



IFSC

**UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO**

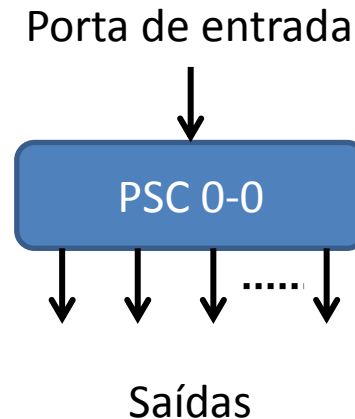
Instituto de Física de São Carlos

Aula 5

Divisor de Sinais – “Power Splitter”

A finalidade principal de um Divisor de Sinais é permitir que a potência elétrica presente na porta de entrada seja dividida em duas ou mais saídas.

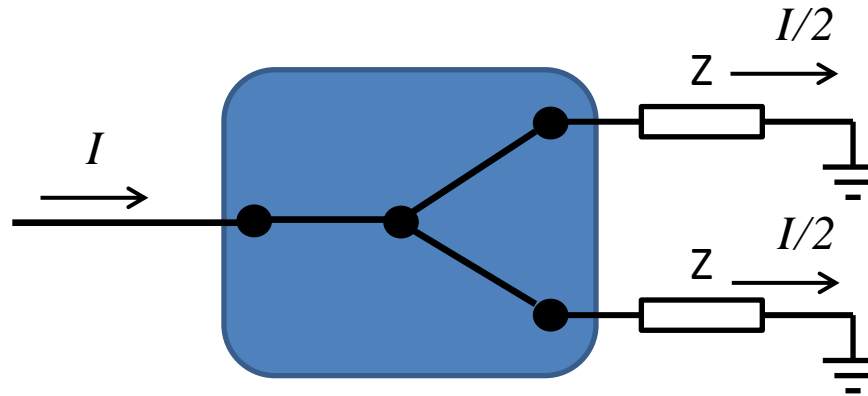
Representação de um Divisor Básico



PSC = Power Splitter/Combiner

0-0 indica que todas as saídas tem fases iguais

Divisor de Sinais – “Power Splitter”



Conexão simples com fios

$$P_{in} = \frac{Z}{2} \cdot I^2 = \frac{Z \cdot I^2}{2}$$

$$P_{out} = Z \cdot \left(\frac{I}{2}\right)^2 = Z \cdot \frac{I^2}{4}$$

Teoricamente funciona em qualquer frequência

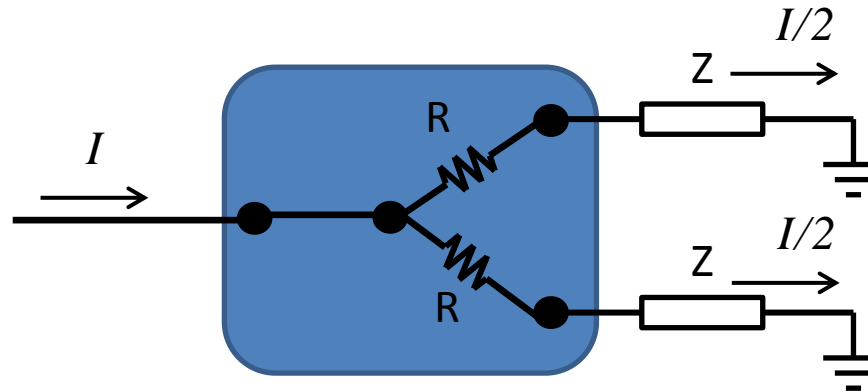
Perdas praticamente inexistentes

Muito simples de construir

Desvantagem – a impedância na entrada é diferente da impedância da carga

Usado em distribuição de potência em 60Hz e áudio em pequenos ambientes

Divisor de Sinais – “Power Splitter”



Conexão com divisor resistivo

$$P_{out} = Z \cdot \left(\frac{I}{2}\right)^2 = Z \cdot \frac{I^2}{4} \quad P_{in} = Z \cdot I^2$$

para $Z_{in} = Z \Rightarrow R = Z$

$$P_d = 2 \cdot R \cdot \left(\frac{I}{2}\right)^2 = Z \cdot \frac{I^2}{2}$$

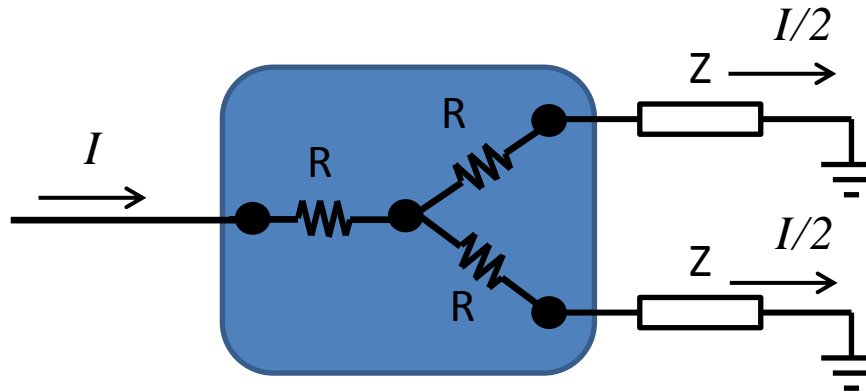
$$P_{out} = \frac{P_{in}}{4} \text{ e } P_d = \frac{P_{in}}{2}$$

