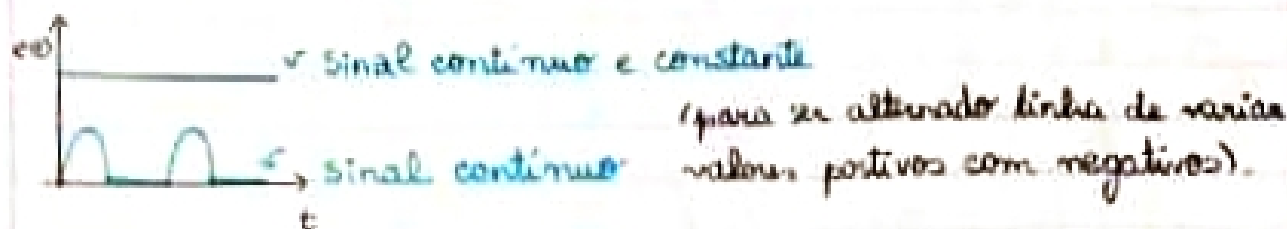


Eletrónica

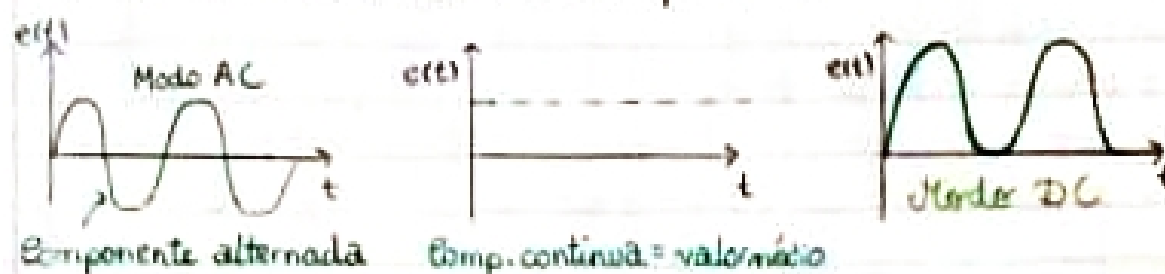
Tópicos Preliminares



Modos AC e DC

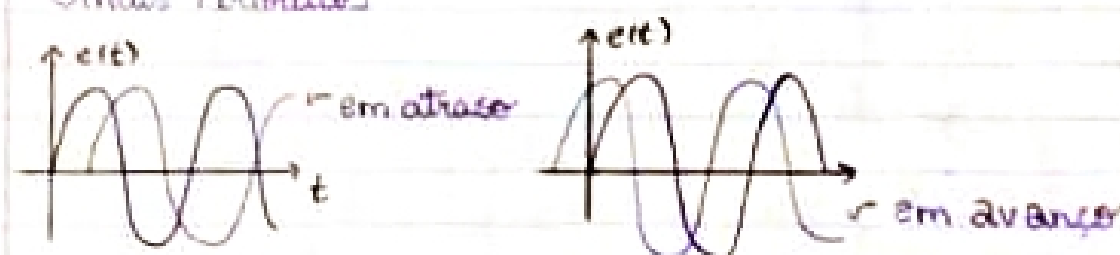
Modo AC \rightarrow só se vê a componente alternada,

Modo DC \rightarrow vê-se ambas as componentes.

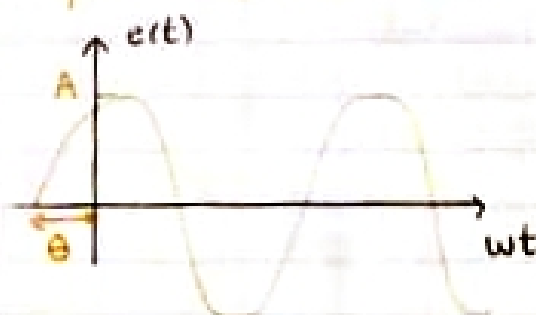


Colocando em GND (ground), vê-se um ponto ou uma linha.

Sinais Periódicos



Representação de Sinais



$$e(t) = A \sin(\omega t + \theta)$$

$\omega = 2\pi f = \text{freq. angular}$

$A = \text{amplitude}$

$\theta = \text{fase}$

Na rede em Portugal, o valor eficaz é 230V e a frequência é de 50 Hz. O voltímetro em modo DC mede o valor médio.

Valor Médio

$$G = \frac{\text{área}}{T}$$

Para o sinalizar, colocar em modo DC, depois em AC, e em quanto "dente".

Valor Efetivo (Vrms)

Onda senussoidal: $V_{rms} = V_{máx} / \sqrt{2}$

triangular: $V_{rms} = V_{máx} / \sqrt{3}$

quadrada: $V_{rms} = V_{máx}$

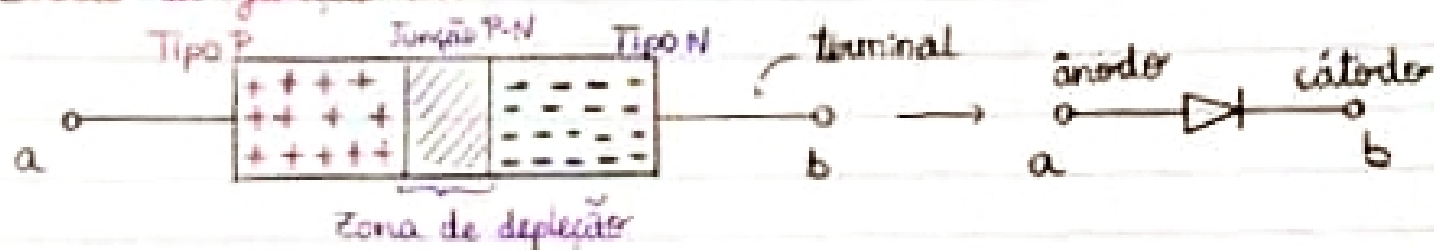
Diodo Semicondutor

Tipos de semicondutores:

Semicondutor do tipo-N \rightarrow semicondutor com excesso de cargas negativas, elétrons livres.

Semicondutores do tipo-P \rightarrow semicondutor com falta de cargas negativas (lacunas), "cargas positivas a mais".

