

Capítulo 6:

Misturadores (mixers)

Prof. Alan Petrônio Pinheiro

Universidade Federal de Uberlândia

Faculdade de Engenharia Elétrica

alanpetronio@ufu.br



Introdução

Cir. Eletrônica Aplica.

Capítulo :
Misturadores

- Introdução
- Circuitos Mixer
 - Mixer simples balanceado
 - Mixer duplo balanceado
 - Single ended mixer
 - Transistorizado

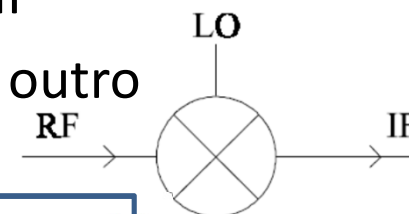
- Misturadores x mixers x conversores de frequência

- Aplicação:

- Multiplica sinais RF e LO produzindo IF
- Transladar espectro de um sinal para outro

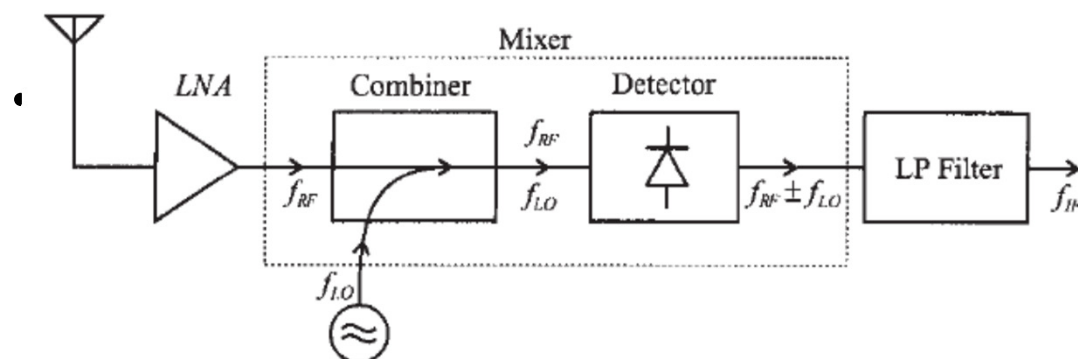
- Sem distorções

$$(V_1 \cos \omega_1 t)(V_2 \cos \omega_2 t) = \frac{V_1 V_2}{2} (\cos(\omega_1 + \omega_2)t + \cos(\omega_1 - \omega_2)t)$$



- Lower sideband, or LSB ($\omega_{RF} - \omega_{LO}$)
- Upper sideband, or USB ($\omega_{RF} + \omega_{LO}$)
- Double sideband, or DSB ($\omega_{RF} + \omega_{LO}, \omega_{RF} - \omega_{LO}$)

» 2 bandas laterais: tira-se por filtragem





• Introdução

• Circuitos Mixer

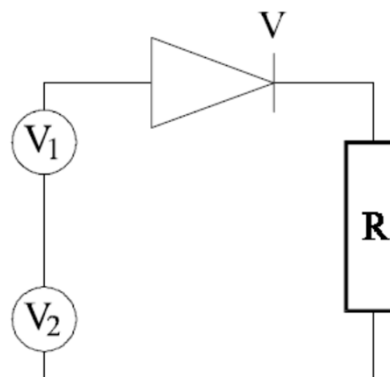
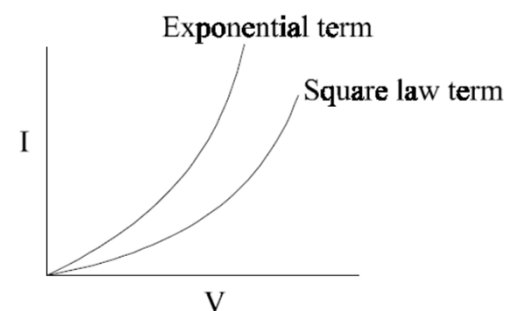
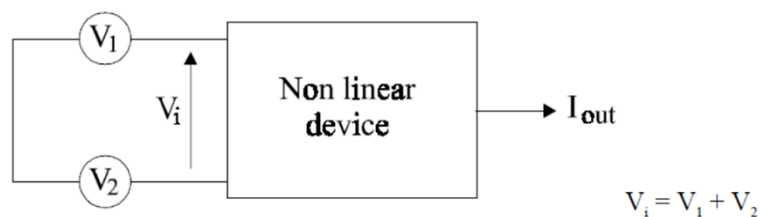
- Mixer simples balanceado
- Mixer duplo balanceado
- Single ended mixer
- Transistorizado