Teoricamente funciona em qualquer frequência

Dissipa metade da potência de entrada para manter a impedância constante

As saídas e a entrada não são intercambiáveis

Divisor de Sinais – “Power Splitter”



Conexão com divisor resistivo simétrico

$$P_{out} = Z \cdot \left(\frac{I}{2}\right)^2 = Z \cdot \frac{I^2}{4} \quad P_{in} = Z \cdot I^2$$

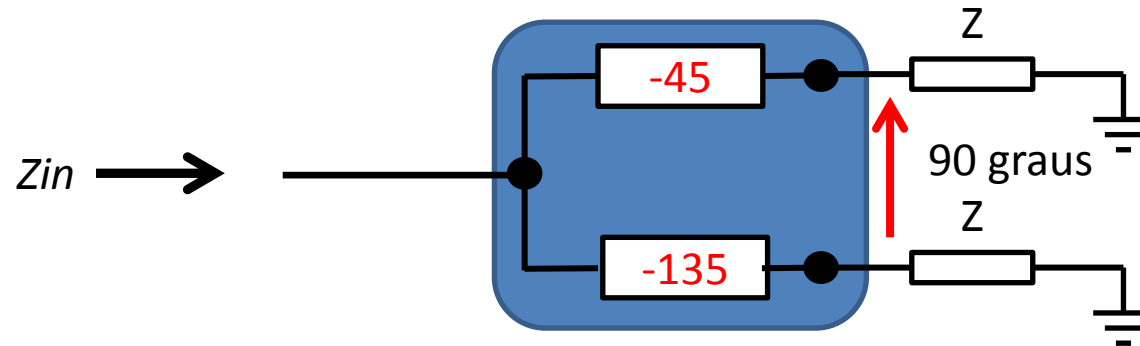
$$\text{para } Z_{in} = Z \Rightarrow R = \frac{Z}{3} \quad P_d = R \cdot I^2 + 2 \cdot R \cdot \left(\frac{I}{2}\right)^2 \quad P_d = \frac{Z \cdot I^2}{2} \quad P_{out} = \frac{P_{in}}{4} \text{ e } P_d = \frac{P_{in}}{2}$$

Teoricamente funciona em qualquer frequência

Dissipa metade da potência de entrada para manter a impedância constante e a simetria

As saídas e a entrada são intercambiáveis

Divisor de Sinais – “Power Splitter” 0-90



Utiliza linha de atraso para criar a diferença de fase – $\lambda/8$ e $3\lambda/8$ com Linha de transmissão ou circuito discreto equivalente

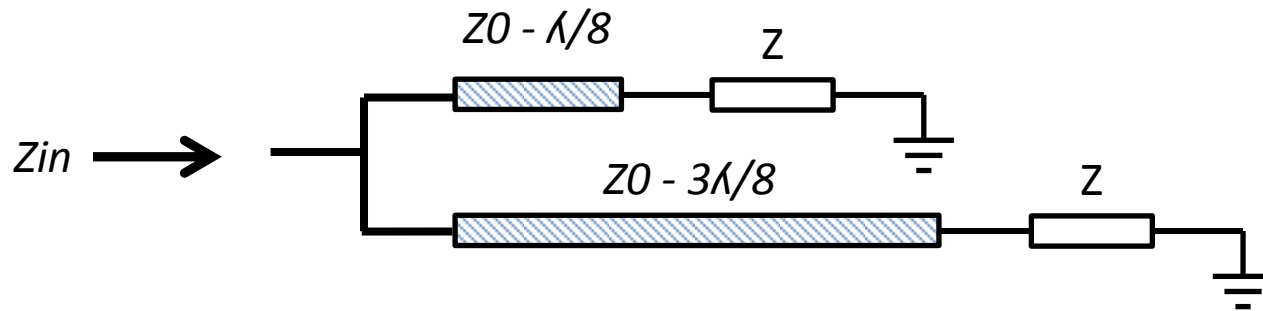
Funciona em uma banda de frequências estreita – tipicamente 5-10%

Apresenta baixas perdas

Simples de construir

A impedância na entrada é diferente da impedância da carga se as linhas têm impedância casada com a carga

