

## 4 – Circuitos RC nos domínios do tempo e da frequência

**Objectivos** – Estudo do circuito RC integrador e diferenciador com o simulador Multisim. Resposta no tempo e na frequência.

### 4.1 – Resposta no tempo do circuito RC

Desenhe o circuito da fig. 4.1, com  $R=10K$  e  $C=47nF$ . O gerador da tensão  $V_s$  deve ser de onda quadrada, do tipo *Clock Voltage*. Configure-o para variar entre  $0$  e  $10V$  e frequência  $200Hz$ .

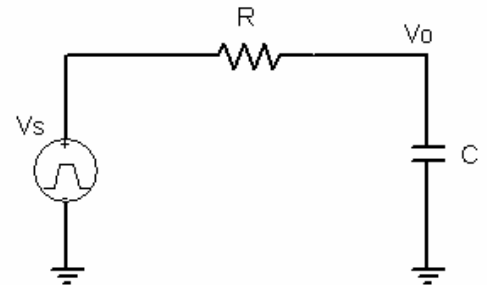


Fig. 4.1

a) Execute uma análise transitória (*Transient*) e comece por comparar qualitativamente os sinais  $V_s$  e  $V_o$ . Veja o que sucede ao sinal  $V_o$  quando varia a frequência do gerador abaixo e acima dos  $200Hz$ . Interprete os resultados.

b) Novamente com  $f = 200Hz$ , meça o valor de  $V_o$  para  $t = 0.5\tau$ ,  $t = \tau$  e  $t = 2\tau$ , considerando que  $t = 0$  corresponde ao instante em que  $V_s$  transita de  $0$  para  $10V$  (antes de executar a análise altere o valor do *Time step* para  $10^{-7}s$ ).

c) Sabendo que o comportamento temporal do circuito, durante a carga do condensador, é descrito pela expressão

$$V_o(t) = V \left( 1 - e^{-t/\tau} \right)$$

em que  $V$  é a amplitude do sinal de entrada, confirme as medições obtidas na alínea anterior.

d) Meça o tempo de subida,  $t_r$  (*rise time*), de  $V_o$ , definido como o tempo que a tensão leva a passar de  $10\%$  a  $90\%$  do valor final. Compare com o valor teórico  $t_r = 2.2\tau$ .

### 4.2 – Resposta no tempo do circuito RC passa-alto

No circuito da fig. 4.1, troque as posições da resistência e do condensador ( $V_o$  passa a ser agora a tensão aos terminais da resistência). Mantenha o sinal quadrado de entrada a variar entre  $0$  e  $10V$ .

a) Verifique qualitativamente o comportamento do circuito para varias frequências do gerador de sinal, entre os  $50Hz$  e  $1KHz$ . Tente explicar a forma de onda que observa em  $V_o$ .

### 4.3 – Resposta em frequência do circuito RC passa-baixo

Reverta novamente para o circuito RC original (fig 4.2). Do ponto de vista da análise em frequência este circuito constitui um *filtro passa-baixo de primeira ordem* com frequência de corte dada por  $f_c = 1/(2\pi RC)$ . Use agora para fonte  $V_s$  uma gerador sinusoidal (*AC Voltage*) que deve configurar para uma amplitude de  $10V$  e frequência de  $100Hz$ .

Para obter a chamada *resposta em frequência* do circuito vamos usar agora uma Análise AC (*AC Sweep*). Neste caso o que o simulador faz é variar a frequência do gerador de tensão entre dois valores definidos e registar os valores da razão entre as amplitudes de  $V_o$  e  $V_s$ , bem como o desfasamento entre as sinusoides de entrada e saída.

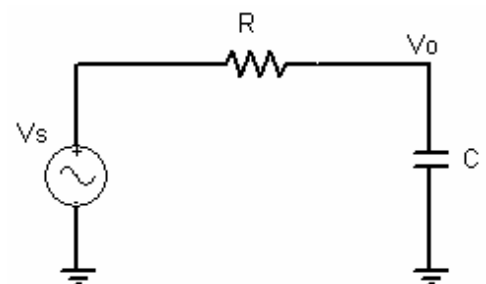


Fig. 4.2

**a)** Execute a Análise AC entre os valores de  $10\text{Hz}$  e  $10\text{KHz}$ , com  $100$  pontos por década. Optando por usar uma escala vertical em *décibéis*(dB), os valores que lhe aparecem no eixo vertical da esquerda correspondem a

$$\frac{V_o}{V_s}(\text{dB}) = 20 \log \frac{V_o}{V_s}$$

Estes são os valores do ganho do circuito RC. Os que aparecem no eixo vertical da direita correspondem ao desfasamento ( $\theta$ , em graus) entre as sinusoides de entrada e saída. Registe os valores do ganho e desfasamento para as frequências indicadas na Tab 4.1.

<i>frequência</i> (Hz)	$V_o/V_s$ (dB)	$\theta$ (°)
$f_c/4 =$		
$f_c/2 =$		
$f_c =$		
$2f_c =$		
$4f_c =$		
$8f_c =$		

**Tab. 4.1**

**b)** Compare os resultados obtidos na alínea anterior com os valores teóricos de módulo e fase da função de transferência do filtro passa-baixo RC (ver expressões abaixo). Efectue os cálculos apenas para dois ou três valores de  $f$  (e.g.  $f_c/2$ ,  $f_c$  e  $4f_c$ ).

$$|H(\omega)| = 20 \log \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}$$

$$\angle H(\omega) = \frac{180}{\pi} \tan^{-1}(\omega RC)$$

#### 4.4 – Impedância do circuito RC série

Usando novamente uma análise transitória (*Transient*) pretende-se obter o valor da impedância do circuito RC (vista pelo gerador de sinal  $V_s$ ) à frequência  $f = f_c$ . Compare o valor obtido com o valor teórico esperado desta impedância.

#### 4.5 – Resposta em frequência do circuito RC passa-alto

No circuito da fig. 4.1, troque novamente as posições da resistência e do condensador. Desta forma o circuito comporta-se um *filtro passa-alto de primeira ordem* com frequência de corte dada também por  $f_c = 1/(2\pi RC)$ . Para este circuito, repita o estudo que fez em 4.3 para o passa-baixo.