

**Inatel**

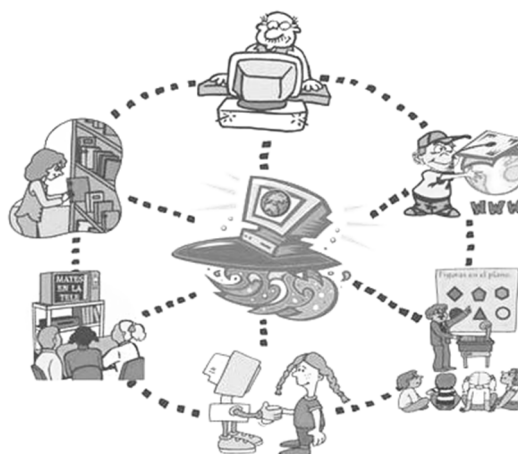
# E202

## CIRCUITOS ELÉTRICOS II

### Guia de Experiências de Laboratório

**Aluno:** \_\_\_\_\_

**Turma: L** \_\_\_\_\_



**INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES****INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES****LABORATÓRIO DE E202 – PRIMEIRA ATIVIDADE**

**1.1 - Introdução:** Normas do laboratório e objetivos das atividades práticas de Circuitos Elétricos II. Rápida revisão dos princípios fundamentais de segurança pessoal e de segurança para os instrumentos de medidas elétricas. Apresentação do ambiente de laboratório com seus respectivos acessórios.

**1.1.1 - REGRAS GERAIS DO LABORATÓRIO.**

- a) Cuidados no manuseio dos aparelhos e componentes. Não ter medo, mais ter cuidado.
- b) Sempre observar as instruções de uso dos aparelhos, de acordo com suas especificações, e aquelas dadas pelo instrutor.
- c) Manter a bancada sempre bem organizada, deixando-a assim a cada vez que encerrar as suas atividades. A organização facilita o trabalho e minimiza as possibilidades de um acidente.
- d) Antes de ligar qualquer aparelho à rede elétrica, verificar qual é a sua tensão de alimentação.
- e) Cuidado com os limites de cada aparelho: tensão máxima, corrente máxima, potência máxima, escala correta para o uso que irá fazer em cada momento etc.. Consulte as suas especificações, atenção às instruções recebidas e, na dúvida, consulte antes o instrutor.
- f) Tenha sempre uma postura adequada para um universitário, futuro engenheiro, fazendo a sua parte de forma correta na manutenção da ordem, na organização da bancada, no interesse e participação dos trabalhos, no uso sempre de roupas adequadas para atividades práticas em laboratório (conforme recomendações da própria escola) etc..

**1.2 - OBJETIVOS DAS ATIVIDADES PRÁTICAS DE LABORATÓRIO DE (PRATLAB).**

Permitir ao aluno treinar-se nas técnicas de montagens de circuitos elétricos e no uso dos aparelhos/instrumentos fundamentais neles empregados: multímetro, osciloscópio, fontes de tensão e de corrente a. c. e geradores de funções, em continuação ao que já foi visto em E201 - Circuitos Elétricos I. Introduzir os primeiros conceitos práticos de análise de circuitos em c. a. senoidal, regime permanente, com foco nas medições de tensão e corrente senoidais puras, suas fases, períodos, frequências, defasagem entre sinais senoidais, reatância, impedância e ressonância. Introdução a sistemas trifásicos.

**1.3 – ATIVIDADES EXTRAS DE LABORATÓRIO (EXTRALAB)**

Permitir ao aluno um contato prévio com os assuntos a serem tratados nas atividades Pratlabor, preparando-o para um melhor aproveitamento dos trabalhos a serem realizados no laboratório.



## INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES

### LABORATÓRIO DE E202 – SEGUNDA ATIVIDADE

**2.1 – Introdução: valores típicos de uma c. a. senoidal.**

**2.2 – PARTE PRÁTICA: Medições com o uso do multímetro e do osciloscópio. Medidas dos valores típicos de uma c.a. senoidal pura: pico, pico a pico, período e, a partir daí, determinar a frequência, a velocidade angular, o valor médio de meio ciclo e o valor eficaz.**

**2.2.1 – Ajustar a saída do gerador de funções para uma tensão senoidal de 15 V<sub>pp</sub> e frequência de 500 Hz. Após isto, fazer as seguintes medidas e cálculos:**

**a) Calcular o valor eficaz da tensão ajustada no gerador (V<sub>ef</sub>). Com o multímetro, medir o valor eficaz desta mesma tensão.**

V<sub>ef</sub> calculado = \_\_\_\_\_ [            ]

V<sub>ef</sub> medido = \_\_\_\_\_ [            ]

**Cálculos:**

**b) Ligar na saída do gerador um resistor de 470 Ω / 1 W e calcular o valor eficaz da corrente por ele (I<sub>ef</sub>). Com o multímetro, medir o valor eficaz desta mesma corrente.**

I<sub>ef</sub> calculado = \_\_\_\_\_ [            ]

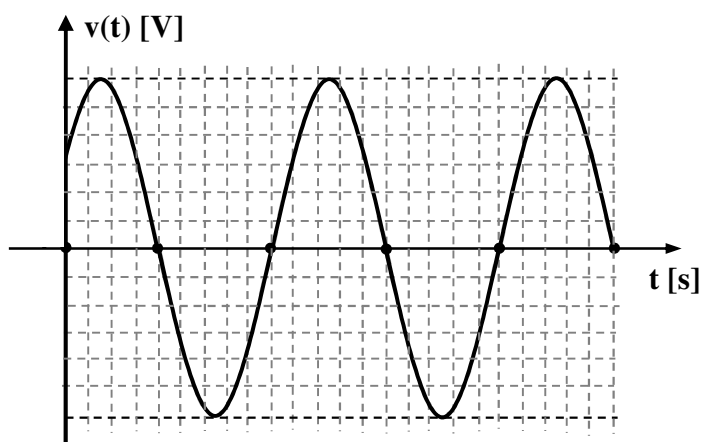
I<sub>ef</sub> medido = \_\_\_\_\_ [            ]

**Cálculos:**

- c) Com o osciloscópio, medir o valor de pico a pico da tensão na saída do gerador ( $V_{pp}$ ), desenhando a forma de onda vista. Calcular também, a partir da medida feita, seu valor eficaz ( $V_{ef}$ ).

