



PSI 3581 - Circuitos de Micro-ondas

Conversores de Frequência

Profa. Fatima Salete Correra

Conversores de Frequência

Sumário

- Introdução
- Princípio de operação
- Características do conversor de frequência
- Simulação de conversor de frequência a diodo

Conversores de Frequência

Introdução

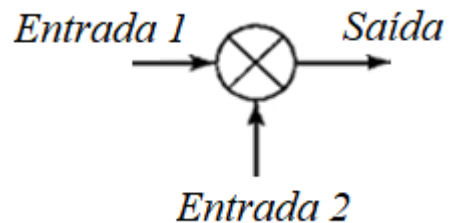
- Denominações comuns
 - Conversor de frequência (Frequency Converter)
 - Misturador de Frequência (Frequency Mixer)
- Conceito

“Dispositivo de três portas, que usa um elemento não linear para obter conversão de frequência”
- Elementos não lineares usados
 - Diodos
 - Transistores
- Aplicação em sistemas de micro-ondas
 - Receptores
 - Transmissores

Conversores de Frequência

Princípio de operação

- Símbolo do conversor de frequências

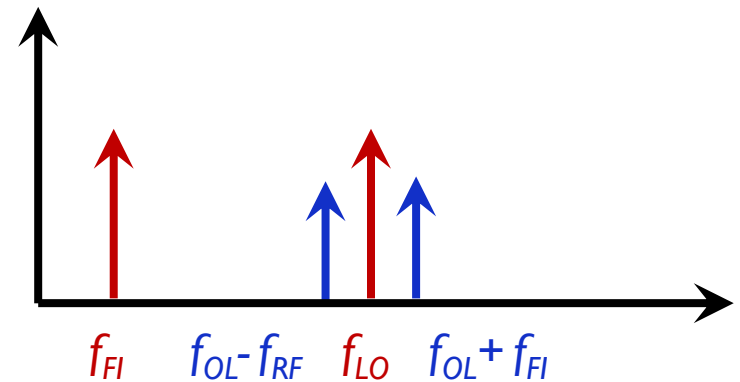
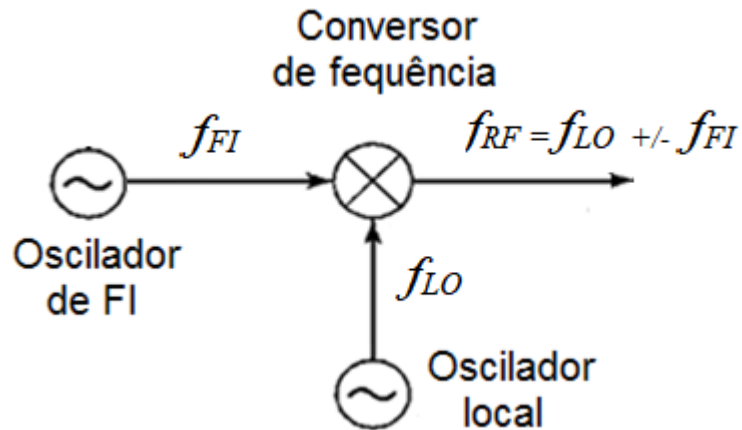


- Indica que o sinal de saída é proporcional à multiplicação dos dois sinais de entrada
- Sejam as entradas
 - $v_1(t) = \cos 2\pi f_1 t$
 - $v_2(t) = \cos 2\pi f_2 t$
- O sinal de saída: sinal de RF
 - $v_S(t) = K v_1(t) v_2(t) = K \cos 2\pi f_1 t \cos 2\pi f_2 t$
 - $v_S(t) = \frac{K}{2} [\cos 2\pi (f_2 - f_1) t + \cos 2\pi (f_2 + f_1) t]$

$$\therefore \boxed{f_S = f_2 \pm f_1}$$

Conversores de Frequência

- Conversor de frequência “up converter”



- Sejam as entradas

- $v_{FI}(t) = \cos 2\pi f_{FI} t$
- $v_{OL}(t) = \cos 2\pi f_{OL} t$

Saída contem duas bandas de frequência
Upper Side Band – saída contem a banda superior

