

19.5

# Carga e Descarga de um Condensador e Retificação de Sinal



Departamento de Física e Astronomia, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

## Abstract

Com este trabalho foi estudada a resposta temporal de um circuito RC a um sinal quadrado, determinando experimentalmente a capacidade de um capacitor, uma incerteza de 0,4% e um erro de 3,4%. Também foi possível criar uma onda do tipo "serra" e verificar a retificação da corrente utilizando um sinal sinusoidal.

de  
com  
freqüência de

(tempo característico ----  
c/ ---% inc. e  
--- % erro) e

valores nominais  
com tolerância ~ 5%

## 1 Introdução

O circuito usado neste trabalho, figura 1, tem como característica dois regimes: carga e descarga. No regime de carga o condensador presente no circuito é carregado passivamente, no regime de descarga o condensador é condicionado pelo diodo (que oferece grande resistência a corrente inversa) a descarregar pela resistência em curto circuito (assinalado a cinzento no esquema).

Destes regimes é de importância para este trabalho as seguintes fórmulas (deduções em [1]):

$$V_c = V_v(0)e^{-\frac{t}{RC}} \quad (1)$$

$\tau$  – Constante característica de um circuito RC

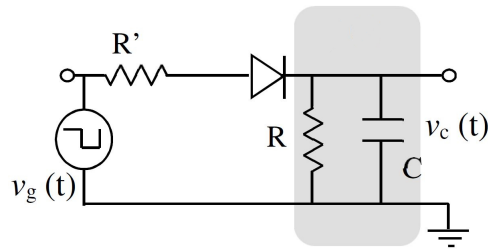
$$\tau = RC \quad (2)$$

$t_{\frac{1}{2}}$  – tempo necessário para o condensador atingir meia carga máxima

$$t_{\frac{1}{2}} = \ln(2)RC \quad (3)$$

$f_{RC}$  – frequência característica de um circuito RC

$$f_{RC} = \frac{1}{2\pi RC} \quad (4)$$



*referência?*

Figure 1: Circuito RC

Em que  $R$  e  $C$  são respetivamente a resistencia e a capacidade dos componentes utilizados.

Quando a frequência do sinal que atravessa o circuito está na ordem de grandeza de  $f_{RC}$  o circuito tem tempo para descarregar completamente, se esta for aumentada o condensador não tem tempo de descarregar completamente. Se a frequência for elevada o suficiente dá origem a uma corrente, aproximadamente, continua (retificação da corrente).

É de notar que na figura 1  $R'$  é a resistência interna de saída do osciloscópio, a resistencia do circuito é  $R$ .

## 2 Experiencia

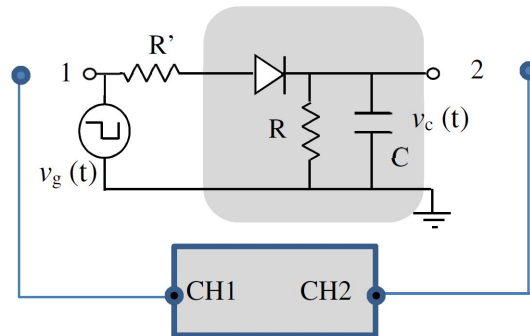
### 2.1 Método experimental

#### 2.1.1 Determinação experimental de $\tau$ e $t_{\frac{1}{2}}$

- Foi montado o circuito representado na figura 2 com  $R=3,3k\Omega$ ;  $C=100nF$  e o gerador de ondas ligado como gerador de ondas quadradas (este circuito estava previamente montado e disponível para uso, sendo disponibilizado pelos responsáveis da unidade curricular FIS1005)
- Ligaram-se os canais do osciloscópio devidamente (Canal 1: saída do gerador; Canal 2: saída do circuito RC)
- Definiu-se a frequência do gerador como  $2,00 \times 10^2 \text{ Hz}$
- Usando escalas apropriadas no osciloscópio, estimaram-se os valores de  $t_{\frac{1}{2}}$  e  $\tau$  (utilizando as divisões e cursores respetivamente)

*tolerância?*

É de notar que também foram importados os dados, utilizando a funcionalidade USB do osciloscópio.



