

Circuitos Eletricos

Trabalhos Práticos 2010/2011

- 1 – Introdução ao laboratório de eletrónica
- 2 – Osciloscópio e efeito da impedância de entrada dos instrumentos
- 3 – Estudo do circuito RC série: resposta no tempo e na frequência

Ernesto Martins e Beatriz Sousa Santos, Abril 2011

Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática
Universidade de Aveiro

1 – Introdução ao laboratório de eletrônica

Objectivo – Introdução aos instrumentos de laboratório de eletrônica. Montagem de circuitos simples em DC e medições.

1.1 - Medições em DC

Ligue a fonte de alimentação DC da bancada e, usando o voltímetro no painel frontal da mesma, regule a sua saída para uma tensão de $8.5V$.

- Usando o multímetro, meça as tensões (simétricas) de saída da fonte.
- Repita as medições com o osciloscópio.

1.2 - Circuito resistivo

Monte na placa branca o circuito da figura 1.1. Note que só deve ligar a fonte de alimentação depois de verificar que não existem erros de ligação na montagem.

- Meça com o multímetro a tensão em $V1$.
- Calcule o valor teórico de $V1$ e compare com o resultado da alínea anterior.

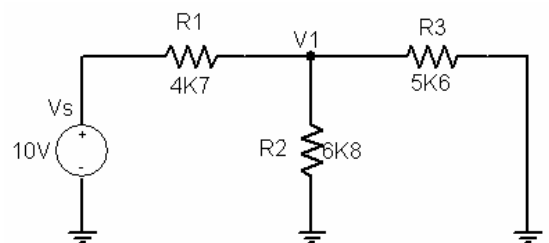


Fig. 1.1

1.3 - Circuito resistivo com fonte de corrente

A fonte de alimentação da bancada pode funcionar também como fonte de corrente. Vamos usá-la nesse modo na montagem da fig. 1.2.

Antes de ligar a fonte ao circuito, execute o procedimento seguinte: **1)** Na secção esquerda (*slave*) da fonte, rode o botão da corrente todo para a esquerda e o botão da tensão todo para a direita; **2)** Curto-circuite a saída da fonte e, usando o amperímetro no painel frontal, ajuste a corrente para $0.05A$; **3)** Ligue o multímetro (como amperímetro) aos terminais da fonte e proceda ao ajuste fino da corrente para $50mA$.

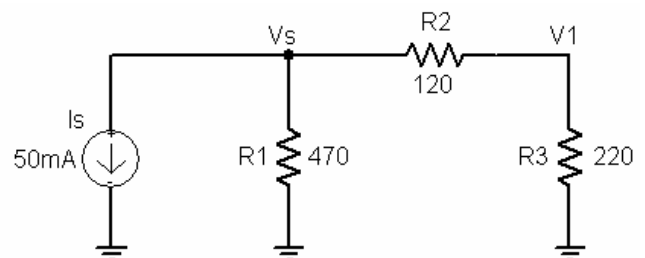


Fig. 1.2

- Meça com o multímetro as tensões em V_s e $V1$.
- Calcule os respectivos valores teóricos e compare com os resultados da alínea anterior.

1.4 - Circuito com LED

Monte o circuito da figura 1.3.

a) Determine experimentalmente a corrente no diodo LED, primeiro por medição directa com o multímetro e depois de forma indirecta através da tensão medida aos terminais de $R1$.

b) Ligue o gerador de funções ao osciloscópio e regule-o para ter na saída um sinal quadrado a variar entre -5 e $+5V$, com uma frequência de $2Hz$. Em seguida substitua, no circuito da fig 1.3, o gerador V_s pelo gerador de funções e verifique o efeito.

Adicione ao circuito um segundo LED em paralelo com $D1$, mas polarizado ao contrário, e observe o efeito. Explique.

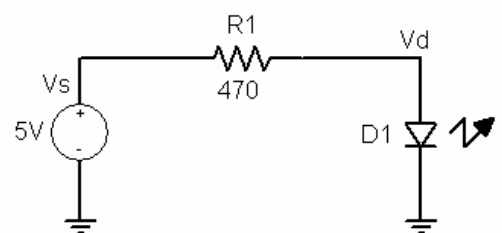


Fig. 1.3

2 – Osciloscópio e efeito da impedância de entrada dos instrumentos

Objectivo – Exploração das funções básicas do osciloscópio e medições em sinais AC. Influência da impedância de entrada dos instrumentos nas medições.