$V_{pp}$  medido = \_\_\_\_\_ [            ]

$V_{ef}$  calculado = \_\_\_\_\_ [            ]



Cálculos:

- d) Com o osciloscópio, medir o período  $T$  da tensão na saída do gerador.

$T$  medido = \_\_\_\_\_ [            ]

- e) Calcular a frequência  $f$  do sinal medido.

$f$  calculado = \_\_\_\_\_ [            ]

Cálculos:

- f) Calcular a frequência angular  $w$  do sinal medido.

$W$  calculado = \_\_\_\_\_ [            ]

Cálculos:

g) **Calcular** a fase do sinal, de acordo com o gráfico do item “c” anterior ( $\phi$ ).

Fase ( $\phi$ ) = \_\_\_\_\_

**Cálculos:**

h) Ligar na saída do gerador um resistor de  $470\ \Omega$  / 1 W e **medir** com o uso do **osciloscópio** (medida feita de forma indireta) o valor eficaz da corrente por ele ( $I_{ef}$ ). **Calcular** também esta mesma corrente.

$I_{ef}$  medido = \_\_\_\_\_ [            ]

$I_{ef}$  calculado = \_\_\_\_\_ [            ]

**Cálculos:**

i) **Calcular** a potência média dissipada no resistor de carga ligado ao gerador.

$P_{med}$  = \_\_\_\_\_ ]            ]

**Cálculos:**

INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕESINSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES

3

## LABORATÓRIO DE E202 – TERCEIRA ATIVIDADE

**3 - MONTAGEM EM *PROTOBOARD* ENVOLVENDO CIRCUITO INTEGRADO (CI).****3.1 - CIRCUITO A SER MONTADO.**

**OBSERVAÇÃO INICIAL:** Esta atividade poderá ser realizada em duas aulas de laboratório (duas semanas), caso necessário. Por ser uma montagem mais trabalhosa, sua conclusão e funcionamento do circuito poderão ser feitos na semana seguinte.

Nesta atividade será montado um **pisca-pisca de potência**, ilustrado na FIG. 3.1, designação proveniente do fato de que ele irá comandar **lâmpadas de maior consumo** de energia elétrica (**maior potência**). O "chaveamento" da alimentação para a lâmpada piscar será feito diretamente por um **SCR**, que por sua vez será comandado por um circuito à base do **CI 555**. O circuito integrado **555** é um gerador de pulsos, muitas vezes identificado como o nome de "timer" (será objeto de estudo em outra disciplina).