• Mixing usando dispositivo não-linear

- Diodo, FET ou BJT podem gerar harmônicas múltiplas
- A não-linearidade pode ser expressa como série de Taylor

$$I_{out} = I_0 + a[V_i(t)] + \boxed{b[V_i(t)]^2} + c[V_i(t)]^3 + \dots$$

$$b(V_1 + V_2)^2 = b(V_1^2 + 2V_1V_2 + V_2^2)$$



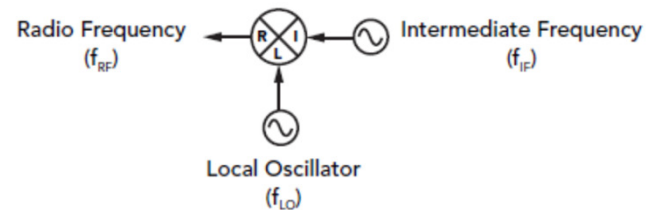
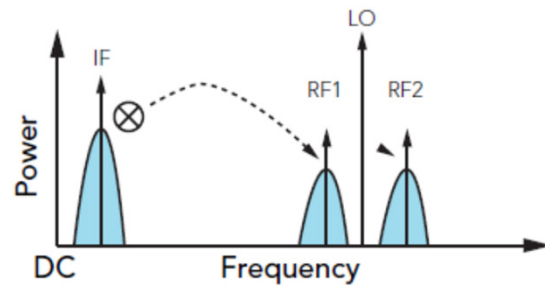


- Introdução
- Circuitos Mixer
 - Mixer simples balanceado
 - Mixer duplo balanceado
 - Single ended mixer
 - Transistorizado

• Modelos de trabalho:

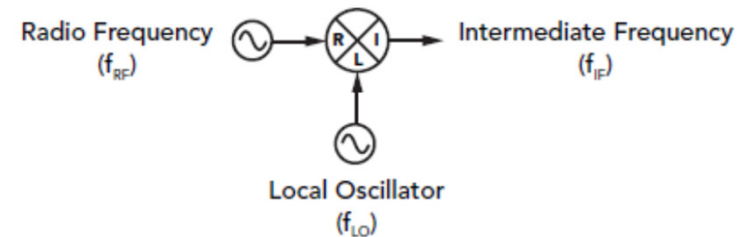
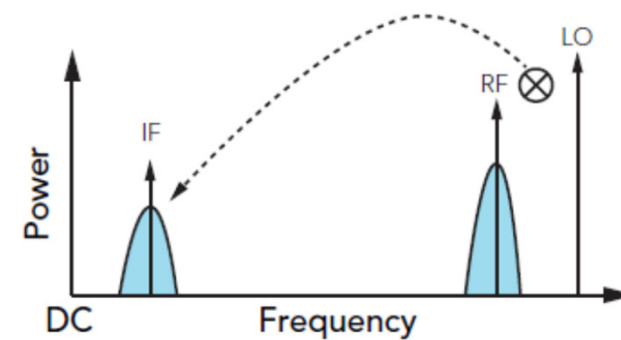
UPCONVERSION

$$f_{RF1} = f_{LO} - f_{IF} \quad f_{RF2} = f_{LO} + f_{IF}$$



DOWNCONVERSION

$$f_{IF} = |f_{LO} - f_{RF}|$$



- Introdução
- Circuitos Mixer
 - Mixer simples balanceado
 - Mixer duplo balanceado
 - Single ended mixer
 - Transistorizado

• No espectro:

