

Data: _____

PARTE 1: Conversor de Impedância Negativa (NIC)**I) Objetivo**

Estudar a realização e aplicação de conversor de impedância negativa (NIC - Negative Impedance Converter)

II) Teoria:

- Implementação**

Mostrar que a estrutura da fig.1, utilizando um amplificador operacional (amp-op), implementa um resistor negativo, com um dos terminais aterrado, cujo valor é dado pela expressão:

$$Z_{in} = - (Z_1 \cdot Z_3) / Z_2$$

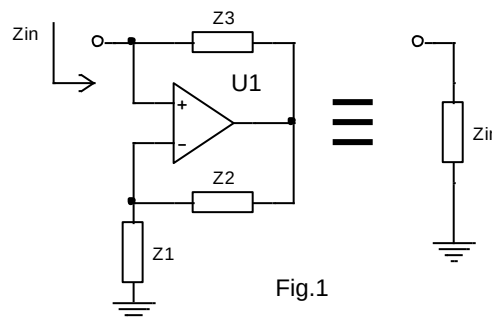


Fig.1

- Teste de estabilidade em CC**

Observar, com um canal do osciloscópio, em acoplamento CC, o comportamento da saída do amp-op U1 (fig.1) quando o terminal livre do resistor negativo é conectado à terra ou deixado em aberto.

A instabilidade em CC é caracterizada pela saturação da saída do amp-op (tensão próxima de VCC, positivo ou negativo).

Inverter as entradas (+) e (-) do amp-op e repetir o procedimento.

Ao conectar um resistor Rx em paralelo com o resistor negativo, o circuito pode ficar estável ou instável, dependendo do valor de Rx. Determinar, teoricamente, o valor de Rx em que é necessário inverter as entradas (+) e (-) do amp-op para manter a estabilidade em CC.

OBS.: Caso o circuito oscile em alta frequência, conectar um capacitor pequeno entre a entrada (+) do amp-op e a terra, ou entre a saída do amp-op e a entrada (-).

III) Projeto

Dimensionar o circuito da fig.1 de forma a obter um resistor negativo na faixa: $1\text{k}\Omega \leq |Z_{in}| \leq 10\text{k}\Omega$.

Identificar a configuração estável em curto circuito e a estável em circuito aberto.

Medir, com auxílio de um ohmímetro, a resistência negativa projetada nas duas configurações.

IV) Aplicação: amplificador com divisor resistivo

Para o circuito da fig.2

- Usar o resistor negativo como Z_{in} , nas configurações estável em curto circuito e a estável em circuito aberto, e medir V_o/V_{in} (em 1 kHz) em função de Rx.

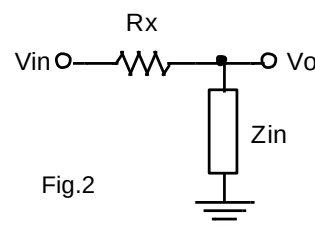


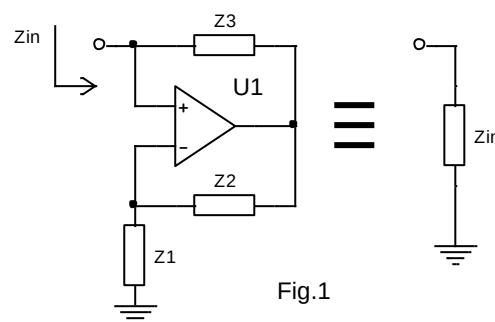
Fig.2

MEMÓRIA DE CÁLCULO

PARTE 1: Conversor de Impedância Negativa (NIC)

Implementação

Mostrar que a estrutura da fig.1 se comporta como um resistor negativo, quando Z_1, Z_2 e Z_3 são resistores.



Estabilidade em CC

Determinar, teoricamente, o valor limite de R_x (resistência vista pelo resistor negativo) em que é necessário inverter as entradas (+) e (-) do amp-op para manter a estabilidade em CC.

