EE 530 Eletrônica Básica I

Aplicações e circuitos com Diodos

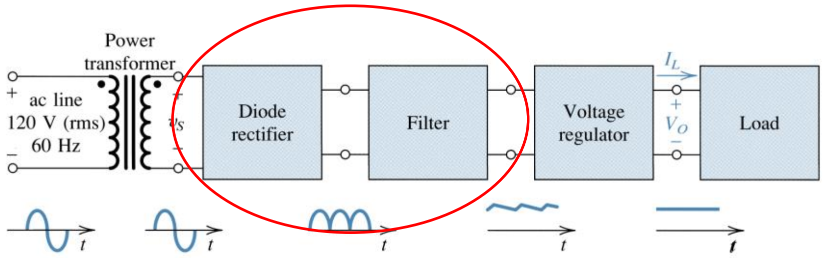
Prof. Pedro Xavier

Resumo

- Modelo Real
- Modelo Ideal
- Modelo linear
- Modelo de pequenos sinais

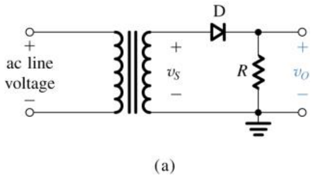
Prof. Pedro Xavier

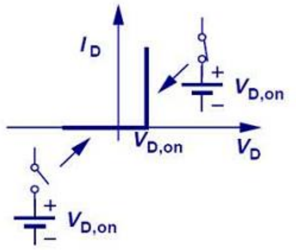
Diagrama em blocos de uma fonte cc

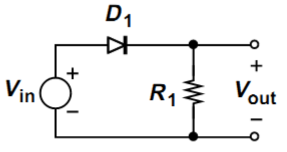


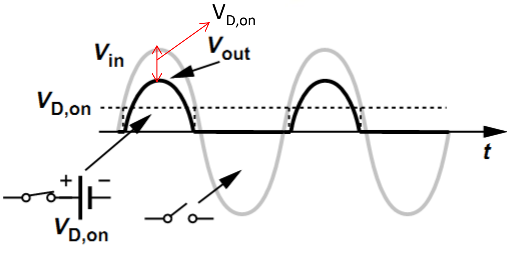
Retificador ½ onda

- Modelo com queda de tensão constante



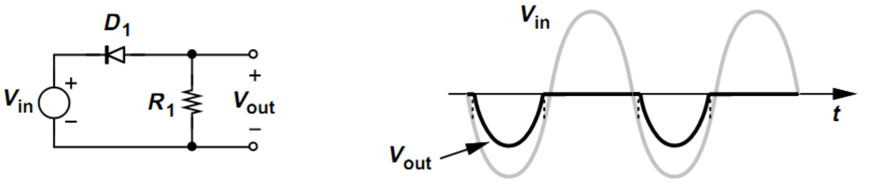






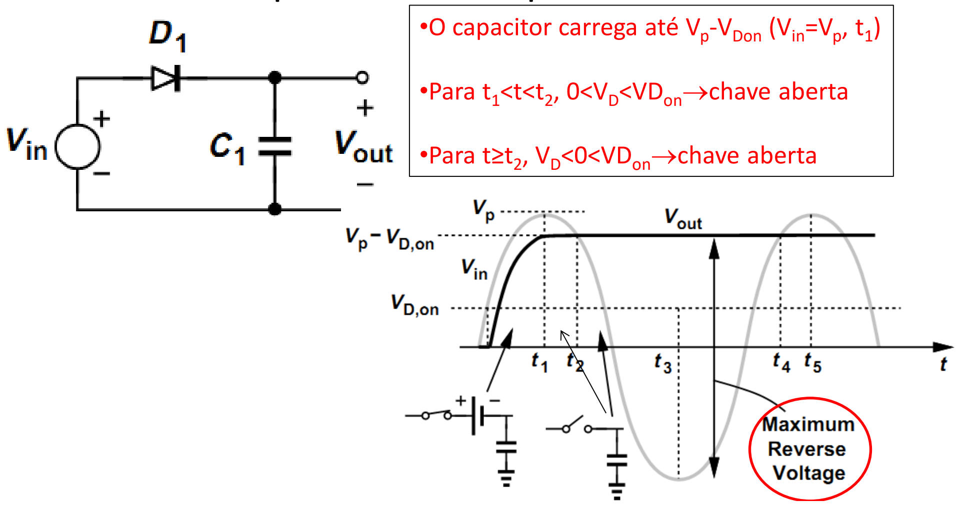
Retificador ½ onda

- V_{out}?



