



Instituto Federal de Santa Catarina  
Curso Técnico em Telecomunicações  
ANC II - Análise de circuitos II

# *Resposta em Frequência dos Circuitos*

Prof. Deise Monquelate Arndt

São José, novembro de 2016

# *Resposta em frequência dos circuitos*

- A análise CA de um circuito é feita fixando um valor de frequência de operação do circuito, por exemplo:

$$v(t) = A \operatorname{sen}(120\pi t)$$

- Desta forma o circuito opera sempre em uma frequência de 60Hz.
- As reatâncias dos indutores e capacitores variam apenas com em valores nominais.
- O cálculo da reatância é dado por:

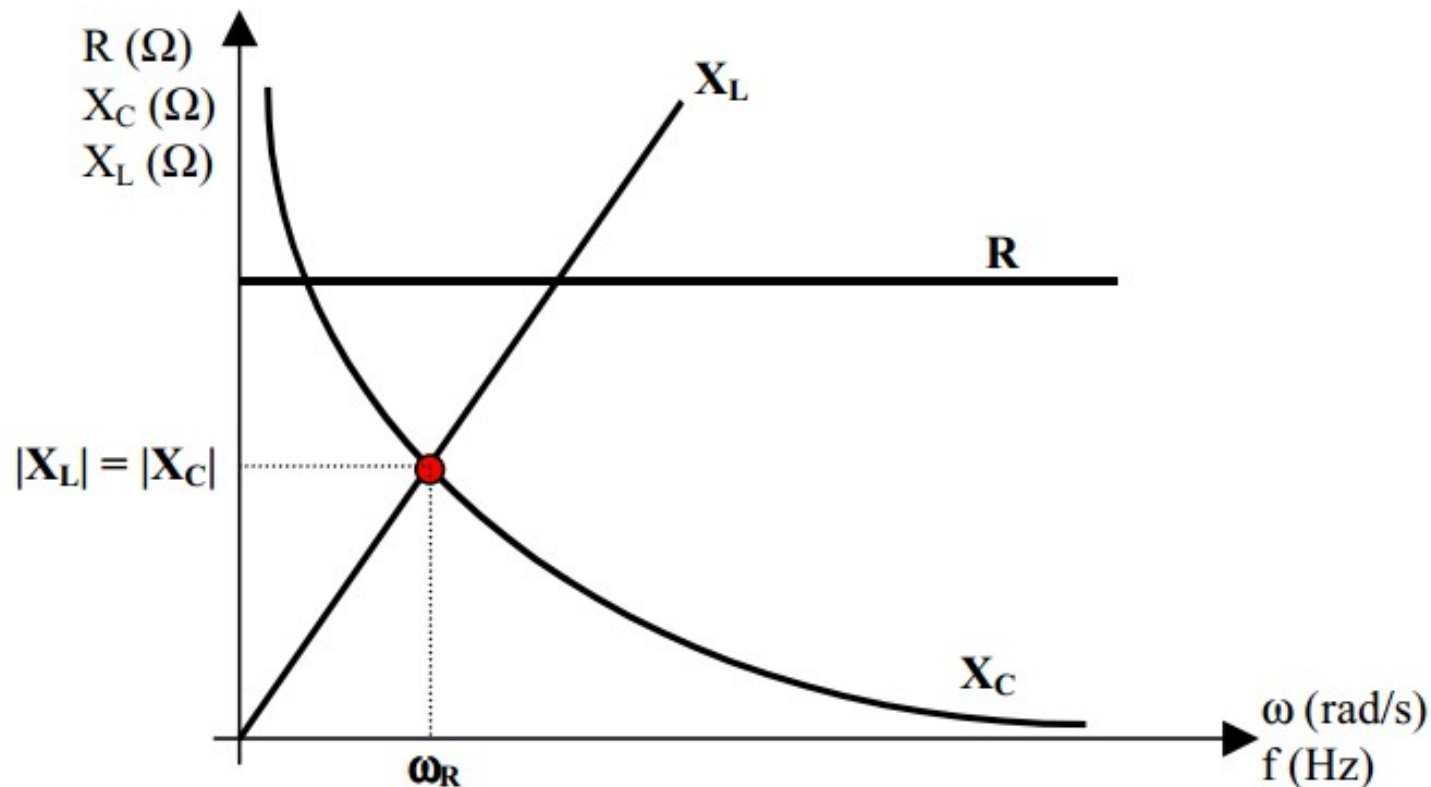
$$X_L = \omega L \quad (\textit{Reatância Indutiva})$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad (\textit{Reatância Capacitiva})$$