Procedimento para medida indireta do resistor negativo (R_N), associando um resistor auxiliar (R_{aux})

Desenhar o resistor negativo associado a R_{aux} . Desenvolver uma expressão para o valor de R_N

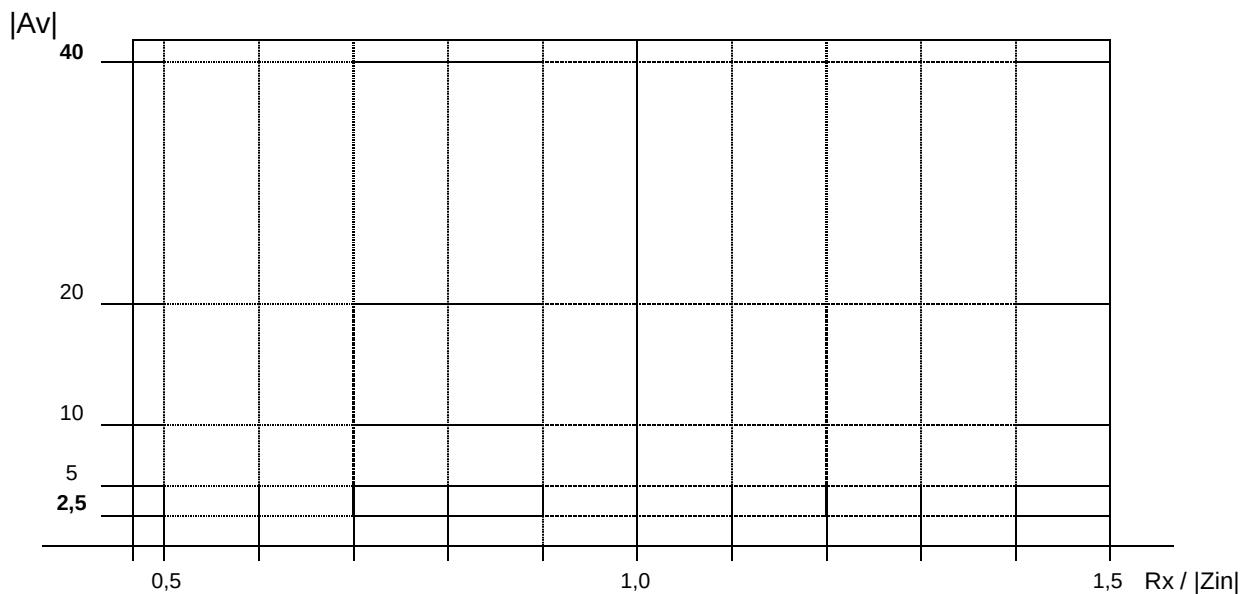
Estável em curto circuito

Estável em circuito aberto

Conversor de Impedância Negativa (NIC)						
Estável em circuito aberto		Unid	Projetado	Simulado	Medido	OBS
Saída do amp-op (U1)	Entrada: curto	V				
	Entrada: aberto					
Zin	Associando Raux	kΩ				
Estável em curto circuito						
Saída do amp-op (U1)	Entrada: curto	V				
	Entrada: aberto					
Zin	Associando Raux	kΩ				

Amplificador com divisor resistivo									
$ Av $ (V/V)	Fase		Projetado		Simulado		Medido		OBS
			Rx (kΩ)		Rx (kΩ)		Rx (kΩ)		
	Estável curto	Estável aberto	Estável curto	Estável aberto	Estável curto	Estável aberto	Estável curto	Estável aberto	
40									
20									
10									
5									
2,5									
Estimativa de $ Zin $									

Gráfico Comparativo $|Av|$ vs $R_x / |Zin|$: projetado, simulado e medido



Data: _____

PARTE 2: Conversor de Impedância Generalizado (GIC)**I) Objetivo**

Estudar a realização e aplicação de conversor de impedância generalizado (GIC - Generalized Impedance Converter)

II) Teoria:

- Implementação**

Mostrar que a estrutura da fig.3, utilizando amp-ops, implementa uma impedância, com um dos terminais aterrado, cujo valor é dado pela expressão:

$$Z_{in} = (Z_1 \cdot Z_3 \cdot Z_5) / (Z_2 \cdot Z_4)$$

- III) Projeto do indutor ativo**

Escolhendo-se Z_2 como capacitor (C) e as outras impedâncias como resistores iguais (R), o circuito simulará um indutor aterrado, cuja indutância será:

$$L_{eq} = R^2 C$$

- Escolher valores comerciais para R e C de forma a construir um indutor na faixa: $80 \leq L_{eq} \leq 120$ mH.
- Verificar que a estrutura da Fig. 3 se comporta como um indutor, utilizando este elemento em três aplicações:

- IV) Aplicações:**

IV.1) Filtro passa-altas com indutor ativo

- Conectar o gerador senoidal (vs) a um resistor (R_{aux}) de 680Ω e ligar em série com o indutor (L_{eq}), formando um filtro passa-altas. Mostrar que, na frequência de corte, a reatância indutiva (X_{Leq}) é igual ao resistor (R_{aux}). Medir o valor de L_{eq} , indiretamente, através da frequência de corte do filtro montado.

