V_{\text{on}})}{R}\frac{T}{2C}$$

$$\Delta T = \frac{1}{\omega}\sqrt{\frac{T}{RC}\frac{(V_P - V_{\text{on}})}{V_P}} = \frac{1}{\omega}\sqrt{\frac{2V_r}{V_P}}$$

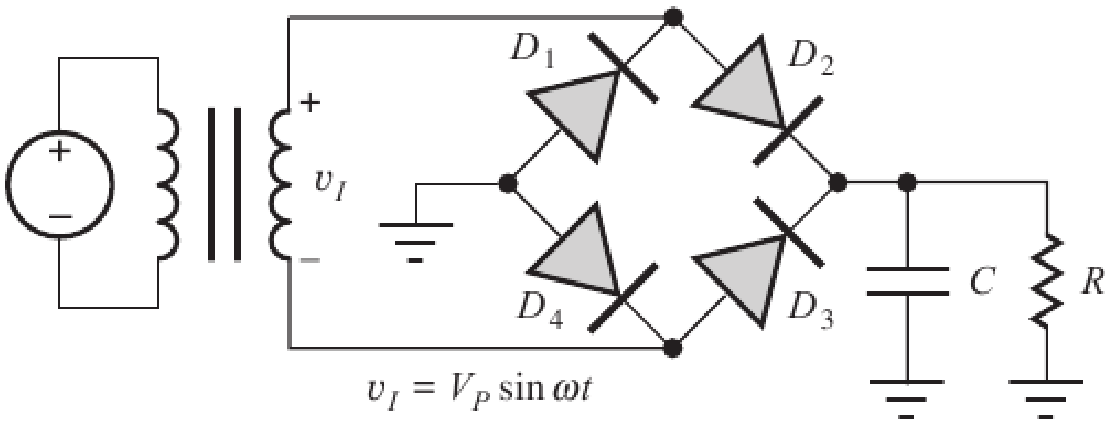
$$\theta_c = \omega\Delta T = \sqrt{\frac{2V_r}{V_P}} \qquad I_P = I_{DC}\frac{T}{\Delta T}$$