Divisor de Sinais – “Power Splitter” 0-90

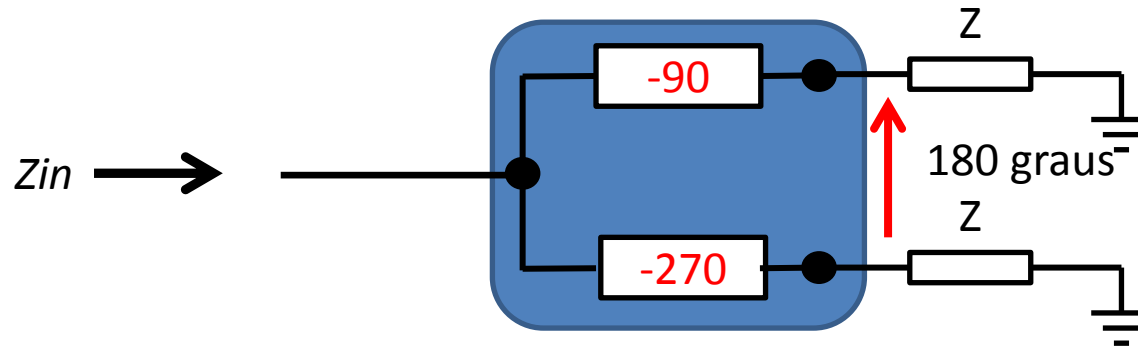


Para linhas com $Z_0 = Z$ a associação em paralelo na entrada resulta em uma impedância que é $Z/2$.

Para garantir na entrada (Z_{in}) uma impedância igual a da carga (Z) a impedância da linha Z_0 deve ser de $\sqrt{3} \times Z$. Se $Z=50 \Omega \rightarrow Z_0=86.6 \Omega$

As linhas de transmissão podem ser substituídas por seus equivalentes discretos

Divisor de Sinais – “Power Splitter” 0-180



Utiliza linha de atraso para criar a diferença de fase – $\lambda/4$ e $3\lambda/4$ com Linha de transmissão ou circuito discreto equivalente

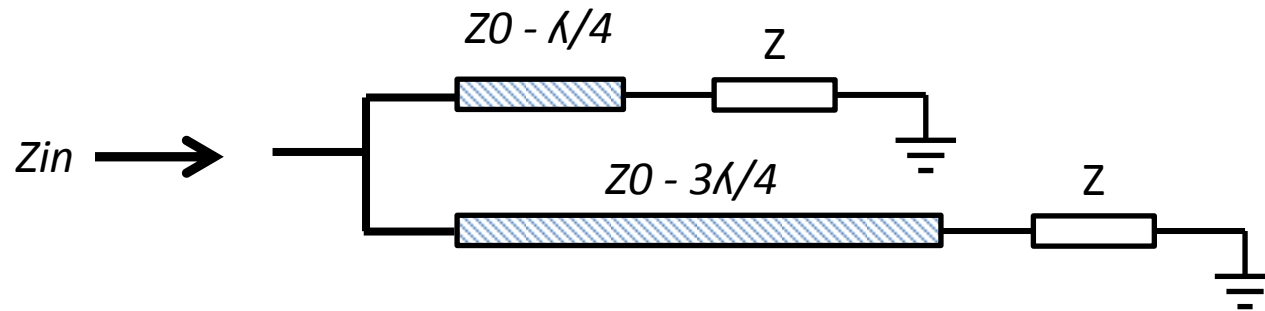
Funciona em uma banda de frequências estreita – tipicamente 5-10%

Apresenta baixas perdas

Simples de construir

A impedância na entrada é diferente da impedância da carga se as linhas têm impedância casada com a carga

Divisor de Sinais – “Power Splitter” 0-180



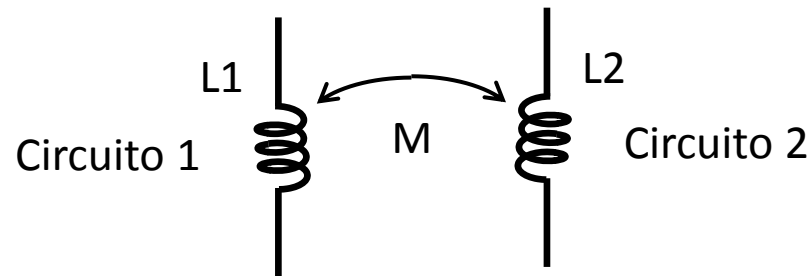
Para linhas com $Z_0 = Z$ a associação em paralelo na entrada resulta em uma impedância que é $Z/2$.