Diodo de junção PN



Junção Inversamente Polarizada

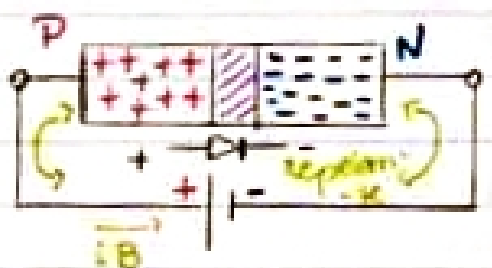


Zona de depleção aumenta

Corrente que passa no diodo será mínima (≈ 0)

Bom isolante (não conduz)

Junção Diretamente Polarizada

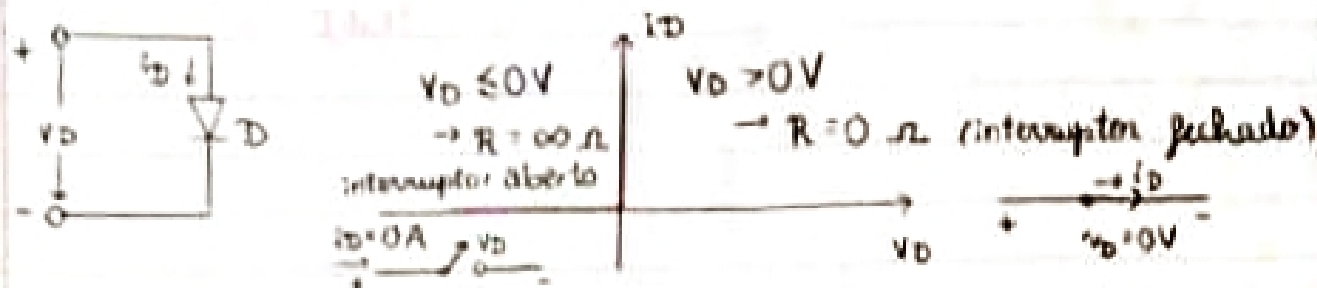


Zona de depleção diminui

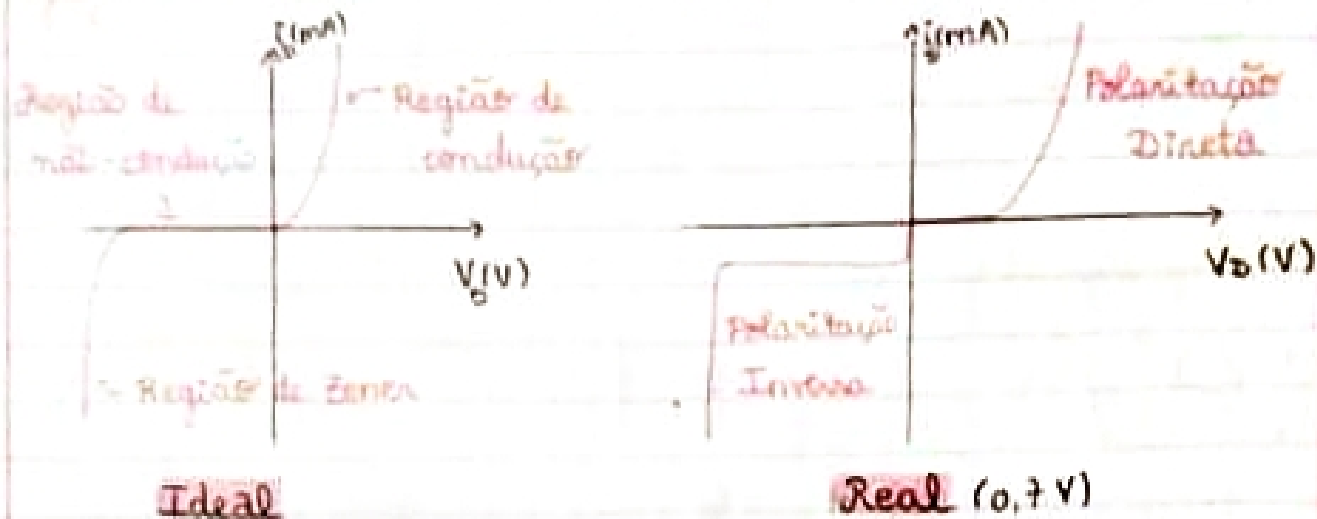
Fluxo de cargas **diodo conduz**, corrente $\neq 0$

Bom condutor

Diodo Ideal vs. Diodo Real



Aplicação da Característica V-I do Diodo Semicondutor

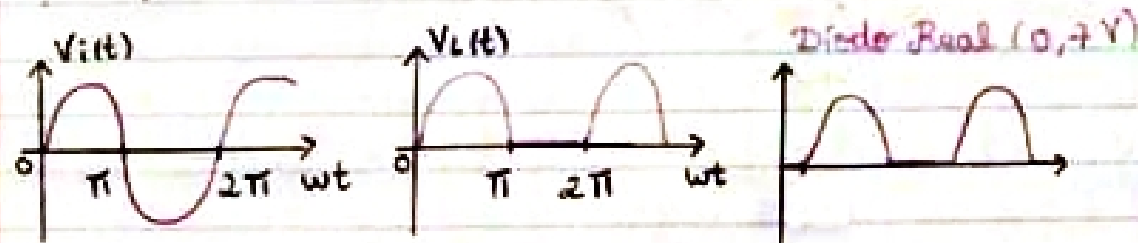
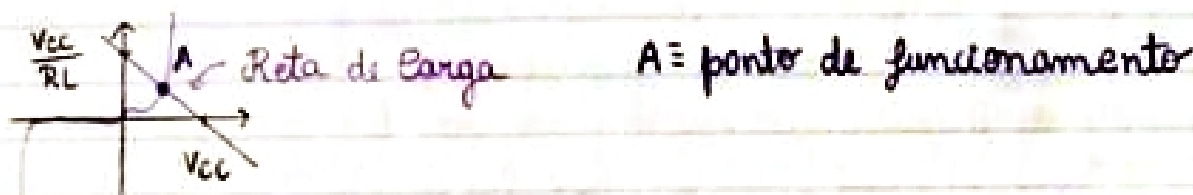
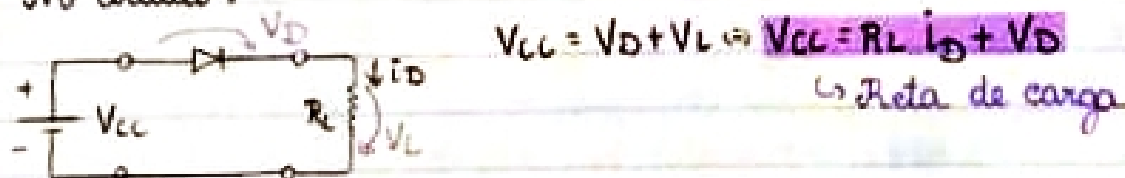


Interruptor Ideal: $i_D = 0$ ou $V_D = 0$. Em ambos os casos, $P_D = 0W$ ($P = I \cdot V$).

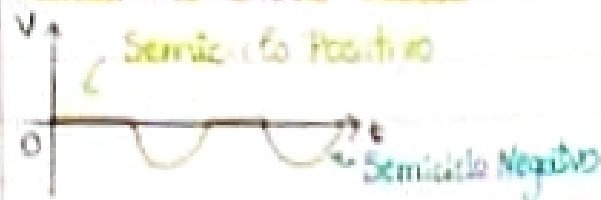
Inversamente Polarizado (Real): $i_D \approx 0$, $P_D = 0W$.