$$\text{PIV} = 2V_P$$



GICS

## Retificador em ponte de diodos

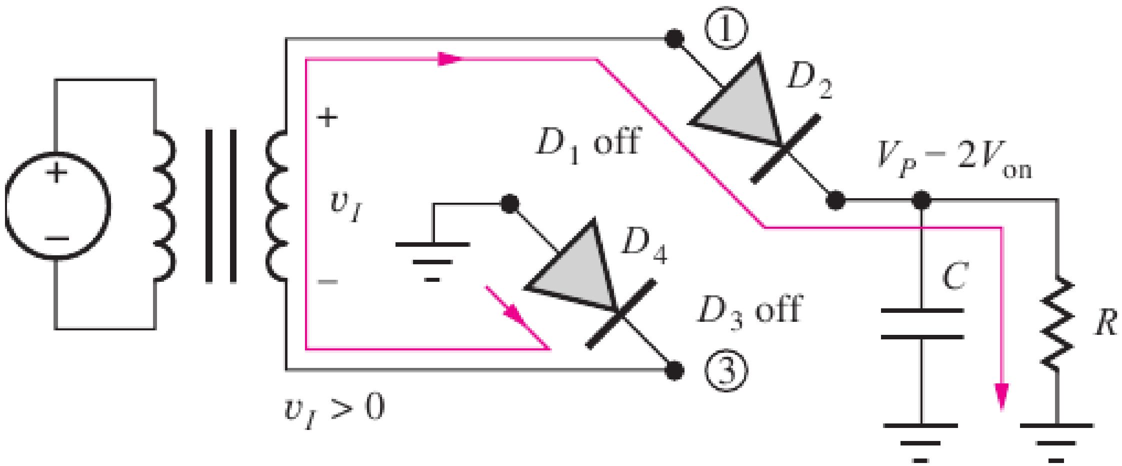



$$V_{dc} = V_P - 2V_{\text{on}}$$

$$\text{PIV} = V_P - V_{\text{on}} \cong V_P$$



GICS


①
$D_2$
$D_1$ off
$V_P - 2V_{on}$
+
$v_I$
$D_4$
−
$D_3$ off
C
R
③
$v_I > 0$

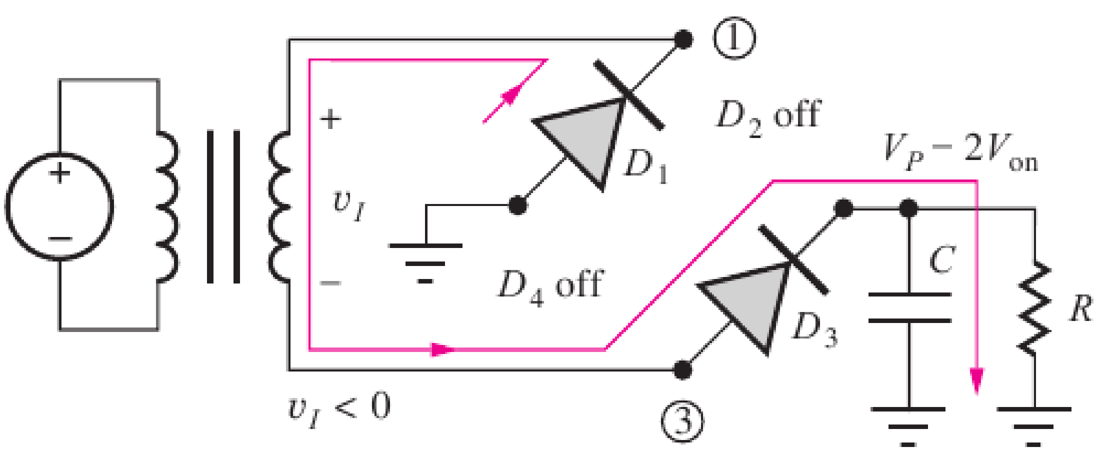

①
$D_2$ off
+
$D_1$
$V_P - 2V_{on}$
$v_I$
−
$D_4$ off
C
R
$D_3$
$v_I < 0$
③

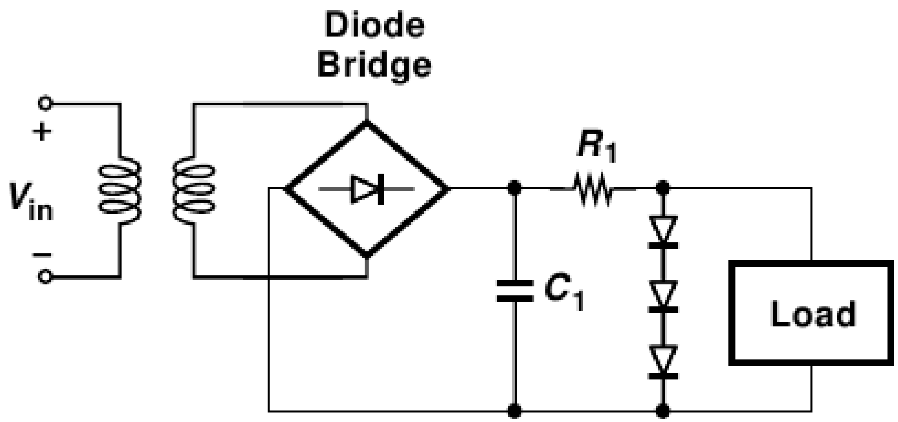
**TABLE 3.5**

**Comparison of Rectifiers with Capacitive Filters**

| RECTIFIER PARAMETER | HALF-WAVE RECTIFIER | FULL-WAVE RECTIFIER | FULL-WAVE BRIDGE RECTIFIER |
|---|---|---|---|
| Filter capacitor | $C = \frac{V_P - V_{on}}{V_r}\frac{T}{R}$ | $C = \frac{V_P - V_{on}}{V_r}\frac{T}{2R}$ | $C = \frac{V_P - 2V_{on}}{V_r}\frac{T}{2R}$ |
| PIV rating | $2V_P$ | $2V_P$ | $V_P$ |
| Peak diode current (constant $V_r$) | Highest<br>$I_P$ | Reduced<br>$\frac{I_P}{2}$ | Reduced<br>$\frac{I_P}{2}$ |
| Surge Current | Highest | Reduced ($\propto C$) | Reduced ($\propto C$) |
| Comments | Least complexity | Smaller capacitor<br>Requires center-tapped transformer<br>Two diodes | Smaller capacitor<br>Four diodes<br>No center tap on transformer |

**Exemplo: Projete um retificador para fornecer uma tensão dc de 15 V com ripple menor que 1% para uma corrente de carga de 2 A.**