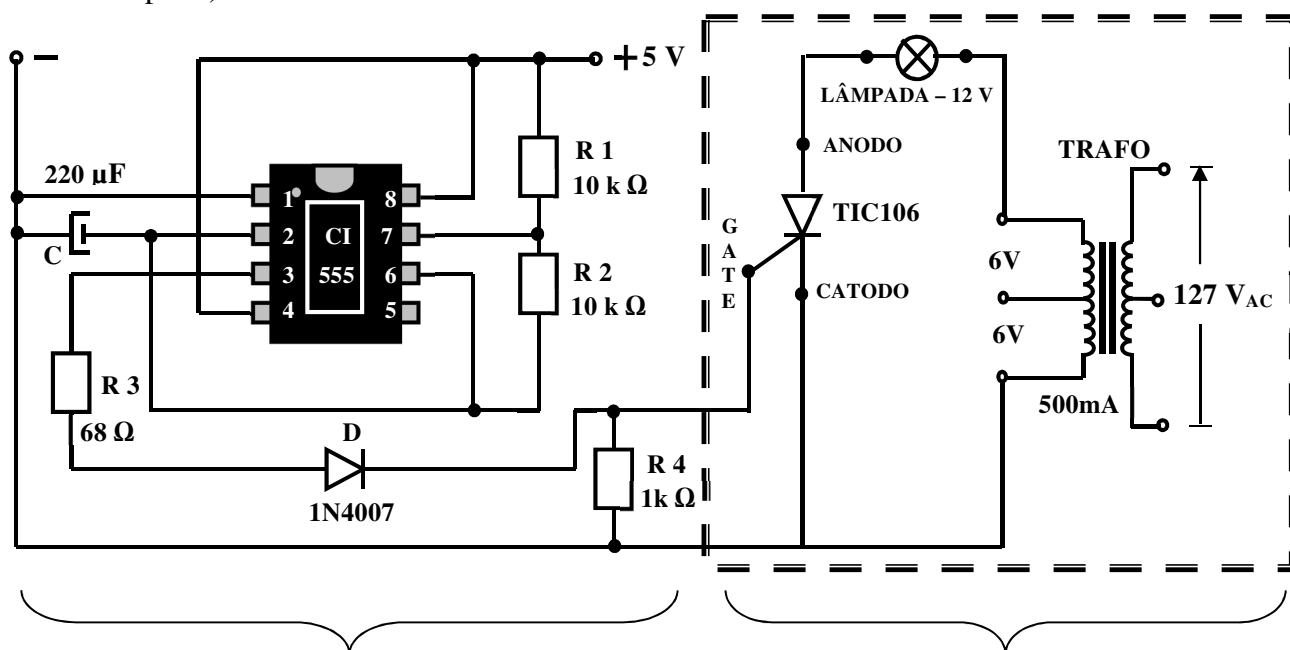


FIG. 3.1

### 3.2 - IDENTIFICAÇÃO DOS COMPONENTES.

#### a - CI – 555.

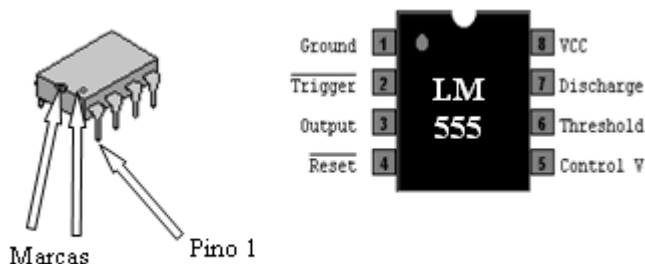


FIG. 3.2 – CI 555

O CI-555 tem o aspecto físico apresentado na FIG. 3.2. O tipo mostrado é considerado convencional para CI's. A contagem dos pinos é feita no sentido anti-horário a partir de uma **MARCA** de referência próxima ao **pino 1** ou no centro de uma de suas extremidade. Olhando o CI por cima, tal extremidade deve estar voltada para o alto, tal como aparece na Fig. 3.2.

#### b - S.C.R. (TIRISTOR) (SCR - Silicon Controlled Rectifier ou Retificador Controlado de Silício)

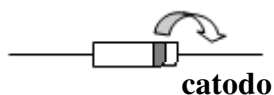
O aspecto físico do SCR. é mostrado na FIG. 3.3 abaixo. A identificação dos seus terminais deve ser feita olhando-se o componente de frente. Neste caso, tem-se, da esquerda para a direita, os terminais referentes ao CATODO, ANODO e GATE (CAG).



FIG. 3.3

#### c – DIODO 1N9014

A identificação de seus terminais é feita através de uma **referência para identificar o seu CATODO**, que corresponde ao terminal **negativo**, caso ele seja polarizado no sentido de **condução**.



### 3.3 - PARTE PRÁTICA.

#### 3.3.1 - Calcule:

A) Tempo em que saída fica em nível lógico alto (lâmpada ligada).

$$th = 0,693 * C(R1 + R2)$$

$$Th = \underline{\hspace{2cm}} [ \quad ]$$

**B) Tempo em que a saída fica em nível lógico baixo (lâmpada desligada).**

$$t_l = 0,693 * R_2 * C$$

$$T_l = \underline{\hspace{2cm}} \text{ [ ]}$$

**C) Período e frequência do sinal.**

$$t = 0,693 * C(R_1 + 2R_2)$$

$$F = \frac{1,44}{(R_1 + 2R_2) * C}$$

$$T = \underline{\hspace{2cm}} \text{ [ ]}$$

$$F = \underline{\hspace{2cm}} \text{ [ ]}$$

### 3.3.2 – Medidas:

**Com o auxílio do osciloscópio, plote o sinal de saída do circuito e faça as seguintes medidas, comparando-as com o item anterior:**

$$T_h = \underline{\hspace{2cm}} \text{ [ ]}$$

$$T_l = \underline{\hspace{2cm}} \text{ [ ]}$$

$$T = \underline{\hspace{2cm}} \text{ [ ]}$$

$$F = \underline{\hspace{2cm}} \text{ [ ]}$$

Obs: O cabo de medida do osciloscópio deve ser colocado no pino de saída do CI 555 e GND. Para uma melhor visualização do sinal, o time/div deve ser ajustado entre 1 a 5 segundos.



INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES

4

INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES

## LABORATÓRIO DE E202 – QUARTA ATIVIDADE

**Continuação da 3ª Atividade:** Montagem prática de um circuito pisca-pisca de potência e medições das grandezas solicitadas.. Comentar discrepâncias, caso existam.

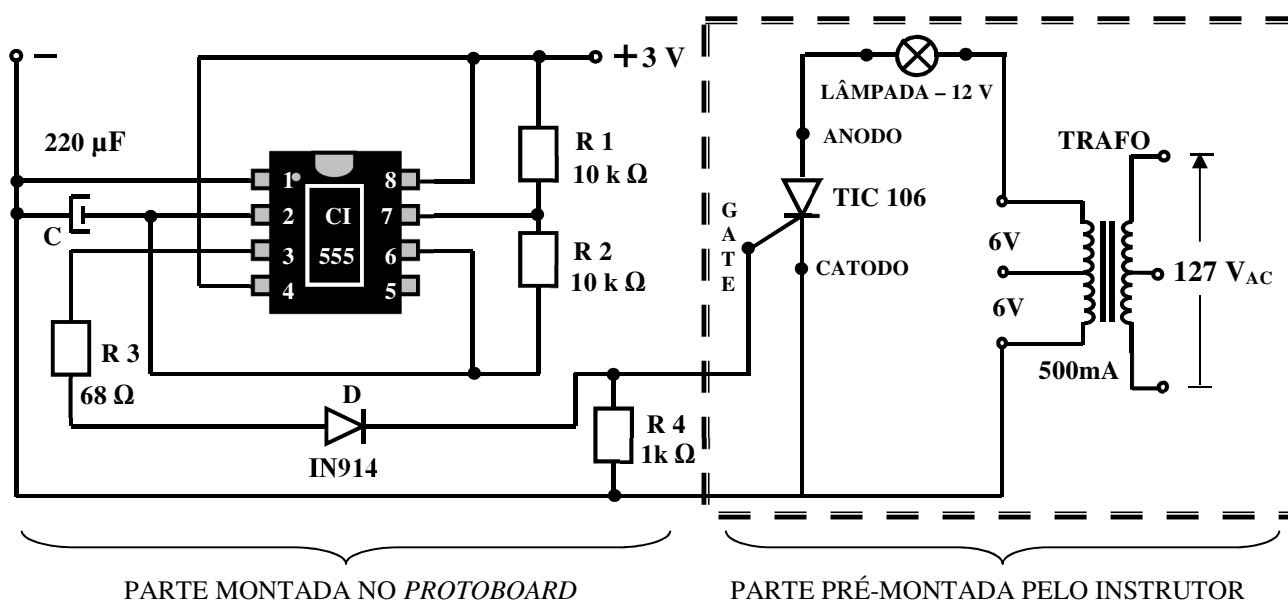
Após a montagem da parte do *protoboard*, você mesmo verificará se o circuito está montado de forma correta ou não.