2.1 - Medições em sinais AC

Com o gerador de funções ligado ao osciloscópio, ajuste-o de maneira a ter na saída um sinal sinusoidal com $6V_{p-p}$ e uma frequência de, aproximadamente, $2KHz$ (para efectuar este ajuste sirva-se da informação existente no painel frontal do gerador).

Note que não vai precisar de ligar a fonte de alimentação em nenhuma das alíneas abaixo indicadas. Todos os procedimentos envolvem apenas o gerador de funções.

- a) No osciloscópio prima o botão AUTOSSET e visualize o sinal sinusoidal bem como as restantes formas de onda disponibilizadas pelo gerador de funções. Meça a frequência usando, 1) a medição automática (veja o menu MEASURE); 2) através da medição do período.
- b) Usando uma forma de onda sinusoidal, varie o nível de *trigger* e veja como isso afecta a visualização do sinal. Mude também o flanco de *trigger*.
- c) Adicione ao sinal um nível DC de $2V$ e verifique o que acontece quando comuta a entrada do osciloscópio de DC para AC.
- d) Retire ao sinal o nível DC, e ajuste o gerador para ter na saída um sinal sinusoidal com $10V_{p-p}$ e frequência $100Hz$. Meça esta tensão AC com o multímetro e relacione com o que mediu no osciloscópio.
- e) Comute agora a forma de onda, primeiro para triangular e depois para quadrada, e repita a alínea anterior.
- f) Ajuste o gerador de funções para ter na saída uma onda quadrada a variar entre 0 a $5V$ e frequência $50KHz$. Usando os cursores do osciloscópio (menu CURSOR), meça os tempos de subida e descida (t_r e t_f) do sinal.

2.2 – Efeito da impedância de entrada dos instrumentos

Monte o divisor de tensão da fig. 2.1 usando $R1=R2=15K$.

- a) Usando primeiro o multímetro e depois o osciloscópio (com a ponta de prova na posição $\times 1$), meça a tensão $V1$. Compare com o valor esperado.
- b) Altere agora os valores de $R1$ e $R2$ para $1M$ e repita a alínea anterior. Explique a discrepância que observa em relação ao valor esperado da tensão em $V1$.
- c) Comute a ponta de prova do osciloscópio para a posição $\times 10$ e volte a medir $V1$ nas condições de b).
- d) Com os valores de $V1$ obtidos em b), calcule as resistências de entrada do multímetro e do osciloscópio.

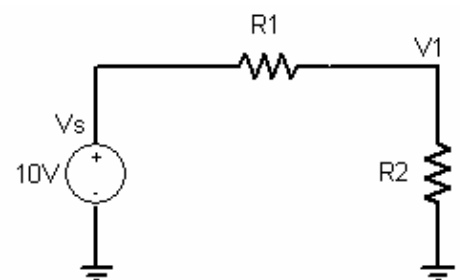


Fig. 2.1

3 – Estudo do circuito RC série: resposta no tempo e na frequência

Objectivo – Estudo do circuito RC integrador e diferenciador. Resposta no tempo e na frequência.

3.1 – Resposta no tempo do circuito RC

Monte o circuito da fig. 3.1, com $R=10K$ e $C=47nF$, e ajuste a fonte de sinal para uma saída quadrada a variar entre 0 e 5V (vai ter de introduzir offset DC) e frequência 200Hz.

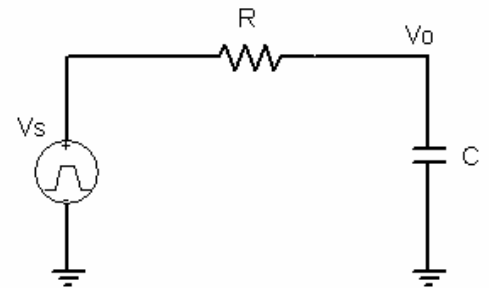


Fig. 3.1

a) Compare qualitativamente os sinais em V_s e V_o . Veja o que sucede ao sinal em V_o quando aumenta a frequência do gerador acima dos 200Hz. Explique.