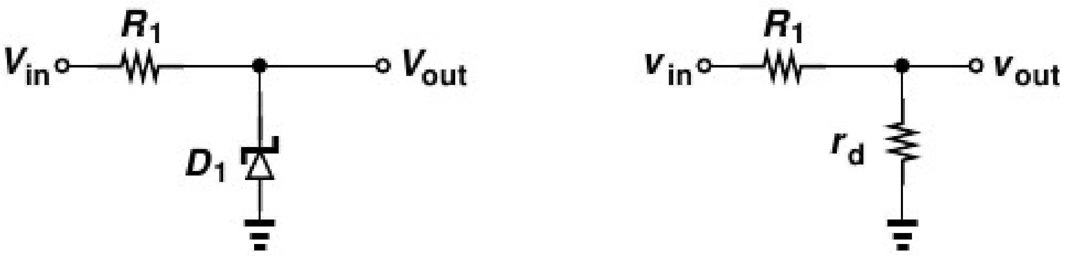
## 4.4.2 Regulação de Tensão






GICS

# Regulação com diodo Zener

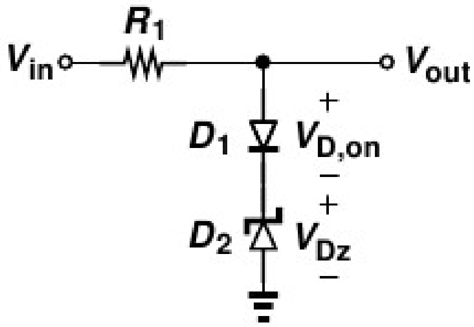



$$v_{out} = \frac{r_D}{r_D + R_1} v_{in}.$$

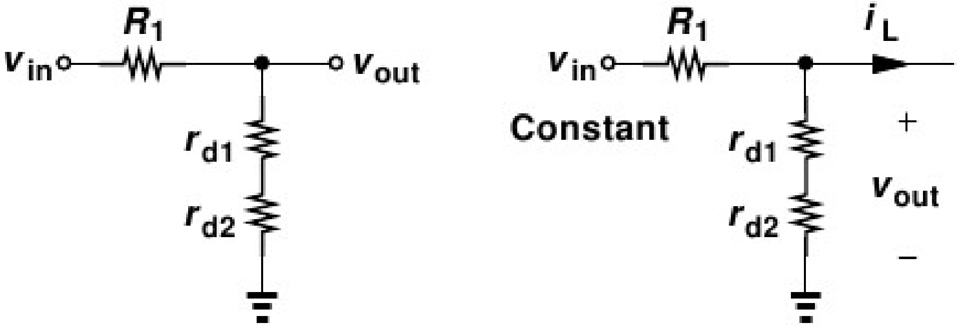


GICS

**Exemplo:** No circuito da figura abaixo $V_{in}$ tem valor nominal de 5 V, $R_1$= 100 Ω e $D_2$ tem uma tensão de ruptura reversa de 2,7 V e uma resistência de pequenos sinais de 5 Ω. Assumindo $V_{D,on}$ = *0,8 V* para $D_1$, determina as regulações de linha e de carga.