*referência?*

Figure 2: Montagem experimental

### 2.1.2 Determinação da Capacidade de um condensador desconhecido

- Montou-se o esquema representado na figura 2, utilizando uma frequência de 200Hz no gerador, um condensador de Capacidade desconhecida e uma resistência variável (definida para o seu mínimo), numa breadboard
- Recolheram-se os valores de  $R$  e de  $t_{\frac{1}{2}}$  (utilizando o método de cursores), variando  $R$  dentro da gama disponível
- Recolheu-se um valor de referencia medindo o capacitador diretamente num multímetro

### 2.1.3 Onda dente de serra e retificação

- Utilizando o circuito anteriormente montado seleccionou-se uma frequência  $f = 207,521Hz < f_{RC}$
- Aumentou-se gradualmente a frequência do gerador, registando a onda gerada e respetiva frequência

## 2.2 Resultados e Analise

### 2.2.1 Resultados: Determinação experimental de $\tau$ e $t_{\frac{1}{2}}$

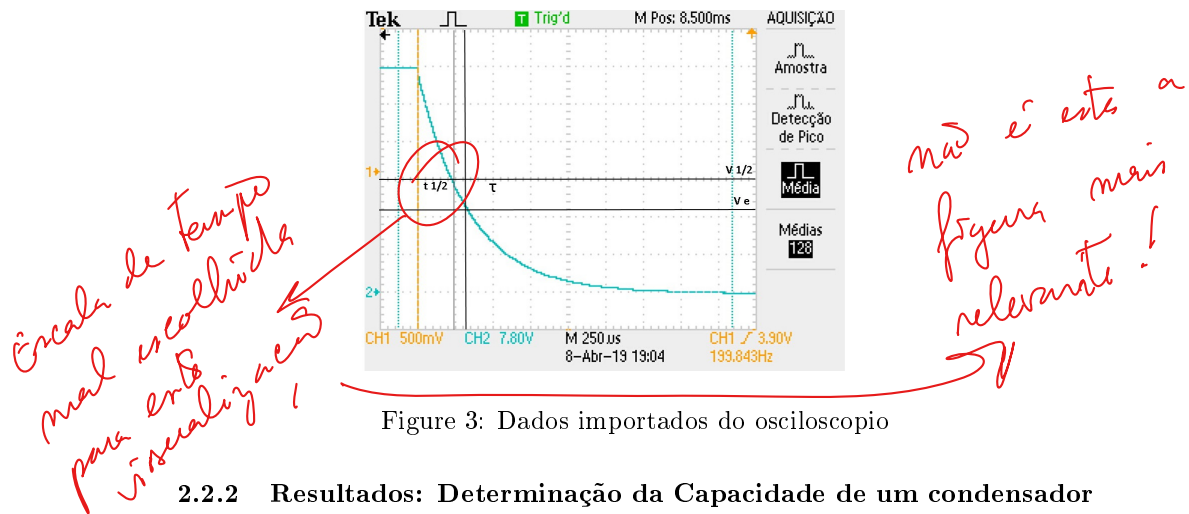
Na tabela 1 estão apresentados os valores estimados para  $\tau$  e  $t_{\frac{1}{2}}$ , os seus valores teóricos e o valor obtido pela análise dos dados importados por USB ( $\tau$  estimado por cursor e  $t_{\frac{1}{2}}$  estimado por divisões).

Pode-se observar um erro de 2% para a estimativa de  $t_{\frac{1}{2}}$ , porem este erro tambem se encontra nos valores obtidos através da importação USB (figura 3), sugerindo que este possa ser um erro sistemático, não sendo devido ao método utilizado.