Diretamente Polarizado (Real): $V_D = 0,7V$, $P_D = 0,7 \cdot i_D$.

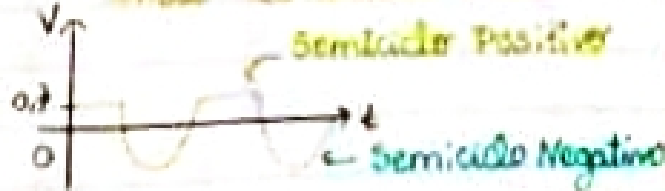
No circuito:



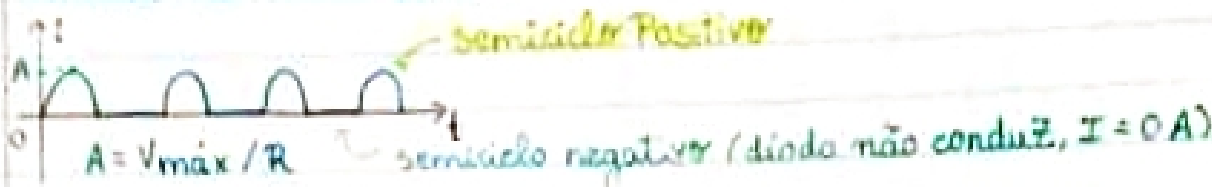
Tensão no Diodo Ideal



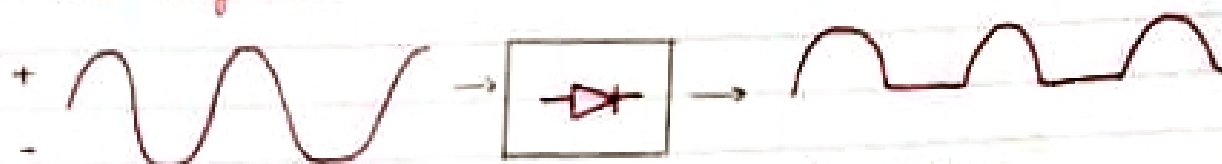
Tensão no Diodo Real



Corrente no Diodo Ideal

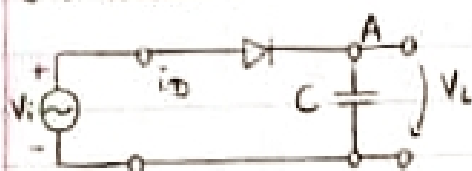


Blower Retificador



Transforma uma tensão alternada numa tensão contínua.

No circuito:

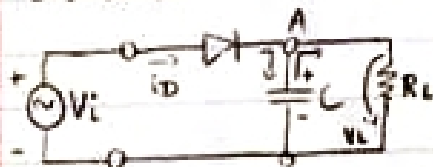


O condensador carrega no semicíclo positivo, pois, para carregar, precisa de obter corrente. Assim, como o diodo só conduz no semicíclo positivo, só então carregará.

Idealmente, o condensador carregaria até ao V_{max} da fonte e assim permaneceria.



Colocando uma resistência no circuito:



O condensador carrega e descarrega ciclicamente. Aumentando a resistência, ΔV_L diminui. Se se aumentar a capacidade do condensador, diminui-se o ΔV_L . (carrega mais)

Aumentando a frequência, ΔV_L diminui pois tem menos tempo para descarregar.



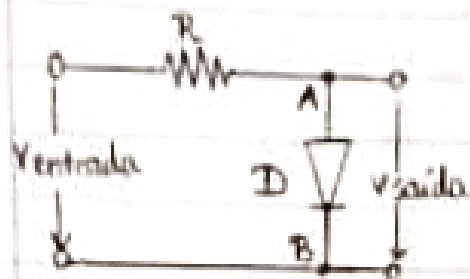
$$i_D = \frac{V_m}{R_L}$$

$$i_D \approx C \frac{\Delta V_L}{\Delta t} \rightarrow \Delta V_L = \frac{i_D}{C} \Delta t \approx \frac{V_m}{f \cdot R_L \cdot C}$$

Valor médio:

$$V_L \approx V_m \cdot \frac{\Delta V_L}{2} = V_m \left(1 - \frac{1}{2f \cdot R_L \cdot C} \right)$$

Circuito Limitador



Entrada é sempre uma onda sinusoidal.

$$V_{entrada} < 0,7V \rightarrow V_{saida} = V_{entrada}$$

$$V_{entrada} \geq 0,7V \rightarrow V_{saida} = 0,7V$$

$$V_{saida} = V_D$$

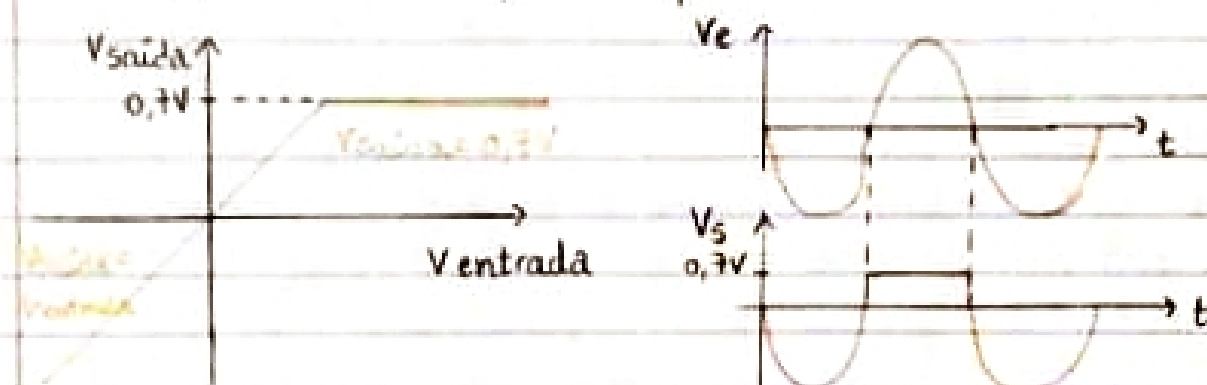
Quando a tensão de entrada é inferior a $0,7V$, o diodo não conduz. Assim, a corrente no circuito será $0A$ e queda de tensão tanto na resistência como no diodo é $0V$. Assim, $V_{entrada} = V_{saida}$.

Quando a tensão de entrada é igual ou superior a $0,7V$, o diodo conduz. Isto significa que já existe corrente e queda de tensão na resistência. A tensão no diodo é $\approx 0,7V$.