b) Calcule a constante de tempo do circuito, $\tau = RC$, em microsegundos. De forma aproximada, determine experimentalmente o valor mínimo de T (o período do sinal de entrada) que garante uma carga/descarga completa (praticamente) do condensador. Relacione este valor de T com τ .

c) Meça o valor de V_o para $t = \tau$, $t = 2\tau$ e $t = 5\tau$, considerando que $t = 0$ corresponde ao instante em que V_s transita de 0 para 5V.

d) Sabendo que o comportamento temporal do circuito é descrito pela expressão

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

em que V é a amplitude do sinal de entrada, calcule $V_o(\tau)$, $V_o(2\tau)$ e $V_o(5\tau)$ e compare com as medidas obtidas na alínea anterior.

e) 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. Efectue esta medição usando primeiro a função automática (menu MEASURE) do osciloscópio, e depois de forma “manual”, pela definição, usando os cursores (menu CURSOR). Compare com o valor teórico (derivado da expressão anterior), $t_r = 2.2\tau$.

f) O circuito apresentado designa-se habitualmente por integrador. Justifique esta designação.

3.2 – Resposta no tempo do circuito RC passa-alto

No circuito da fig. 3.1, 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 5V

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 .

b) Este circuito designa-se habitualmente por diferenciador. Justifique esta designação.

3.3 – Impedância do circuito RC série

Reverta novamente para o circuito RC original (fig 3.2), usando agora para fonte V_s o gerador de funções ajustado para uma saída sinusoidal com $10V_{p-p}$ e frequência de $100Hz$.

a) Meça com o multímetro a tensão aos terminais de R. Determine a corrente no circuito e o valor do módulo da impedância do circuito RC série. Repita a medição aumentando previamente a frequência do sinal para $200Hz$.

b) Calcule os valores teóricos das impedâncias e compare com os resultados obtidos experimentalmente.

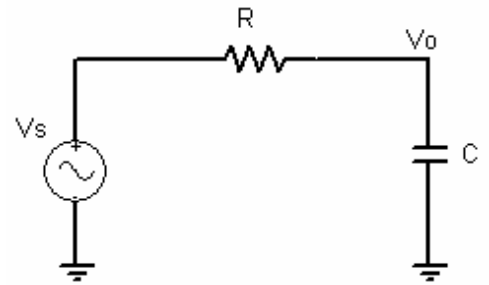


Fig. 3.2

3.4 – Resposta em frequência do circuito RC passa-baixo

O circuito da fig. 3.2, com entrada em V_s e saída em V_o , constitui um filtro passa-baixo de primeira ordem com frequência de corte dada por $f_c = 1/(2\pi RC)$. No que se segue mantenha V_s com $10V_{p-p}$.

a) Verifique, de forma qualitativa, o efeito do circuito como passa-baixo. Para isso ligue o Canal 1 do osciloscópio a V_s e o Canal 2 a V_o , e observe a variação da amplitude de V_o à medida que varia a frequência do sinal do gerador de $50Hz$ até $10KHz$.

b) Meça agora a razão entre as amplitudes de V_o e V_s bem como o desfasamento entre estes dois sinais, para vários valores de frequência, e registe-os na Tab 3.1.

Note que a razão V_o/V_s deve ser indicada em unidades de dB (decibéis) usando a expressão

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

O desfasamento é medido no osciloscópio em unidades de tempo, devendo ser convertido depois para graus.

frequência (Hz)	V_o/V_s (dB)	θ (°)
$f_c/4 =$		
$f_c/2 =$		
$3f_c/4 =$		
$f_c =$		
$2f_c =$		
$4f_c =$		
$6f_c =$		
$8f_c =$		