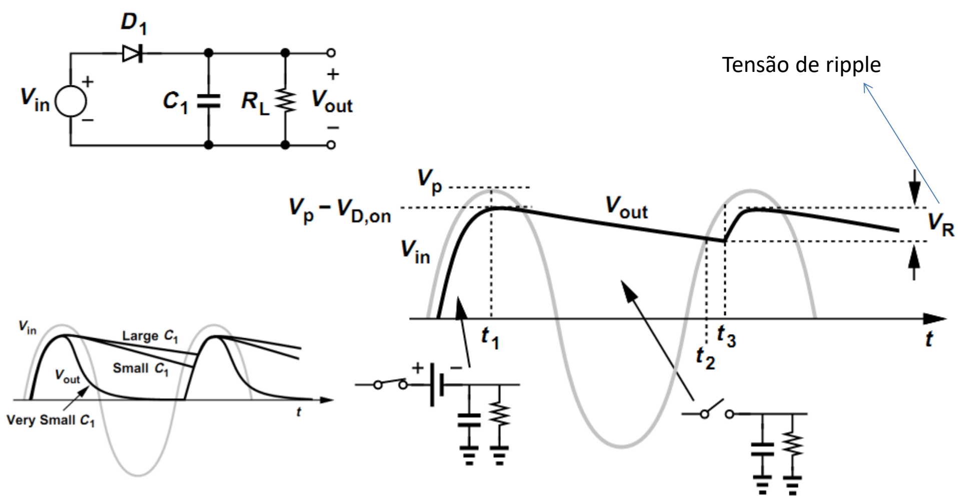
Retificador ½ onda

- Circuito capacitor com capacitor de filtro



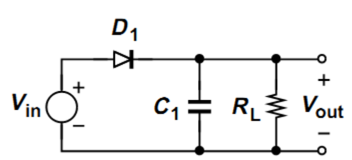
Retificador ½ onda

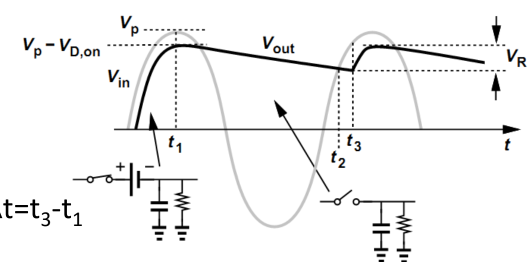
- Circuito com capacitor de filtro e carga



Retificador ½ onda

- Circuito com capacitor de filtro e carga





$V_{out}(t) = (V_p - V_{D,on}) \exp \frac{-\Delta t}{R_L C_1}$, $\Delta t = t_3 - t_1$

Linearização por Série de Taylor

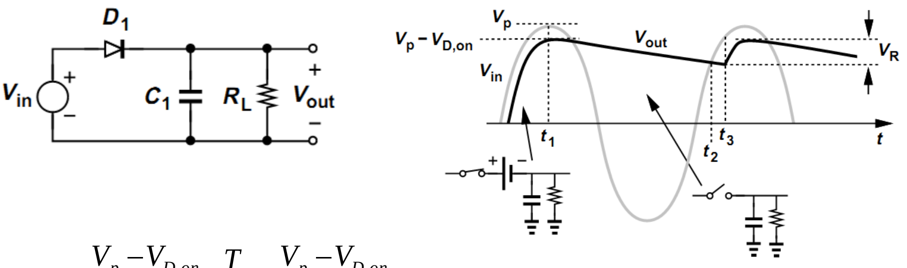
V_{Ripple}

$V_{out}(t) \approx (V_p - V_{D,on})(1 - \frac{\Delta t}{R_L C_1}) \approx (V_p - V_{D,on}) - \frac{V_p - V_{D,on}}{R_L} \frac{\Delta t}{C_1}$, $\Delta t \cong T$

$V_R \approx \frac{V_p - V_{D,on}}{R_L} \cdot \frac{T}{C_1} \approx \frac{V_p - V_{D,on}}{R_L C_1 f}$

Retificador ½ onda

- Circuito com capacitor de filtro e carga

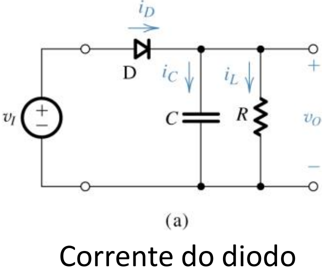


$$V_R \approx \frac{V_p - V_{D,on}}{R_L} \cdot \frac{T}{C_1} \approx \frac{V_p - V_{D,on}}{R_L C_1 f}$$