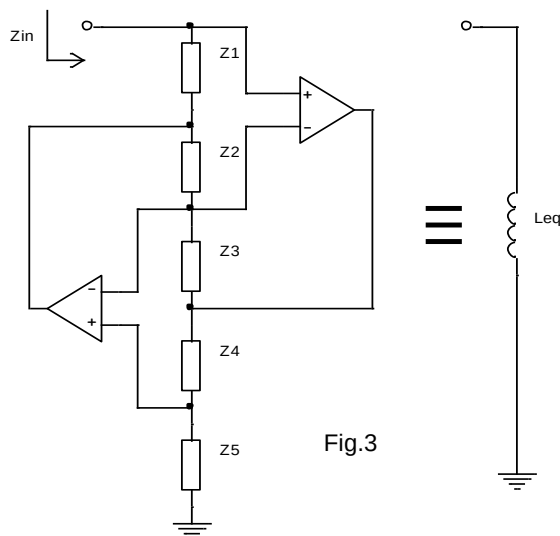


Fig.3

IV.2) Circuito ressonante paralelo com indutor ativo

- Conectar o indutor ativo (L_{eq}) com R_g e C , conforme a Fig. 4, formando um circuito ressonante paralelo.
- Encontrar a função de transferência (v_o/v_{in}) e, comparando o polinômio do denominador com $\left(s^2 + \frac{\omega_o}{Q}s + \omega_o^2\right)$, mostrar que a frequência de ressonância ($\omega_o = 2\pi f_o$) e o fator de qualidade (Q) são dados pelas expressões:

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{L_{eq}C}} \quad Q = R_g \sqrt{\frac{C}{L_{eq}}} \quad Q = \frac{R_g}{X_{Leq}}$$

- Calcular o valor de C para que a frequência de ressonância fique na faixa de 1 a 3kHz, assumindo o valor projetado para L_{eq} .
- Escolher um valor comercial para R_g de forma que o fator de qualidade Q fique entre 20 e 30.
- Medir o ganho (v_o/v_{in}) na frequência de ressonância e estimar o valor do resistor parasita (R_p) associado em paralelo com o circuito ressonante.
- Medir o fator de qualidade ($Q = f_o/BW$), onde BW é a largura de banda compreendida ente as frequências de corte superior e inferior do circuito ressonante. Estimar o valor de R_p a partir do valor de Q medido.
- No laboratório, verifique a resposta do circuito para ondas quadradas de frequências f_o , $f_o/3$, $f_o/5$ e 50Hz. Comente o resultado.
- Medir o valor de L_{eq} , indiretamente, através da frequência de ressonância.

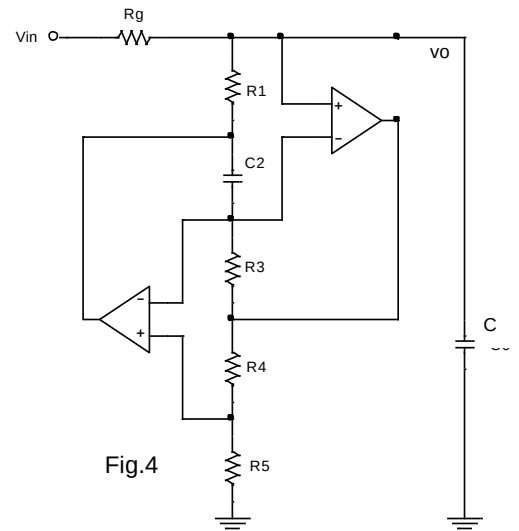


Fig.4

IV.3) Oscilador LC com o indutor ativo

- Para o circuito da fig.5 com R_x aberto. Verificar se o circuito oscila. A instabilidade pode ser forçada conectando-se um resistor negativo em paralelo com o circuito tanque LC . Mostrar que um resistor R_x conectado como na Fig.5 aparece como $-R_x$ em paralelo com o indutor (se $R_5=R_4$).
- Conecte uma década resistiva, com valor maior do que 500 k Ω , na posição R_x . Verifique se o circuito continua estável. Reduza o valor de R_x até obter um oscilador senoidal.
- Compare o valor de R_x com a estimativa de R_p obtida.