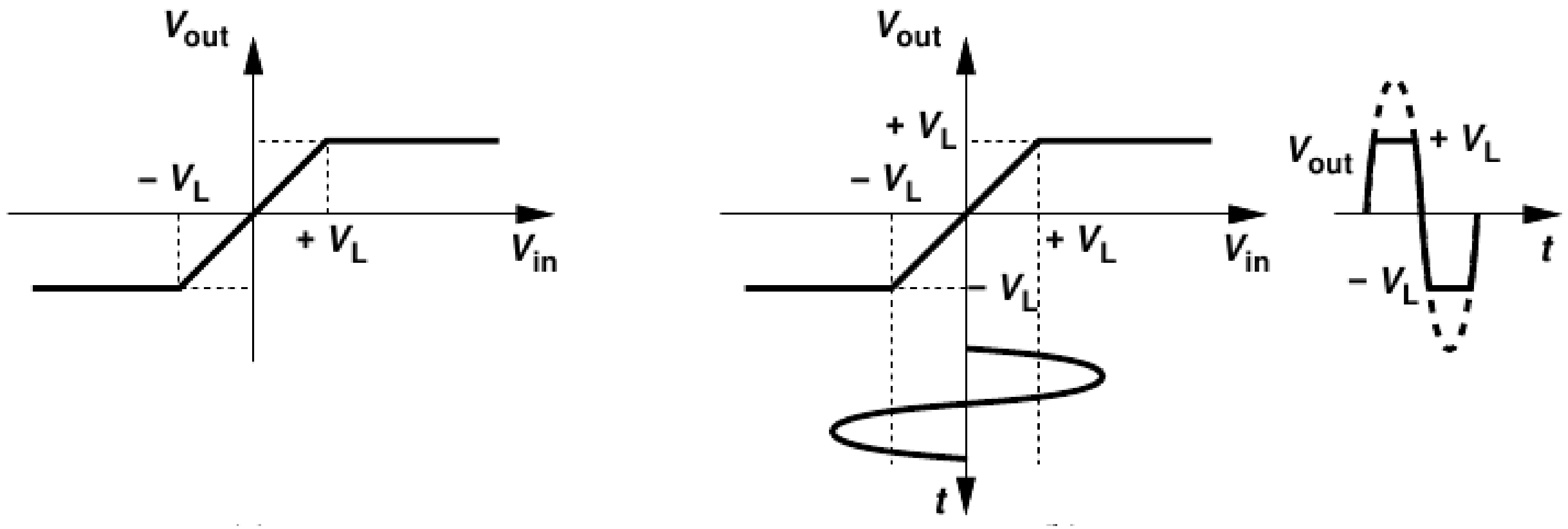



**Solução**



## 4.4.3 Circuitos limitadores

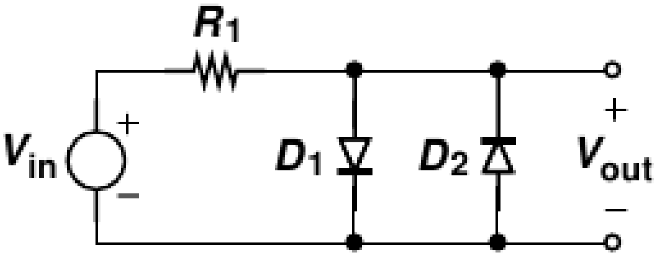

Característica de transferência de um limitador