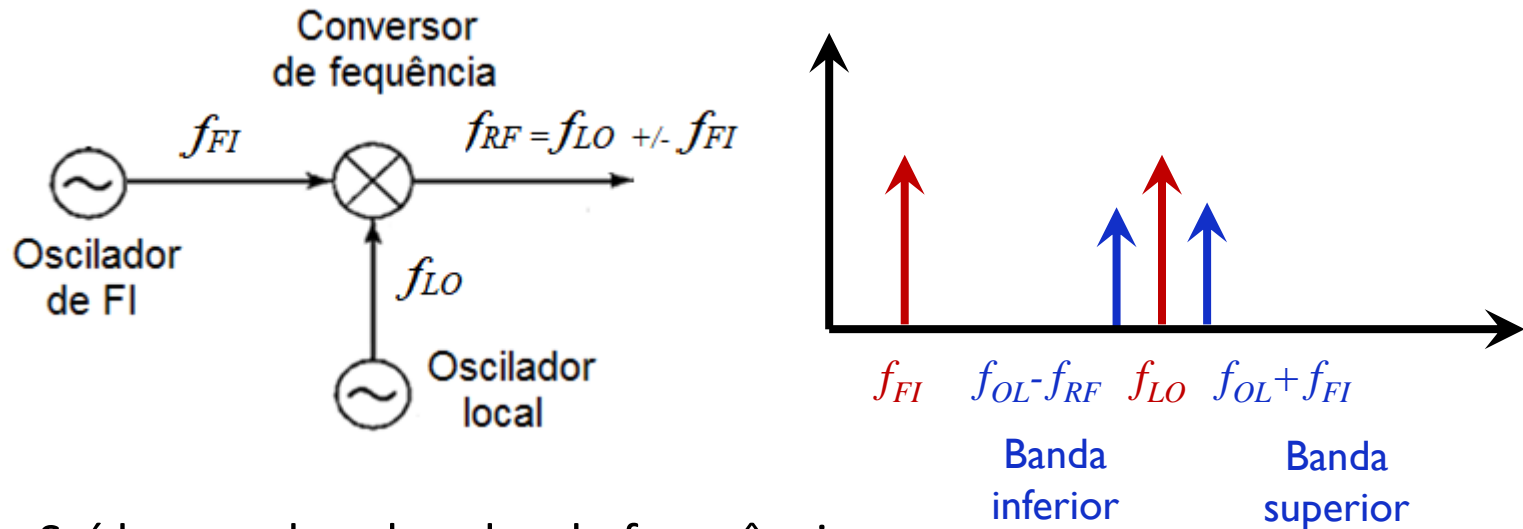
- O sinal de saída: sinal de RF

- $v_{RF}(t) = K v_{FI}(t) v_{OL}(t) = K \cos 2\pi f_{FI} t \cos 2\pi f_{OL} t$
- $v_{RF}(t) = \frac{K}{2} [\cos 2\pi (f_{OL} - f_{FI}) t + \cos 2\pi (f_{OL} + f_{FI}) t]$

$$\therefore f_{RF} = f_{OL} \pm f_{FI}$$

Conversores de Frequência

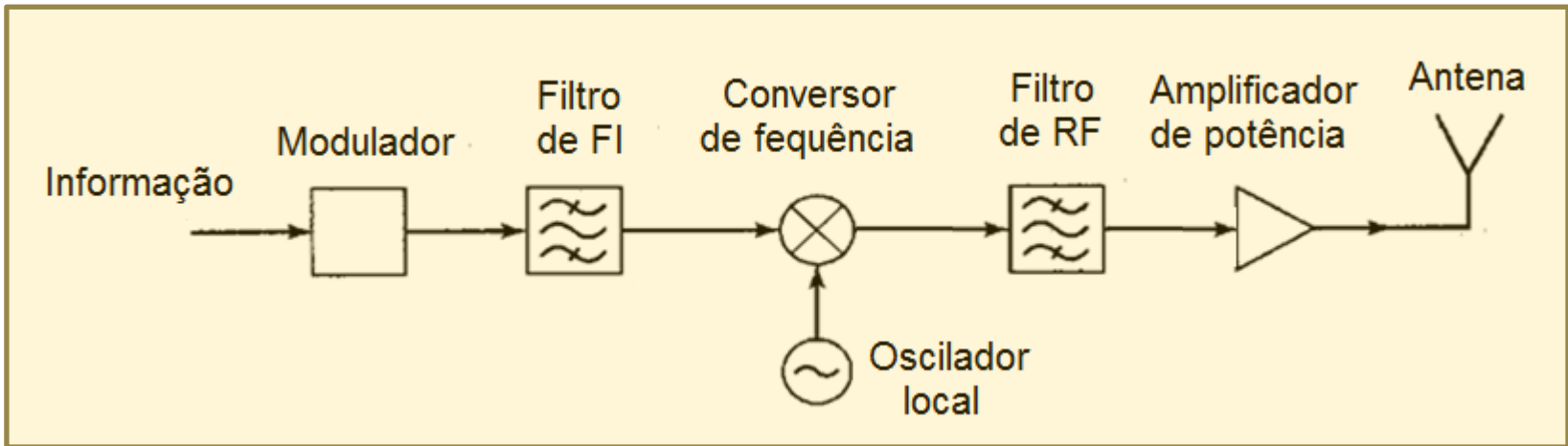
- Conversor de frequência “up converter”