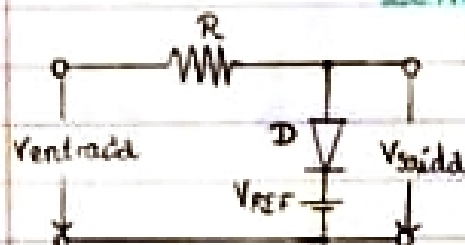
Condições para o diodo conduzir:

→ Princípio de funcionamento do diodo: diferença de potencial aos seus terminais superior a $0,7V$. (se for ideal conduz a partir de $0V$)

→ tensão em A mais positiva que em B

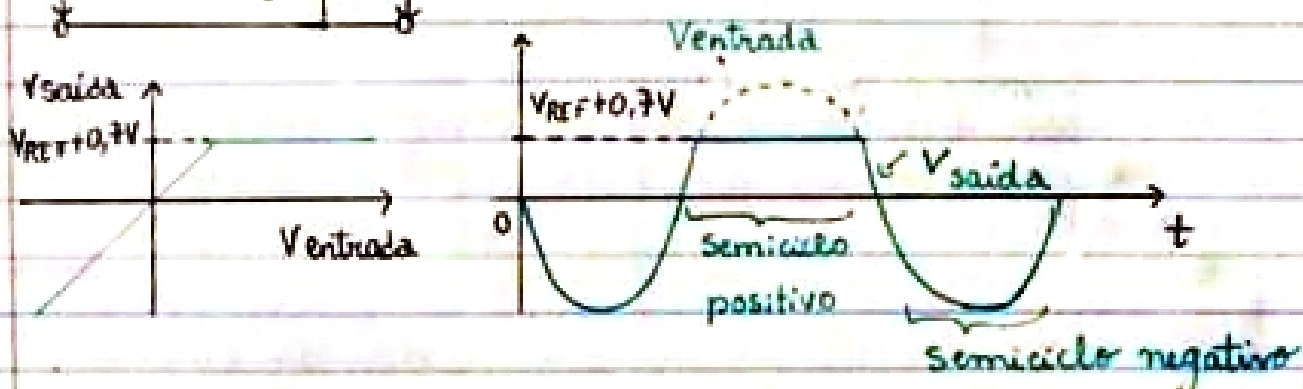


Limitadores Polarizados

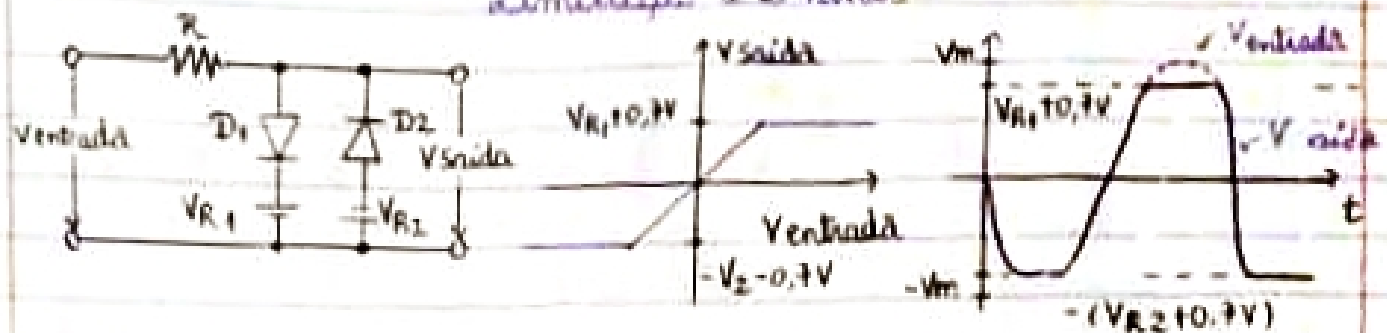


$$V_{entrada} < V_{REF} + 0,7V \rightarrow V_{saida} = V_{entrada}$$

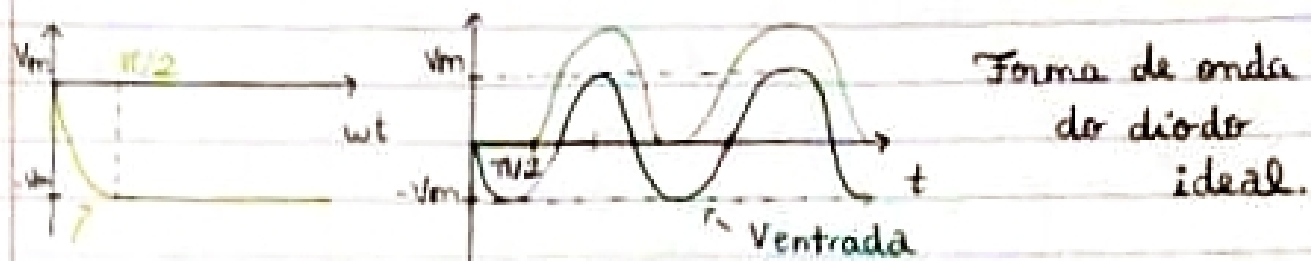
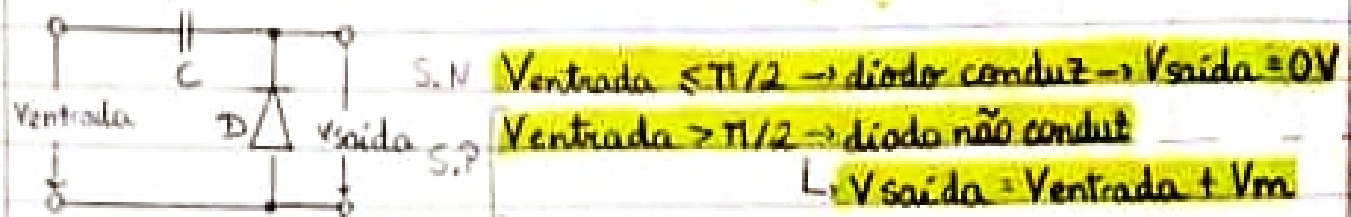
$$V_{entrada} \geq V_{REF} + 0,7V \rightarrow V_{saida} = V_{REF} + 0,7V$$



Limitação a 2 níveis



Circuitos Fixadores - Clamping



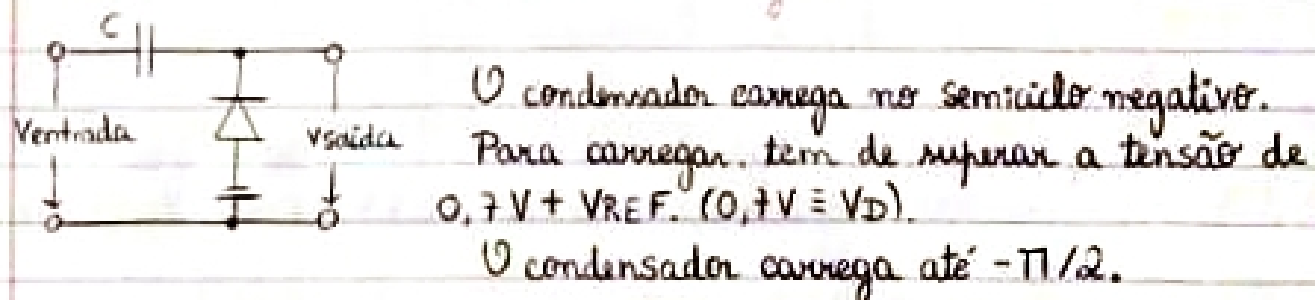
condensador se carrega → tensão de saída igual a 0.

condensador nunca mais descarrega e a sua tensão será $-V_m$.