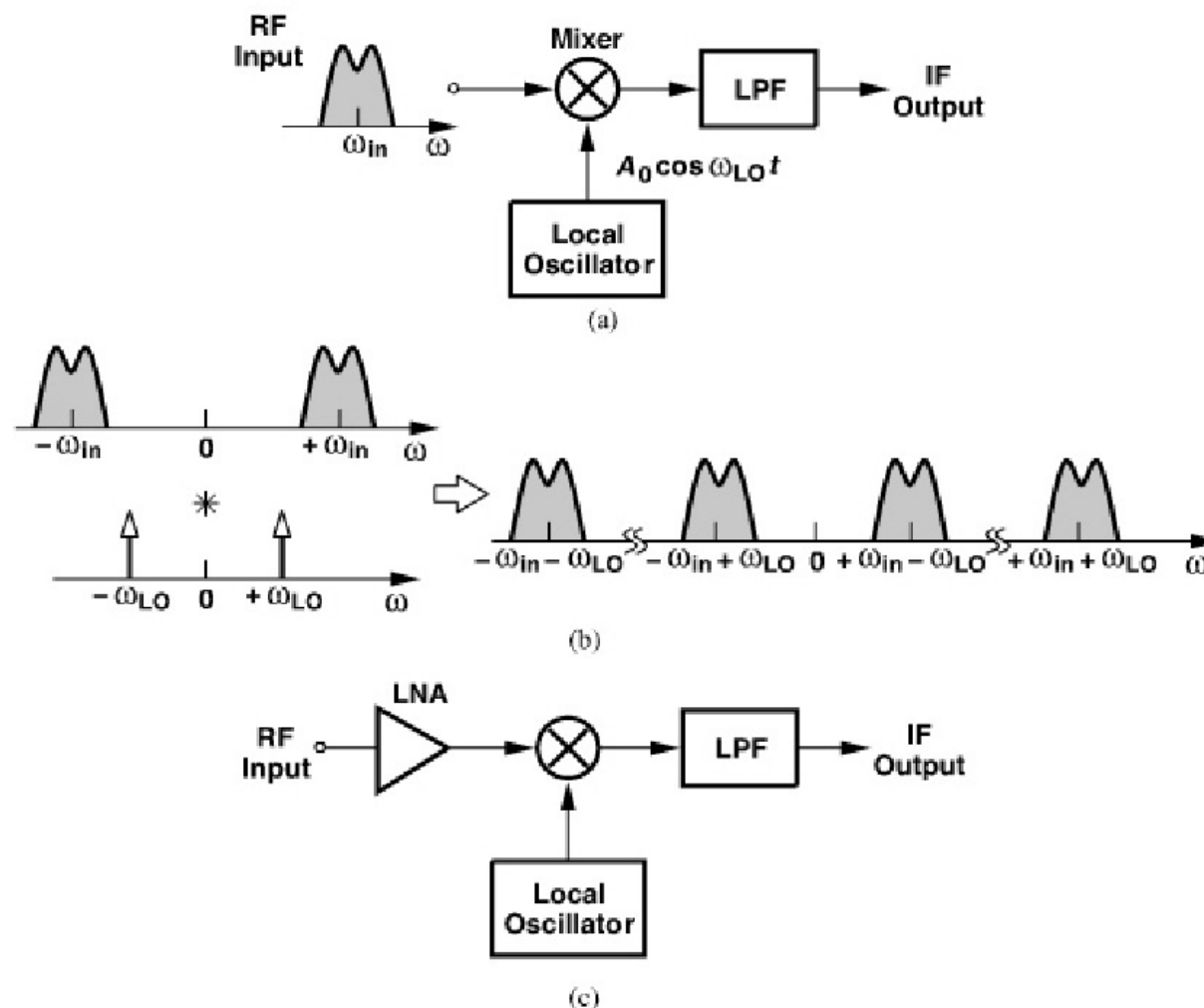


Figure 4.7 (a) Downconversion by mixing, (b) resulting spectra, (c) use of LNA to reduce noise.



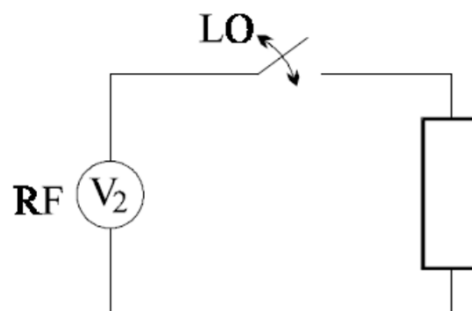
Circuitos Mixers

Cir. Eletrônica Aplica.