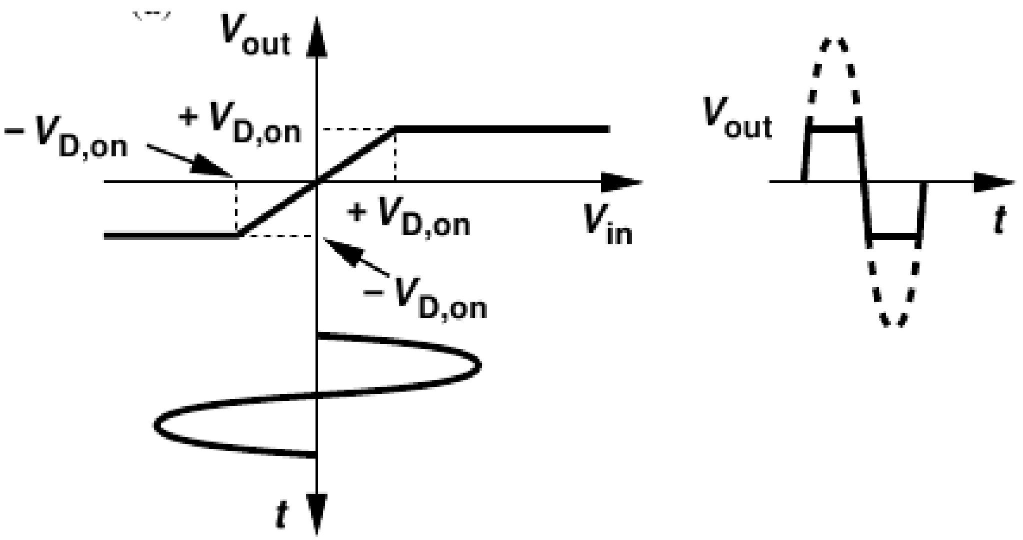




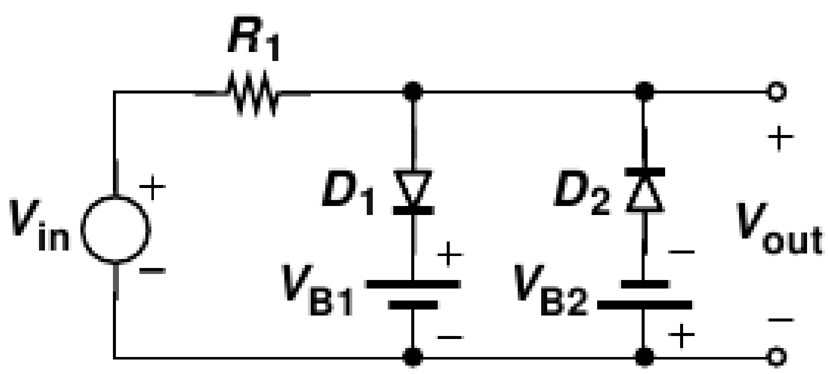

GICS

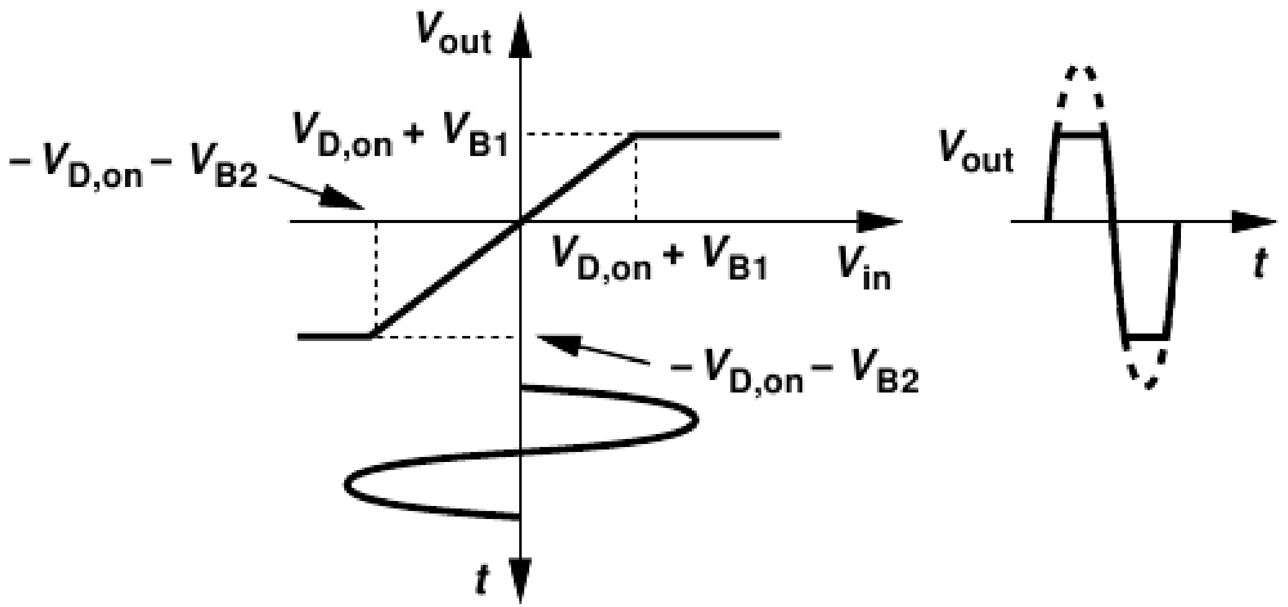
## Implementação de um limitador com diodos