Para garantir na entrada (Z_{in}) uma impedância igual a da carga (Z) a impedância da linha Z_0 deve ser de $\sqrt{2} \times Z$. Se $Z=50 \Omega \rightarrow Z_0=70.7 \Omega$

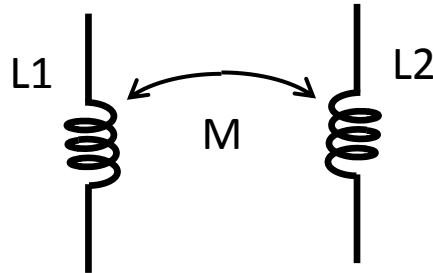
As linhas de transmissão podem ser substituídas por seus equivalentes discretos

Transformador – Princípios básicos

A função principal de um transformador é transferir potência entre dois circuitos através de acoplamento magnético entre eles. É composto, pelo menos de duas auto-indutâncias e uma indutância mútua entre elas.



Transformador – Princípios básicos



Definições básicas num transformador

N1 – Número de espiras no enrolamento 1

L1 – Indutância do enrolamento 1

N2 – Número de espiras no enrolamento 2

L2 – Indutância do enrolamento 2

M – Indutância Mútua

Relações básicas num transformador ideal M=1

Relação de tensão

$$\frac{V1}{V2} = \frac{N1}{N2}$$

Relação de corrente

$$\frac{I1}{I2} = \frac{N2}{N1}$$

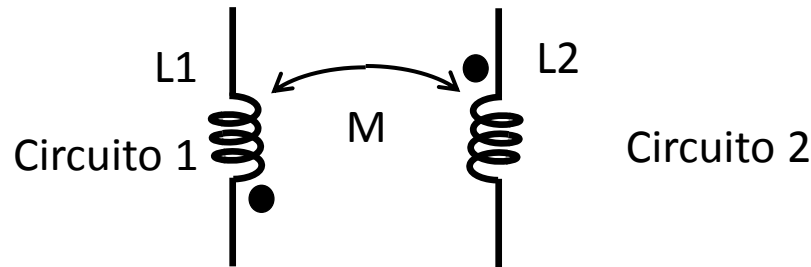
Relação de impedâncias

$$\frac{Z1}{Z2} = \left(\frac{N1}{N2} \right)^2$$

Transformador – Princípios básicos

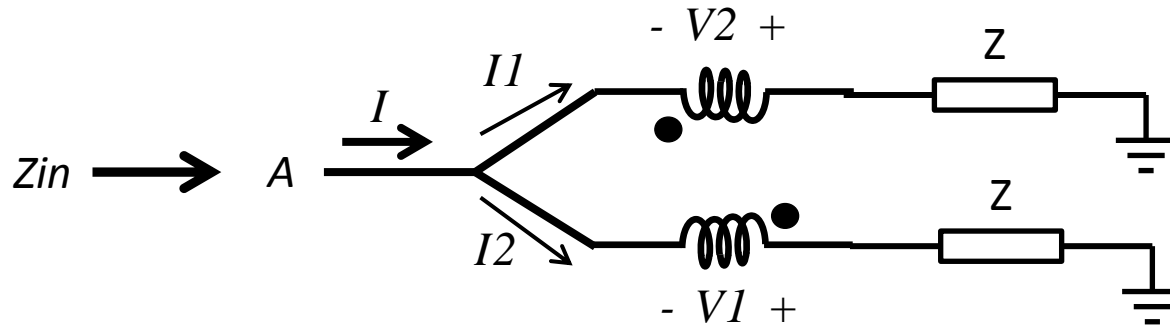
A regra do ponto

Em um circuito esquemático não é possível saber qual a direção e sentido do fluxo magnético que concatena as bobinas. Para marcar a polaridade é usado um ponto para indicar o sentido da indução magnética



Se a corrente elétrica entra no circuito indutivo 1 pelo terminal marcado com um ponto, a tensão induzida será positiva no circuito indutivo 2 no terminal marcado com um ponto

Divisor 0-0 com transformador



$$P_{in} = Z_{in} \cdot I^2 \quad P_{out1} = Z \cdot I_1^2 \quad P_{out2} = Z \cdot I_2^2$$

$$V_A = Z \cdot I_1 - V_2 = Z \cdot I_2 - V_1$$

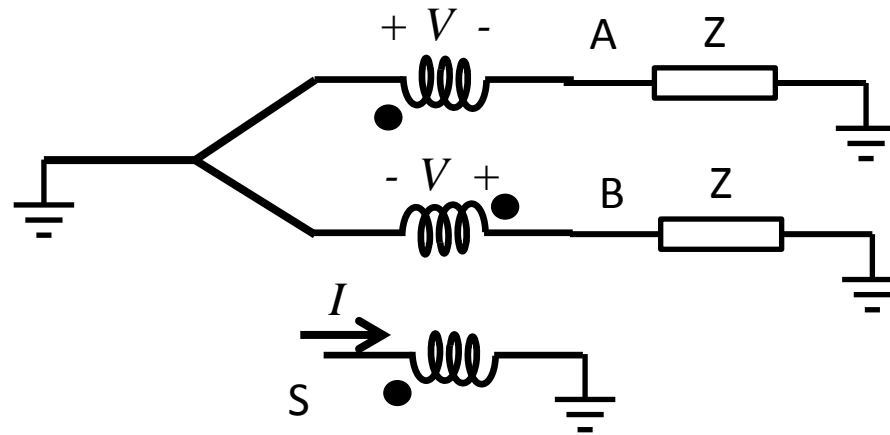
Se o transformador é ideal ($M=1$) $V_1 = V_2$ e $I_1 = I_2 = I/2$