- Saída com duas bandas de frequência
 - Sinal DBS – Double Side Band
 - Banda inferior $\rightarrow f_{RF} = f_{OL} - f_{FI}$
 - Banda superior $\rightarrow f_{RF} = f_{OL} + f_{FI}$
- Saída com uma banda de frequência
 - Sinal SSB – Single Side Band
 - Filtro após o conversor de frequência
 - Ou conversor de frequência de banda única – Single Sideband Mixer

Conversores de Frequência

- Aplicação de “up converter” → transmissores



- Conversor de frequências do tipo “up converter”
 - Converte o sinal de FI modulado pela informação para a frequência de RF a ser transmitida
 - Entradas: FI → f_{FI} e oscilador local → f_{OL}
 - Saída: RF → $f_{RF} \gg f_{FI}$

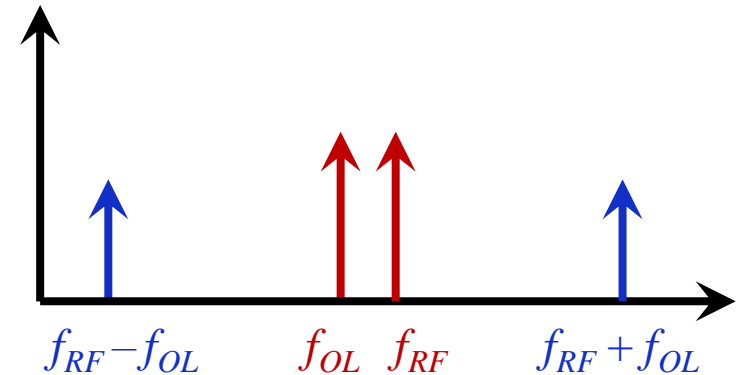
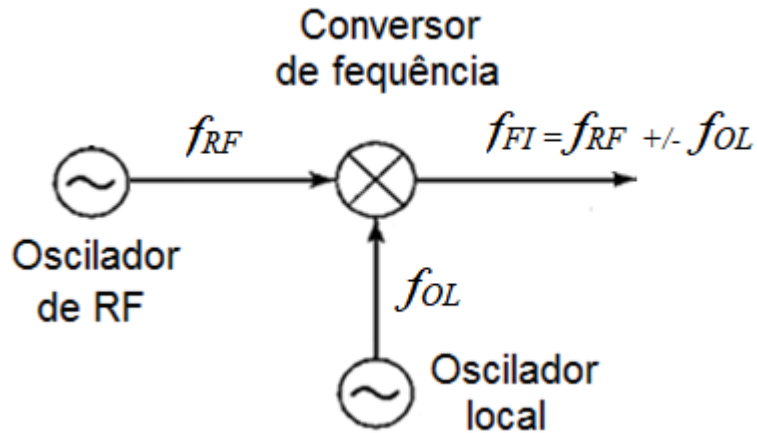
$$f_{RF} = f_{OL} + f_{FI}$$

ou

$$f_{RF} = f_{OL} - f_{FI}$$

Conversores de Frequência

- Conversor de frequência “down converter”