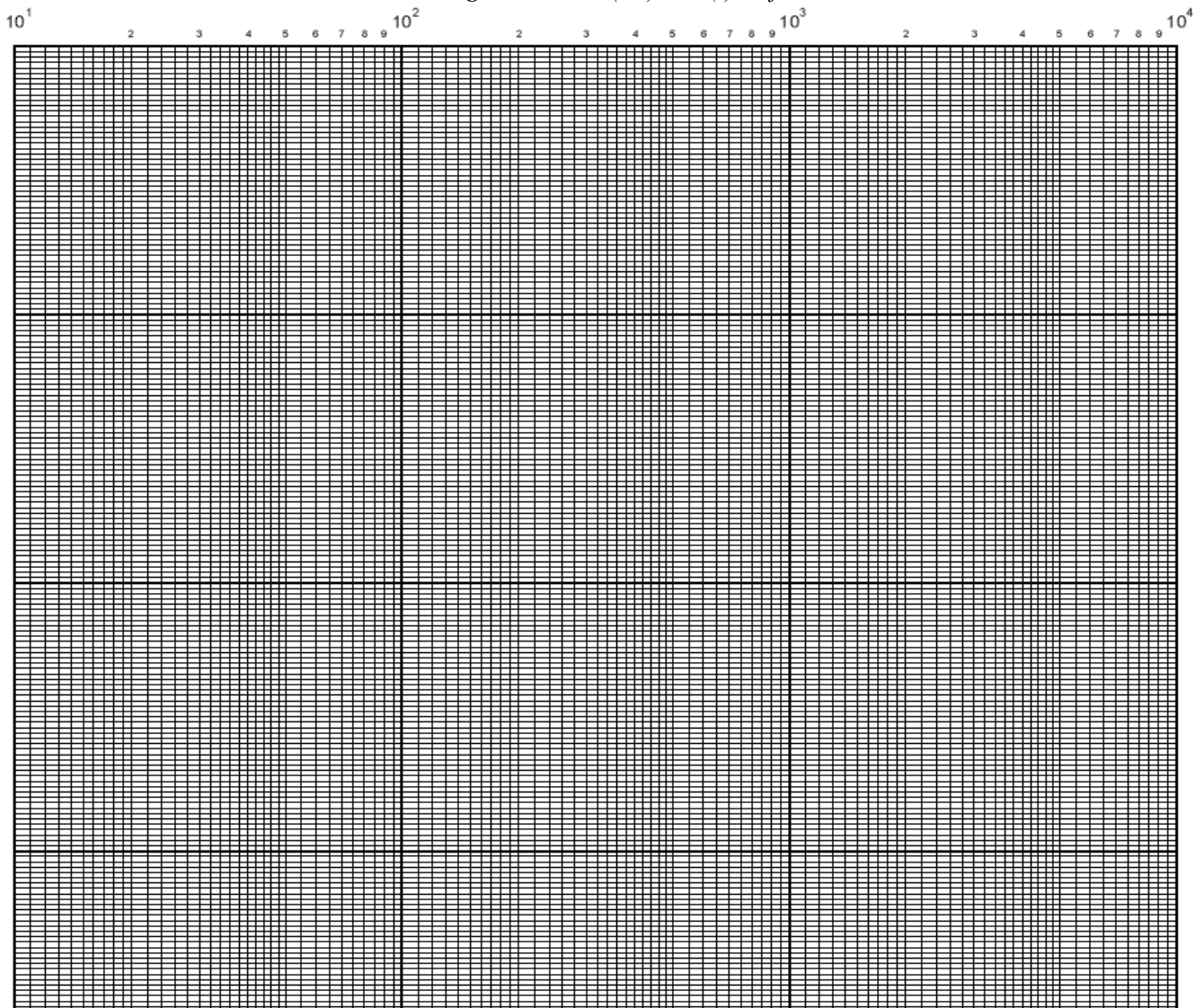
Tab. 3.1

c) 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 $4f_c$).

$$|H(\omega)| = 20 \log \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} \qquad \angle H(\omega) = \frac{180}{\pi} \tan^{-1}(\omega RC)$$

d) Usando a grelha semi-logaritmica da fig. 3.3, trace os gráficos de V_o/V_s e θ em função da frequência, usando os valores registados na Tab 3.1.

Fig. 3.3 - V_o/V_s (dB) e θ (°) vs f



3.5 – Resposta em frequência do circuito RC passa-alto

No circuito da fig. 3.2, troque as posições da resistência e do condensador (V_o passa a ser agora a tensão aos terminais da resistência).

- a) Verifique de forma qualitativa o efeito desta mudança na resposta em frequência do circuito, variando a frequência do gerador de 50Hz até 10KHz .
- b) Determine experimentalmente f_c , a frequência para a qual o ganho cai 3dB em relação ao ganho às altas frequências.