PARA TAL, PROCEDER-SE DA SEGUINTE FORMA:

COM O VOLTÍMETRO DIGITAL, AJUSTE A ESCALA PARA 2 V<sub>DC</sub> E FAÇA A MEDIDA DA TENSÃO SOBRE A RESISTÊNCIA R4. ESTA TENSÃO DEVERÁ VARIAR DE ZERO A  $\pm 1$  V<sub>dc</sub>.

Caso não esteja variando desta forma, reveja as ligações feitas, pois deve ter algo errado na montagem.

Tendo constatado funcionamento correto desta parte, o aluno deverá, mediante a interpretação do esquema, **interligar as duas partes**. Recomenda-se o **máximo de atenção e cuidado**, não se esquecendo um só momento que estamos trabalhando com 127 V<sub>AC</sub>, tensão que é suficiente para provocar um acidente por choque elétrico. Mas, não se deve confundir medo com atenção e cuidado: TENHA ATENÇÃO E CUIDADO, E NÃO MEDO.



Feita a interligação entre as duas partes, a lâmpada deverá piscar.

a) O CIRCUITO FUNCIONOU NA PRIMEIRA MONTAGEM? \_\_\_\_\_ SIM \_\_\_\_\_ NÃO

b) SE NÃO FUNCIONOU, DESCREVA QUAL FOI O PROBLEMA?

Descrição:



## INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES

## INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES

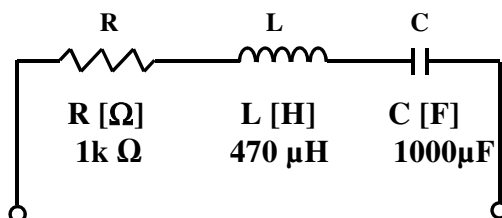
### LABORATÓRIO DE E202 – QUINTA ATIVIDADE

#### 5.1 – RESSONÂNCIA.

OBSERVAÇÃO: Em todos os casos considerar os componentes como ideais.

#### 5.2 – PARTE PRÁTICA: Simular no Multisim as montagens das associações RLC série e paralela propostas, efetuando as medições solicitadas

5.2.1 - Verificar o funcionamento da associação RLC série abaixo, operando na condição de ressonância. Ajustar sua alimentação com uma tensão senoidal de  $1 V_p$  e  $f = f_0$ . Anotar os valores medidos solicitados:



5.2.1.1 – Valor da tensão e da corrente em cada componente e valor da corrente total da associação.

$$V_R = \underline{\hspace{2cm}} \quad V_L = \underline{\hspace{2cm}} \quad V_C = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$I_R = \underline{\hspace{2cm}} \quad I_L = \underline{\hspace{2cm}} \quad I_C = \underline{\hspace{2cm}} \quad I_T = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_{LC} = \underline{\hspace{2cm}}$$

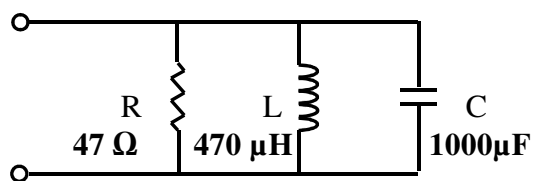
5.2.1.2 – Valor da tensão na associação LC (nos terminais da associação do indutor L com o capacitor C somente).

$$V_{LC} = \underline{\hspace{2cm}}$$

5.2.1.3 – Defasagem ( $\varphi$ ) entre a tensão total e a corrente total.

$$\varphi = \underline{\hspace{2cm}}$$

5.2.2 - Verificar o funcionamento da associação RLC paralela abaixo, operando na condição de ressonância. Ajustar sua alimentação com uma tensão senoidal de  $1\text{ V}_p$  e  $f = f_0$ . Anotar os valores medidos solicitados:



5.2.2.1 – Valor da tensão em cada componente da associação e valor da corrente total da associação LC.

$V_R =$  \_\_\_\_\_  $V_L =$  \_\_\_\_\_  $V_C =$  \_\_\_\_\_  $I_{LC} =$  \_\_\_\_\_

5.2.2.2 – Valor da corrente em R e valor da corrente total da na associação.

$I_R =$  \_\_\_\_\_  $I_T =$  \_\_\_\_\_

5.2.2.3 – Defasagem ( $\phi$ ) entre a tensão total e a corrente total.