$$V_R \approx I_L \cdot \frac{T}{C_1} \approx \frac{I_L}{C_1 f}$$

Retificador ½ onda

- Circuito com capacitor de filtro e carga

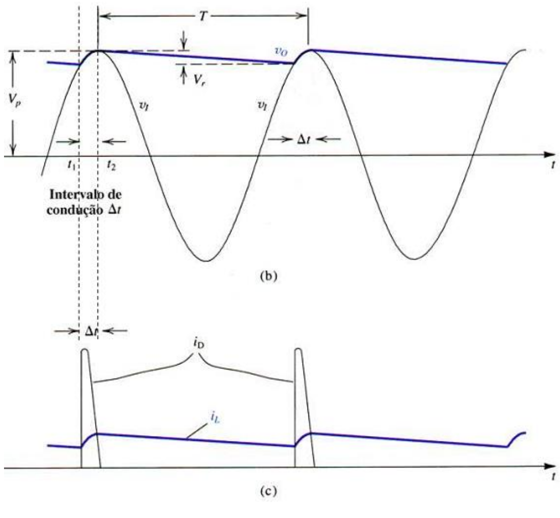


Corrente do diodo

$$i_L = v_O / R$$

$$i_D = i_C + i_L$$

$$i_D = C\frac{dv_o}{dt} + i_L$$



Retificador ½ onda

- Circuito com capacitor de filtro e carga

Corrente de pico do diodo

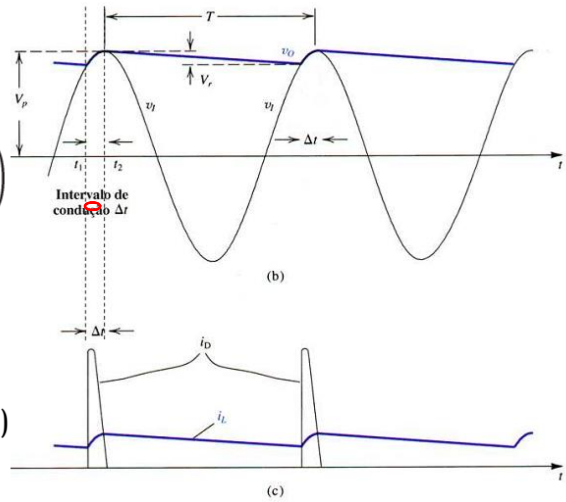
$$I_{Dp} \approx C_1\omega_{in}V_p\sqrt{\frac{2V_R}{V_p}} + \frac{V_p}{R_L}$$

$$I_{Dp} \approx \frac{V_p}{R_L}\left(R_L C_1\omega_{in}\sqrt{\frac{2V_R}{V_p}} + 1\right)$$

Sedra

$$I_{Dmedio} = I_L(1 + \pi\sqrt{2V_p / V_r})$$

$$i_{Dpico} = i_{Lmédio}(1 + 2\pi\sqrt{2V_p / V_r})$$



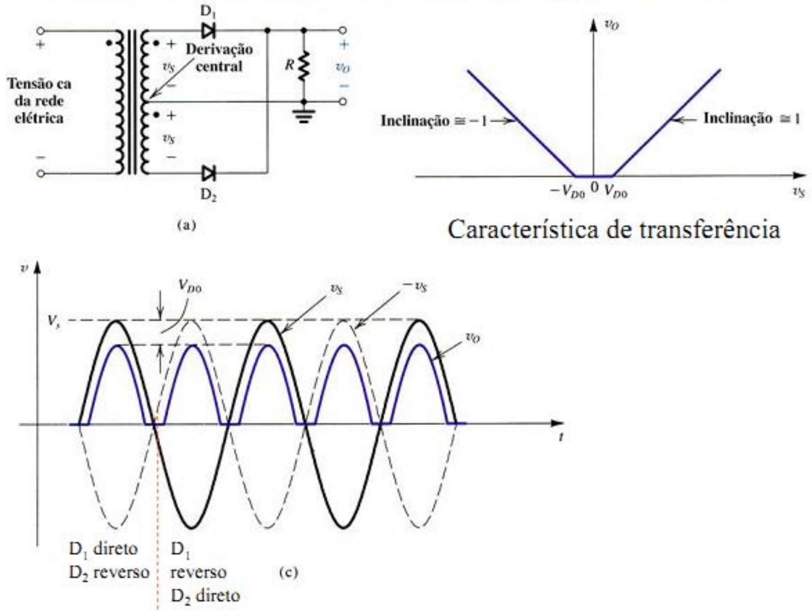
Diodo 1N400X

Characteristic	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
RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	35	70	140	280	420	560	700	V
Average Rectified Output Current (Note 1) @ T_A =+75°C	I_O	1.0							A
Non-Repetitive Peak Forward Surge Current 8.3ms Single Half Sine-Wave Superimposed on Rated Load	I_{FSM}	30							A
Forward Voltage @ I_F = 1.0A	V_{FM}	1.0							V
Peak Reverse Current @T_A = +25°C at Rated DC Blocking Voltage @ T_A = +100°C	I_{RM}	5.0 50							µA
Typical Junction Capacitance (Note 2)	C_j	15				8			pF
Typical Thermal Resistance Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	100							K/W
Maximum DC Blocking Voltage Temperature	T_A	+150							°C
Operating and Storage Temperature Range	T_J, T_{STG}	-65 to +150							°C

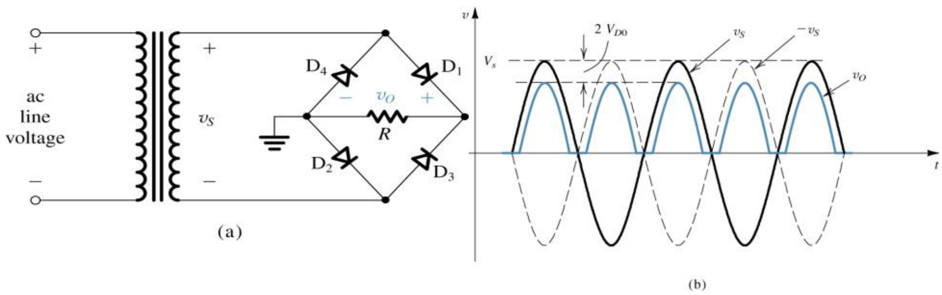
Retificador ½ onda

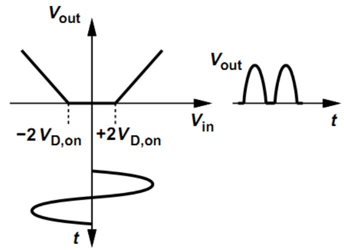
- Projete uma fonte c.c. 12V/1A, $V_R \leq 0{,}1V$.