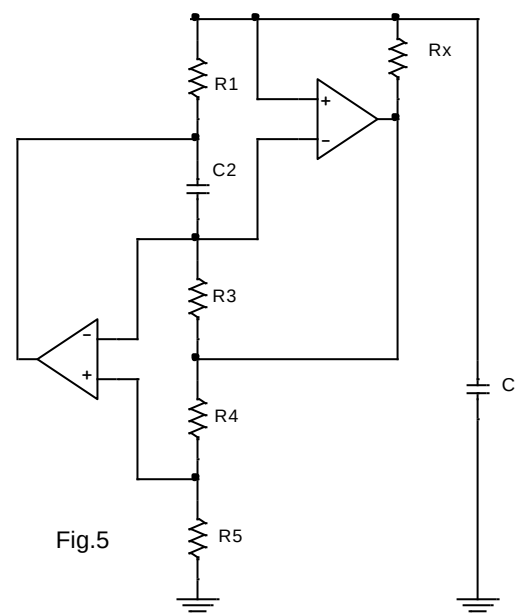


Fig.5

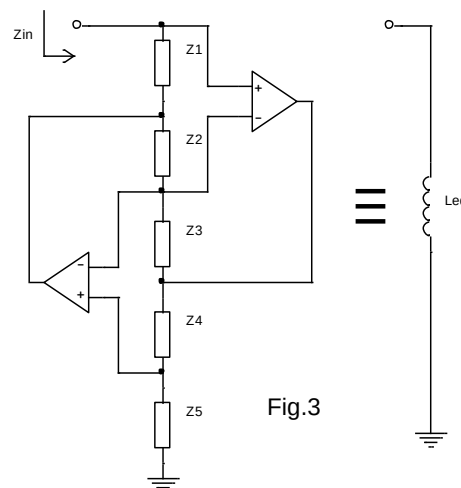
MEMÓRIA DE CÁLCULO

PARTE 2: Conversor de Impedância Generalizado (GIC)

1) Implementação

Mostrar que a estrutura da fig.3, utilizando amp-ops, implementa uma impedância, com um dos terminais aterrado, cujo valor é dado pela expressão:

$$Z_{in} = (Z_1 \cdot Z_3 \cdot Z_5) / (Z_2 \cdot Z_4)$$



2) Projeto do indutor ativo

Escolhendo-se Z_2 como capacitor (C) e as outras impedâncias como resistores iguais (R), o circuito simulará um indutor aterrado, cuja indutância será: $Leq = R^2 C$

Escolher valores comerciais para R e C de forma a construir um indutor na faixa: $80 \leq Leq \leq 120$ mH.

$$C = \quad nF$$

$$R_1 = R_3 = R_4 = R_5 = \quad k\Omega$$

$$Leq = \quad mH$$

3) Filtro passa-altas com indutor ativo

Conectar o gerador senoidal (v_s) a um resistor (R_{aux}) de 680Ω e ligar em série com o indutor (L_{eq}), formando um filtro passa-altas. Mostrar que, na frequência de corte, a reatância indutiva (X_{Leq}) é igual ao resistor (R_{aux}).

4) Circuito ressonante paralelo com indutor ativo

4.1) Mostrar que a frequência de ressonância ($\omega_o = 2\pi f_o$) e o fator de qualidade (Q) são dados pelas expressões:

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{L_{eq}C}} \quad Q = R_g \sqrt{\frac{C}{L_{eq}}} \quad Q = \frac{R_g}{X_{Leq}}$$

4.2) Calcular o valor de C para que a frequência de ressonância fique na faixa de 1 a 3kHz, assumindo o valor projetado para L_{eq} . Use capacitor de poliéster metalizado.

