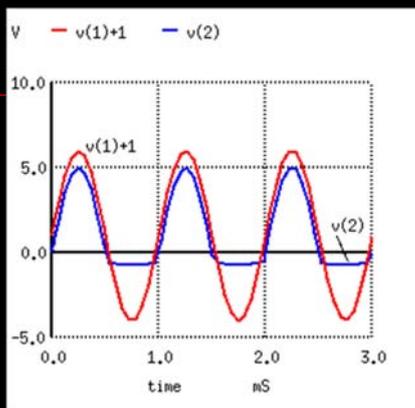


Circuitos com Diodos



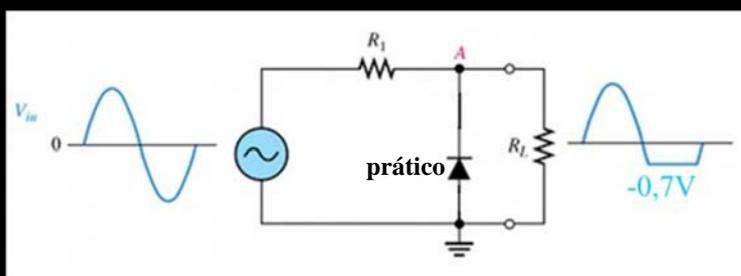
Professor: Cláudio Kitano
Setembro - 2017

01 - Circuitos Limitadores (clipper): limitador negativo



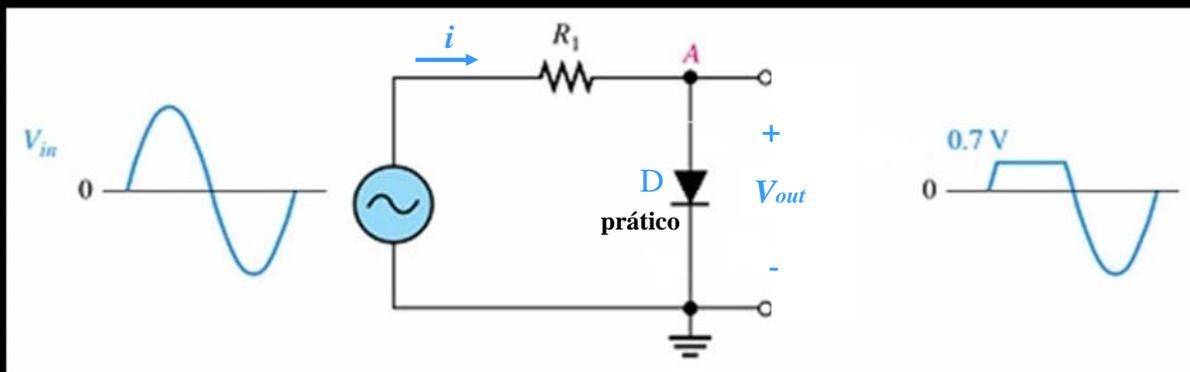
Diodos podem ser usados para ceifar porções de um sinal de tensão (acima ou abaixo de certos níveis).

Clipper negativo



Como funciona????

Circuitos limitadores: Vamos explicar o limitador ou clipper positivo



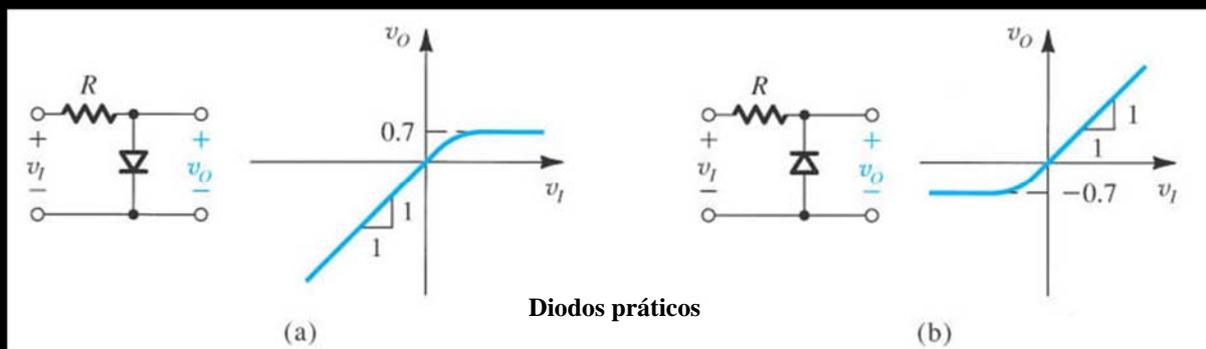
. Se $V_{in} > 0,7 \text{ V} \Rightarrow D \text{ ON} \Rightarrow V_{out} = 0,7 \text{ V}$

. Se $V_{in} < 0,7 \text{ V} \Rightarrow D \text{ OFF} \Rightarrow i = 0 \Rightarrow R_s i = 0 \Rightarrow V_{out} = V_{in}$

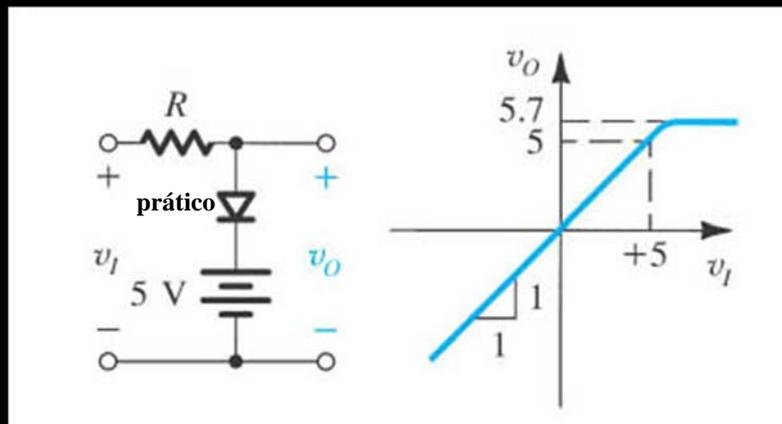
Circuito limitador simples

Positivo:

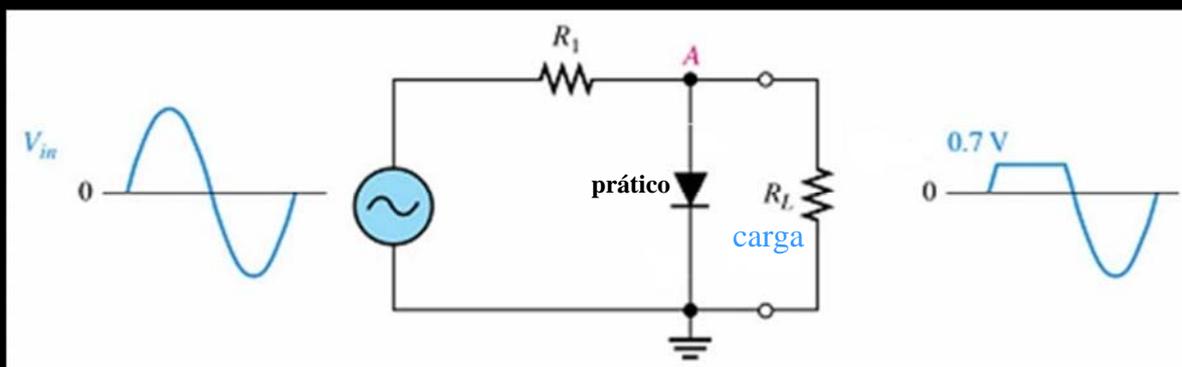
Negativo:



Circuito limitador simples, positivo e com *bias*:



Limitador ou clipper positivo com carga:

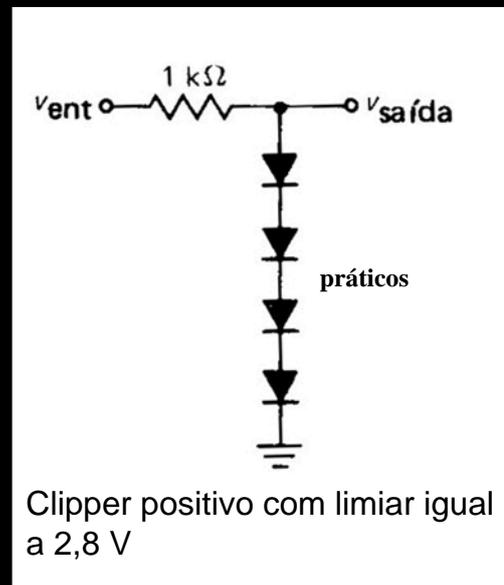
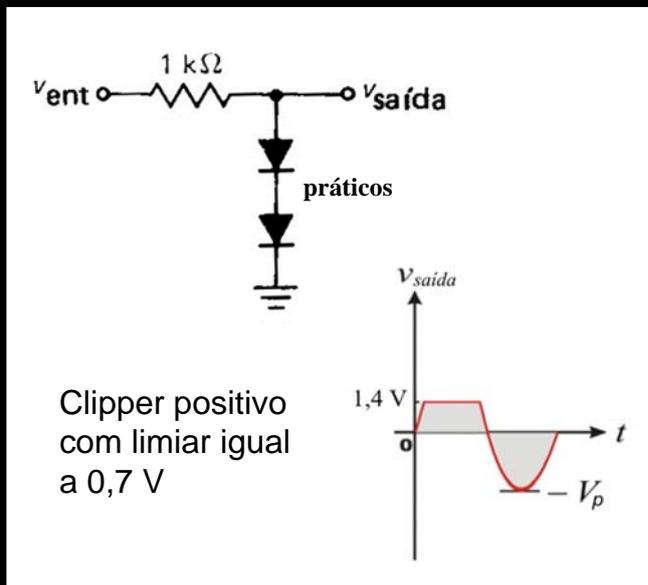


Admite-se que R_L seja muito grande ($R_L \rightarrow \infty$).
Neste caso a influência da carga não é relevante.

No entanto, à medida que a resistência de carga R_L fica pequena o comportamento do circuito sofre perturbações. Com que intensidade??

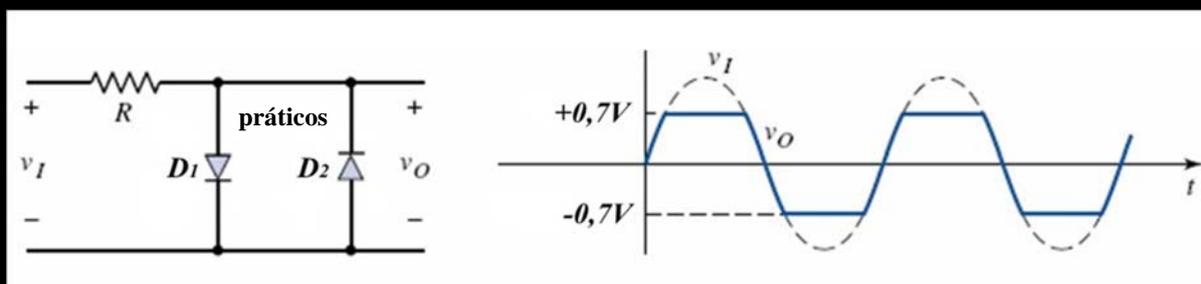
Circuitos limitadores: Limitador positivo com múltiplos diodos

(permitem ceifar a forma de onda em valores superiores a 0,7 V)

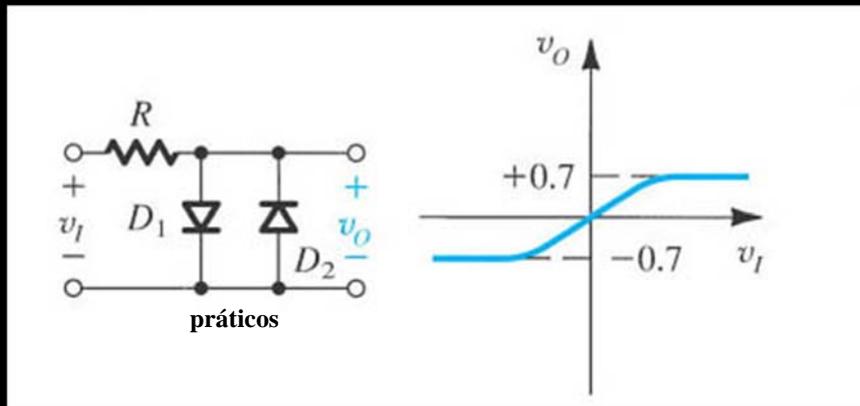


Circuitos limitadores:

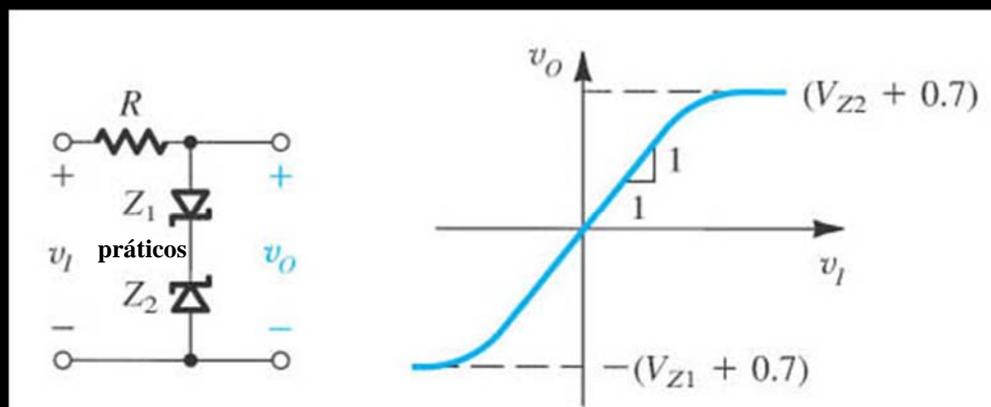
Limitador duplo: ceifamento superior e inferior



Circuito limitador duplo com diodo convencional:



Circuito limitador duplo com diodo zener:



Circuitos limitadores: Aplicações em sistemas de comunicação

Sistema de comunicação por fios



(Deve haver um amplificador entre o microfone e o alto-falante)

Sistema de comunicação sem fio:

A transmissão ocorre pelo canal atmosférico (o ar)



Torna-se necessário **modular** o sinal elétrico original!



Transmissor (modulador) e Receptor (demodulador):



VOZ



transmissão

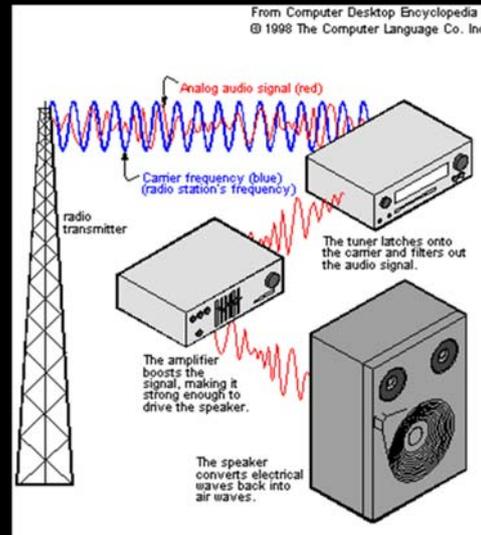


transmissor



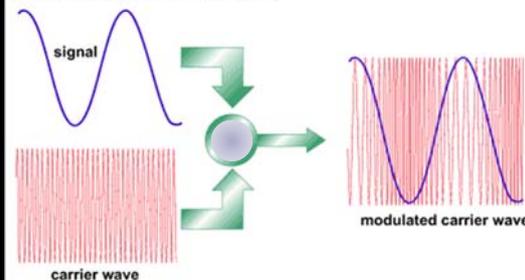
Receptor (rádio)

From Computer Desktop Encyclopedia
© 1998 The Computer Language Co. Inc.