Retificador de onda completa usando transformador com derivação central

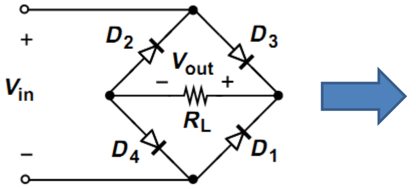


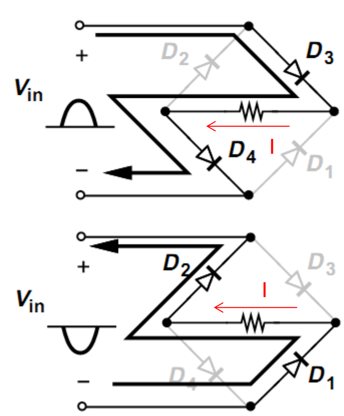
Retificador de onda completa usando Ponte de diodos

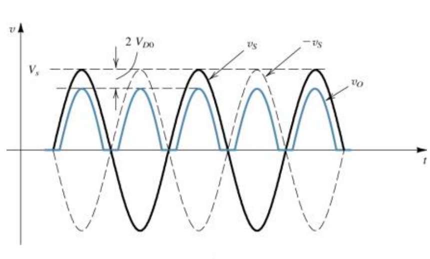




Retificador de onda completa usando Ponte de diodos

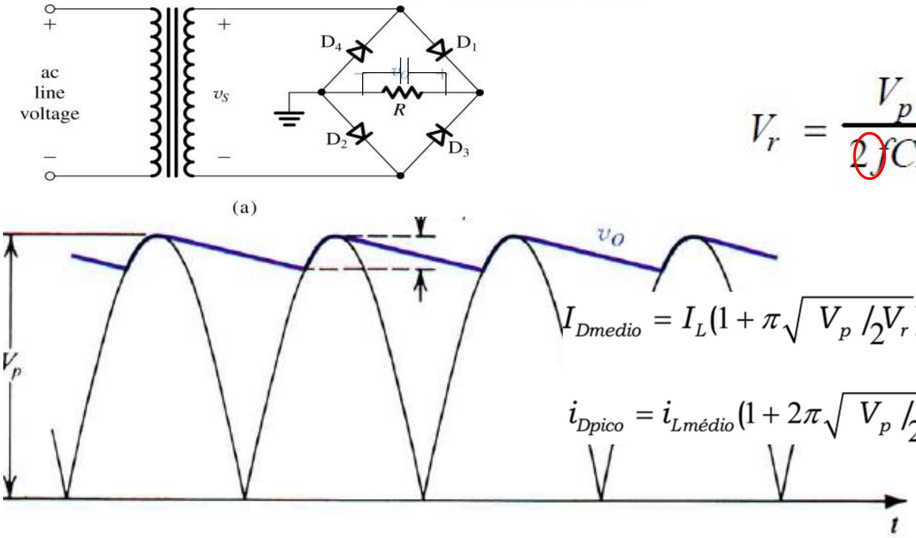






A corrente sempre está no mesmo sentido, independente da entrada.

Forma de onda do retificador de pico de onda completa

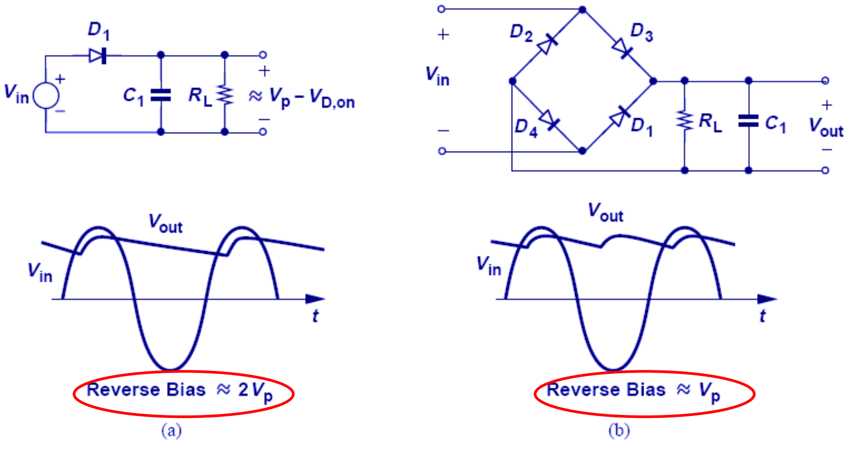


$$V_r = \frac{V_p}{2fCR}$$

$$I_{Dmedio} = I_L(1 + \pi\sqrt{V_p / 2V_r})$$

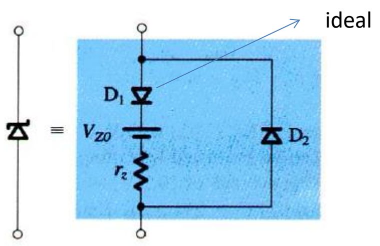
$$i_{Dpico} = i_{Lmédio}(1 + 2\pi\sqrt{V_p / 2V_r})$$