$\phi =$  \_\_\_\_\_

6

INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES

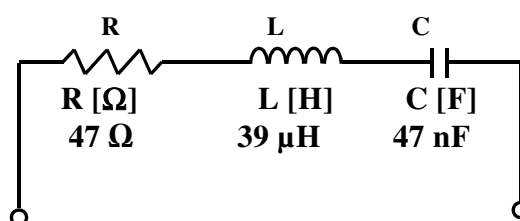
INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES

**LABORATÓRIO DE E202 – SEXTA ATIVIDADE**

**6.1 – RESSONÂNCIA.**

**6.2 – PARTE PRÁTICA: MONTAR** no *protoboard* as associações RLC série proposta, efetuando as medições das tensões e correntes indicadas. Alimentar com tensão senoidal de 1 V<sub>p</sub> e  $f = f_0$ .

**6.2.1 – Série:**



$$V_R = \underline{\hspace{2cm}} \quad V_L = \underline{\hspace{2cm}} \quad V_C = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$I_R = \underline{\hspace{2cm}} \quad I_L = \underline{\hspace{2cm}} \quad I_C = \underline{\hspace{2cm}} \quad I_T = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_{LC} = \underline{\hspace{2cm}}$$

**6.3 – Agora repita o mesmo procedimento alterando a frequência para  $f=2*f_0$**

**RESPONDA :**

a) O circuito se tornou mais capacitivo ou mais indutivo. Justifique.

b) O que deveria ser feito sem alterar a frequência para que o circuito volte para sua ressonância ?

INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕESINSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES

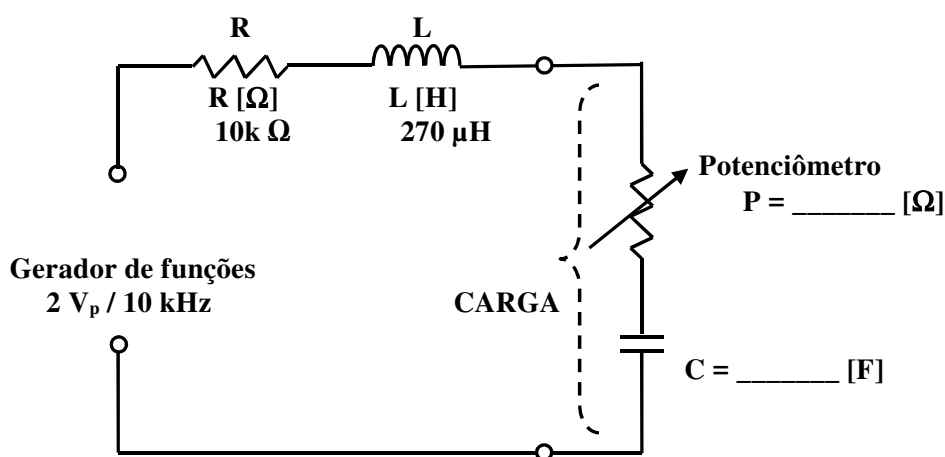
7

## LABORATÓRIO DE E202 – SÉTIMA ATIVIDADE

7.1 - Breve discussão sobre os conceitos fundamentais de impedância.

7.2 – PARTE PRÁTICA. Simulação no software Multisim.

7.2.1 - Antes de ligar o potenciômetro P e o capacitor C ao circuito, calcule seus valores para que ocorra a máxima transferência de potência entre a associação RL e a carga. Em seguida, monte o circuito, ajustando no gerador de funções uma senoide com frequência  $f = 10 \text{ kHz}$  e tensão de  $2 \text{ V}_p$ . Não se esqueça de aterrar o circuito.



7.2.2 – Coloque o circuito em funcionamento. Em seguida, ligue o canal 1 do osciloscópio nos terminais da associação RL e o canal 2 na CARGA.

7.2.3 – Com o circuito em funcionamento, comece a mexer no ajuste do potenciômetro P alterando sua resistência até que a tensão na associação RL e a tensão na associação RC tenham o mesmo valor, o que pode ser visto nos sinais dos canais 1 e 2 do osciloscópio.

7.2.4 – Em seguida, faça as medidas a seguir solicitadas.

a) Com o uso do osciloscópio, meça a tensão V na CARGA.

$$V = \text{_____} [ \quad ]$$

b) Calcule a corrente I na CARGA.

$$I = \text{_____} [ \quad ]$$

c) Calcule a impedância  $Z$  da CARGA.

$$Z = \underline{\hspace{2cm}} [ \hspace{1cm} ]$$

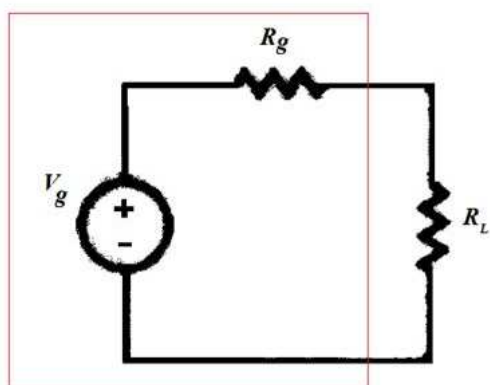
d) Verificar se o circuito opera na condição de máxima transferência de potência para a carga  $Z$ , justificando o resultado.