- Sejam as entradas

- $v_{OL}(t) = \cos 2\pi f_{OL} t$
- $v_{RF}(t) = \cos 2\pi f_{RF} t$

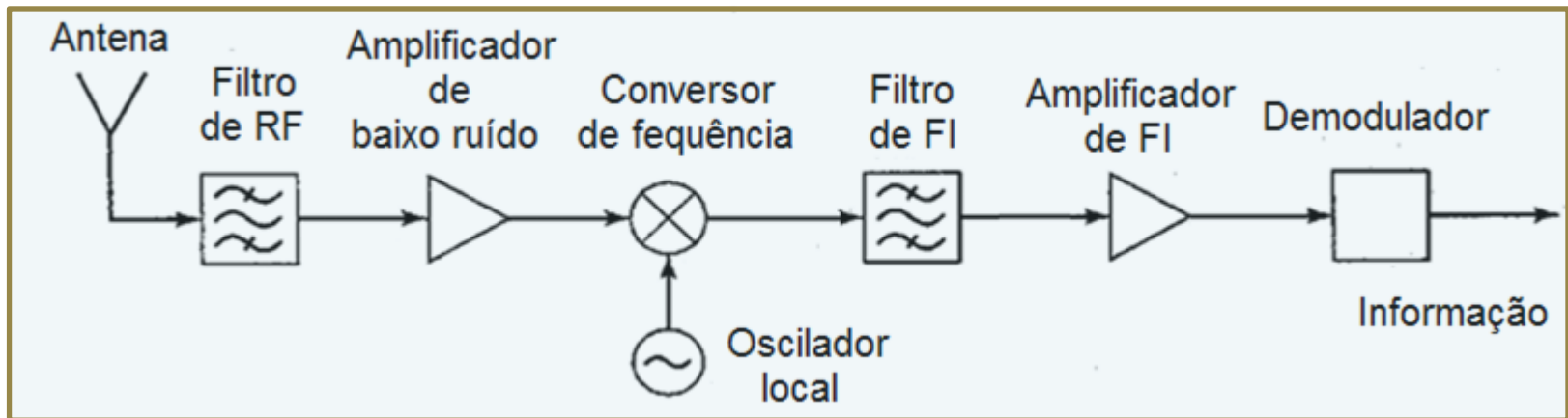
- O sinal de saída: sinal de RF

- $v_{FI}(t) = K v_{OL}(t) v_{RF}(t) = K \cos 2\pi f_{OL} t \cos 2\pi f_{RF} t$
- $v_{RF}(t) = \frac{K}{2} [\cos 2\pi (f_{RF} - f_{OL}) t + \cos 2\pi (f_{RF} + f_{OL}) t]$

$$\therefore f_{FI} = f_{RF} \pm f_{OL} \rightarrow \text{saída de interesse } f_{FI} = f_{RF} - f_{OL}$$

Conversores de Frequência

- Aplicação de “down converter” → receptores



- Conversor de frequências do tipo “down converter”
 - Converte o sinal de RF recebido para a frequência de FI a ser demodulada
- Entradas: RF → f_{RF} e oscilador local → f_{OL}
- Saída: FI → $f_{FI} \ll f_{RF}$

$$f_{FI} = f_{OL} - f_{RF}$$

$$\text{se } f_{OL} > f_{RF}$$

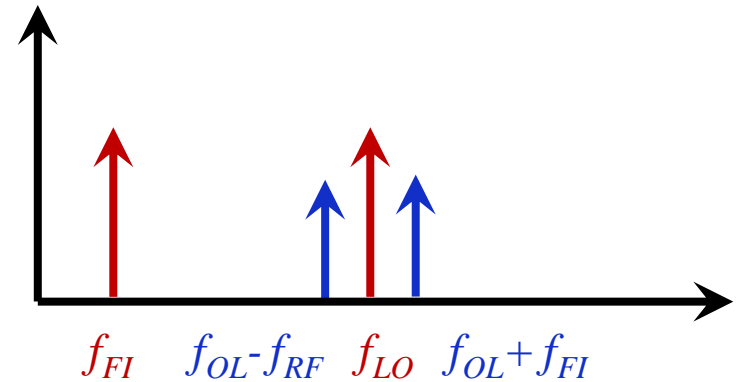
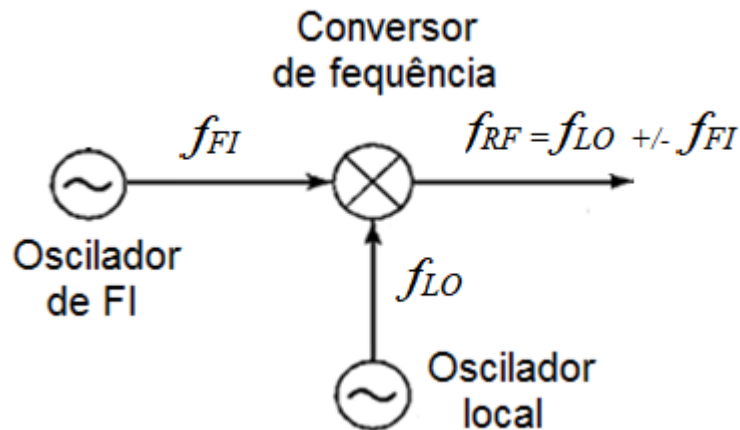
ou