Resumo

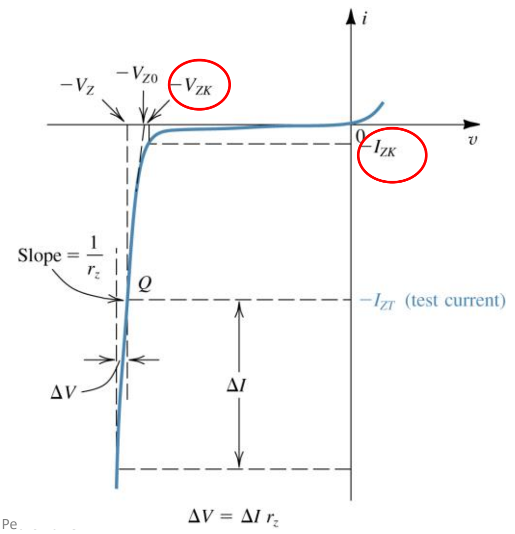


Diodo Zener

- Modelo

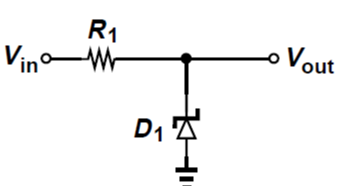


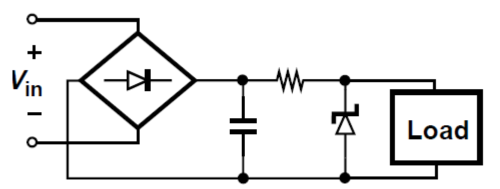
O diodo zener, quando polarizado diretamente, funciona como um diodo normal



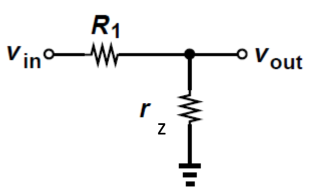
Diodo Zener

- Regulador de tensão





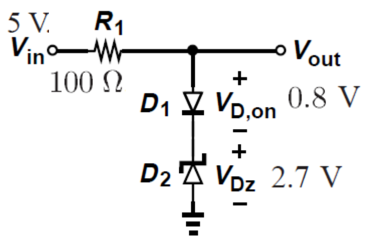
- Modelo de pequenos sinais



$$v_{out} = \frac{r_z}{r_z + R_1} v_{in}$$

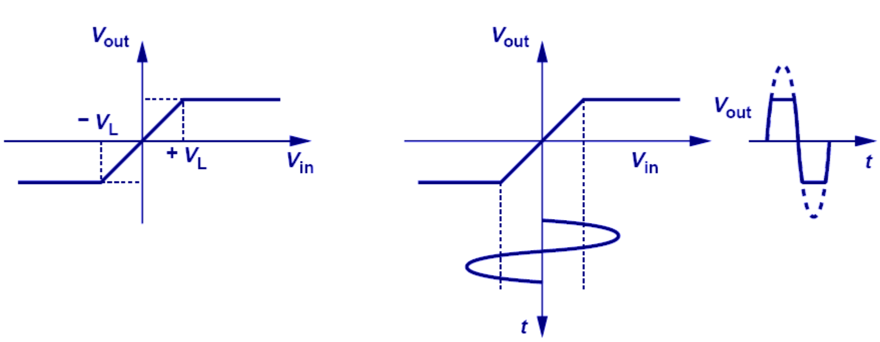
Exercício

- Determine V_{out}. Qual a regulação de linha (relação v_{out} com v_{in})? Qual a regulação de carga (relação v_{out} com i_L)? r_z=5Ω (RAZAVI)