         SIM

         NÃO

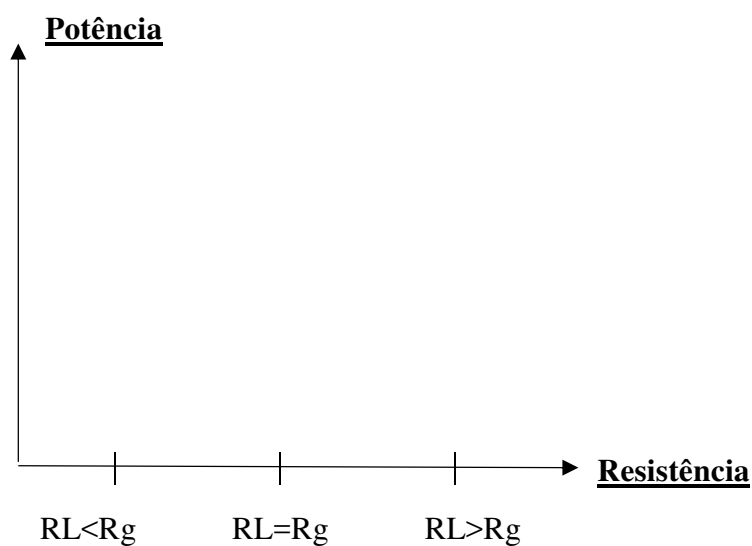
**JUSTIFICATIVA:**

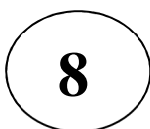
e) No circuito abaixo, faça o gráfico de potência pela variação de  $R_L$ : (Demonstre os cálculos)



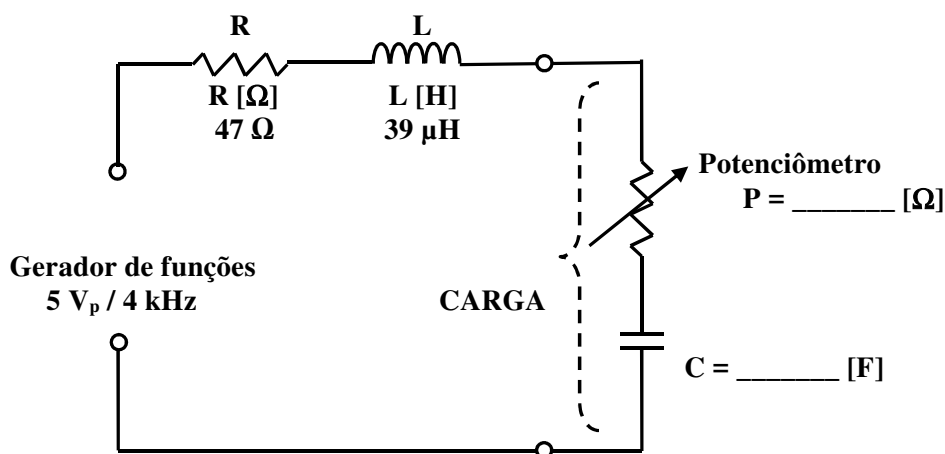
Para  $V_g = 10\text{V}$  e  $R_g = 50\Omega$

$$P_{\text{carga}} = \left( \frac{V_g}{R_g + R_L} \right)^2 \cdot R_L$$



**INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES****INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES****LABORATÓRIO DE E202 – OITAVA ATIVIDADE****8.1 - Breve discussão sobre os conceitos fundamentais de impedância.****8.2 – PARTE PRÁTICA.**

**8.2.1 - Antes de ligar o potenciômetro P e o capacitor C ao circuito, calcule seus valores para que ocorra a máxima transferência de potência entre a associação RL e a carga. Em seguida, monte o circuito, ajustando no gerador de funções uma senoide com frequência  $f = 4 \text{ kHz}$  e tensão de  $5 \text{ V}_p$ . Não se esqueça de aterrar o circuito.**



**8.2.2 – Coloque o circuito em funcionamento. Em seguida, ligue o canal 1 do osciloscópio nos terminais da associação RL e o canal 2 na CARGA.**

**8.2.3 – Com o circuito em funcionamento, comece a mexer no ajuste do potenciômetro P alterando sua resistência até que a tensão na associação RL e a tensão na associação RC tenham o mesmo valor, o que pode ser visto nos sinais dos canais 1 e 2 do osciloscópio.**

**8.2.4 – Em seguida, faça as medidas a seguir solicitadas.**

**e) Com o uso do osciloscópio, meça a tensão V na CARGA.**

$$V = \text{_____} [ \quad ]$$

**f) Calcule a corrente I na CARGA.**

$$I = \text{_____} [ \quad ]$$

**g) Calcule a impedância Z da CARGA.**

**Z = \_\_\_\_\_ [        ]**

**h) Verificar se o circuito opera na condição de máxima transferência de potência para a carga Z, justificando o resultado.**

\_\_\_\_\_ **SIM**

\_\_\_\_\_ **NÃO**

**JUSTIFICATIVA:**



**9****INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES****INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES****LABORATÓRIO DE E202 – NONA ATIVIDADE**

**Teste em bancada (3 integrantes) para fixação de todo o conteúdo, contendo parte teórica, montagem e simulação.**

---

**10****INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES****INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES****LABORATÓRIO DE E202 – DÉCIMA ATIVIDADE**

**Prática individual para geração da nota NL3, conforme Plano de Ensino da disciplina.**

---

## APÊNDICE

### VALOR EFICAZ DE UMA TENSÃO ALTERNADA SENOIDAL

#### CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Sabemos que um resistor puro ao ser percorrido por uma corrente elétrica irá se aquecer. Isto é o efeito da transformação da energia elétrica que lhe é fornecida em energia térmica, conhecido como Efeito Joule. Considere as duas situações abaixo descritas.