$$f_{FI} = f_{RF} - f_{OL}$$

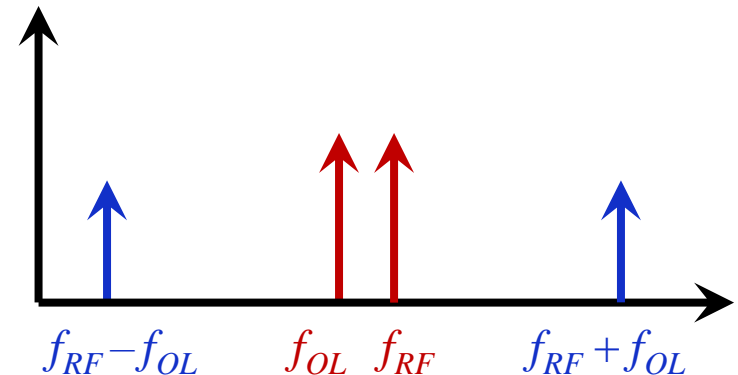
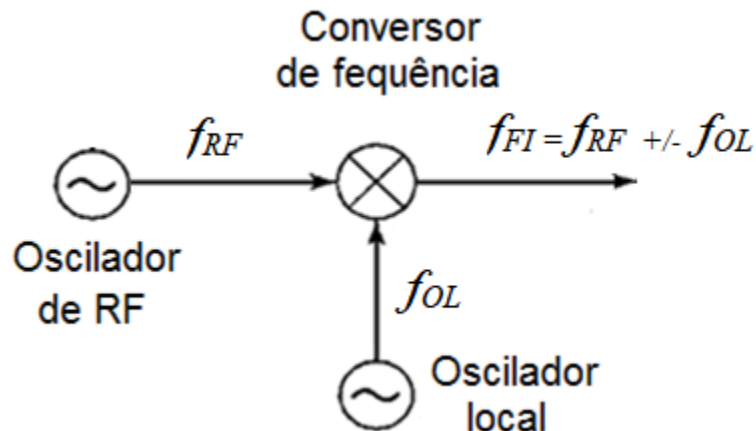
$$\text{se } f_{RF} > f_{OL}$$

Conversores de Frequência

- Conversor de frequência “up converter”



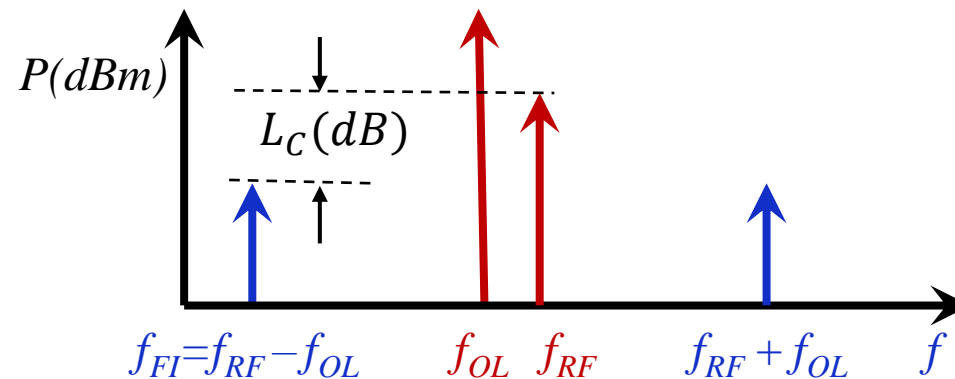
- Conversor de frequência “down-converter”