A partir de $\pi/2$, o diodo nunca mais conduz.

Se se tratar do diodo real, a forma de onda é a mesma, subtraindo 0,7V.

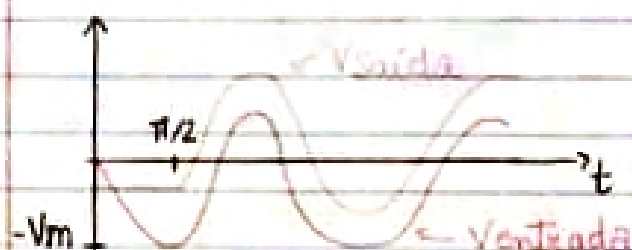
Circuitos Fixadores - Base geral



$V_{entrada} \leq \pi/2 \rightarrow$ diodo conduz $\rightarrow V_{saida} = -(V_{REF} + 0,7V)$

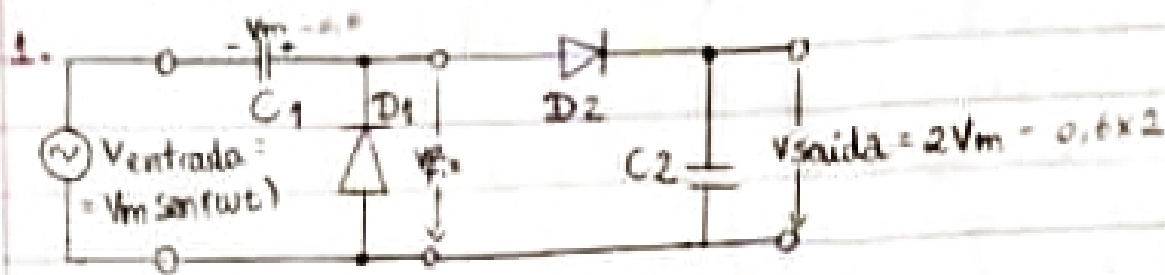
$V_{entrada} > \pi/2 \rightarrow$ diodo não conduz $\rightarrow V_{saida} = V_{entrada} + V_C$

$$V_C = V_m - 0,7 - V_{REF}$$



Forma de onda do diodo real.

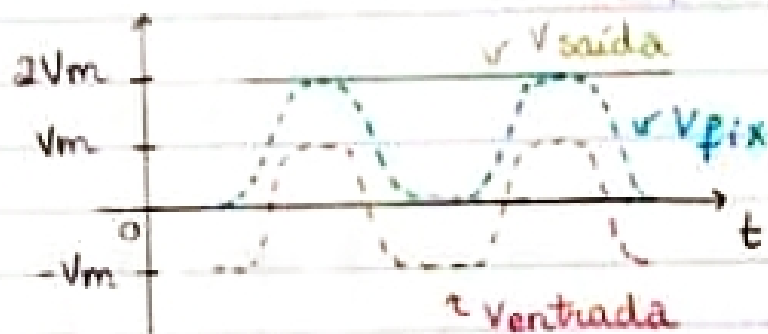
1. Pila - a Pila ou Duplicador de Tensão



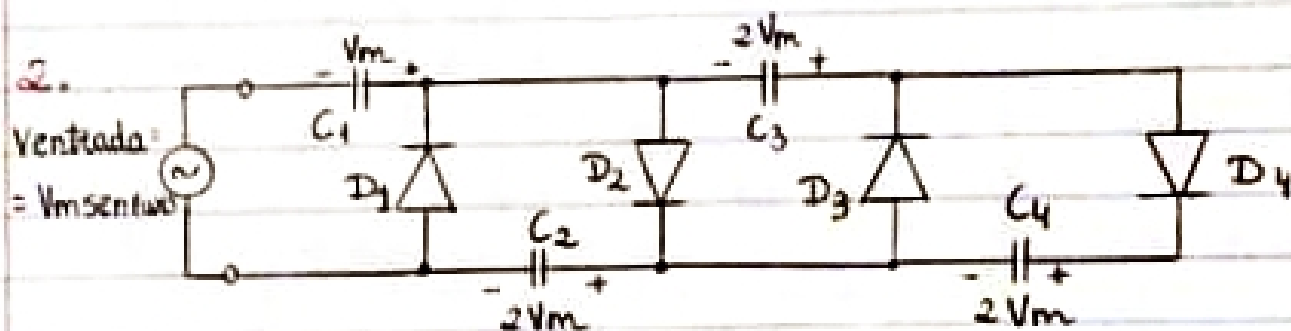
No semiciclo negativo, C_1 carrega até V_m . C_2 não carrega pois o diodo D_2 está inversamente polarizado.

No semiciclo positivo, o condensador C_1 descarrega para C_2 . C_2 carrega com o V_m da fonte, logo fica com $2V_m$.

No semiciclo seguinte, C_1 carrega novamente e fica com V_m . No entanto, como C_2 já tem $2V_m$, D_2 nunca mais conduz.



Duplicador \rightarrow formas de onda admitindo diodo ideal (neg. permanente).



No semiciclo negativo, os diodos que conduzem são o D_1 e o D_3 . Carregam os condensadores C_1 , C_2 e C_3 (todos com V_m).

No semiciclo positivo, C_1 vai descarregar. Conduzem os diodos D_2 e D_4 . C_1 descarrega para C_2 e C_3 (ficam ambos com $2V_m$). C_4 carrega com V_m .

No semiciclo negativo seguinte, repete-se tudo até ficar no regime estacionário.