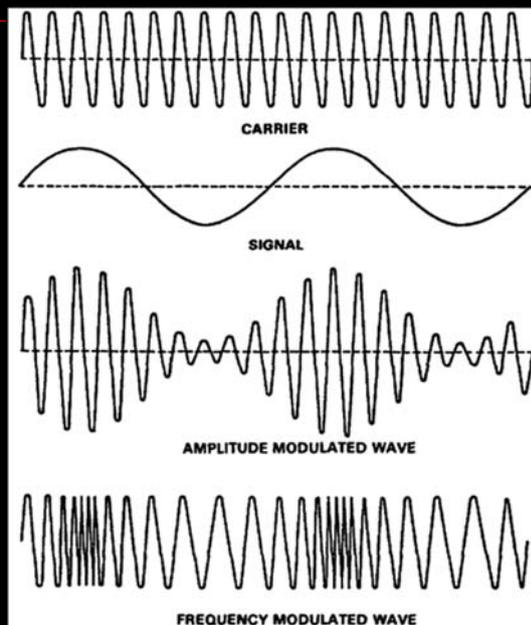


Tipo de modulação: FM

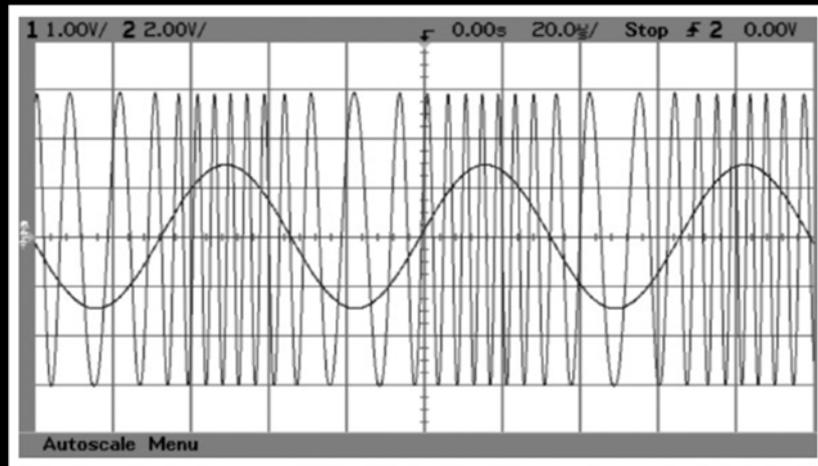
Frequency Modulation (FM)



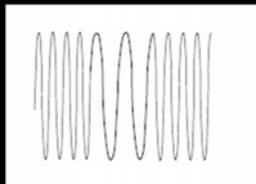
FM = Frequência Modulada



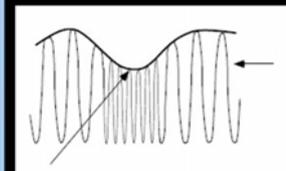
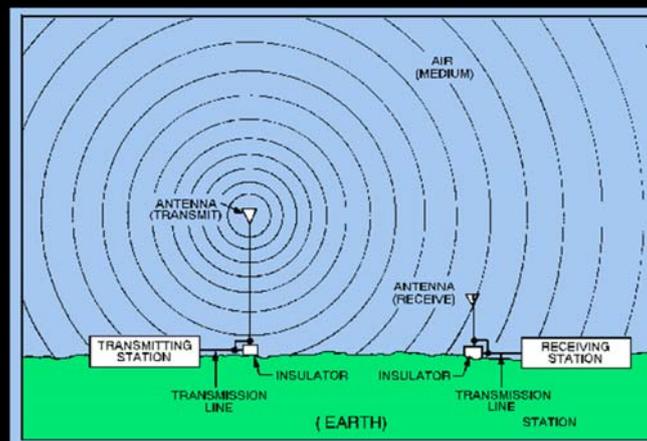
Modulação em frequência: FM



Problema: durante o percurso pode ocorrer **modulação AM residual**

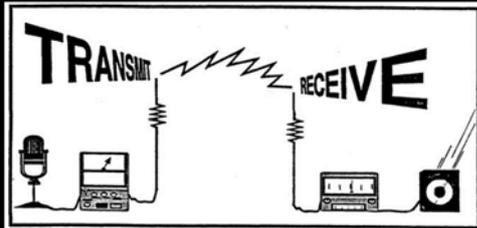


Sinal FM transmitido

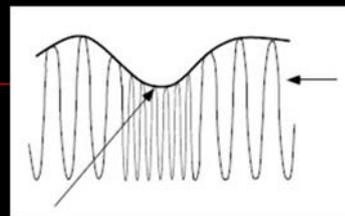


Sinal FM recebido

Uso do limitador duplo para recuperar o sinal de FM:



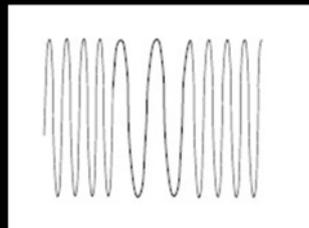
Isto será estudado em
Princípios de Comunicação.



Sinal FM
recebido
(distorcido)

O sinal FM recebido
contém AM residual

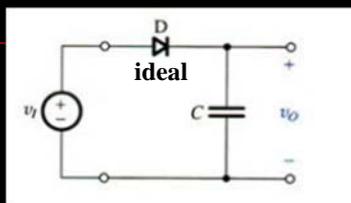
Usar um
limitador duplo
(+ filtragem)



Sinal FM
recuperado
(amplitude
constante)

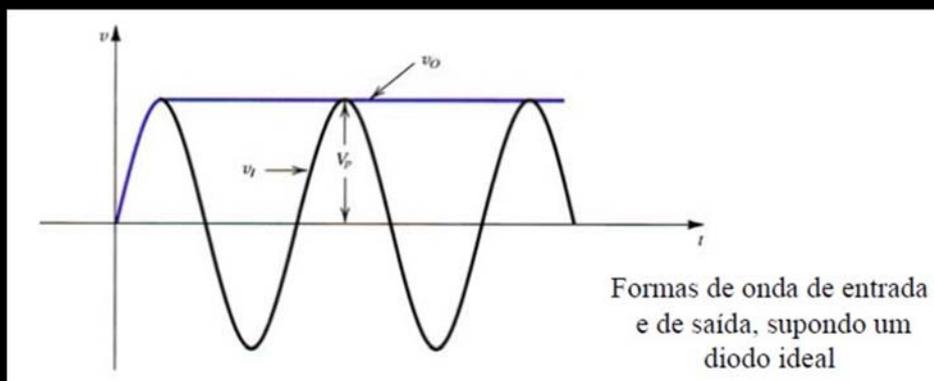
OK!

02 - Detector de pico (em vazio):



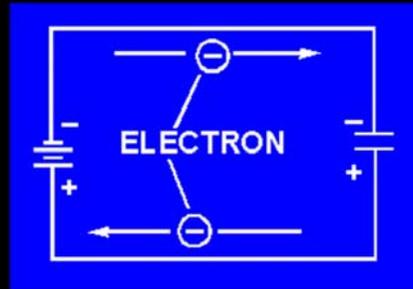
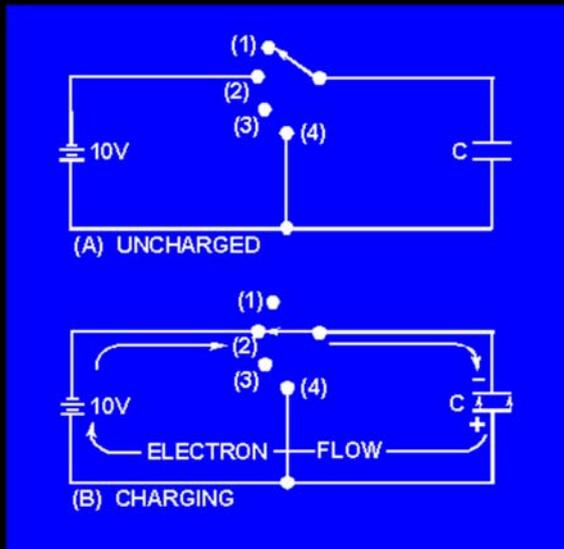
O detector de pico gera um valor DC igual
ao pico do sinal de entrada.

Como funciona??



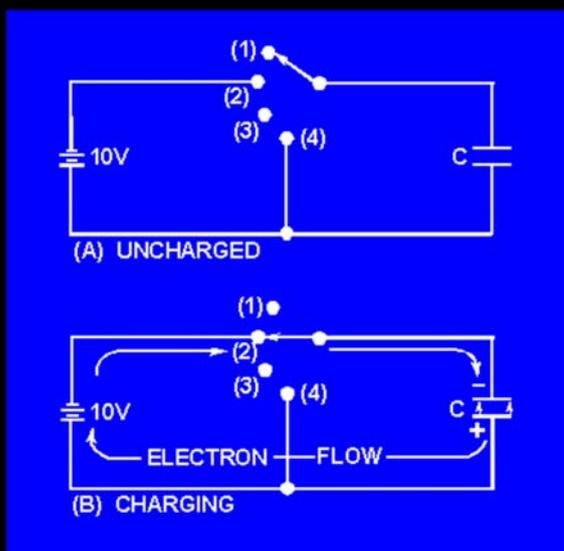
Formas de onda de entrada
e de saída, supondo um
diodo ideal

Observação: carga de um capacitor através de uma bateria.