*de referência*

	Valor experimental ( $\mu s$ )	Valor teórico ( $\mu s$ )	Erro %	Valor USB ( $\mu s$ )
$t_{\frac{1}{2}}$	225	229	2%	225
$\tau$	330	330	0%	330

Table 1: Resultados da estimativa de  $\tau$  e  $t_{\frac{1}{2}}$



### 2.2.2 Resultados: Determinação da Capacidade de um condensador desconhecido

Foram efetuados dois ensaios no âmbito da determinação da capacidade do condensador utilizando cursores, porem do primeiro não surgiram resultados satisfatórios. Apresentado na figura 4 está o segundo ensaio, o primeiro pode ser consultado em anexo.

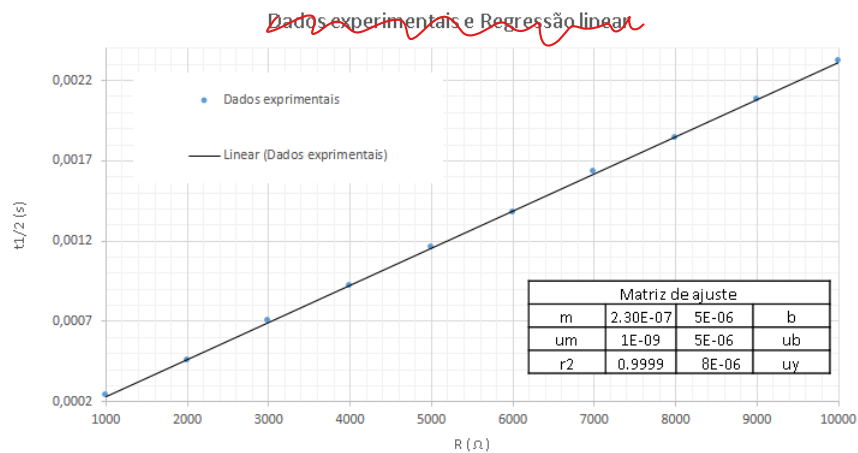


Figure 4: Dados experimentais e respetivo ajuste

*de r --- ?*

A partir da matriz de ajuste e da eq.3 é possível determinar  $C$  como  $(332 \pm 1) \mu F$ . É de notar que os resíduos tem uma distribuição aleatoria (sugerindo a ausência de um bias) e são pelo menos uma ordem de grandeza inferiores à menor divisão de  $t_{\frac{1}{2}}$  (maior residuo relativo = 0,5%), podendo concluir que os dados são de confiança e de alta precisão. O grafico de residuos pode ser consultado em anexo.

O valor de referencia obtido através da medição direta da capacidade utilizando um multímetro é de  $344 \mu F$ , sendo  $e(C)\% = 3,4\%$ .

### 2.2.3 Resultados: Onda dente de serra e retificação

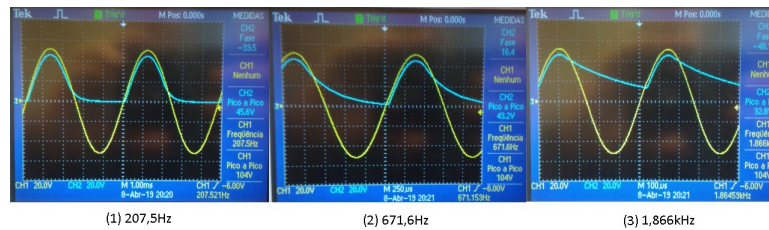


Figure 5: Estudo da onda serra *do sinal de entrada indicados para os valores de frequências em baixo.*

Na figura 5 é possível observar a criação de um sinal serra ao aumentar a frequência. (1) inicialmente o condensador descarrega toda a energia acumulada (2) é atingido o limite onde é permitido ao condensador descarregar toda a energia (3) o condensador não consegue descarregar a energia acumulada antes de entrar em regime de carga

Tanto em (2) como em (3) é possível observar um sinal do tipo “dente de serra”, sendo (3) o exemplo mais carateristico.