Como não há perdas no transformador a potência é dividida igualmente entre as duas cargas

$$P_{out1} = P_{out2} = \frac{Z \cdot I^2}{4} \quad P_{out1} = \frac{Z \cdot I^2}{4} = \frac{Z_{in} \cdot I^2}{2}$$

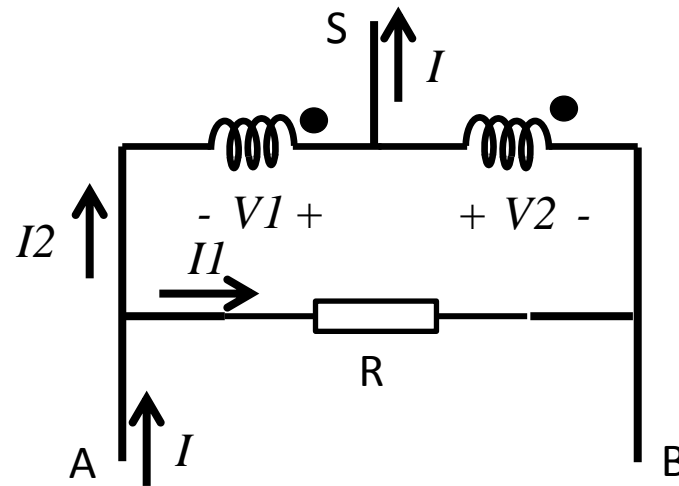
$$Z_{in} = \frac{Z}{2}$$

Divisor 0-180 com transformador



A corrente que entra pela porta S (com ponto) do transformador induz uma tensão que é marcada como positiva nos terminais com ponto dos outros enrolamentos. Como a referência é colocada convenientemente no centro dos enrolamentos a A aparece uma tensão $-V$ enquanto que em B uma tensão $+V$. Como neste exemplo é suposto que todos os enrolamentos são idênticos e o transformador é ideal a tensão de entrada é $+V$ e a impedância é $Z/2$.

Combinador híbrido com transformador



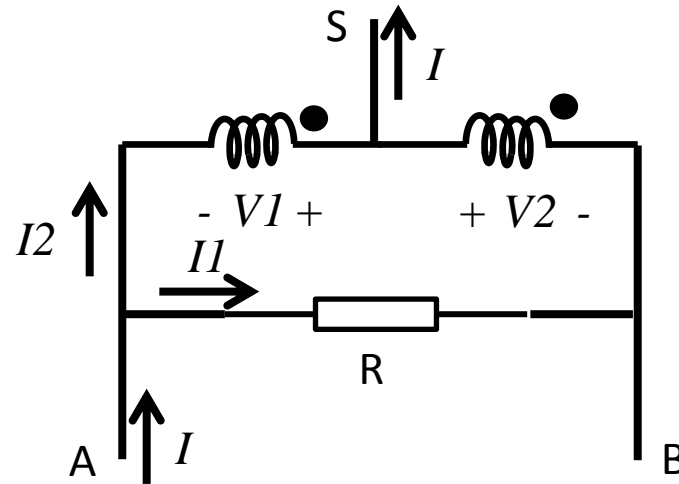
A função básica de um combinador híbrido é usar as propriedades do transformador para combinar os sinais das portas A e B na saída S e manter as entradas isoladas uma da outra. O circuito mostrado acima faz esta função.

Os enrolamentos são idênticos e o transformador é ideal.

A corrente de entrada I divide-se em duas I_1 e I_2 produzindo as correspondentes tensões induzidas V_1 e V_2 .

Observe que não há corrente da porta A saindo em B, pois essa é a condição buscada pelo circuito.