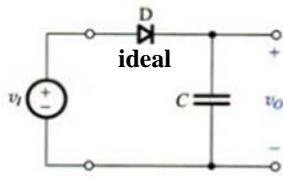
Observe a polaridade da tensão sobre o capacitor carregado.

Observação: descarga de um capacitor.



Cuidado ao fazer isto!

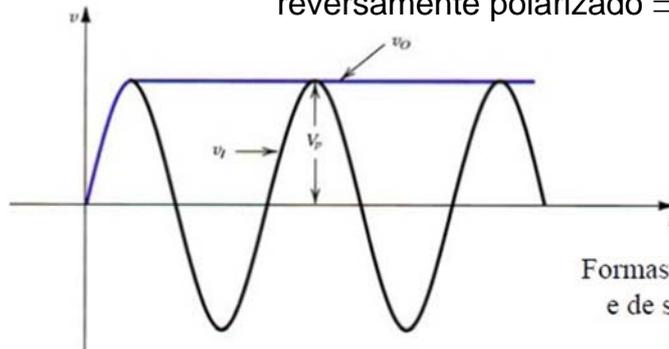
Detector de pico (em vazio):



O diodo conduz no primeiro quarto de ciclo e carrega o capacitor com o valor de pico $\Rightarrow v_o = v_i$

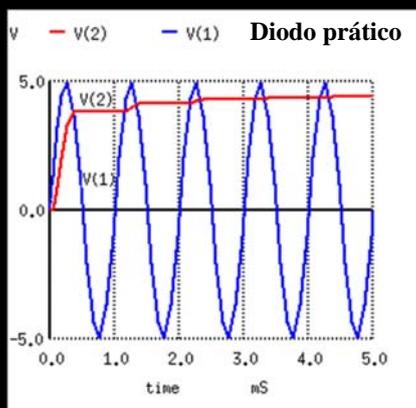
Quando v_i diminui, o diodo bloqueia, e o capacitor não tem por onde descarregar;

Nos demais instantes, o diodo permanece reversamente polarizado $\Rightarrow v_o = V_p$.



Formas de onda de entrada e de saída, supondo um diodo ideal

Detector de pico (transitório):



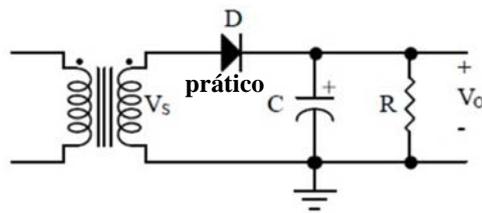
Normalmente, nos livros didáticos, analisa-se a situação final do circuito, já em regime estacionário, após cessado o transitório.

Entretanto, na prática, existe um transitório: nem sempre o circuito é ligado quando a senóide de entrada passa por um zero, o diodo prático tem queda de tensão de 0,7 V, etc.

É interessante testar os circuitos com o PSPICE.

Normalmente este período transitório é muito rápido!

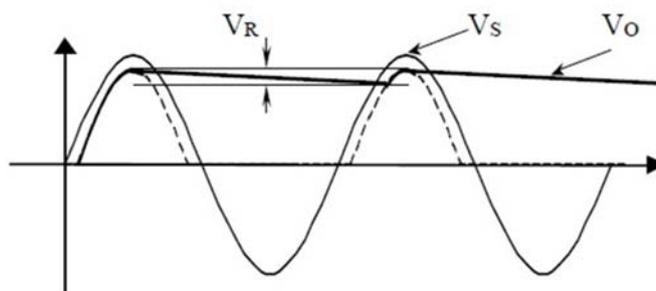
Detector de pico prático (com carga):



V_s = tensão senoidal de entrada

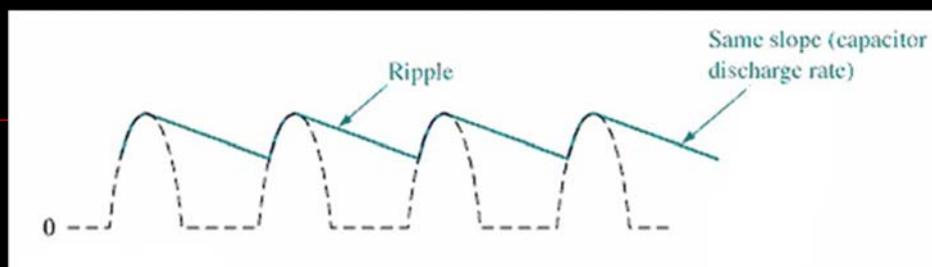
V_o = tensão de saída

V_R = tensão de ripple



Ripple???

Tensão de ripple:

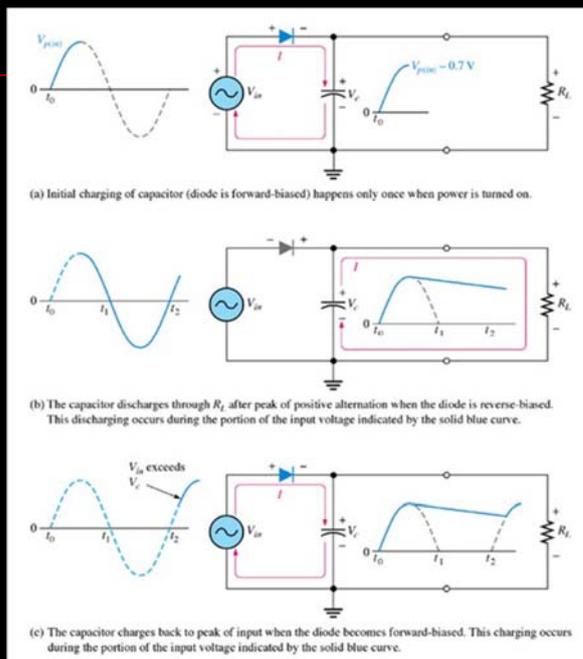


Ripple = ondulação ou imperfeição de um sinal que deveria ser constante.

O que causa o ripple??

Se a constante de tempo RC for muito grande, haverá apenas uma pequena diferença de amplitudes, entre o tempo do pico de tensão de entrada e o tempo em que o diodo corta.

Detector de pico prático (com carga):



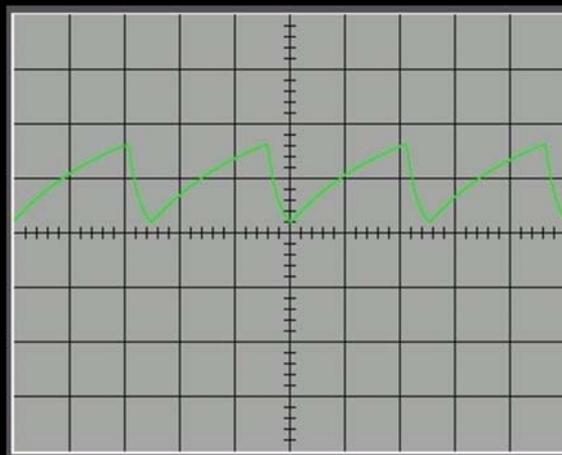
Admite-se que o valor de R_L seja elevado ($R_L C$ é elevado), muito maior que o período da senóide.

Quando o diodo bloqueia, C se descarrega sobre R_L .

Esta variação não é muito pronunciada, de modo que ainda se detecta o valor de pico do sinal de entrada com boa qualidade.

Medida do **ripple** usando o sciloscópio:

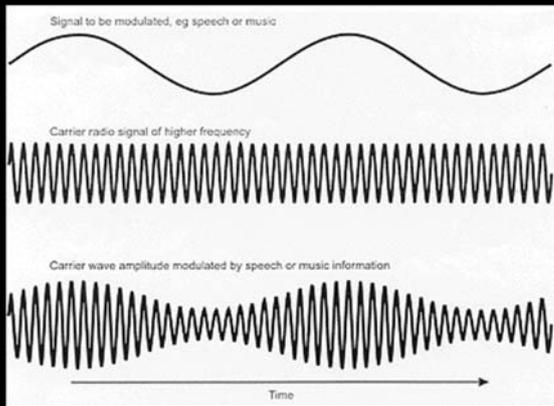
Usar acoplamento AC e aumentar o fator de sensibilidade.