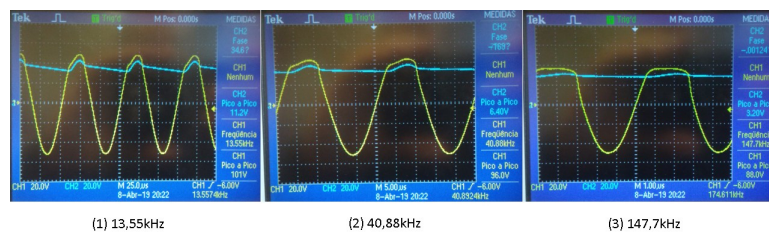


Figure 6: Estudo da retificação do sinal *u o*

Continuando a aumentar a frequência o condensador tem intervalos de tempo cada vez menores para efetuar a descarga, dando origem a uma corrente aproximadamente continua. Na figura 6 é possível observar a retificação do sinal utilizando altas frequências.

### 3 Conclusão

- Os valores obtidos a partir da estimativa e da importação de dados são concordantes, sugerindo que ambos os métodos (divisões e cursores) são boas escolhas para a determinação de  $\tau$  e  $t_{\frac{1}{2}}$ . O erro obtido em  $t_{\frac{1}{2}}$  e na importação de dados (2%) é relativamente baixo sendo um resultado satisfatório.
- Foi determinado C como sendo  $(332 \pm 1) \mu F$  ( $u(C) = 0,4\%$ ), com um erro de 3,4%. Este é um resultado com uma incerteza muito baixa e um erro baixo, sendo muito satisfatório. Porém o valor de referência encontra-se fora da incerteza, isto sugere a existência de um pequeno erro sistemático. Este erro não parece ter origem no método utilizado, dado aos resultados obtidos em 2.2.1. As origens mais prováveis deste erro são então resistências não consideradas no circuito ou maus contactos na breadboard.
- Foi possível criar uma onda serra e verificar a retificação do sinal, tendo o sistema uma resposta ao aumento gradual da frequência de acordo com o previsto.

### References

- [1] responsáveis pela unidade curricular FIS1005. Trabalho 8a carga e descarga de um condensador e retificação de sinal. 2018/2019.

*coincidência com a medida das reais*

# Anexo

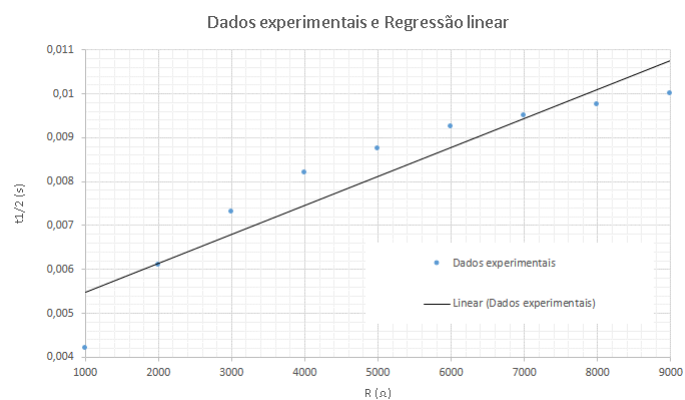


Figure 7: Ensaio descartado

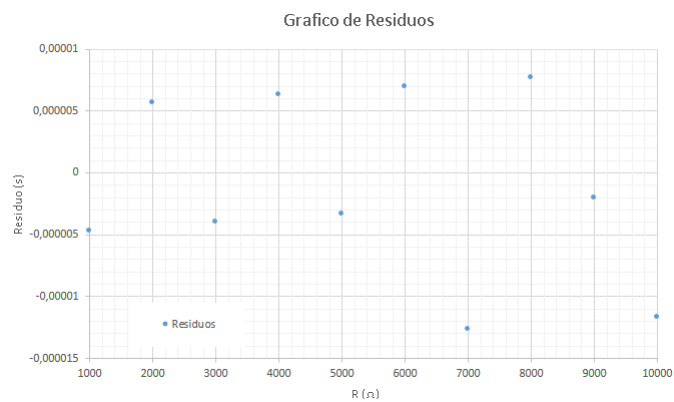


Figure 8: Grafico de residuos (relativamente à figura 4)



Figure 9: Foto de Grupo: Diogo Gomes (Esquerda); João Maciel (Direita)