# *Resposta em frequência dos circuitos*

- Entretanto, em muitos circuitos a frequência de operação varia, e se faz necessário avaliar o seu comportamento em toda uma faixa de frequência.
- O mesmo ocorre quando o sinal à ser processado pelo circuito possui um conjunto de frequências específicas. É o caso da telefonia onde a faixa de frequência utilizada está na faixa de 300 a 3400 Hz.
- Componentes passivos como: o resistor, capacitor e o indutor apresentam comportamentos específicos conforme a frequência do sinal aplicadas a eles.

# Comportamento de $R$ , $X_L$ e $X_C$ na frequência



Comportamento da Resistência, da Reatância Indutiva e da Reatância Capacitiva com a variação da frequência - Resposta em Frequência- Filtros Passivos, Prof. Fernando Luiz Rosa Mussoi

# *Resistor (frequência)*

- A resistência independe da frequência do sinal aplicado.
- Terá sempre o mesmo comportamento, conforme a Lei de Ohm:

$$R = \frac{V}{I}$$

# Capacitor (frequência)

- A reatância capacitiva depende da frequência do sinal aplicado a ele. Sua variação é inversamente proporcional à frequência do sinal.

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

- Observamos que:
  - Quanto maior a frequência do sinal aplicado, menor será a reatância capacitiva.
    - Para frequências muito altas o capacitor se torna um curto-circuito.
  - 
  - Quanto menor a frequência do sinal aplicado, maior será a reatância capacitiva.
    - Para frequências muito baixas o capacitor se torna um circuito aberto.

# *Indutor (frequência)*

- A reatância indutiva depende da frequência do sinal aplicado a ele. Sua variação é diretamente proporcional à frequência do sinal.

$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

- Observamos que:
  - Quanto maior a frequência do sinal aplicado, maior será a reatância indutiva.
    - Para frequências muito altas o indutor se torna um circuito aberto.
  - - Quanto menor a frequência do sinal aplicado, menor será a reatância indutiva.
      - Para frequências muito baixas o indutor se torna um curto-circuito.

# *Resposta em frequência dos circuitos*

- A análise do circuito em função da frequência é realizada através da **resposta em frequência**.
- Ela pode ser obtida de duas formas:
  - Através da função matemática que descreve a relação entre a tensão de saída e de entrada em função da frequência, chamada **Função Transferência - $H(\omega)$** ;
  - Através de gráficos de ganho e diferença de fase entre as tensões de entrada e saída do circuito para cada frequência, chamada **Diagrama de Bode – Ganho e Fase**.



# *Função de Transferência*

## $H(\omega)$

- Trata-se da relação entre a tensão do sinal de saída e de entrada em função da frequência.
- Matematicamente podemos descrevê-la como:

$$H(\omega) = \frac{V_S}{V_E}$$

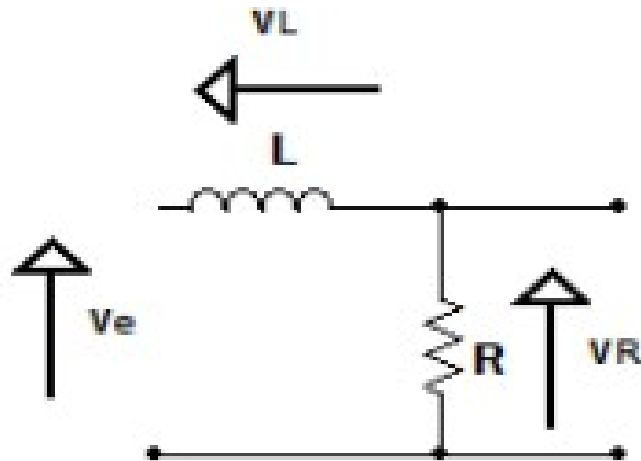
- Onde:
  - $V_S$  = Tensão de saída do circuito
  - $V_E$  = Tensão de entrada do circuito