Combinador híbrido com transformador



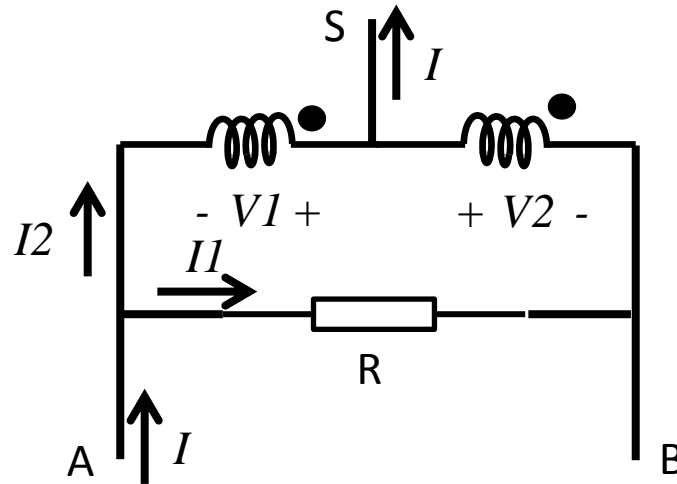
Por imposição do circuito o ponto B deve ser visto como “terra virtual” por A e S, e como o número de espiras dos enrolamentos são iguais, a tensão no ponto V_{sb} tem que ser a metade da tensão no ponto V_{ab} , logo:

$$V_{ab} = 2 \cdot V_{sb} = R \cdot I_1 = 2 \cdot Z_s \cdot I = 2 \cdot Z_s \cdot (I_1 + I_2)$$

ou

$$R = \frac{2 \cdot Z_s \cdot (I_1 + I_2)}{I_1}$$

Combinador híbrido com transformador



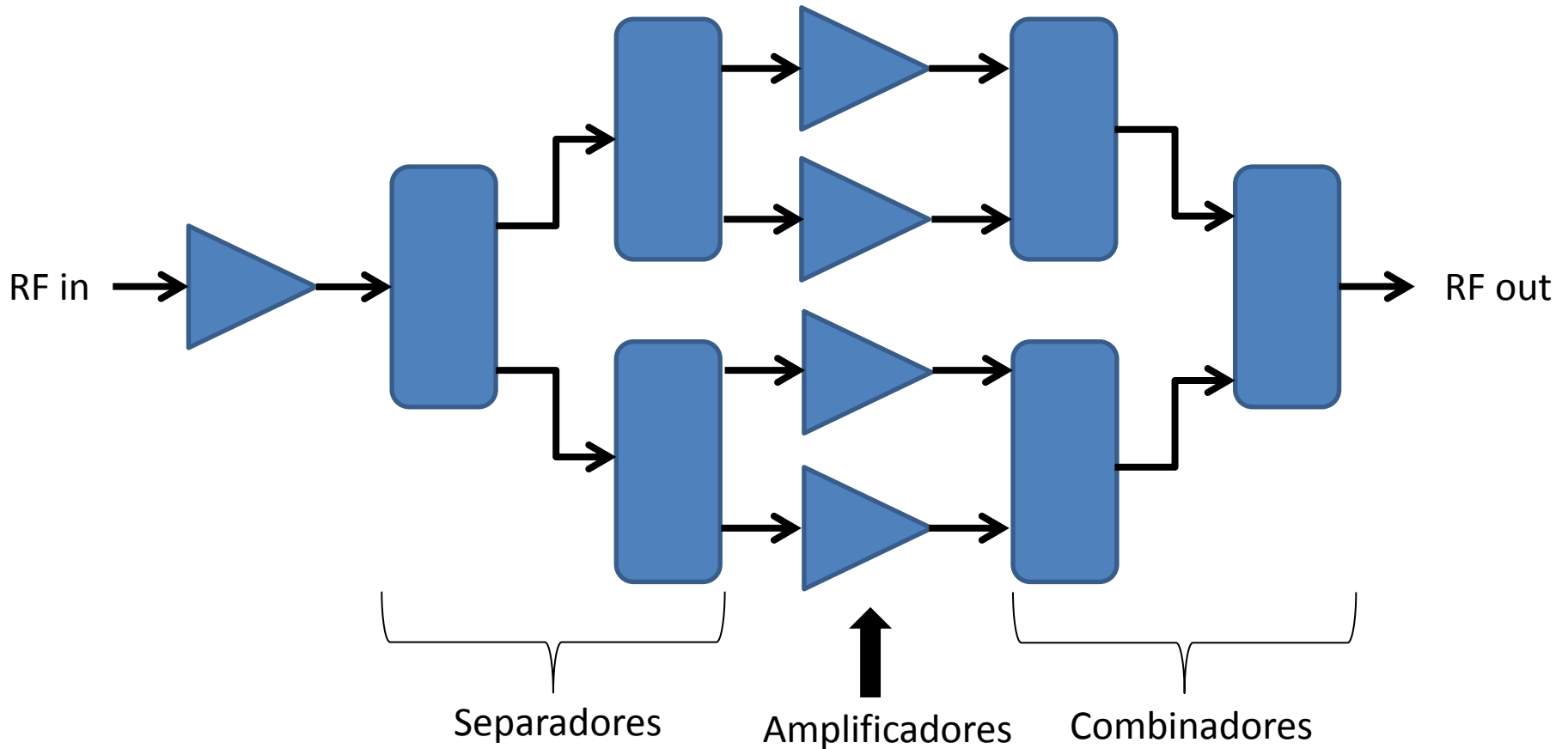
Sendo o transformador ideal, a impedância vista por I_2 nos terminais do transformador Z_{ab} é o quadrado da relação de espiras ou 4 vezes Z_{sb} . Logo se Z_s for real como R , e seu valor for $R/4$ as correntes I_1 e I_2 se igualam e mantêm a simetria do circuito