- 1) Ao aplicarmos em um resistor  $R$  uma tensão contínua pura (aquela cuja polaridade e intensidade são constantes no tempo, ou seja, não variam), a quantidade de calor produzida nele pela transformação da energia elétrica em energia térmica será também constante ao longo do tempo. Por exemplo, se a transformação de energia elétrica em calor corresponder a 5 Joules por segundo (5 J/s) ou 5 Watts (5 W) (Joule / s = Watt), ao final de 60 segundos a energia total transformada será de  $5 \text{ J/s} \times 60 \text{ s} = 300 \text{ J}$ .
- 2) Ao aplicarmos no mesmo resistor  $R$  uma tensão alternada senoidal (aquela cuja polaridade e intensidade variam no tempo de forma senoidal), a quantidade de energia transformada também irá variar no tempo, ou seja, terá um valor diferente em cada instante de tempo, que é chamado de valor instantâneo. Se considerarmos que a tensão vai variar de zero até um valor máximo e, em seguida, diminuir até zero novamente (como ocorre em meio ciclo de uma senoide), a energia elétrica transformada em calor também terá o mesmo comportamento: vai variar de zero, quando a tensão for zero, até um valor máximo, quando a tensão for máxima, e começar a diminuir até voltar a ser zero novamente, quando a tensão voltar a ser zero. Se este intervalo de variação corresponder, por exemplo, a um tempo de 60 segundos, para se conhecer a quantidade total da energia transformada nos 60 segundos é necessário se saber quanto de energia está sendo transformado em cada intervalo de 1 segundo (conhecer os valores instantâneos) e se somar os 60 valores correspondentes aos 60 intervalos de 1 segundo existentes em 60 segundos. O cálculo feito por este procedimento não é complicado, mas é um pouco trabalhoso e envolve o conhecimento de valores do seno (ou cosseno) de alguns ângulos para se encontrar qual a energia transformada em cada 1 segundo. Alternativamente, este mesmo cálculo poderia ser feito com conhecimento de cálculo integral.
- 3) Um procedimento mais simples é fazer o cálculo usando o valor médio da energia que é transformada em calor por segundo, dentro de um determinado intervalo de tempo (no nosso exemplo, 60 segundos). O perfeito entendimento disto pressupõe o bom entendimento do que significa o valor médio de uma grandeza variável no tempo (e não somente se saber como ele é calculado).

Quando se tem o valor médio, o consumo total em um intervalo de  $x$  segundos é obtido simplesmente se multiplicando este valor médio pelo valor de  $x$ , mesmo procedimento usado no caso da tensão contínua pura que foi mostrado no item 1 acima. Lembrar que para uma grandeza constante no tempo, valor instantâneo, valor máximo, valor mínimo e valor médio, são todos a mesma coisa, ou seja, têm todos o mesmo valor (válido também para o valor eficaz).

-----

Antes de prosseguirmos, vamos fazer uma comparação do que foi descrito acima com algo que conhecemos bem em nosso dia-a-dia. Suponha uma turma com 60 alunos onde todos obtêm a mesma nota em uma avaliação: 5 pontos. Para sabermos o total de pontos que a turma toda acumulou basta somarmos as 60 notas 5 que cada aluno obteve ou, o que é mais simples, multiplicarmos  $60 \times 5 = 300$  pontos. Este é o caso da tensão contínua pura do item 1 acima, onde a nota 5 corresponde à energia transformada por segundo ( $5 \text{ J/s} = 5 \text{ W}$ ) e os 60 alunos, para os quais desejamos o total de pontos acumulados (300 pontos), correspondem ao período de 60 segundos dentro do qual desejamos conhecer o total de energia transformada (300 J).

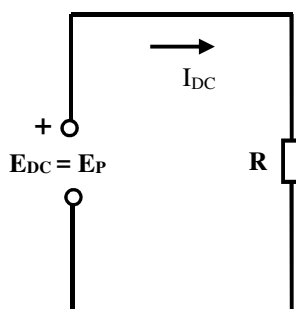
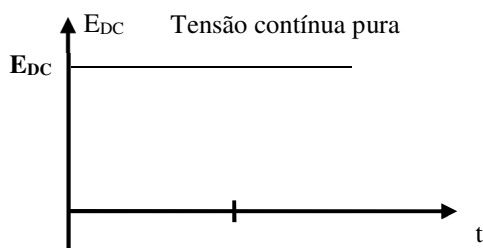
Agora suponha que cada aluno tenha tirado uma nota diferente e que desejamos saber, da mesma forma, o total de pontos acumulados pela turma: temos que conhecer cada uma das 60 notas e somá-las para obtermos o total acumulado ou, alternativamente, calcularmos a média da turma e multiplicá-la por 60. Este é o caso do item 2 acima, onde se deseja conhecer a energia elétrica total transformada em calor no resistor  $R$  em certo intervalo de tempo, sendo ele alimentado por uma tensão alternada senoidal, tensão esta que produzirá uma transformação de energia também variável no tempo, conforme mencionado naquele item.

-----

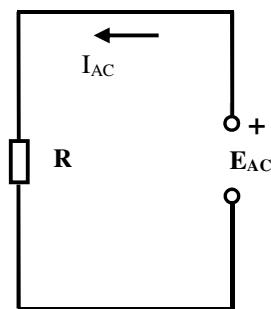
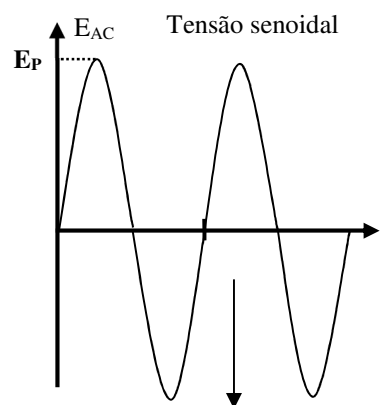
## VALOR EFICAZ DE UMA TENSÃO ALTERNADA SENOIDAL

### COMO ENCONTRÁ-LO E O QUE SIGNIFICA: PROCEDIMENTO 1

Deseja-se aquecer dois resistores de resistências  $R$  iguais entre si a uma mesma temperatura, usando em um dos resistores uma tensão contínua pura  $E_{DC}$  e no outro  $R$  uma tensão alternada senoidal  $E_{AC}$ . Para isto foi feita a experiência ilustrada abaixo nas **FIGURAS 1a, 1b, 2a e 2b**, onde cada fonte tem os seguintes valores de tensão: **fonte de tensão alternada senoidal** com valor máximo ou valor de pico igual a  $E_P$  e **fonte de tensão contínua pura** com valor de tensão constante igual a  $E_{DC}$ , sendo  $E_{DC}$  igual ao valor de pico da tensão alternada, ou seja,  $E_{DC} = E_P$ .

