

### **Introdução**

Na aula prática 03 (AP03) do dia 23/08/2010 a tarefa proposta consistiu na montagem de dois circuitos RC (vide figura 1) e análise dos sinais da tensão de entrada e tensão no capacitor nos circuitos mencionados, utilizando o osciloscópio digital da Tektroniks presente no laboratório. Realizou-se a análise dos sinais de três circuitos. A primeira e segunda análises ocorreram no circuito 1, com sinais de entrada de 12V e 5V. Já a terceira análise considerou a montagem do circuito 2, mas com tensão de entrada de 12V.

Os sinais de entrada em cada um dos três circuitos foi gerado com um gerador de sinais e a forma de onda utilizada foi a forma de onda quadrada.

Um maior detalhamento da execução da prática é apresentado nas seções que seguem.

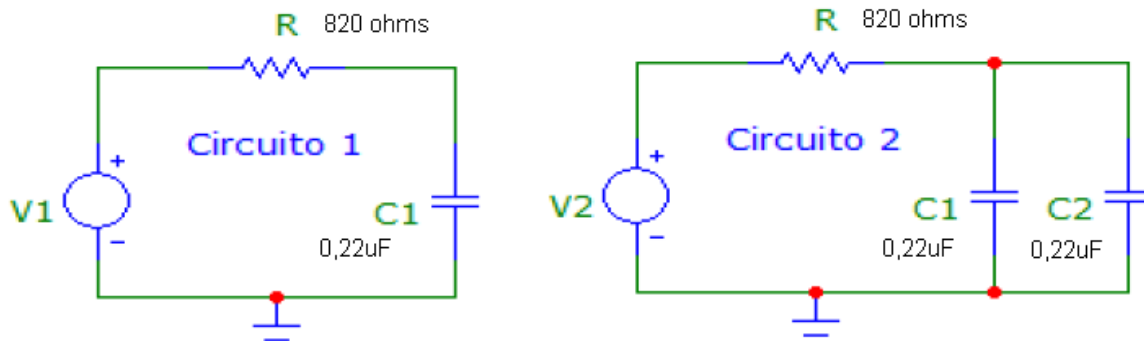


Figura 1 - Circuitos RC montados no laboratório (componentes com os valores nominais)

### **Calibração dos instrumentos e preparação das montagens**

Antes de iniciarmos a montagem dos circuitos testamos o osciloscópio e as ponteiros dos canais 1 e 2, para ter certeza de que todas as ferramentas de trabalho estavam funcionando. Esse teste foi feito lendo a tensão quadrada de 5V de saída do osciloscópio com as duas ponteiros, cada uma em seu respectivo canal, e ambas estavam funcionando.

Em seguida escolhemos um resistor ao acaso da bandeja de componentes, com resistência nominal de  $820 \Omega$  e dois capacitores com capacitância de  $0,22 \mu\text{F}$ . Montamos o circuito 1, ajustamos a amplitude do sinal do gerador de função para 12V e conectamos os cabos do gerador no circuito.

A ponteira do canal 1 foi conectada junto a alimentação do circuito e a ponteira do canal 2 foi conectada no capacitor. A resistência real do resistor, medida com o multímetro, foi de  $806 \Omega$ .

Por fim, ajustamos o offset do gerador de sinais, para que o sinal gerado ficasse totalmente acima do GND, ou seja, com toda a onda quadrada positiva.

## Resultados

Em todos os circuitos montados, as tensões medidas na constante de tempo foram primeiramente calculadas, como segue:

Semi-ciclo crescente:  $V = 12V \cdot (1 - 0,36)$  ou  $V = 5V \cdot (1 - 0,36)$

Semi-ciclo decrescente:  $V = 12V \cdot 0,36$  ou  $V = 5V \cdot 0,36$

As equações utilizadas para esse cálculo foram:

$V = V_o \cdot (1 - e^{(-t/RC)})$  e  $V = V_o \cdot (e^{(-t/RC)})$ , onde  $V$  é a tensão no capacitor,  $V_o$  é a tensão aplicada ao circuito,  $T$  é o tempo e  $RC$  é a constante de tempo.