Diodo junção P-N: \rightarrow , "conduz no sentido da seta"

Diodo de Zener

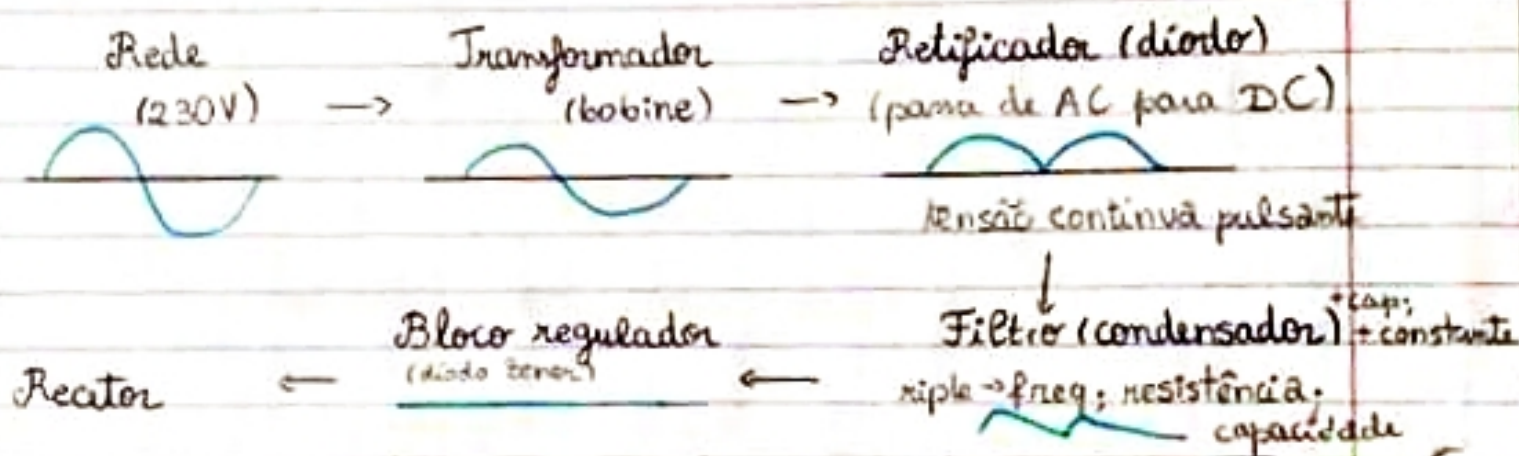
O diodo de Zener conduz em ambos os sentidos:

→ Quando polarizado do seguinte modo: $\begin{smallmatrix} + \\ \text{---} \end{smallmatrix} \text{---} \begin{smallmatrix} - \\ \text{---} \end{smallmatrix}$ conduz no sentido da seta (\rightarrow) e comporta-se como um diodo de junção P-N.

→ Quando polarizado do seguinte modo: $\begin{smallmatrix} - \\ \text{---} \end{smallmatrix} \text{---} \begin{smallmatrix} + \\ \text{---} \end{smallmatrix}$ conduz no sentido da seta (\leftarrow) a partir de um dado valor. Ex. num diodo de Zener de 2Vols, quando este estiver polarizado desta forma, a queda de tensão é sempre igual a 2V, ou seja, precisa de uma queda de potencial superior a 2V para estar em condução, mas logo que entra em condução, a queda de tensão nele é sempre igual a 2V.

Fontes de Alimentação

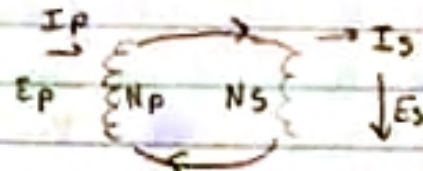
Diagrama de Blocos



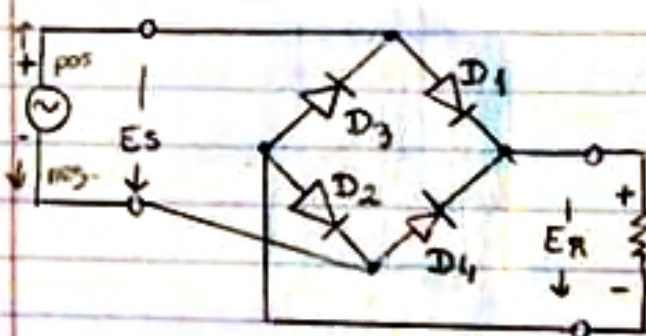
Transformador $E_p = N_p \frac{d\Phi}{dt}$ $E_s = N_s \frac{d\Phi}{dt} \rightarrow \frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} = a$

$P_p = E_p \times I_p = E_s \times I_s = P_s$

$\frac{I_p}{I_s} = \frac{N_s}{N_p} = \frac{1}{a}$

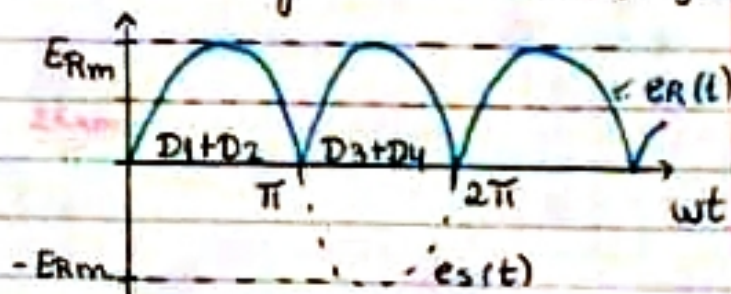


Retificador

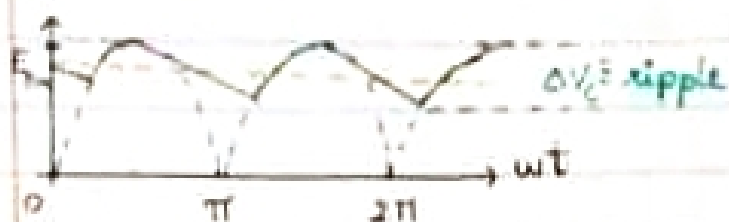


Ponte Retificadora

Semicírculo positivo \rightarrow conduzem D_1 e D_2
Semicírculo negativo \rightarrow conduzem D_3 e D_4



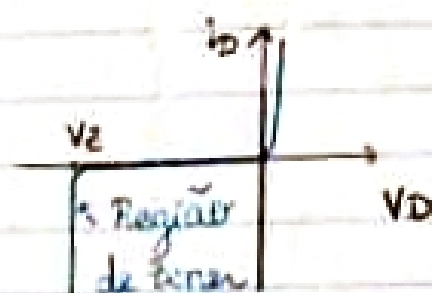
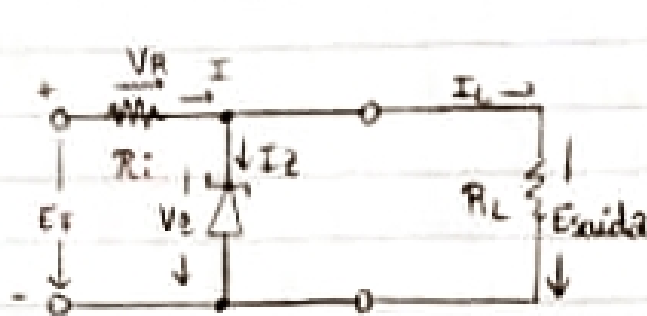
Filter