Parâmetros de Conversores de Frequência

- Perda de conversão

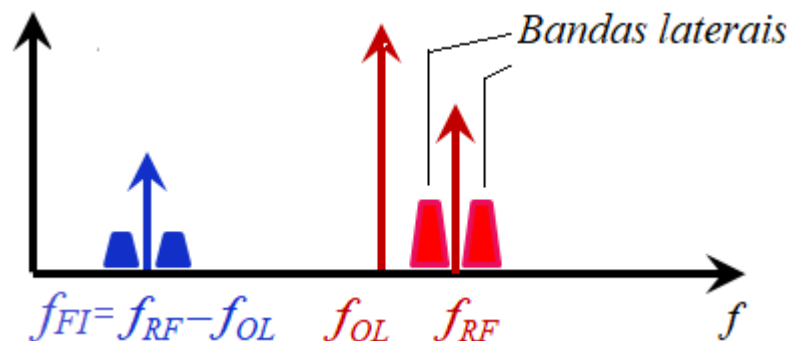
$$L_c = 10 \log \frac{\text{potência de RF disponível na entrada}}{\text{Potência de FI disponível na saída}}$$



- Valores típicos na faixa de 1 a 10 GHz
 - **Perda de conversão** entre 4 e 7 dB, para conversores a diodo
 - **Ganho de conversão** de alguns dB, para conversores a transistor
- Potência do sinal de oscilador local
 - Afeta a perda de conversão
 - Em geral, entre 0 e 10 dBm para minimizar essa perda

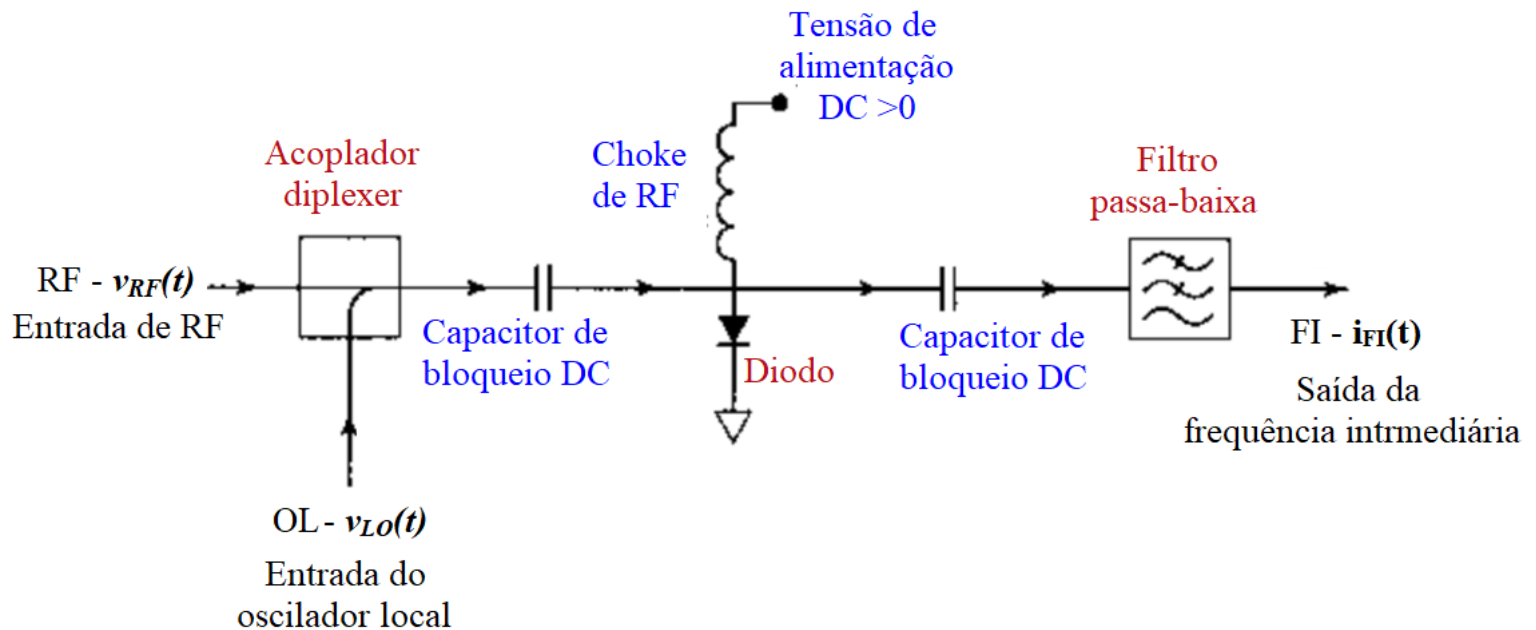
Características de Conversores de Frequência