Avaliar a amplitude da tensão de ripple no experimento.

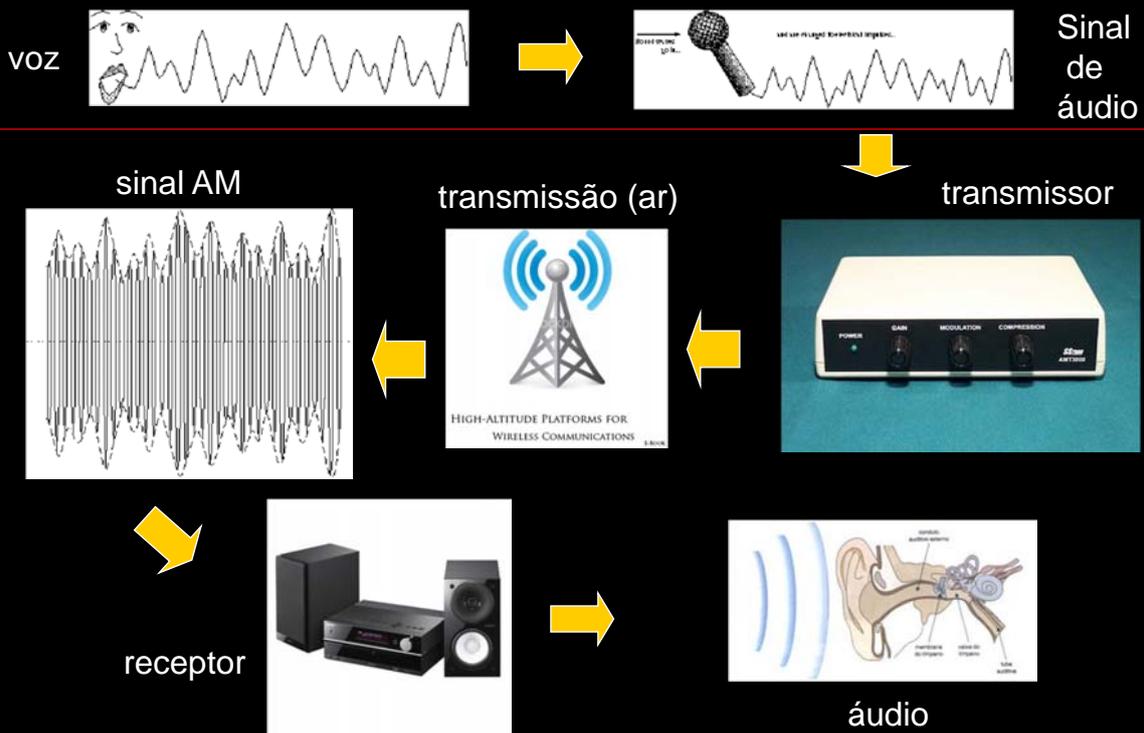
Detector de pico: Aplicações em sistemas de comunicação

Amplitude modulada: AM (usada em transmissão de rádio)



- ← Sinal de mensagem (audível)
- ← Portadora (senóide de altíssima frequência $\approx 1,5$ MHz)
- ← Sinal modulado em AM (não audível)

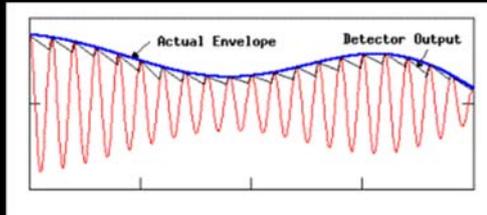
Transmissão e recepção de AM





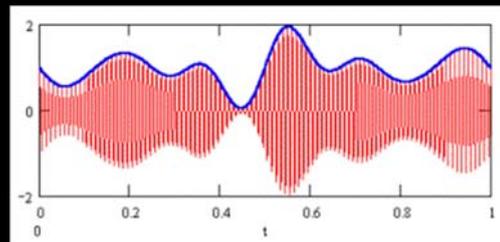
Detecção de AM

Como acontece a demodulação do sinal AM??

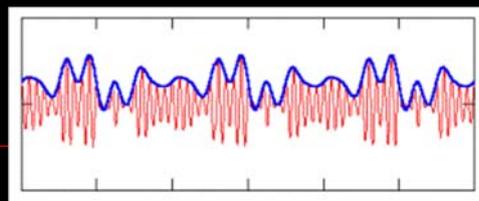


A informação encontra-se preservada na envoltória do sinal AM.

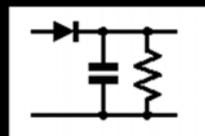
Detector de pico (ou de envoltória)



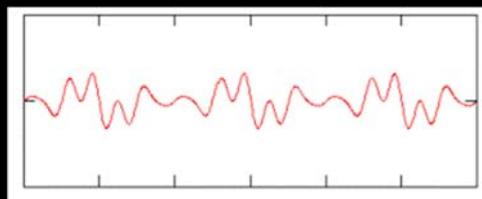
Recupera-se a informação de áudio original !!



Sinal AM



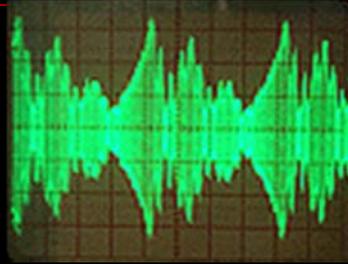
Detector de envoltória



Sinal de áudio recuperado

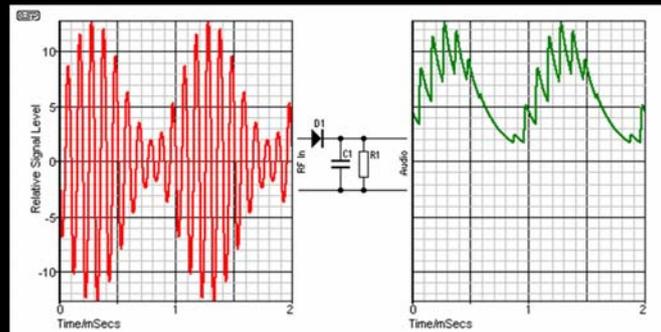
Detector de envoltória:

Sinal de voz típico visto na tela de um osciloscópio:

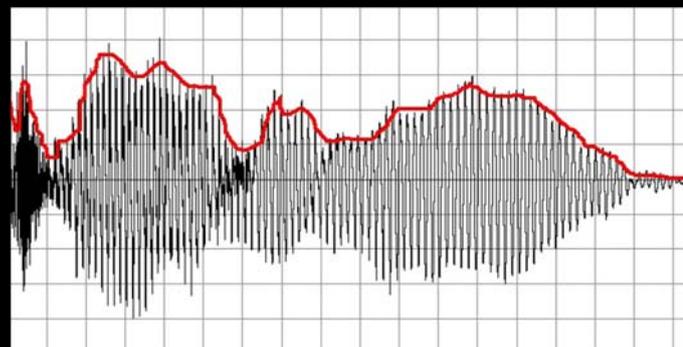


Modulação
AM

Então, um sinal de voz modulado em AM é um sinal bem complicado (mais complicado que uma senóide).



Detector de envoltória AM (sinal de áudio):



O detector de pico (ou envoltória) recupera o sinal de mensagem (voz) original.

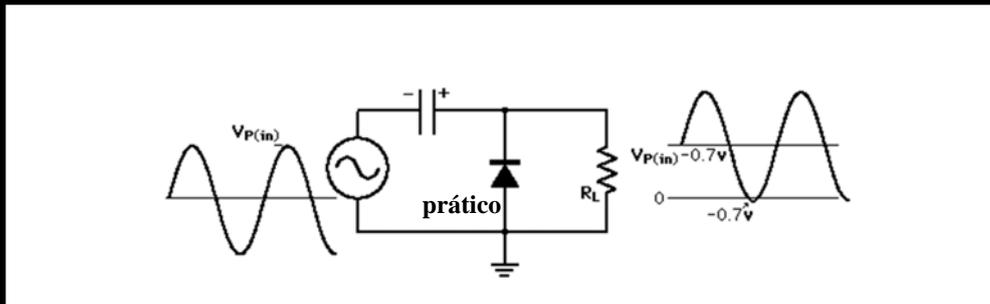
OK!