# Deslocando o nível do limitador

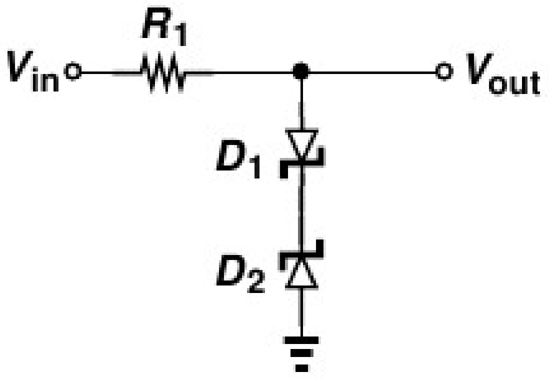


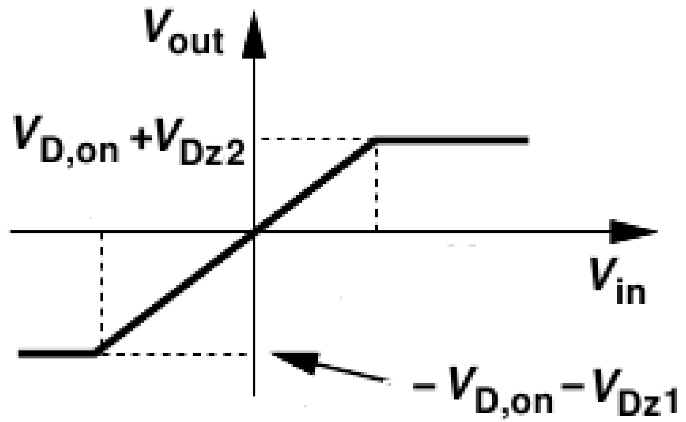






GICS

# limitador com diodos zener

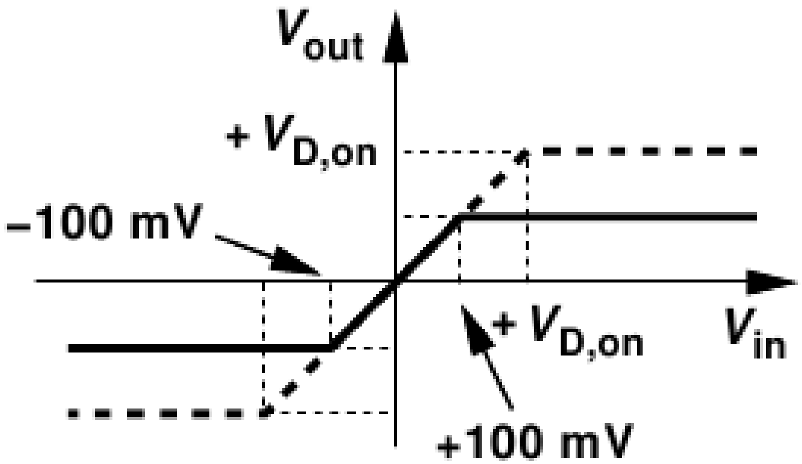


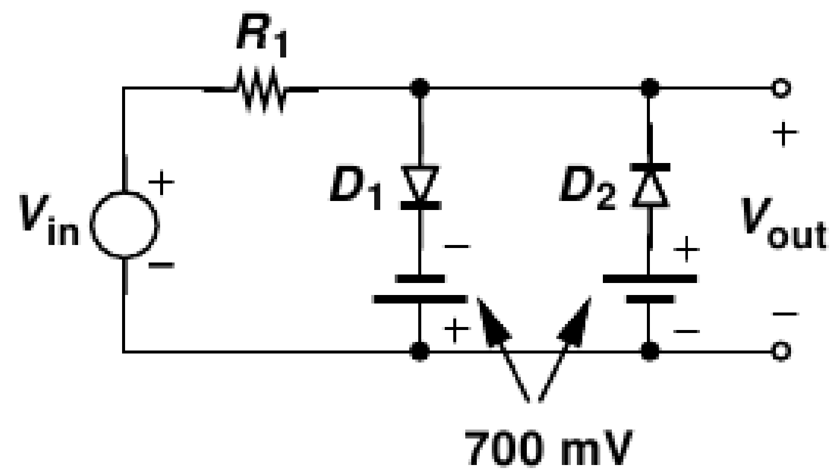






GICS

**Exemplo:** Um sinal deve ser limitado em ± 100mV. Assumindo $V_{D,on}$ = 800mV. Projete o circuito limitador.

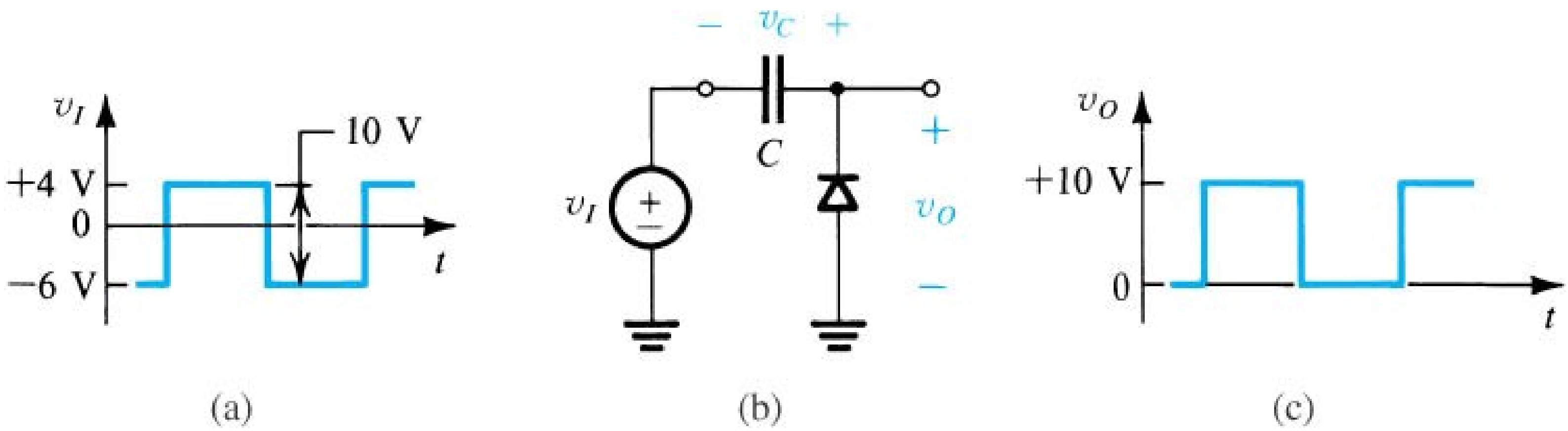