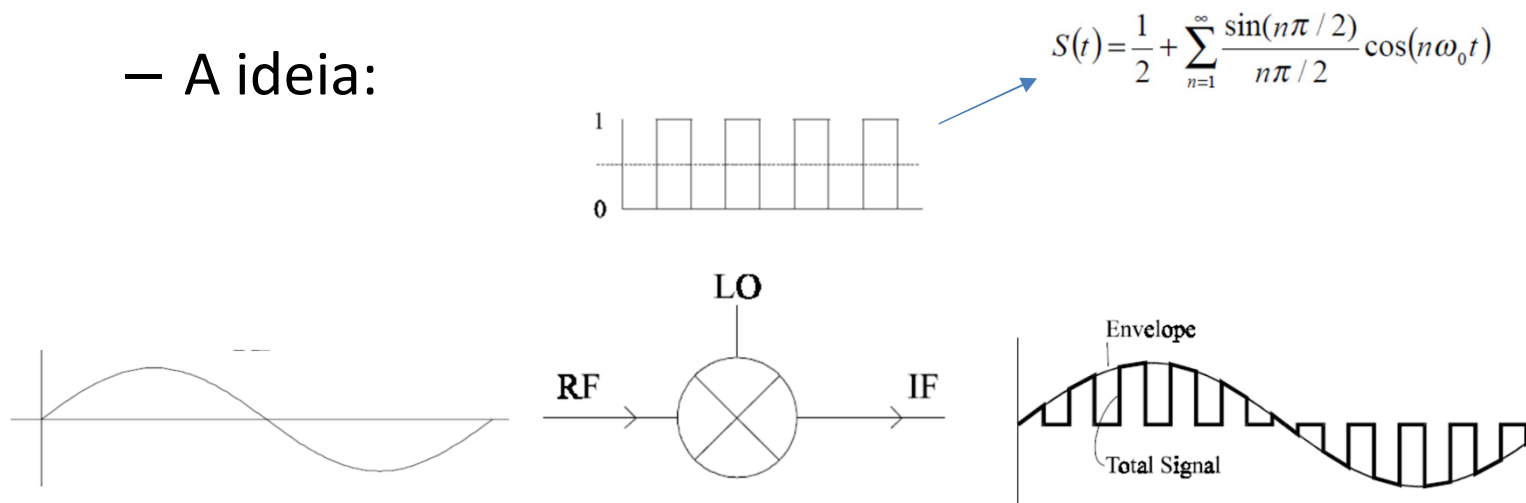
Capítulo :
Misturadores

- Introdução
- Circuitos Mixer
 - Mixer simples balanceado
 - Mixer duplo balanceado
 - Single ended mixer
 - Transistorizado

- A) Mixer simples balanceado
 - Circuito:



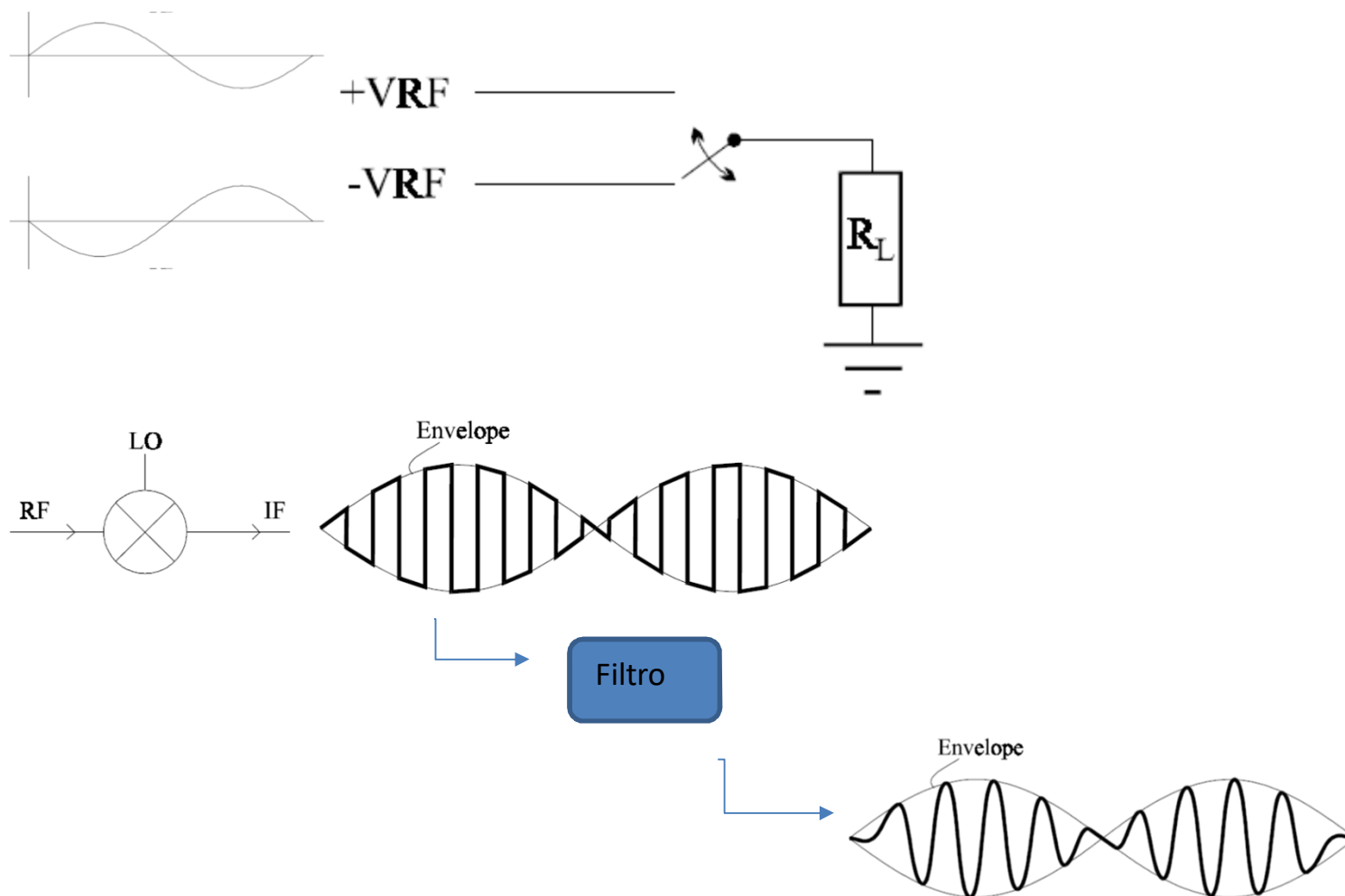
- A ideia:





- Introdução
- Circuitos Mixer
 - Mixer simples balanceado
 - Mixer duplo balanceado
 - Single ended mixer
 - Transistorizado

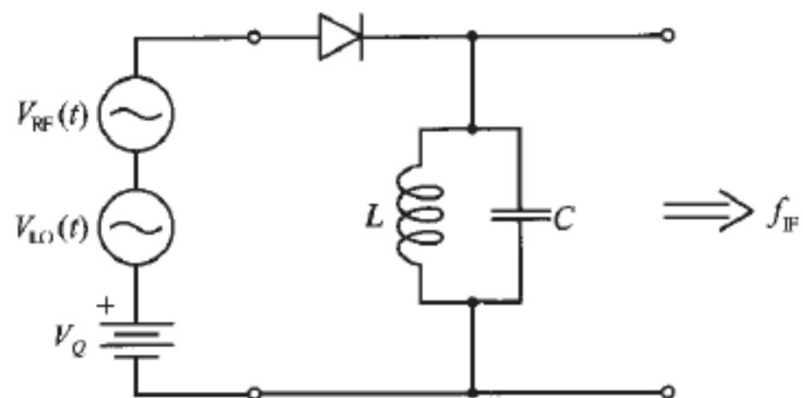
• B) Mixer balanceado duplo





- Introdução
- Circuitos Mixer
 - Mixer simples balanceado
 - Mixer duplo balanceado
 - Single ended mixer
 - Transistorizado