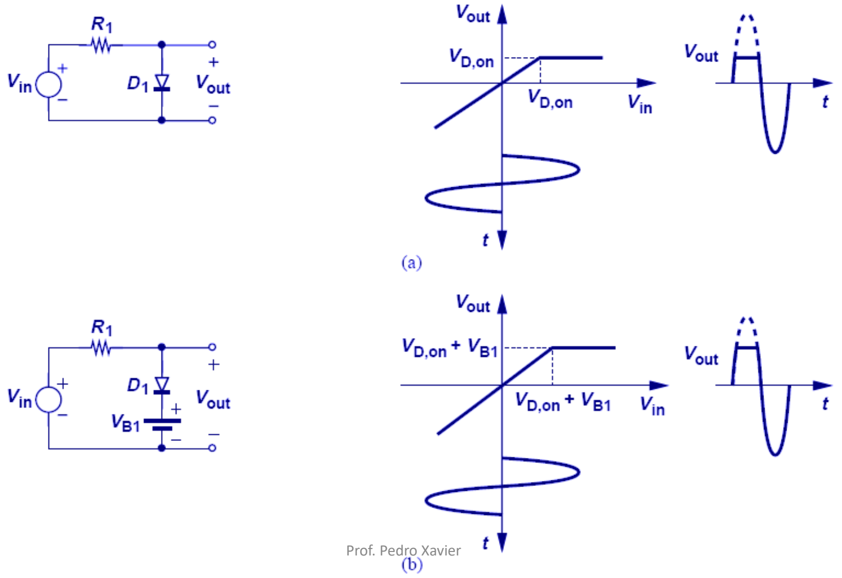
PARA NOTA

Circuitos limitadores de tensão

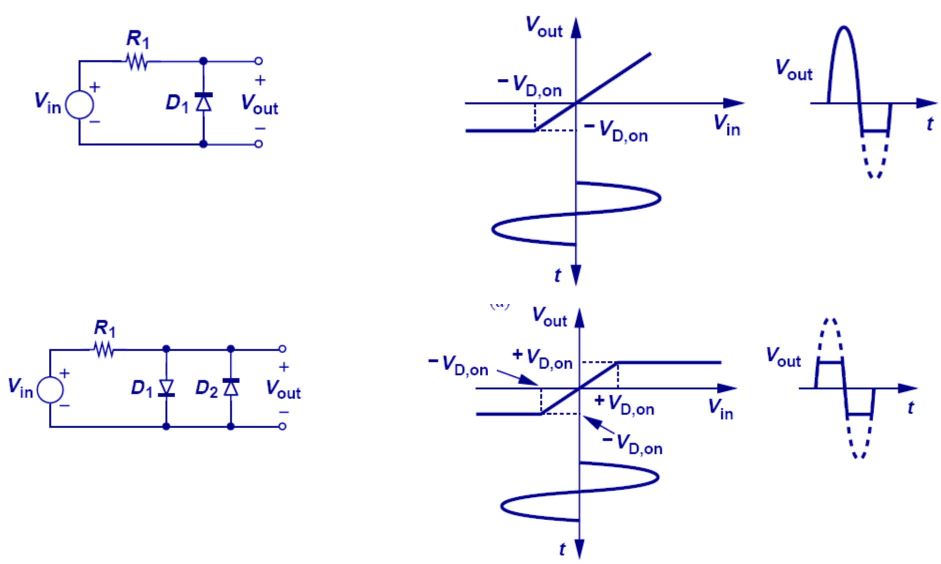


(a) (b)