- Figura de ruído
 - Ruído gerado pelo elemento não-linear → diodos ou transistores
 - Ruído térmico devido a perdas resistivas
 - Valores típicos de figura de ruído: entre 1 dB e 5 dB
- Efeito do sinal de entrada no ruído de saída
 - Ruído das bandas laterais do sinal de entrada é convertido para a frequência de FI
 - Sinal de entrada SSB (single side band) produz metade do ruído de uma entrada DSB (double side band)



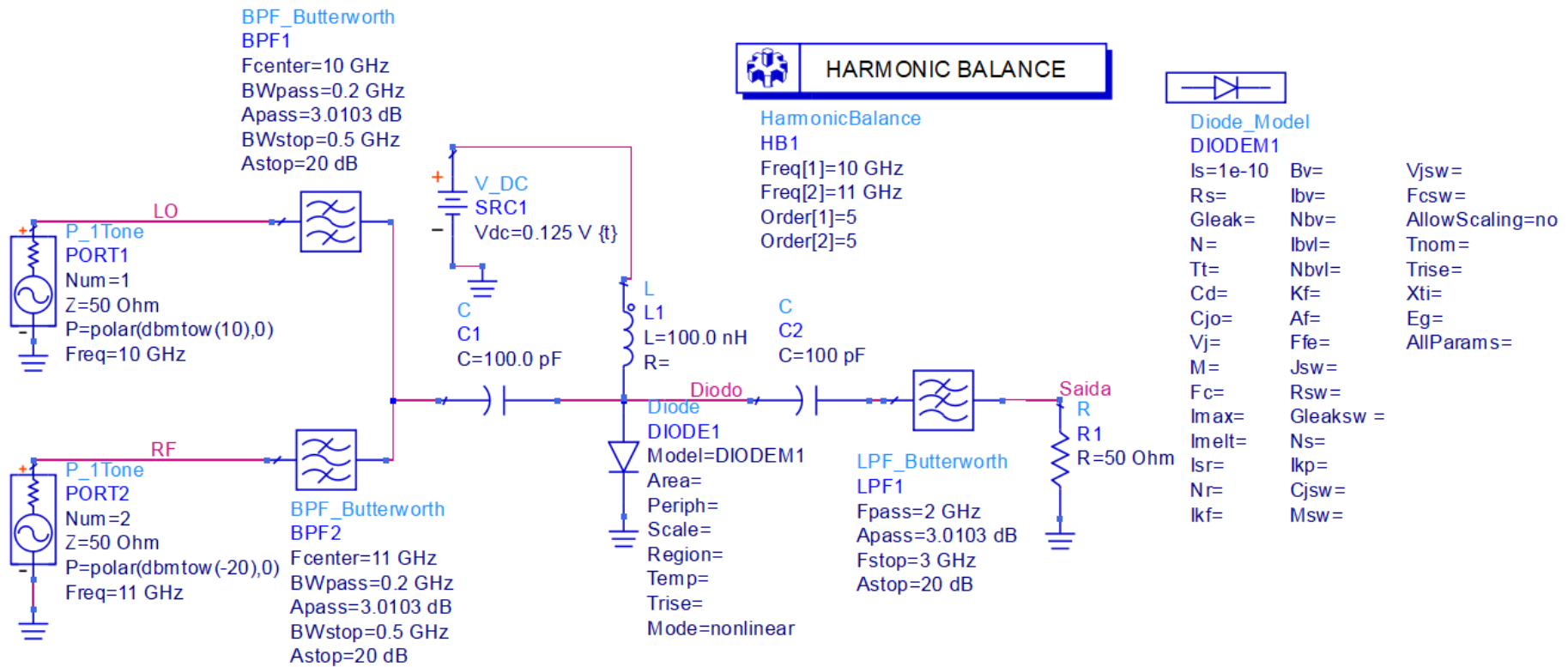
Exemplo de conversor de frequência

- Single-ended diode mixer – down converter
 - Utiliza apenas um diodo como elemento não linear, usualmente polarizado para minimizar a perda de conversão
 - Diplexer ou acoplador para conectar os dois sinais de entrada
 - Filtro passa-baixa para filtrar o sinal de FI
 - Capacitores de bloqueio DC e RF choke para polarização do diodo