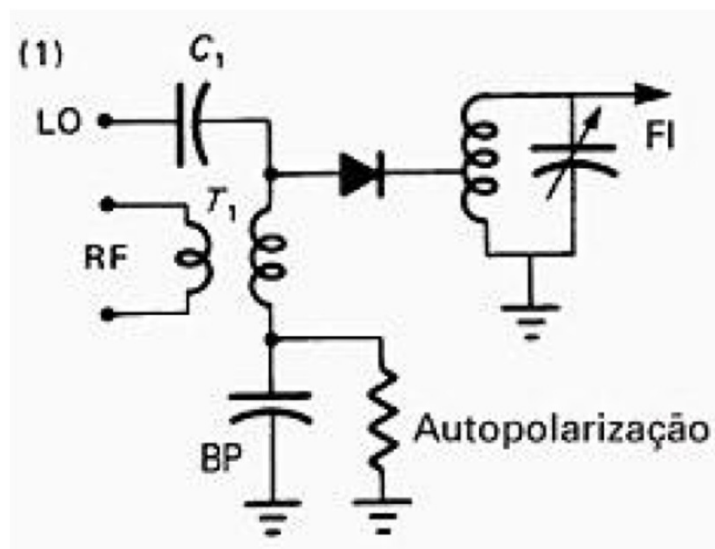
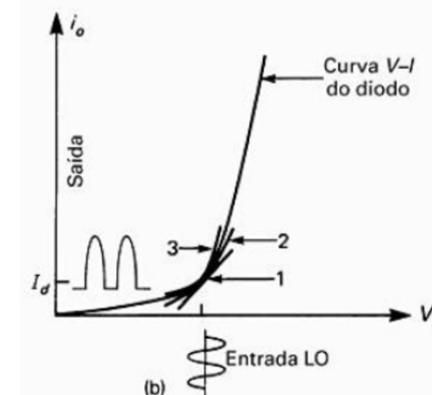
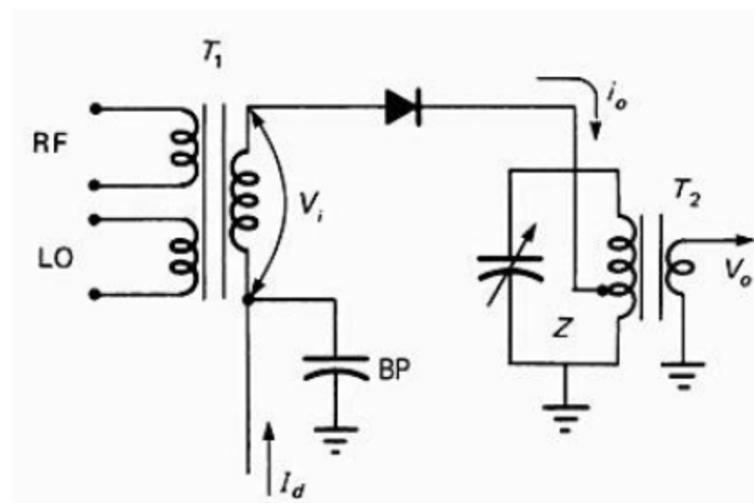
• C) 'Single-ended mixer'





- Introdução
- Circuitos Mixer
 - Mixer simples balanceado
 - Mixer duplo balanceado
 - Single ended mixer
 - Transistorizado

• Versões usuais:





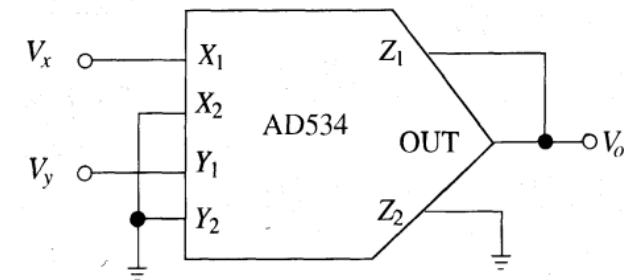
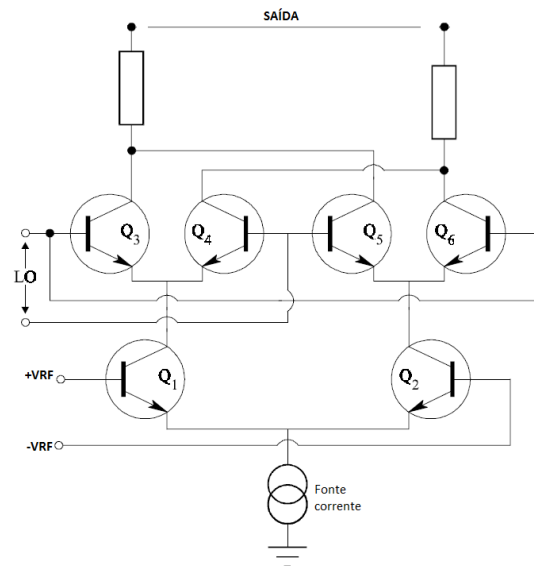
- Introdução
- Circuitos Mixer
 - Mixer simples balanceado
 - Mixer duplo balanceado
 - Single ended mixer
 - Transistorizado

• D) Transistorizado

– Célula de Gilbert

- Entrada $< 12\text{mV}$ (evitar saturação)
- Transistores Q_3 e Q_5 para gerar sinal invertido na carga esquerda
- Transistores Q_4 e Q_6 para gerar sinal na carga direita

– CI “MC1496” (Balanced Modulator) ou “AD534”



$$(a) V_o = V_x V_y / 10$$



- Introdução
- Circuitos Mixer
 - Mixer simples balanceado
 - Mixer duplo balanceado
 - Single ended mixer
 - Transistorizado

- Especificações:

- IMD harmonic (distorções geradas no mixer)
- Dynamic range (amplitude que ocorre degradação sinal)

- Fonte:

- **Capítulo 5** do livro “Fundamentals of RF circuit design with low noise oscillators” de Jeremy Everard:
 - Seções 5.1 a 5.4.