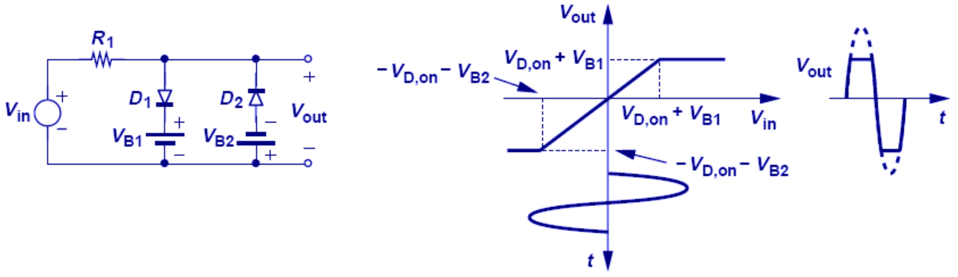
Circuitos limitadores de tensão



Circuitos limitadores de tensão

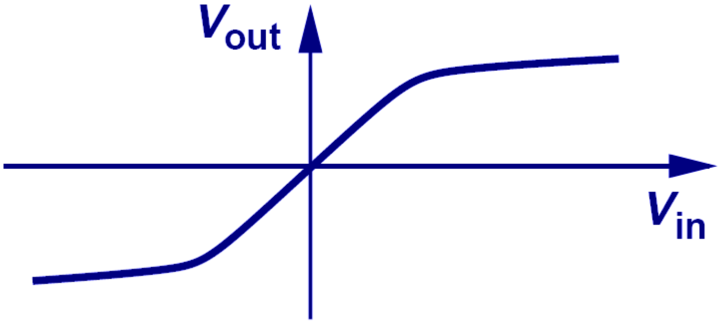


Circuitos limitadores de tensão

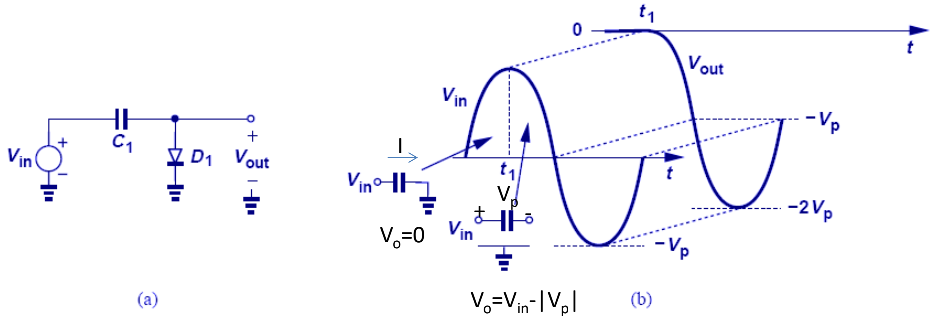


Circuitos limitadores de tensão

Diodos Reais

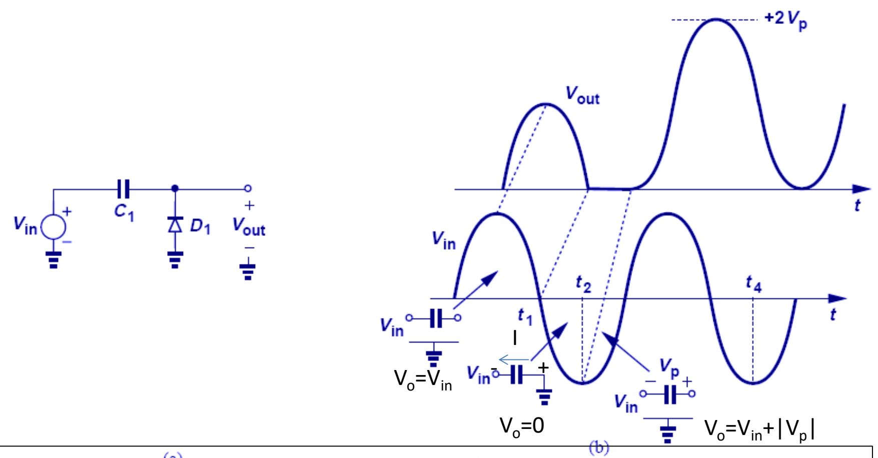


Circuitos deslocadores de tensão



- D_1 conduz e o capacitor carrega com V_{in} até t_1
- A partir de t_1, Vin<Vc=Vp e o capacitor tenderia a se descarregar, no entanto, o diodo impede, pois ele não conduz corrente reversa.

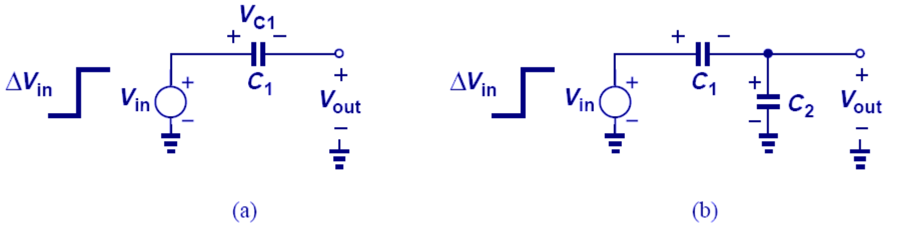
Circuitos deslocadores de tensão



- D_1 conduz e o capacitor carrega com V_{in} de t_1 até t_2
- A partir de t_2, |Vin|<|Vc|=|Vp| e o capacitor tenderia a se descarregar, no entanto, o diodo impede, pois ele não conduz corrente reversa.