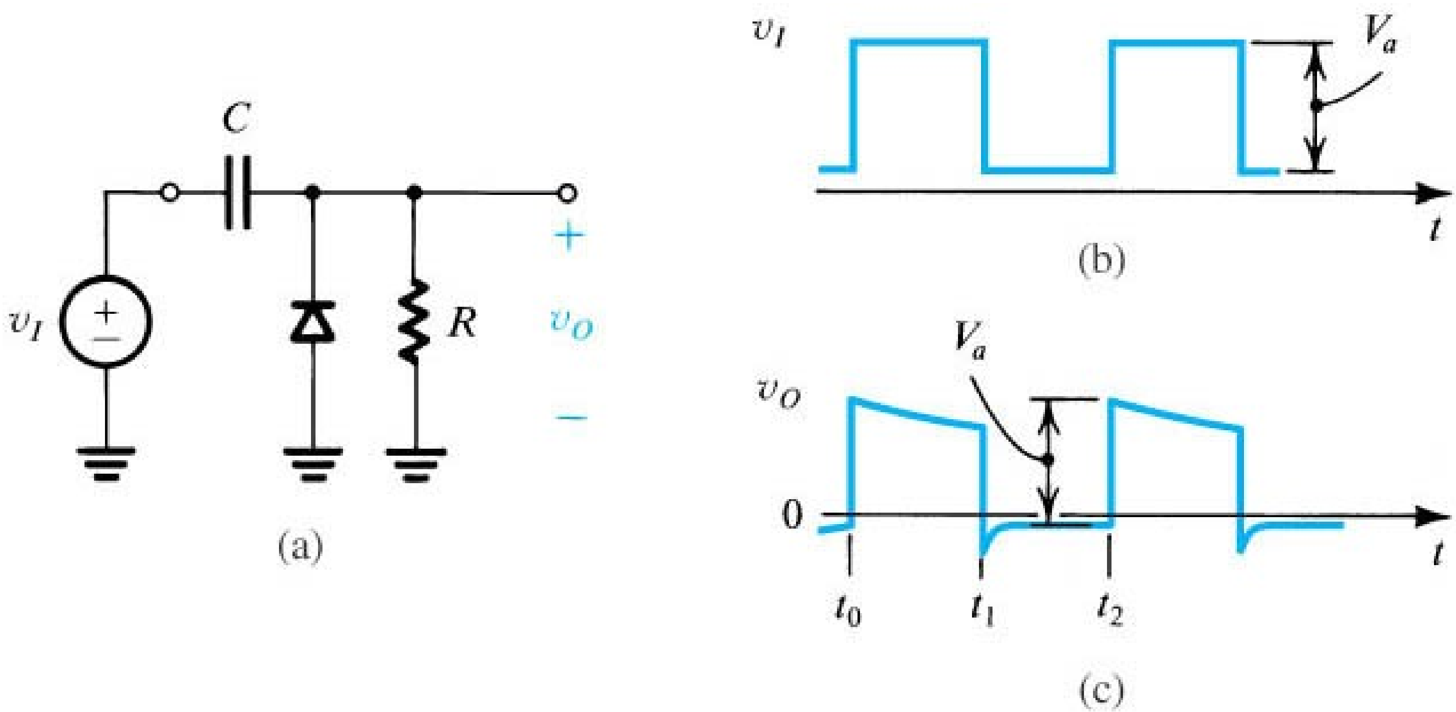



GICS

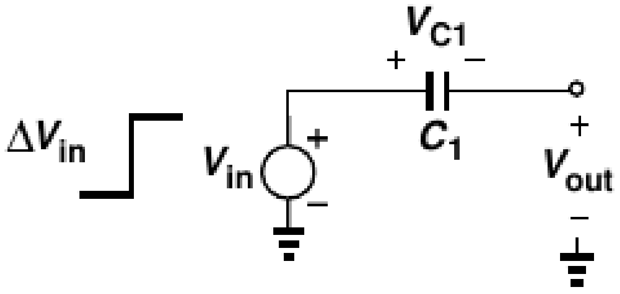
## 4.4.4 Circuitos grampeadores



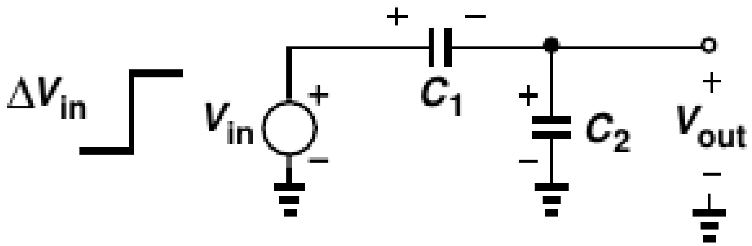

## Circuito grampeador com carga



## 4.4.5 Dobrador de tensão




A variação de tensão aparece diretamente na saída

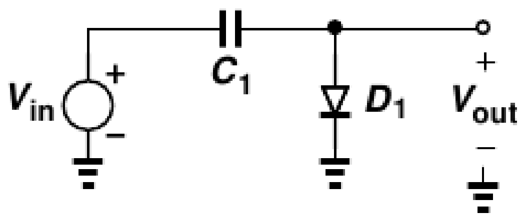



Divisor capacitivo

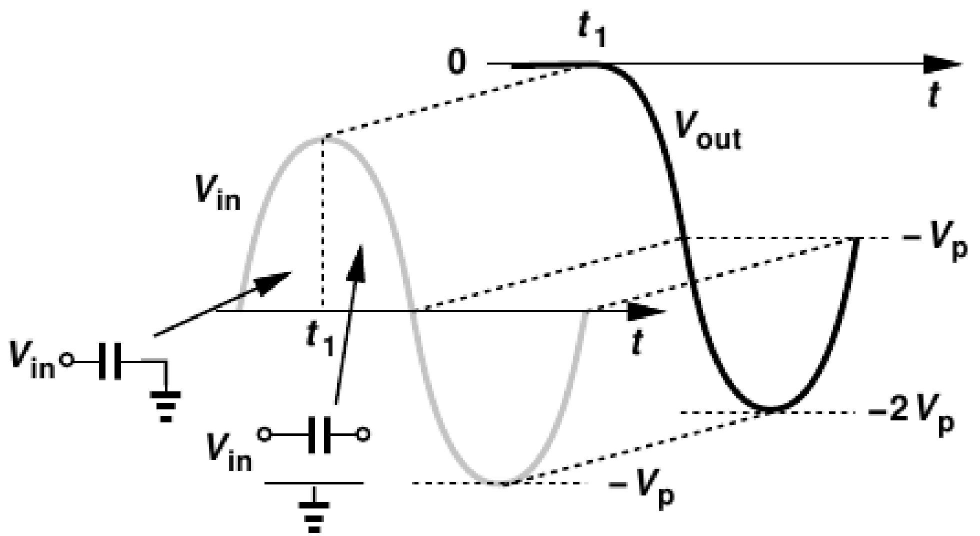
$$\Delta V_{out} = \frac{C_1}{C_1 + C_2} \Delta V_{in}$$



