

## 3ELE002 - Circuitos de Comunicação

# EXPERIÊNCIA 11 -ADAPTAÇÃO DE IMPEDÂNCIAS: REDES L, T e $\pi$

Taufik ABRÃO<sup>†</sup>, Lab. Telecom - Depto Eng. Elétrica da Univ. Estadual de Londrina

**RESUMO** Análise e sínteses de redes adaptadora de impedância de banda estreita e larga.

**palavras-chave:** Adaptação de impedâncias.

## 1. OBJETIVO

- Projetar, analisar e implementar redes reativas na adaptação de impedância em um intervalo de frequência estreito e/ou relativamente largo (redes adaptadoras para Banda Estreita e Larga)

## 2. INTRODUÇÃO

Redes reativas do tipo L,  $\pi$  e T podem ser utilizadas para a adaptação de impedâncias tanto sobre um intervalo estreito de frequência (1 seção) quanto sobre um intervalo relativamente amplo de frequência (rede L de várias seções).

O método mais simples emprega o fato que em qualquer frequência, qualquer combinação em série de resistência e reatância pode ser convertida em uma combinação paralela com elementos similares (ou vice-versa). A impedância das duas redes ilustradas na figura 1 serão equivalentes

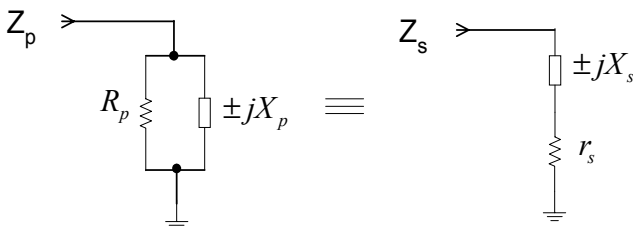
$$Z_s = Z_p$$

$$r_s \pm jX_s = \frac{\pm R_p \times jX_p}{R_p \pm jX_p} = \frac{R_p \times X_p^2}{R_p^2 + X_p^2} \pm j \frac{X_p R_p^2}{R_p^2 + X_p^2}$$

desde que a parte real e imaginária sejam idênticas:

$$r_s = \frac{R_p \times X_p^2}{R_p^2 + X_p^2}$$

$$X_s = \frac{X_p R_p^2}{R_p^2 + X_p^2}$$



**Fig. 1** Equivalência de impedâncias série-paralela

Note que as reatâncias em série e paralelo devem ser

do mesmo tipo (capacitiva ou indutiva). Se uma é capacitiva, a outra também o será. As equações para converter impedâncias em série para paralelo podem ser derivadas da mesma maneira, resultando em:

$$R_p = \frac{r_s^2 + X_s^2}{r_s}$$

$$X_p = \frac{r_s^2 + X_s^2}{X_s}$$

### 2.1 Faixa de Frequência de Adaptação entre Fonte e Carga

Carga e fonte podem ser consideradas "casadas" na faixa de frequências onde a transferência de potência à carga estiver de acordo com seguinte critério:

$$P_{Load}(\omega_0 \pm \Delta\omega) \geq 0,9 \times P_{Load}(\omega_0)|_{MAX} \quad (1)$$

Ou seja, na prática, admite-se um pequeno desajuste de impedância, neste caso, perda (ou reflexão do sinal), dado pelo fator 0,9, de até 10% da potência máxima obtida com o perfeito casamento.. Este desajuste pode ser mais ou menos apertado, conforme as exigências de projeto.

Outro critério menos apertado estabelece o limite de  $-3dB$  para a amplitude ou potência.

$$A_{Load}(\omega_0 \pm \Delta\omega) \geq \frac{A_{Load}(\omega_0)|_{MAX}}{\sqrt{2}} \quad (2)$$

A banda de passagem é dada para a o caso de igualdade nas equações acima.