$$C = \quad nF$$

$$f_o = \quad kHz$$

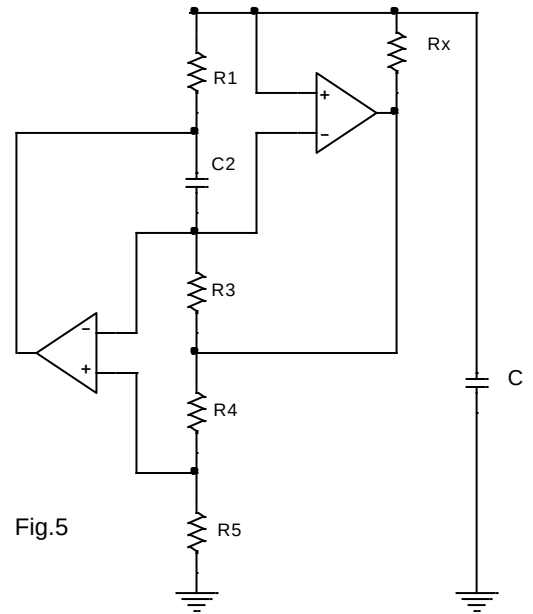
4.3) Escolher um valor comercial para R_g de forma que o fator de qualidade Q fique entre 20 e 30.

$$R_g = \quad k\Omega$$

$$Q =$$

5) Oscilador LC com o indutor ativo

5.1) Mostrar que um resistor R_x conectado como na Fig.5 aparece como - R_x em paralelo com o indutor (se $R_5=R_4$).



OBS) Escala de valores comerciais de componentes disponíveis no laboratório:

Resistores:

Filme metalizado 5%: (1,0 – 1,2 – 1,5 – 1,8 – 2,2 – 2,7 – 3,3 – 3,9 – 4,7 – 5,6 – 6,8 – 8,2 – 10,0) x 100 a 106 Ω

Capacitores:

Eletrolíticos : (1,0 – 2,2 – 4,7) x 10⁰ a 10³ μ F, exceto 4700 μ F

Poliéster metalizado: (1,0 – 1,2 – 1,5 – 1,8 – 2,2 – 2,7 – 3,3 – 3,9 – 4,7 – 5,6 – 6,8 – 8,2 – 10,0) x 10⁰ a 10² nF

Cerâmicos: (1,0 – ---- – 1,8 – ---- – 2,7 – ---- – ---- – 4,7 – ---- – ---- – ---- – ----) x 10⁰ pF
 (1,0 – 1,2 – 1,8 – 2,2 – 2,7 – 3,3 – 3,9 – 4,7 – 5,6 – 6,8 – 8,2 – 10,0) x 10¹ pF
 (---- – 1,2 – 1,8 – 2,2 – ---- – 3,3 – 3,9 – 4,7 – ---- – ---- – ---- – ----) x 10² pF

Filtro passa-altas com indutor ativo					
		Projetado	Simulado	Medido	OBS
v_o na banda passante	V				
v_o na frequência de corte	V				
Frequência de corte	Hz				
$Leq = R/2\pi f_L$	mH				

Circuito ressonante paralelo com indutor ativo					
		Projetado	Simulado	Medido	OBS
Capacitor escolhido (C)	nF				
Resistor escolhido (Rg)	kΩ				
Frequência de ressonância (fo)	Hz				
$Leq = 1/[(2\pi f_o)^2 C]$	mH				
$X_L = 2\pi f_o Leq$	kΩ				
Ganho (v_o/v_{in}) na freq fo	V/V				
Freq. de corte superior (fH)	Hz				
Freq. de corte inferior (fL)	Hz				
BW = fH - fL	Hz				
Fator de qualidade $Q = f_o/BW$					
Estimativa de Rp	ganho	kΩ	X		
	Q	kΩ	X		
Verificar a resposta do circuito para ondas quadradas de frequências fo, fo/3, fo/5 e 50Hz. Comente o resultado.					

Oscilador LC com o indutor ativo					
		Projetado	Simulado	Medido	OBS
Frequência de oscilação	Hz				
Rx	kΩ				
Amplitude na saída (Vop)	V				

Histórico das revisões:

EletIII_LAB3v2018 - JBM 19/04/2018

Prática #4 mudou para Prática #3 devido à compactação da prática #2 com o mesmo assunto NIC e GIC

Foi feita a divisão em PARTE 1 (NIC) e PARTE 2 (GIC)

Foi introduzida a Memória de Cálculo

Foi feita nova redação para melhor explicar os procedimentos e objetivos da prática.