Logo o valor 0,36 se obtém quando  $t = RC$ , ou seja, teremos  $V = V_o \cdot (1 - 1/e)$  e  $V = V_o \cdot (1/e)$ , onde  $1/e$  é aproximadamente 0,3678 (nós arredondamos esse valor para baixo).

### 1) Circuito 1, 12V de entrada

Para obter o valor da constante de tempo, primeiro calculamos, como descrito anteriormente, a tensão e encontramos o ponto na tela onde a tensão equivalia a 64% ou 36% do valor de entrada, para semi-ciclo crescente e decrescente, respectivamente. Em seguida medimos a constante de tempo, considerando o ponto encontrado na medida da tensão. A figura 2 expõem os valores encontrados.

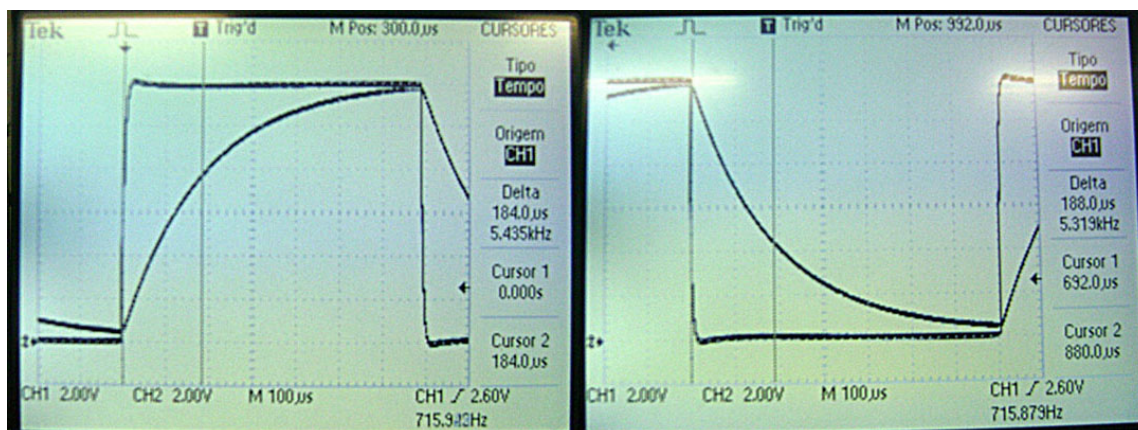


Figura 2 - Gráficos da carga e descarga do capacitor no circuito 1 com 12V na entrada  $V_{in}$  e constante de tempo de 184μs e 188μs, respectivamente

A tabela a seguir resume os resultados de tensão e constante de tempo obtidos na carga e descarga do capacitor.

Tabela 1 - Resumo da tensão e tempo de carga e descarga até atingir a constante de tempo

Tensão de Carga (V)	Constante de Tempo Carga (us)	Tensão de Descarga (V)	Constante de Tempo de Descarga (us)
---------------------	-------------------------------	------------------------	-------------------------------------

7,68	184	4,32	188

Podemos perceber que as constantes encontradas na carga e descarga do capacitor são bastante semelhantes. Elas não chegam a ser iguais, pois na medição das constantes de tempo pode ter havido um pequeno erro no posicionamento das retas verticais no modo cursor do osciloscópio. Todavia essa pequena disparidade é tolerável, visto que foi uma medida manual, feita “a olho”, ou seja, sujeita a erros de medida.