## 3. MATERIAL NECESSÁRIO

- 1 Osciloscópio
- 1 Gerador de função com impedância de saída,  $Z_{out} = 50\Omega$  na faixa de 0,1 a 1MHz.
- 1 Resistor de 10  $\Omega$
- Indutores de 1; 3,3; 5; 10; 47  $\mu H$
- Kit para montagem em protoboard

## 4. ROTEIRO EXPERIMENTAL

### 4.1 REDES ADAPTADORAS DE BANDA ESTREITA: 2 e 3 elementos (L, T ou $\pi$ )

1. A partir do circuito da figura 2, projetar uma rede adaptadora de impedância com de 2 elementos (rede L) tal que  $Z_{in} = 50\Omega$  em  $\omega_0 = 4300 Krd/s$ ; escolha um dos três valores para a impedância de

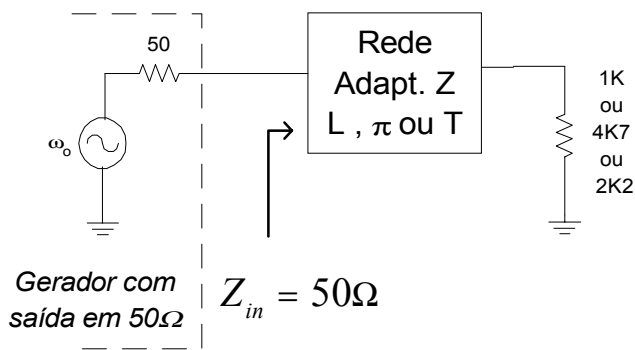


Fig. 2 Rede Adaptadora de Impedância

saída:  $Z_{out} = 1K\Omega$  ou  $2,2K\Omega$  ou  $4,7K\Omega$ . Admita que a rede tenha também a função de bloquear a eventual componente DC da fonte.

- Montar o circuito com a rede adaptadora projetada;
  - Injetar um sinal senoidal de frequência  $\omega_0$  e amplitude da ordem de centenas de milivolts de pico na entrada do circuito montado.
  - Observar a forma de onda da entrada, sobre a carga à saída e sobre a carga resistiva à saída. Anotar as formas de onda.
  - Variar a frequência do sinal senoidal até obter o perfeito casamento de impedância entre fonte e carga. Anotar esta frequência.
  - Obter o índice de mérito do circuito completo ( $Q_{Loaded}$ ). Calcular este parâmetro e comparar com o medido. Obter a banda de passagem da rede adotando um dos critério para adaptação de impedância, sintetizados nas equações 1 e 2.
- Reprojetar a rede adaptadora utilizando 3 elementos (rede T ou  $\pi$ ). Admita agora que não há restrição para o bloqueio de eventuais componentes DC entre fonte e carga.
    - Variar a frequência do sinal senoidal até obter o perfeito casamento de impedância entre fonte e carga. Anotar esta frequência.
    - Obter, através de um procedimento experimental, o novo índice de mérito carregado para a rede de 3 elementos. Comparar com o valor teórico do projeto.
    - Qual a Banda de passagem para esta topologia. Adote o mesmo critério utilizado anteriormente.

- Obter a BW da rede adotando o mesmo critério utilizado anteriormente na obtenção da BW da rede de banda estreita. Comparar o incremento na BW com relação ao caso anterior.
- Medir o  $Q_{rede\_WBand}$  e comparar com o valor teórico.

## 5. ANÁLISE

- No item 4.1, explique eventuais discrepâncias entre a freq teórica e a medida onde ocorre o perfeito casamento de impedância entre fonte e carga.
- Os índices de mérito obtidos com as redes de 2 e 3 elementos e de banda larga (item 4.1 e 4.2) podem ser iguais? Por que?
- Qual(is) a limitação (ões) de uma rede adaptadora de 2 elementos (tipo L)?
- Qual a limitação de redes adaptadoras de 3 elementos (T e  $\pi$ )?
- Qual a condição a ser satisfeita para que em uma rede adaptadora de WBand seja maximizada a banda de passagem?
- Obter as 3 redes adaptadoras (itens 4.1 e 4.2) utilizando método gráfico da Carta de Smith. Anexar as cartas ao relatório, explicando os passos adotados.

### 4.2 Rede Adaptadora de Banda Larga (WBand)

- A partir do problema de adaptação de impedância mostrado na figura 2, calcular e implementar uma rede de banda larga de 2 seções L de tal forma a maximizar a banda de passagem. Nesta condição, calcular o índice de qualidade carregado do circuito. Como frequência central de projeto, adote a mesma do item anterior.
- Passos experimentais:
  - Montar o circuito com a rede adaptadora WBand projetada.