$$\Delta V_c = \frac{I_F}{f \times C}$$

$$\Delta V_c = E_{\text{ripple}}$$

Regulador

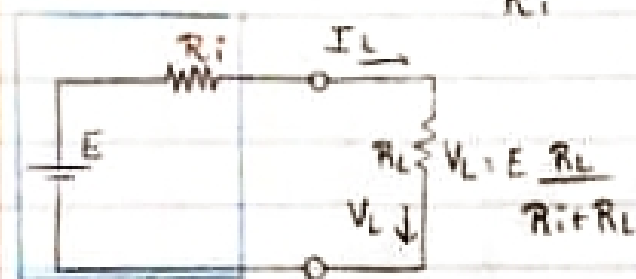


$$E_F = V_A + E_{\text{saida}}$$

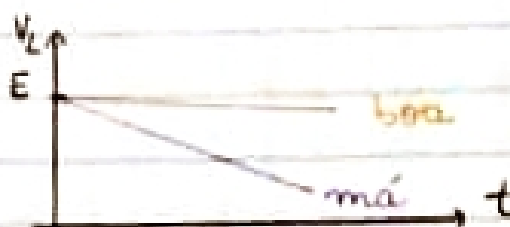
$$I = \frac{V_A}{R_i} \Rightarrow I = \frac{E_F - V_Z}{R_i}$$

$$I = I_Z + I_L \uparrow$$

$$\text{Se } I_Z > 0, E_{\text{saida}} = V_Z$$



fonte



Redimento

$$\eta (\%) = \frac{\text{Potência de saída (CC)}}{\text{Potência de entrada (CA)}} \times 100$$

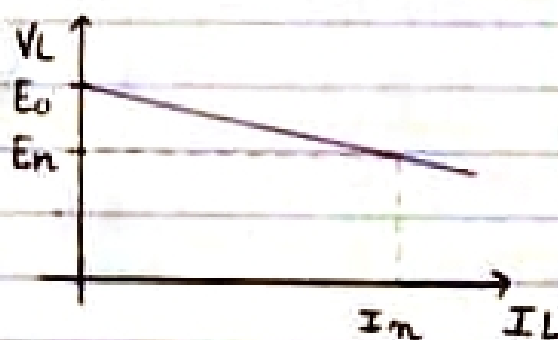
Fontes lineares $\rightarrow 30\%$

Fontes comutadas $\rightarrow > 70\%$

Regulação na carga

$$\text{Regulação na carga} = \frac{E_o - E_n}{E_n} \times 100\%$$

E_o = tensão que a fonte fornece se $I = 0A$



$$\text{Impedância de saída} = \frac{E_o - E_n}{I_n} (R_i)$$

$$E_n = R_i \cdot I_n$$

Ripple

$$\text{Fator de Ripple} = \frac{E_{\text{Ripple}}}{E_{\text{médio}}} \times 100\%$$

$$\text{Rejeição do Ripple} = 20_{10} \log (E_{\text{saida}} / E_{\text{nent}}) \text{ dB}$$

Sistemas

Sistema → conjunto de componentes ligados de forma a funcionar como um todo.

Caixa preta: Entrada → unidade funcional → Saída

Num amplificador, é melhor ter uma impedância de entrada alta.

Sistemas não lineares → ex. logaritmo, x^2 .

Sistemas Lineares → válido princípio de superposição, não produzem novas frequências, ex. equações em ordem a x, y, z e derivadas.

Sistema Aberto → saída depende unicamente da entrada

Sistema Fechado → saída depende da entrada e de uma medida da própria saída.

Precisão e Exatidão

Precisão → quão perto umas medidas experimentais estão umas das outras.

Exatidão → quão perto medidas experimentais estão do valor teórico.

$$\text{Erro (X) \%} = \frac{|X - X_{\text{teórico}}|}{X_{\text{teórico}}} \times 100\%$$

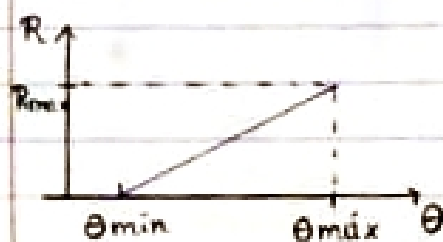
$$\text{Erro (X) \%} = \text{Erro}_{\text{max \%}} \times \frac{X_{\text{máx}}}{X}$$

A precisão é um pré-requisito da exatidão, mas o contrário não é verdade (pode haver precisão sem exatidão).

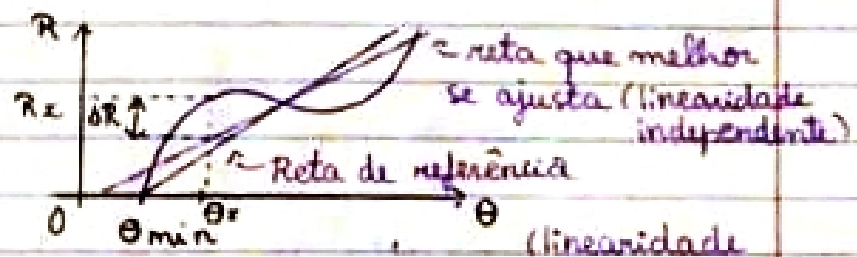
Sensibilidade → indicação de qual a variação de entrada é necessária para produzir a variação da saída desejada. $\text{Sensibilidade} = \Delta \text{saída} / \Delta \text{entrada}$

Resolução → quantidade mais pequena que um sistema é capaz de distinguir.

Linearidade → desvio da relação entre a entrada e a saída de linha reta.



Relação Linear



Relação Não-Linear

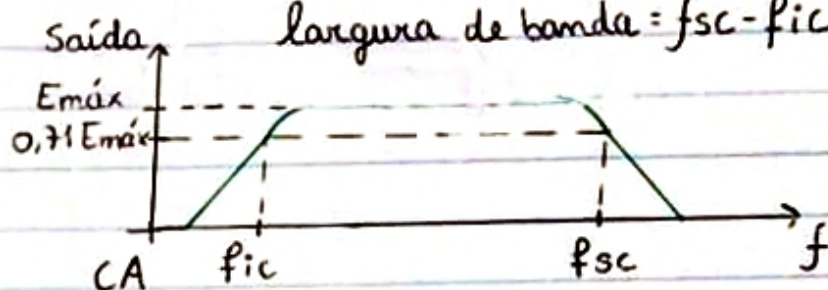
(linearidade terminal)

$$\% \text{ linearidade} = \frac{\Delta R_{\text{máx}}}{R_{\text{máx}} \text{ ou } R_x} \times 100$$