O cálculo do capacitor nesse circuito é dado como segue:

Média das constantes de tempo:  $(188 \text{ us} + 184 \text{ us}) / 2 = 186 \text{ us}$  (para minimizar o erro na medida)

$$C = 186 \text{ us} / 806 \, \Omega = 0,2308 \mu\text{F}$$

O capacitor encontrado foi bastante próximo ao valor nominal do mesmo. Considerando que os capacitores utilizados não garantem a capacitância nominal, o valor encontrado é aceitável.

## 2) Circuito 1, 5V de entrada

Para a obtenção dos resultados desse circuito foi utilizada a mesma metodologia do circuito 1, só que nesse caso ajustamos a tensão do gerador de funções para 5V e ajustamos novamente o offset. Os gráficos obtidos são mostrados a seguir:

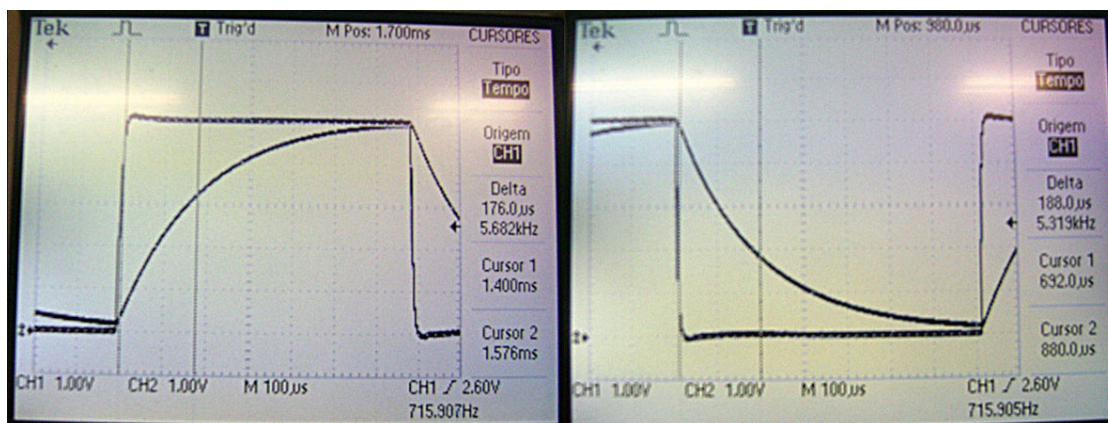


Figura 3 - Gráficos da carga e descarga do capacitor no circuito 1 com 5V na entrada Vin e constantes de tempo de 176us e 188us, respectivamente

Tabela 2 - Resumo da tensão e tempo de carga e descarga até atingir a constante de tempo

Tensão de Carga (V)	Constante de Tempo Carga (us)	Tensão de Descarga (V)	Constante de Tempo de Descarga (us)
3,2	176	1,8	188

--	--	--	--

O cálculo do capacitor nesse circuito é dado como segue:

Média das constantes de tempo:  $(176 \text{ us} + 184 \text{ us}) / 2 = 182 \text{ us}$  (para minimizar o erro na medida)

$$C = 182 \text{ us} / 806 \, \Omega = 0,2258 \, \mu\text{F}$$

Nessa medida obtivemos um valor de capacitor mais próximo ao valor nominal, porém ainda com uma pequena diferença. Essa disparidade é tolerável, pelos mesmos motivos apresentados para a capacitância encontrada no primeiro circuito montado.

### 3) Circuito 2, 12V de entrada

As medidas desse circuito foram análogas aos dos dois primeiros circuitos montados. Acompanhe na figura que segue:

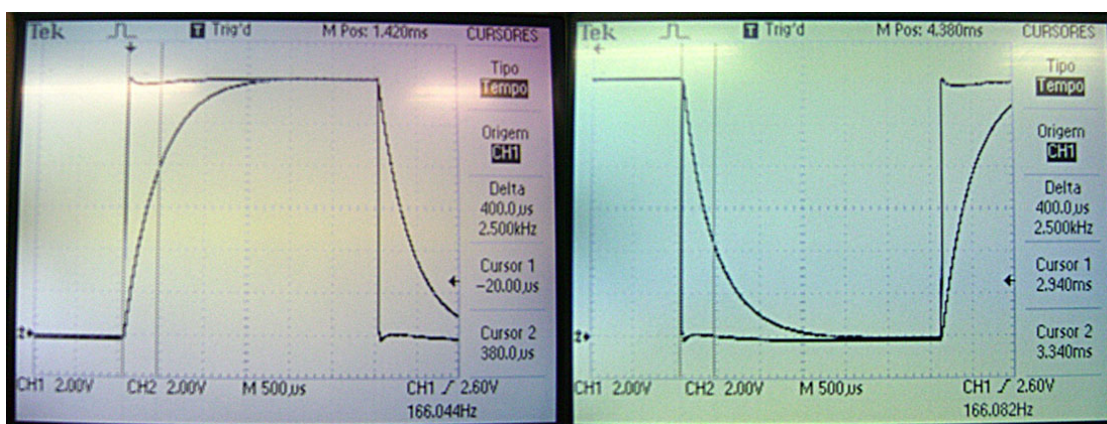


Figura 4 - Gráficos da carga e descarga do capacitor no circuito 2 com 12V na entrada  $V_{in}$  e constantes de tempo de 176us e 188us, respectivamente

Tabela 3 - Resumo da tensão e tempo de carga e descarga até atingir a constante de tempo

Tensão de Carga (V)	Constante de Tempo Carga (us)	Tensão de Descarga (V)	Constante de Tempo de Descarga (us)
7,68	400	4,32	400

O cálculo do capacitor nesse circuito é dado como segue:

$$C = 400 \text{ us} / 806 \, \Omega = 0,4963 \, \mu\text{F}$$

O valor de capacitância encontrado está dentro do esperado, já que havia no circuito 2 dois capacitores de 0,22  $\mu\text{F}$  em paralelo, gerando um capacitor equivalente nominal de 0,44  $\mu\text{F}$ .

## **Perguntas e Respostas**

### **1) No circuito 1, como a alteração de voltagem, a constante de tempo muda? Por que?**

A alteração da tensão não altera a constante de tempo, pois a constante depende apenas de RC, ou seja, variando a tensão não irá refletir em mudanças em R ou em C, logo a constante se mantém inalterada.

### **2) Qual a diferença da constante de tempo na subida e na descida de um circuito RC? Por quê?**

Não há diferença da constante de tempo na subida e na descida de um circuito RC devido as equações que seguem:

$$V = V_o*(1-e^{(-t/RC)}) \text{ e } V = V_o*(e^{(-t/RC)})$$

Essas equações nos mostram que para subida (64%) e descida (36%), os valores percentuais sobre  $V_o$  são complementares, e por isso  $t$  e RC (constante de tempo) são os mesmos nos dois casos.

### **3) Como circuitos RC afetam o desempenho de circuitos integrados?**

Dependendo das grandezas de resistência e capacitância associados aos circuitos integrados do tipo CMOS (visto em aula) por exemplo, a constante de tempo pode ser muito grande, e dessa forma o tempo de carga desse capacitor associado também será grande, afetando diretamente o desempenho do circuito, devido aos atrasos gerados pelo mesmo, ou seja, a velocidade de resposta do circuito integrado diminui.

## **Conclusões**

Nessa aula prática tivemos nosso primeiro contato com os circuitos RC, bem como com o gerador de sinais e o osciloscópio. A maior dificuldade encontrada pelo grupo foi inicialmente entender o funcionamento do osciloscópio, seus canais, trigger, auto-ajuste de onda, dentre outras funções e também mexer no offset do gerador de sinais, para manter o sinal gerado acima do GND.

Após estarmos ambientados com os equipamentos conseguimos realizar a prática rapidamente, pois a montagem do circuito e o posicionamento das ponteiros do osciloscópio no circuito RC foram simples de executar.