Circuito duplicador de tensão

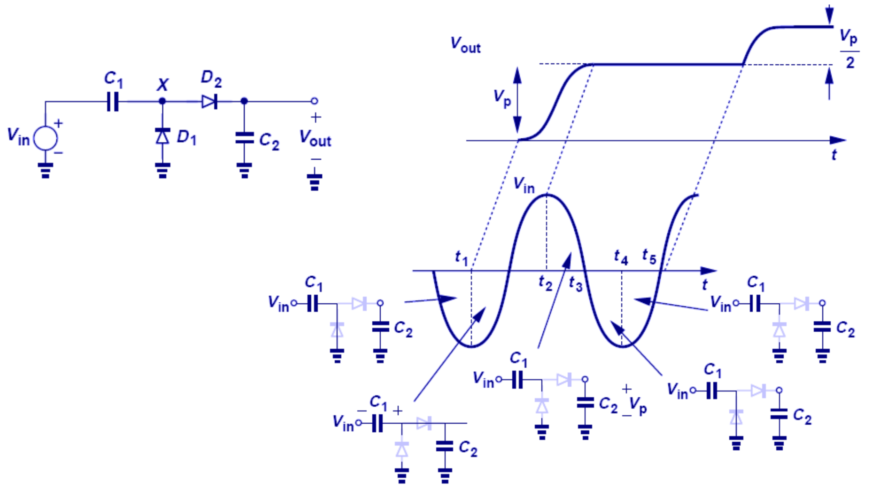
Circuito divisor capacitivo



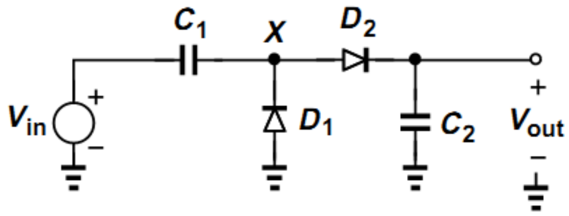
$$\Delta V_{out} = \Delta V_{in}$$

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

Circuito duplicador de tensão

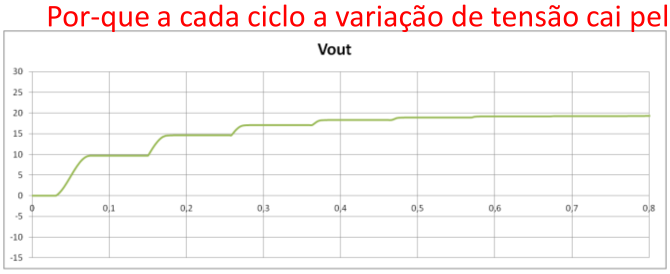


Circuito duplicador de tensão

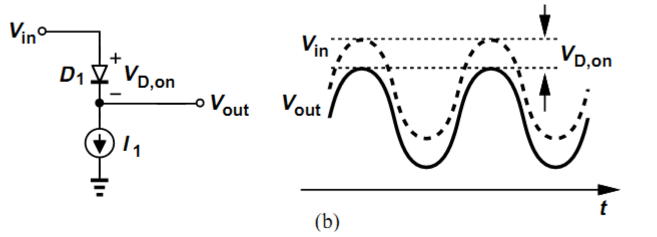


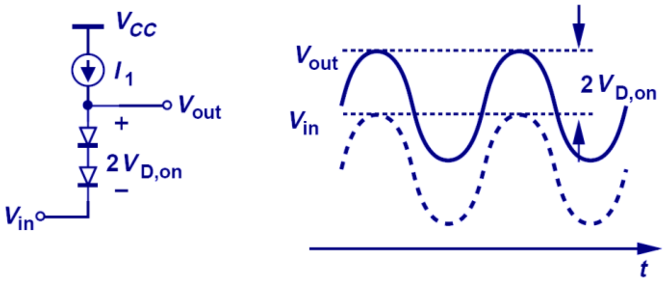
$$
\begin{aligned}
V_{out} &= V_p\left(1+\frac{1}{2}+\frac{1}{4}+\cdots\right)\\
&= \frac{V_p}{1-\frac{1}{2}}\\
&= 2V_p.
\end{aligned}
$$

Por-que a cada ciclo a variação de tensão cai pela metade a cada ciclo?

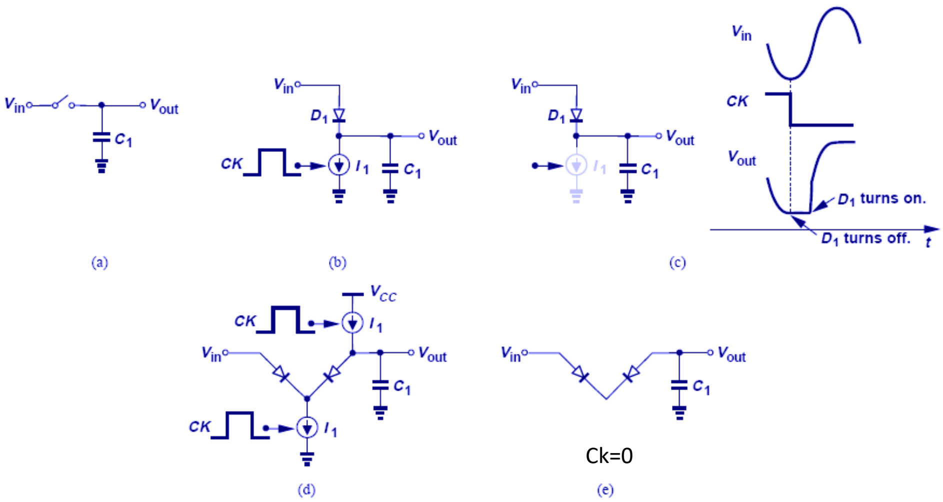


Circuitos deslocadores de nível

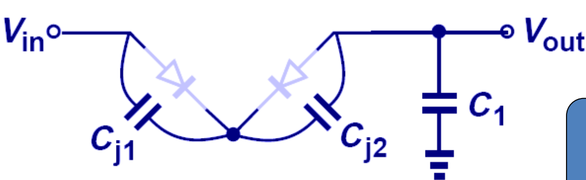




Circuito comutador



Circuito comutador



$$\Delta V_{out} = \frac{C_j/2}{C_j/2 + C_1} \Delta V_{in}$$

- Para assegurar que a condutância devido à capacitância de junção seja pequena, $C_1 >> C_j$

Parâmetro do modelo SPICE para o diodo

$$I_D = I_S \exp^{V_D/nV_T}$$

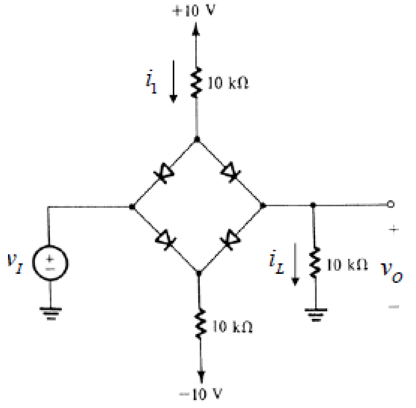
Nome do Parâmetro	Símbolo	Nome no SPICE	Unidade	Valor Default
Corrente de saturação	I_S	IS	A	1×10^{-14}
Coeficiente de emissão	n	N	—	1
Resistência ôhmica	R_S	RS	Ω	0
Tensão interna	V_0	VJ	V	1
Capacitância de junção para polarização zero	C_{j0}	CJ0	F	0
Coeficiente de graduação da junção	m	M	—	0,5
Tempo de trânsito	τ_T	TT	s	0
Tensão de ruptura	V_{ZK}	BV	V	∞
Corrente reversa em V_{ZK}	I_{ZK}	IBV	A	1×10^{-10}

Exercício K1

Utilize o modelo de queda de tensão constante (0.7 V) for cada diodo.

a) Ache i_1 e i_L em função de v_I

b) Para qual faixa de valores de v_I os 4 diodos conduzirão? Ache a função de transferência para esta condição.



Para casa

Fontes de figuras da aula

- Aula do prof. Fabiano Fruett
- Introdução à física dos semicondutores (H.A. Mello)
- Fundamentos da microeletrônica (Razavi)
- Microeletrônica (Sedra)

Sugestão de estudo

- Razavi, Cap 3, seção 3.5
- Sedra/Smith Cap. 3 seções 3.7, 3.8 e 3.10
  - Exercícios e problemas correspondentes

R. Boylestad e L. Nashelsky, Dispositivos Eletrônicos