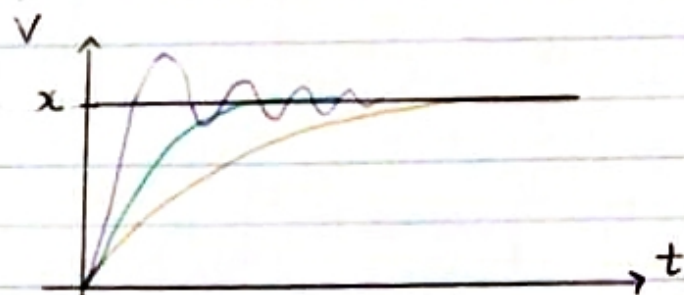
Resposta em frequência \rightarrow comportamento do sistema perante estímulos sinusoidais de diferentes frequências.

$$X_{dB} = 20 \times \log_{10}(X)$$

$$\text{largura de banda} = f_{sc} - f_{ic}$$



Tempo de resposta \rightarrow rapidez com que um sistema responde a variações do sinal de entrada. $T_r = 0,35 / f_{sc}$



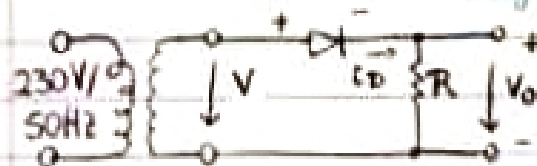
* sub-amortecida

* criticamente amortecida

* sobre-amortecida

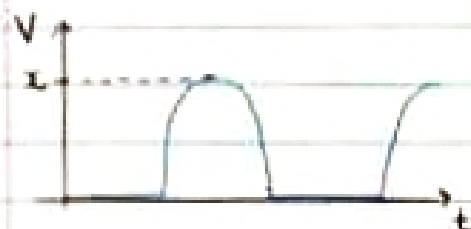
Conceitos importantes a reter - Essencial para o teste

gráficos



Diode real tem queda de 0,7V quando diretamente polarizado. Ideal tem de 0V.

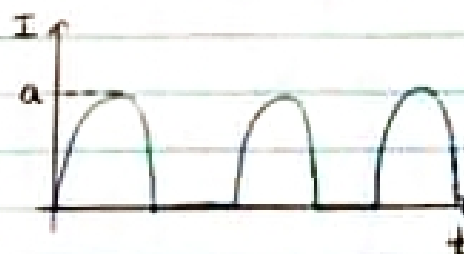
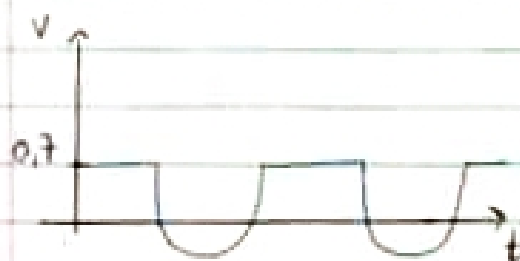
a) Forma de onda da tensão e corrente na carga (resistência)



$$x = V \cdot \sqrt{2} - V_D \quad I_R = \frac{x}{R}$$

A corrente tem a mesma forma de onda.

b) Forma de onda da tensão e da corrente no diodo.



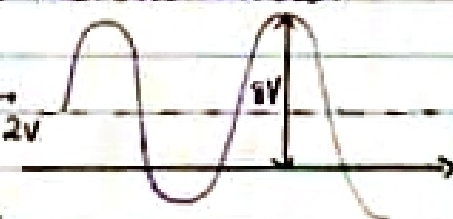
$$a = I_D = I_R$$

c) Pico de tensão inversa no diodo $\rightarrow -V \cdot \sqrt{2}$

Forma de onda de entrada vs Saída (Diodo Ideal)

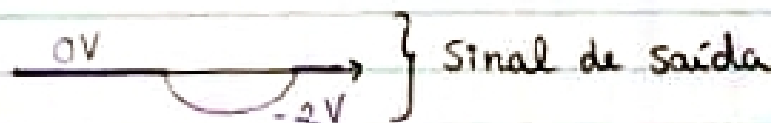


Sinal de entrada \rightarrow



Sinal de Saída \rightarrow o diodo começa por conduzir. Quando o diodo conduz, a tensão de saída é 0V. Se o diodo não conduz, não há queda na resistência, logo $V_{entrada} = V_{saída}$.

Assim:



} Sinal de saída

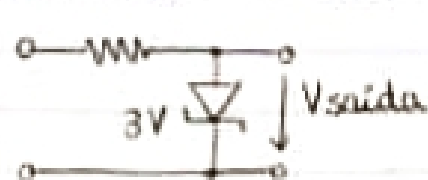


Se o diodo conduz, tensão na carga = tensão de entrada. Se o diodo não conduz, tensão na carga é 0V.



} Sinal de saída

Com diodo de Zener:

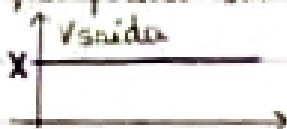


Quando o diodo conduz, tensão de saída é 0V.
Quando não conduz, é -3V.



Para todos os casos, ao acrescentar uma fonte de x volts, o sinal "sobe" x volts.

Num circuito com n diodos e n condensadores aos pares em paralelo uma com os outros, se o sinal à entrada for uma senoide com X volts de amplitude de pico, a forma de onda à saída do circuito, em regime permanente, será:



Fórmulas

$$\text{razão de transformação} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

$$V_{\text{eficaz}} = \frac{V_{\text{máx}}}{\sqrt{2}}$$

$$\text{Regulação na carga} = \frac{E_o - E_n}{E_n} \times 100\%$$

$$R_i = \frac{E_o - E_n}{I_n} \quad E_n = R_i \cdot I_n$$

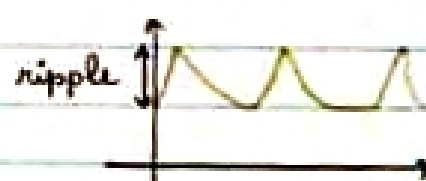
$$\text{Ripple} = \frac{I_r}{C \cdot f}$$

$$\text{Etor de ripple} = \frac{E_{\text{ripple}}}{E_{\text{médio}}} \times 100\%$$

$$E_{\text{erro}} (\%) = \frac{|X - X_{\text{teórico}}|}{X_{\text{teórico}}} \times 100\%$$

$$\% \text{ linearidade} = \frac{\Delta R_{\text{máx}}}{R_{\text{máx}}} \times 100$$

$$E_{\text{médio}} \approx E_{\text{máx}} - \frac{E_{\text{ripple}}}{2}$$



Transistores

Corte \rightarrow não há tensão na base ou esta é menor que 0,7V

Ativa \rightarrow há tensão na base igual ou superior a 0,7V

Saturação \rightarrow modo ativo mas com $I_{c \text{ máx}}$ (queda de C para $B \rightarrow 0,2V$)

Queda mínima no transistor é 0,2V.