03 - Circuitos grampeadores (clamper)

Um clamper acrescenta um nível DC à uma tensão AC.

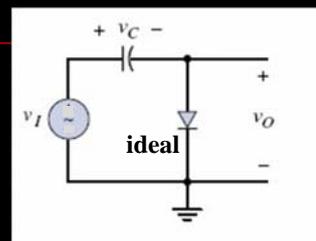
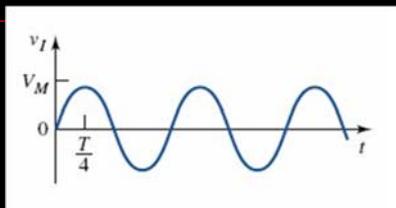
Também são chamados de restauradores DC.

Exemplo: clamper **positivo** (acrescenta um valor DC positivo ao sinal AC)



Como funciona???

Grampeador ou clamper **negativo**:



O capacitor está inicialmente descarregado.

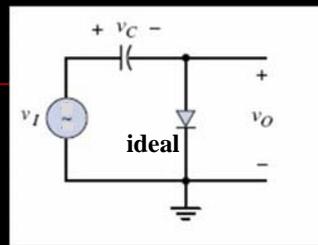
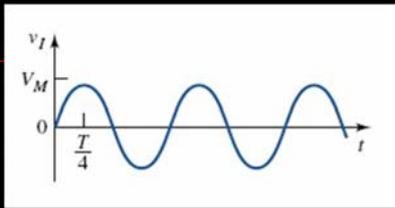
Assume-se que o diodo seja ideal: D ON \rightarrow curto $\rightarrow v_D = 0^+$

No primeiro quarto de ciclo o diodo conduz, o capacitor se carrega \Rightarrow

$$\Rightarrow v_C = v_i = V_M$$



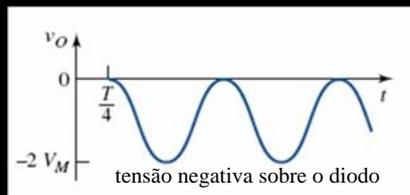
Grampeador ou clamper **negativo**:



Após a tensão v_i atingir seu pico, ela começa a diminuir e o diodo torna-se reversamente polarizado (pois não pode conduzir corrente reversa). Como C não pode descarregar $\Rightarrow v_c = v_i = V_M$ permanece indefinidamente.

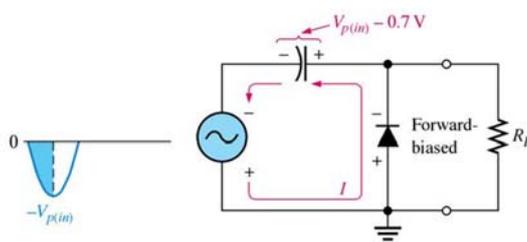
$$v_i - v_c - v_o = 0$$

$$v_o = v_i - v_c = v_i - V_M$$



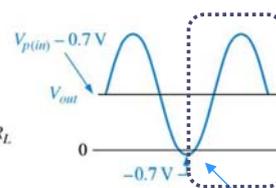
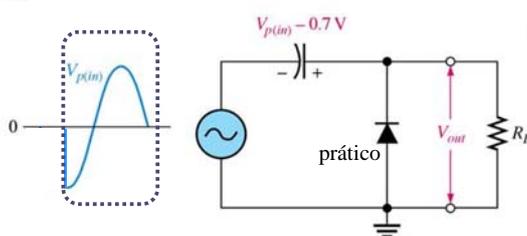
deslocamento negativo, para baixo

Grampeador ou clamper **positivo** com diodo prático e com carga:



Admite-se que R_L seja muito grande ($R_L \rightarrow \infty$).

(a)



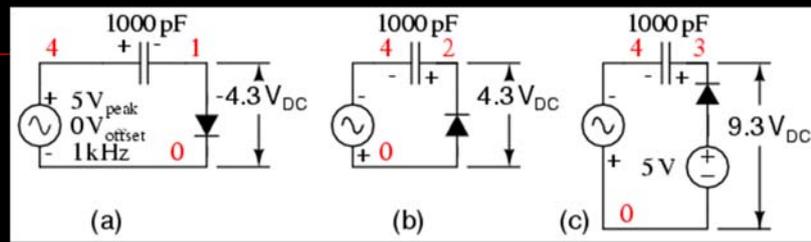
Pequeno pico negativo

Deslocamento positivo, para cima.

(b)

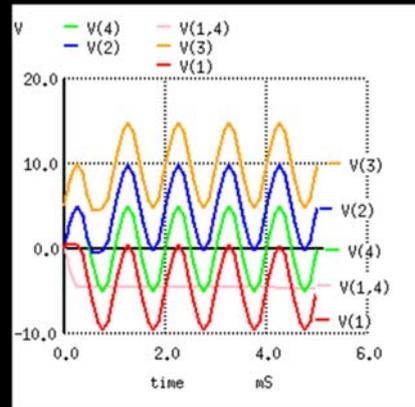
A constante RC deve ser escolhida muito elevada.

Clampers: negativo, positivo e positivo polarizado

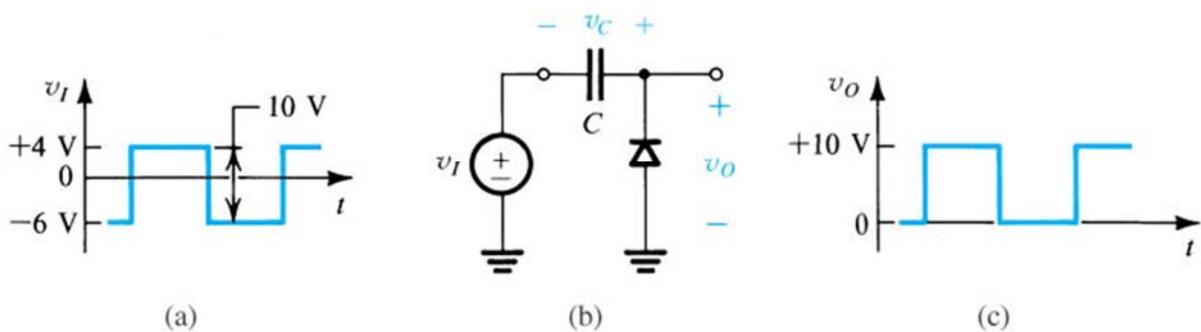


Transitórios:

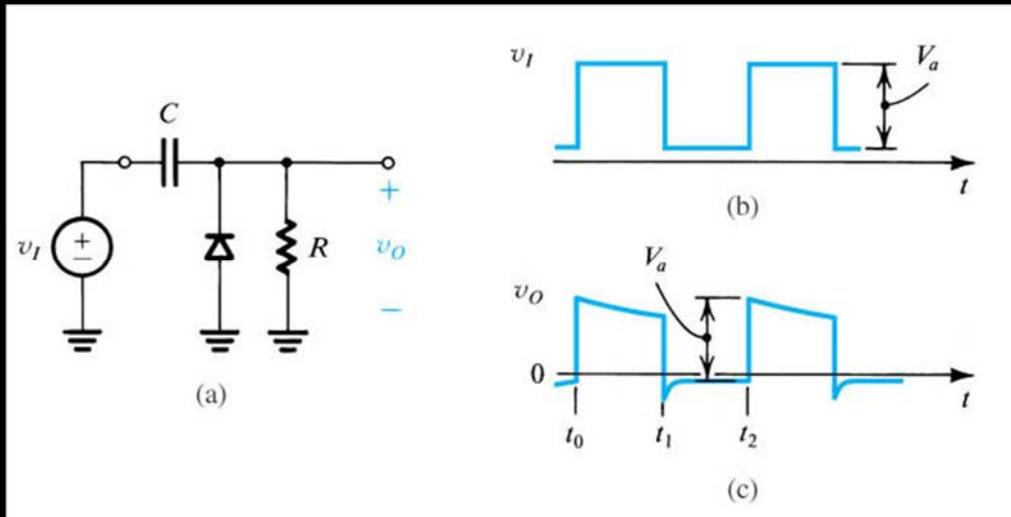
- a) Negativo
- b) Positivo
- c) Positivo polarizado



Grampeador ou clamper **positivo** com forma de onda quadrada:



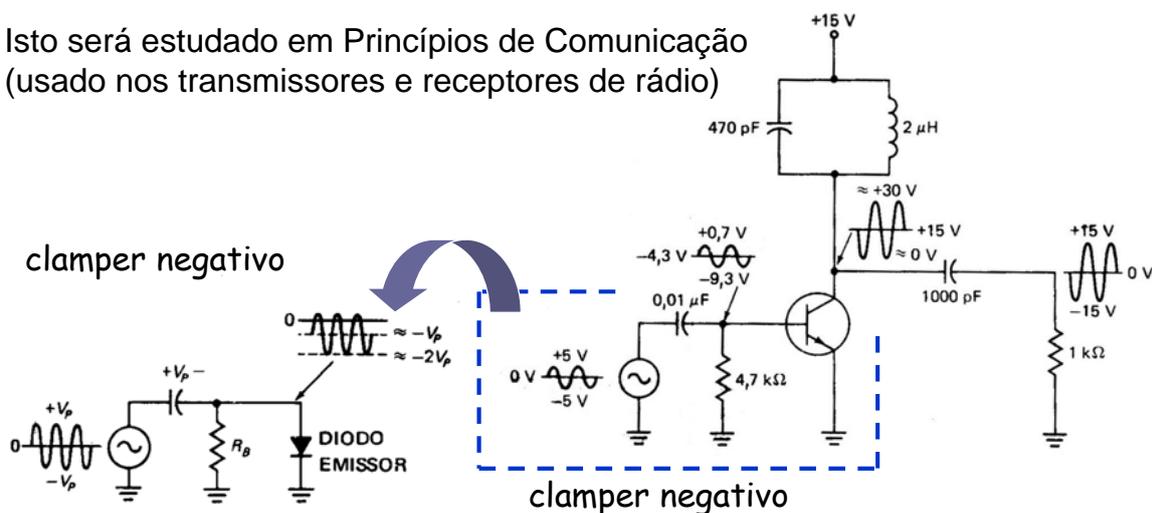
Grampeador ou clamber **positivo** com forma de onda quadrada e resistência de carga:



Clamber: aplicação em amplificadores de rádio-frequência

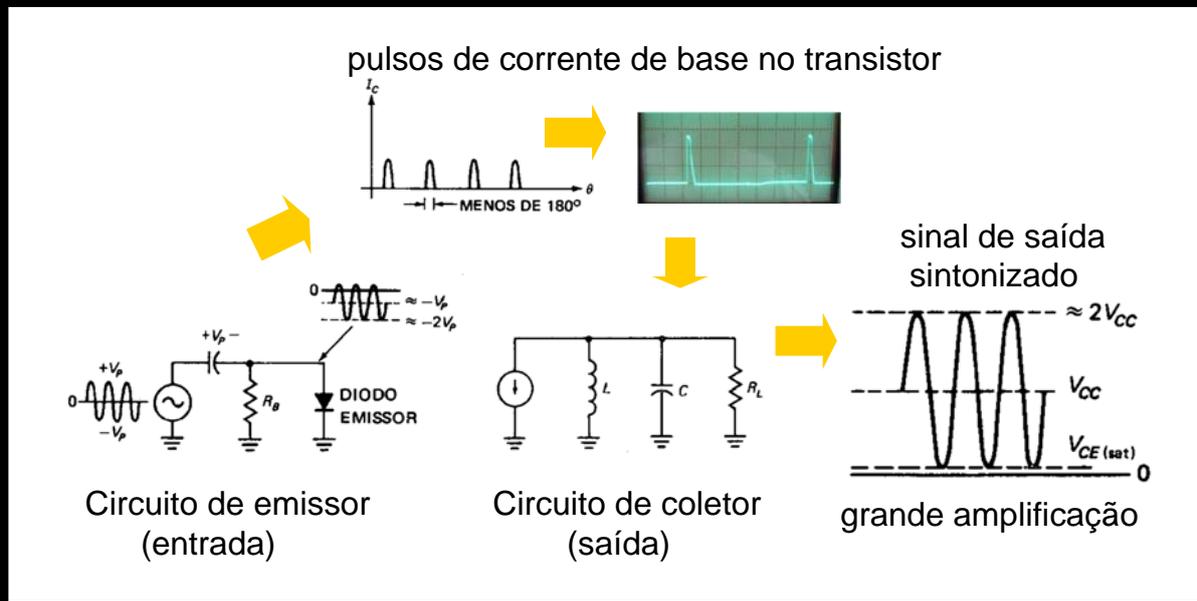
Amplificador transistorizado classe-C sintonizado.

Isto será estudado em Princípios de Comunicação (usado nos transmissores e receptores de rádio)



Clamper: aplicação em amplificador de rádio-freqüência

Amplificador classe C sintonizado.

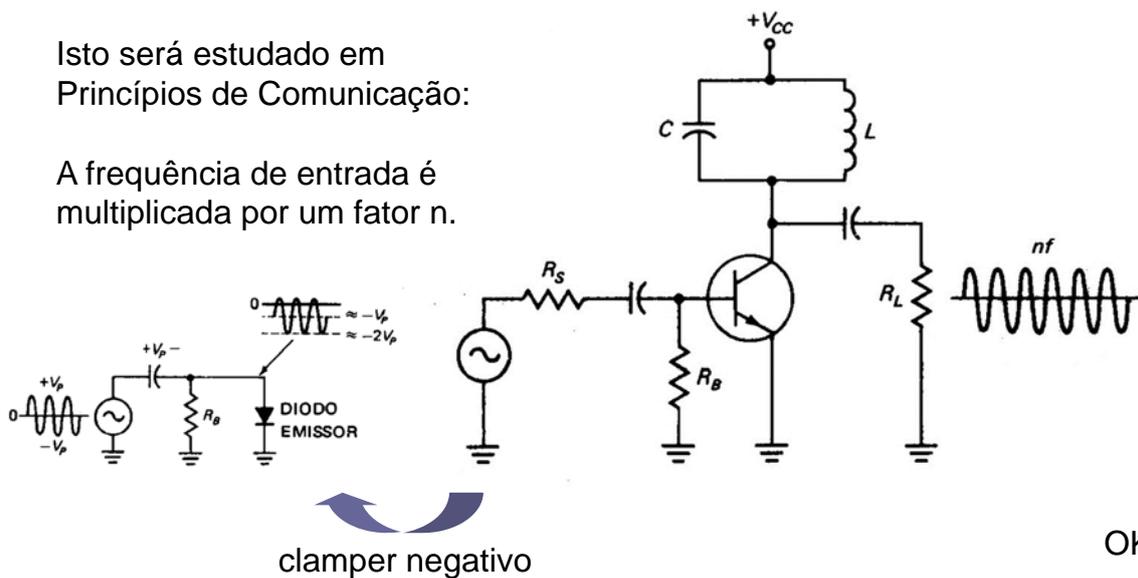


Clamper: aplicação em amplificador de rádio-freqüência

Multiplicador de freqüências

Isto será estudado em
Princípios de Comunicação:

A freqüência de entrada é
multiplicada por um fator n .

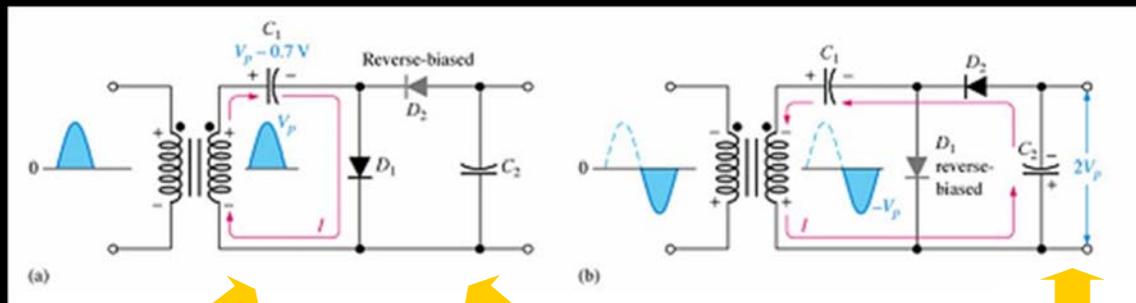


04 - Multiplicadores de tensão

Multiplicadores de tensão usam a ação de *clamper* para aumentar o pico de tensão retificada, sem a necessidade de se aumentar a entrada com transformadores.