$$R = 4 \cdot Z_s$$

Condição de isolamento das portas A e B

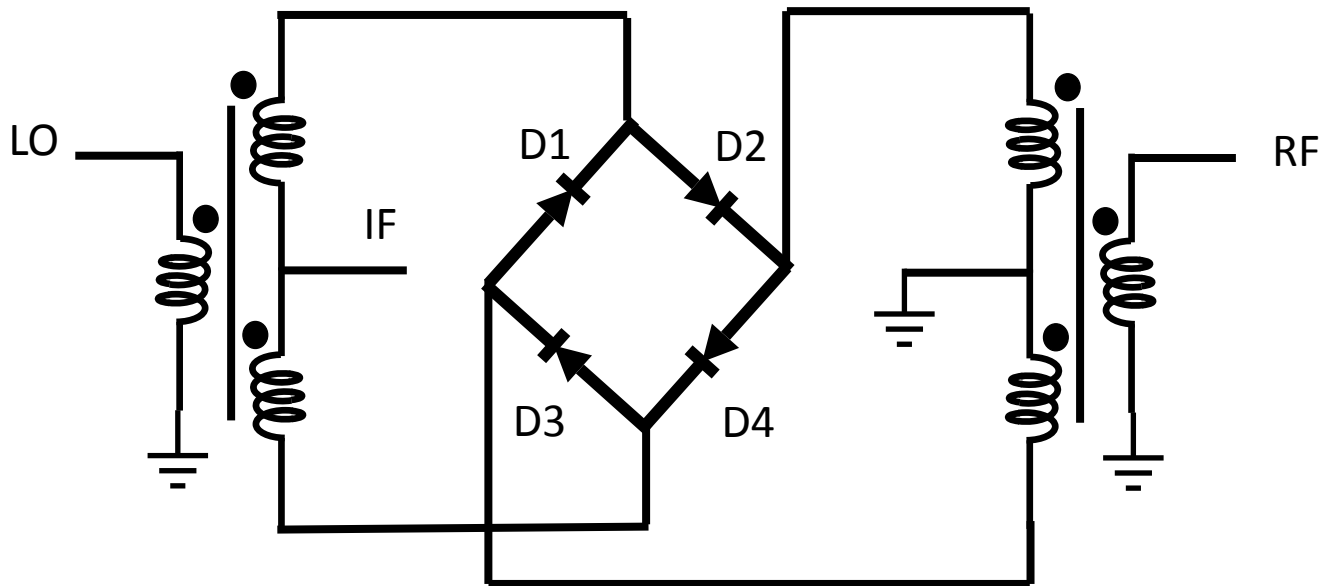
Uso dos separadores e combinadores híbridos