GICS

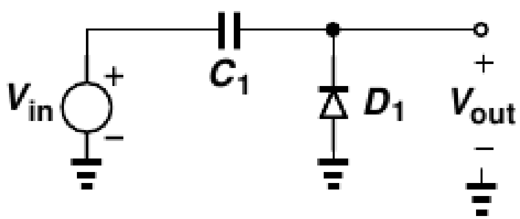


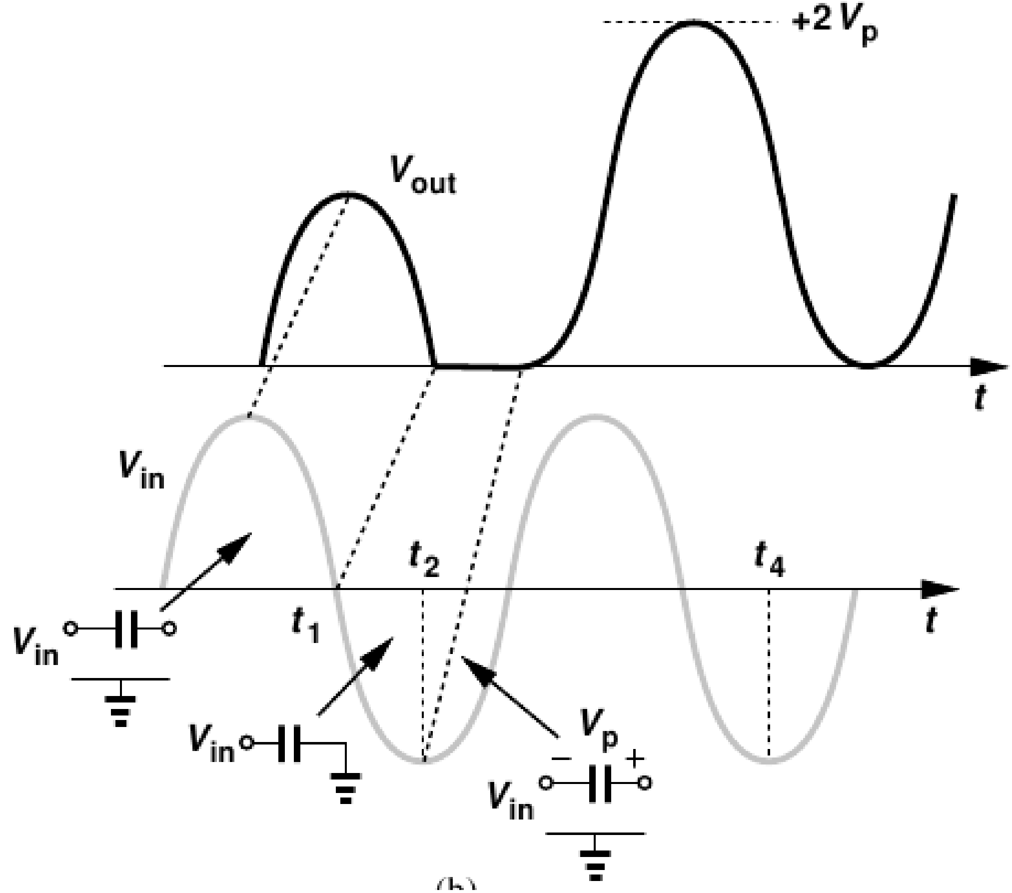
$V_{in}$
$C_1$
$D_1$
$V_{out}$

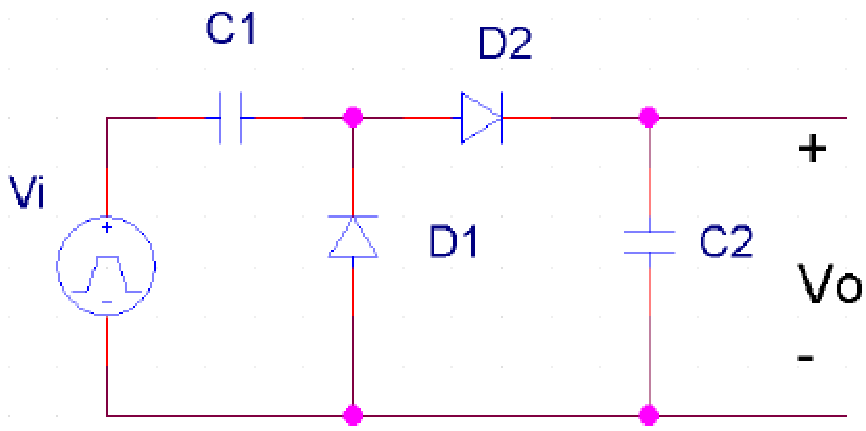



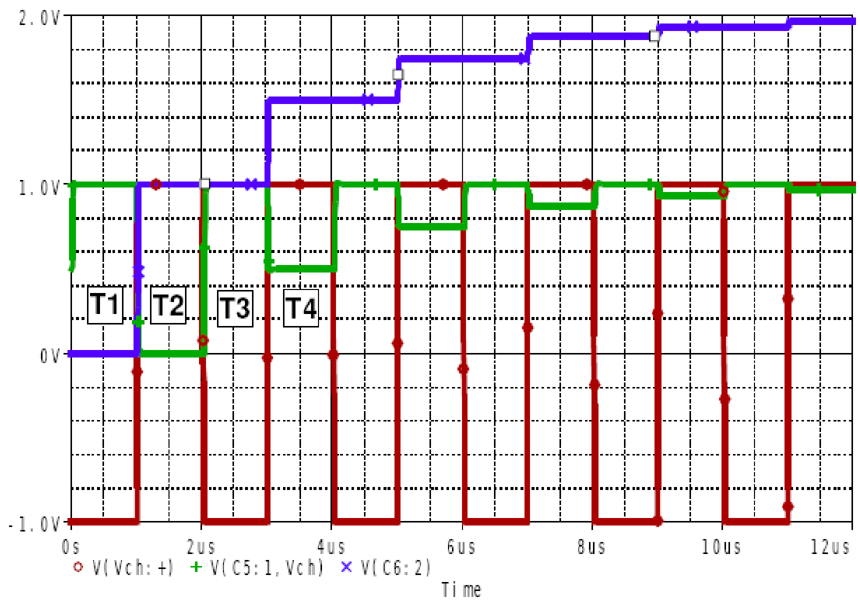
0
$t_1$
$t$
$V_{out}$
$V_{in}$
$-V_p$
$t_1$
$t$
$V_{in}$
$V_{in}$
$-2V_p$
$-V_p$

# Invertendo o diodo






1) primeiro semiciclo T1.

- Vi está no semiciclo negativo
- D1=”ON”; D2=”OFF”
- o capacitor C1 se carrega com +Vp

2) segundo semiciclo T2:

- Vi está no semiciclo positivo
- D1=”OFF”; D2=”ON”
- o capacitor C1 e a fonte Vi transferem cargas para C2
- as cargas transferidas são dobradas, pois a tensão resultante no nó + de C1 é 2Vp (Vp acumulada em C1 somada a Vp da fonte Vi)

3) terceiro semiciclo T3.

- Vi está no semiciclo negativo
- D1=”ON”; D2=”OFF”
- o capacitor C1 se carrega com +Vp
- o capacitor C2 mantém as cargas acumuladas no ciclo anterior

4) quarto semiciclo T4:

- Vi está no semiciclo positivo
- D1=”OFF”; D2=”ON”
- o capacitor C1 e a fonte Vi transferem cargas para C2
- a tensão em C2 aumenta



GICS