Dobrador de tensão **negativo**; ver o livro de Sedra & Smith

Iniciar a análise pelo semi-ciclo positivo

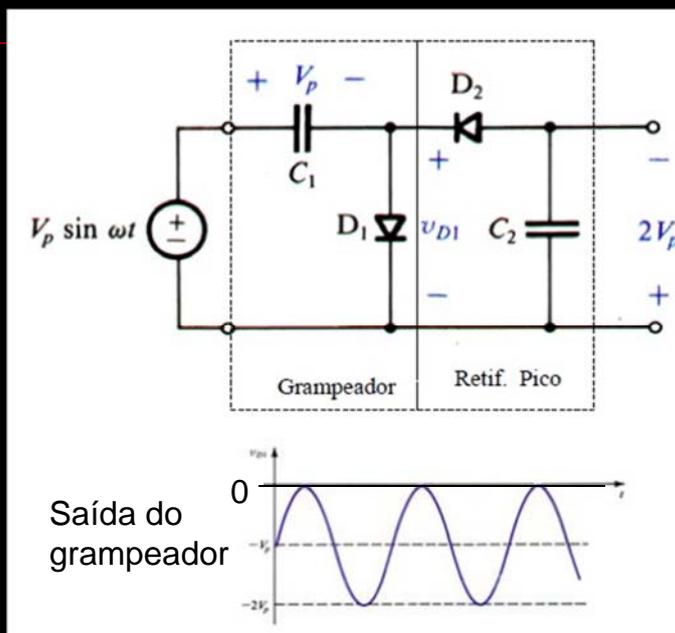


clamper negativo

detector de pico negativo

Tensão de saída = $-2V_p$

Vamos ver se assim é mais fácil de entender:
(**dobrador negativo**)

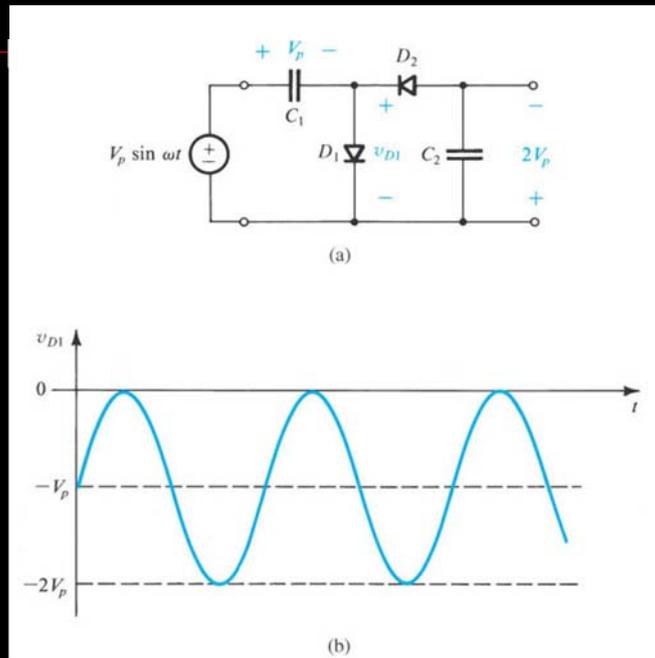


Grampeador negativo + detector de pico.

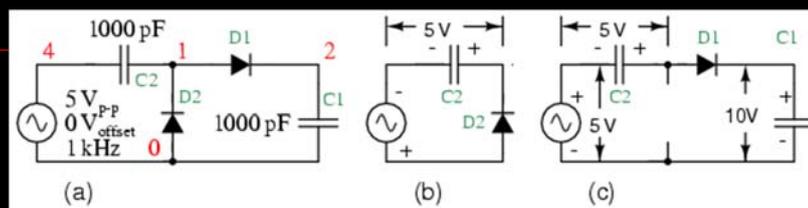
O detector de pico gera $-2V_p$ na saída.

Saída do grampeador

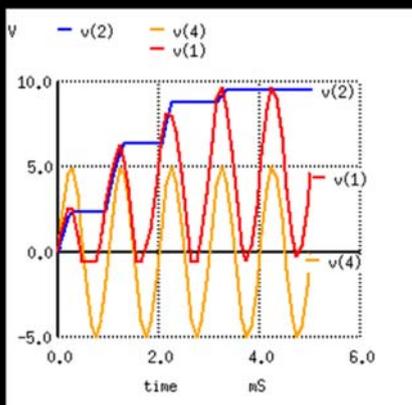
Dobrador positivo: tensão sobre o diodo D1



Multiplicadores de tensão: dobrador positivo

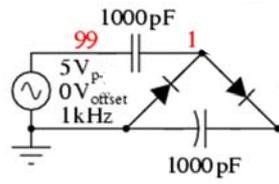
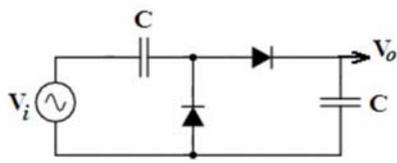


Iniciar a análise pelo semi-ciclo negativo



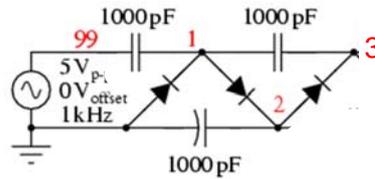
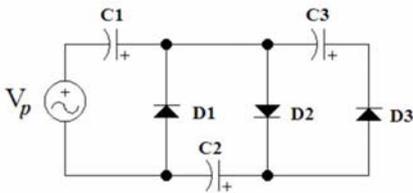
Em situação de regime estacionário:

- Circuito completo.
- O grampeador negativo eleva a senóide de entrada em 5V;
- O detector de pico positivo imprime 10V sobre o capacitor de saída.



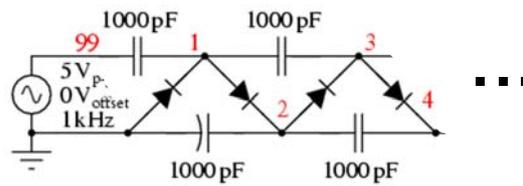
Dobrador positivo

V_{DC}

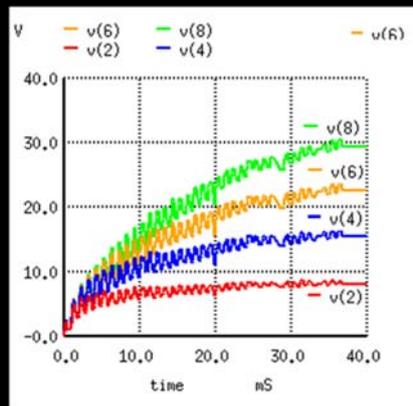
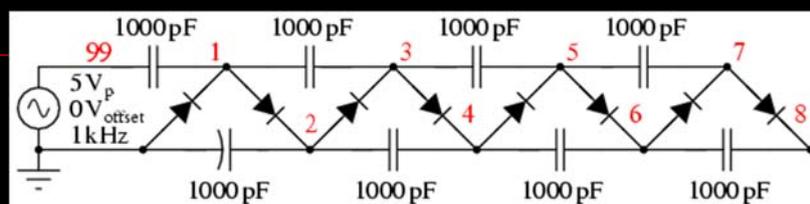


Triplificador positivo

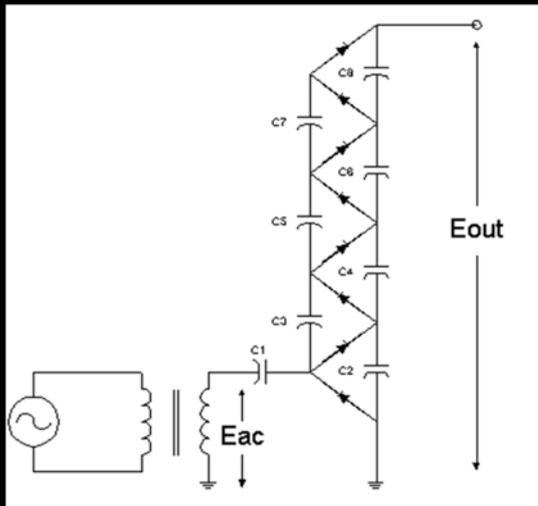
Quadruplicador positivo



Octuplicador positivo: transitório



Multiplicador de tensão genérico (positivo):



Usar diodos especiais de alta tensão.

OK!

Bibliografia: Sedra/Smith
Microeletrônica, quarta edição
Seções 3.1, 3.2 e 3.8

FIM