Amplificador de RF de estado sólido



Mixer – Multiplicador Analógico Passivo

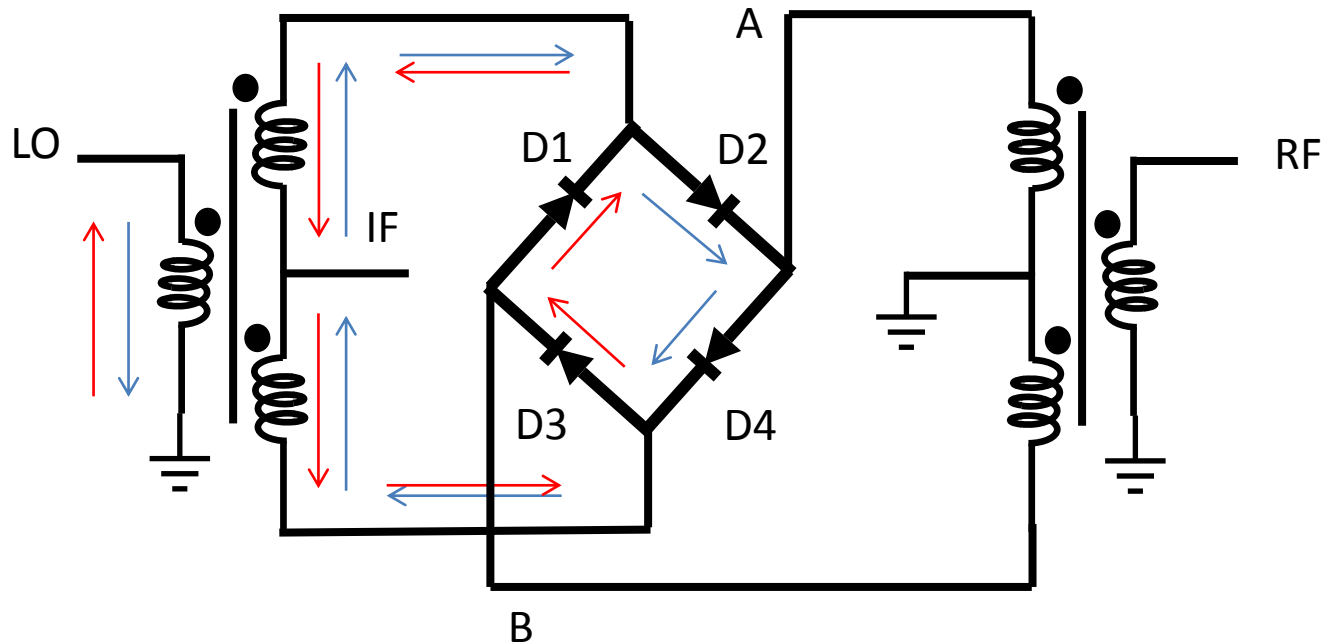
DBM – Double Balanced Mixer



Um mixer duplamente balanceado é composto por dois transformadores de três enrolamentos e uma ponte cíclica de diodos semicondutores de alta velocidade.

Mixer – Multiplicador Analógico Passivo

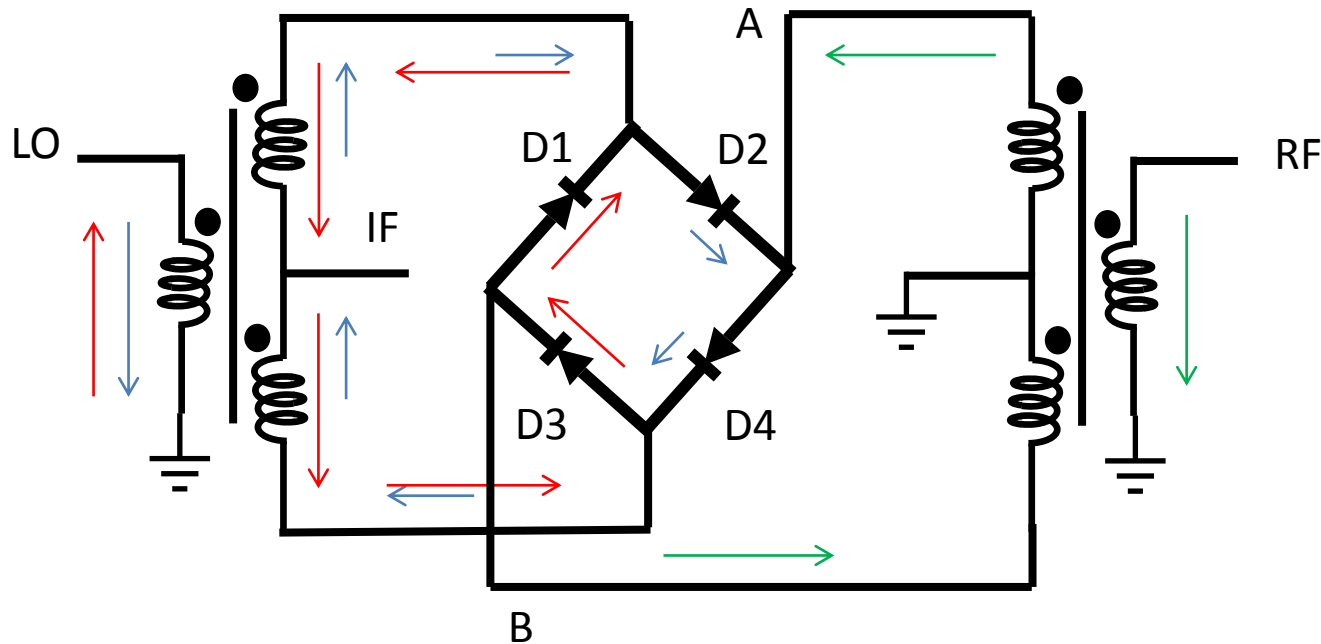
DBM – Double Balanced Mixer



A aplicação de um sinal alternado na porta LO faz aparecer as correntes (azul e vermelha) na figura . Porém, a simetria do circuito faz com que não exista diferença de potencial entre A e B e portanto as saídas IF e RF permanecem nulas.

Mixer – Multiplicador Analógico Passivo

DBM – Double Balanced Mixer



A aplicação de um sinal alternado na porta LO faz aparecer as correntes (azul e vermelha) na figura, e, se for aplicado um sinal em IF, o que faz os diodos conduzirem de forma assimétrica, aparece uma diferença de potencial entre A e B induzindo corrente no transformador da saída RF.

Questões?

Fim da Aula 05