Simulação de conversor de frequência a diodo

Single-ended diode mixer – down converter



- Palheta Devices-Diode
 - Diode → Diodo de junção PN
 - Diode_Model → Modelo do diodo

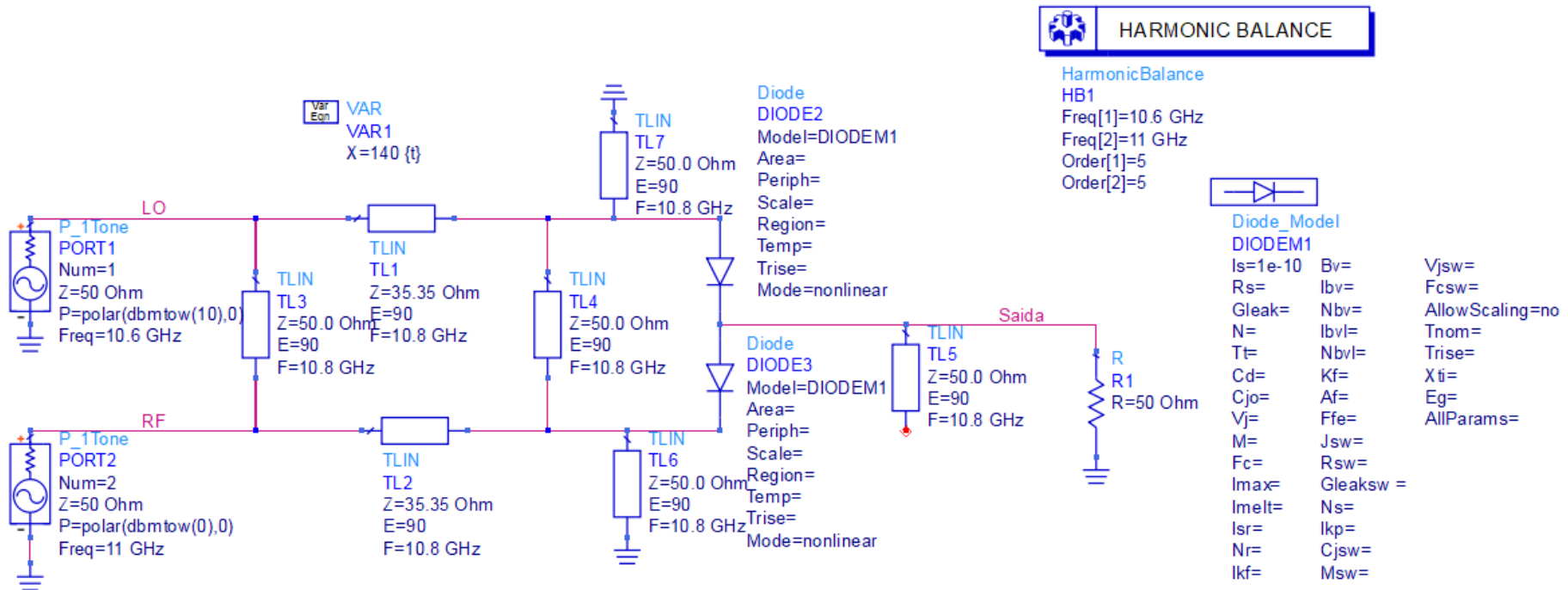
Simulação de conversor de frequência a diodo

Single-ended diode mixer – down converter

- Entradas
 - Sinal de OL: 10 GHz, 10 dBm
 - Sinal de RF: 11 GHz, -20 dBm
- Faça a simulação de Balanceamento Harmônico
- Trace os gráficos
 - “Diodo” – espectro de frequência
 - “Saída” – espectro de frequência
- Meça a perda de inserção
 - Minimize a perda de inserção, variando a tensão de polarização do diodo
- Repita os itens acima, para potência de sinal de RF de 0 dBm
 - A tensão ideal de polarização do diodo continua a mesma?

Simulação de conversor de frequência a diodo

Double-balanced diode mixer – down converter



- Simule o circuito e verifique o espectro do sinal de saída
- Determine a perda de conversão