# Exemplo da Função de Transferência:

A partir do circuito abaixo preencha a seguinte tabela:

Resolvendo as equações para as frequências de 10 a 100 krd/s:

$\omega$ (rd/s)	10	100	1000	10.000	100.000
R					
$j\omega L$					
$R + j\omega L$					
$H_1(\omega) = V_R/V_e$					
$H_2(\omega) = V_L/V_e$					



$$L = 10 \text{ mH}$$

$$R = 10 \Omega$$

$$V_e(t) = \text{sen}(\omega t)$$

# *Diagrama de Bode*

## O que é?

É a análise (gráfica) em frequência da função de transferência do filtro (circuito).

## Para que serve?

Para descobrir os ganhos e as defasagens que o filtro aplica ao sinal de entrada.

## Como obter?

É necessária a função de transferência (FT) do circuito. A FT é uma equação matemática da razão do sinal de saída pelo sinal da entrada, cuja variável é a frequência.

## Como interpretar?

São dois gráficos:

**a) gráfico dos ganhos da FT** (em dB) – o ganho (dB) soma com a amplitude (dB) do sinal de entrada.

**b) gráfico da fase da FT** – a fase do filtro soma com a fase do sinal de entrada, determinando a fase na saída.

# *Calculo do Ganho de tensão em dB*

Assim os valores do ganho em dB para as saídas sobre o resistor e indutor são:

$\omega$ (rd/s)	10	100	1000	10.000	100.000
$20\log H_1(\omega) $	0 dB	-0,04 dB	-3,01 dB	-20,09 dB	-40 dB
$20\log H_2(\omega) $	-40 dB	-20,09 dB	-3,01 dB	-0,04 dB	0 dB

# Exemplo Diagrama de Bode

Diagrama de Ganho em dB

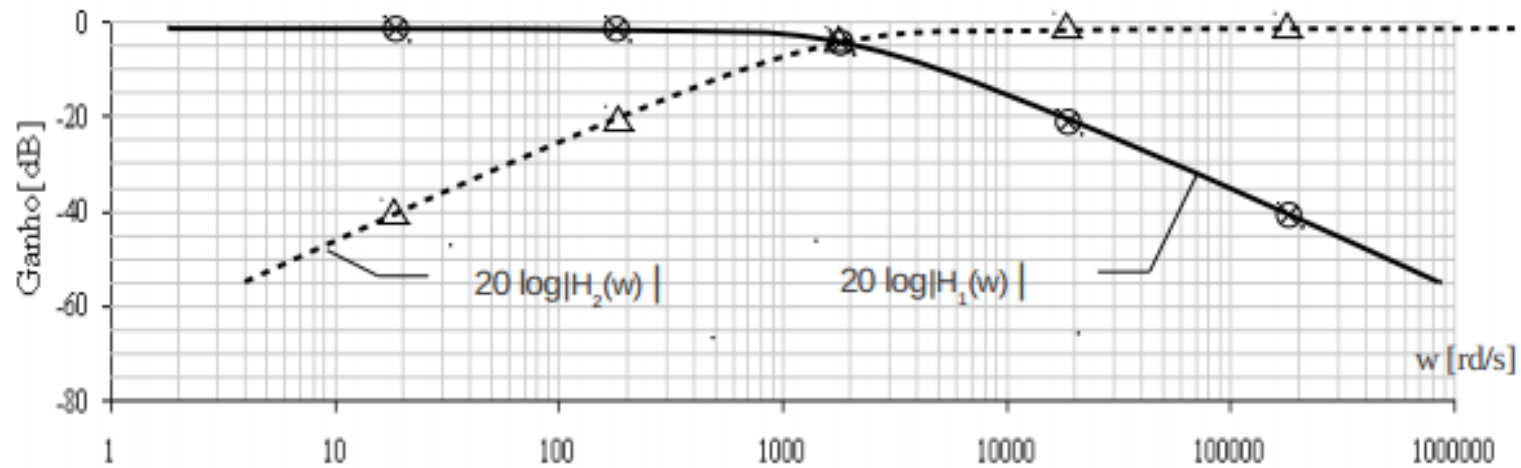


Diagrama de Fase