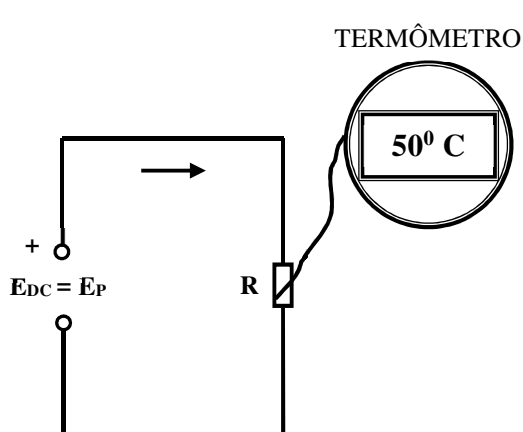


**FIG. 1a** - Circuito D puro

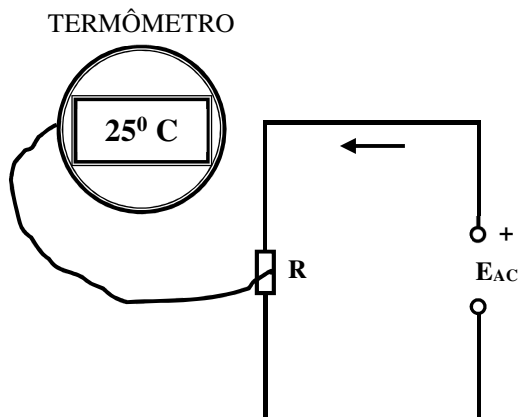


**FIG. 2a** - Circuito AC senoidal

Constatou-se na experiência que as temperaturas atingidas pelos resistores não foram iguais entre si: o **resistor do circuito DC se aqueceu a 50° C** e o **resistor do circuito AC se aqueceu a 25° C**.



**FIG. 1b** - Circuito DC puro



**FIG. 2b** - Circuito AC senoidal

A grande pergunta agora é: o que fazer para que os dois resistores sejam aquecidos à mesma temperatura?

Vamos admitir que se deseje que **R do circuito DC seja aquecido à mesma temperatura de R do circuito AC**, ou seja, que **ambos os resistores atinjam temperaturas de 25° C**. Qual deve ser o novo valor da tensão do circuito DC para que isto ocorra?

Como sabemos, a temperatura do resistor corresponde à quantidade de energia elétrica por segundo que nele está sendo transformada em energia térmica. A quantidade de energia elétrica por segundo é a Potência Elétrica.

### DETERMINAÇÃO DA NOVA TENSÃO DA FONTE DE TENSÃO CONTÍNUA PURA

Vamos chamar de  $E'_{DC}$  e de  $P'_{DC}$  a nova tensão DC e a nova potência elétrica DC que, no circuito com tensão contínua pura, farão com que a **temperatura em R passe a ser também de 25° C**, tal como no circuito AC.

Na experiência realizada, a potência  $P_{DC}$  em R do circuito DC, que o aqueceu a **50° C**, é:

$$P_{DC} = (E_{DC})^2 / R \quad \dots\dots\dots (1) \quad (\text{para R a } 50^\circ \text{ C})$$

A potência  $P'_{DC}$  em R do circuito DC na nova situação, onde se deseja aquecer R a **25° C**, é:

$$P'_{DC} = (E'_{DC})^2 / R \quad \dots\dots\dots (2) \quad (\text{para R a } 25^\circ \text{ C})$$

Na temperatura de **25° C** a potência será a **metade** da potência na temperatura de **50° C**. Assim:

$$P'_{DC} = P_{DC} / 2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

Substituindo-se (2) e (1) em (3):

$$(E'_{DC})^2 / R = [(E_{DC})^2 / R] / 2 \quad \therefore \quad (E'_{DC})^2 / R = (E_{DC})^2 / 2.R \quad \therefore \quad (E'_{DC})^2 = (E_{DC})^2 / 2 \quad \therefore$$

$$\therefore \quad E'_{DC} = E_{DC} / \sqrt{2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

Mas,  $E_{DC} = E_P$ . Logo, a equação (4) pode ser escrito como:

$$E'_{DC} = E_P / \sqrt{2}$$

Assim, vê-se que a tensão DC que provoca em R a mesma potência provocada pela tensão AC do tipo senoidal é igual ao **valor de pico desta tensão AC dividido por raiz quadrada de dois**.

A esta relação “**valor de pico / raiz de dois**” é o que chamamos de **VALOR EFICAZ** de uma tensão (ou corrente) alternada senoidal.

**E é isto que significa o VALOR EFICAZ de uma tensão variável no tempo: valor de uma tensão DC pura, ou seja, constante no tempo, que produz em um dado resistor de valor R, dentro de um mesmo intervalo de tempo, a mesma potência que está sendo produzida pela tensão variável no tempo. Se a forma de variação da tensão no tempo for do tipo senoidal, então o seu VALOR EFICAZ será igual ao “valor de pico desta tensão dividido por raiz quadrada de dois”.**

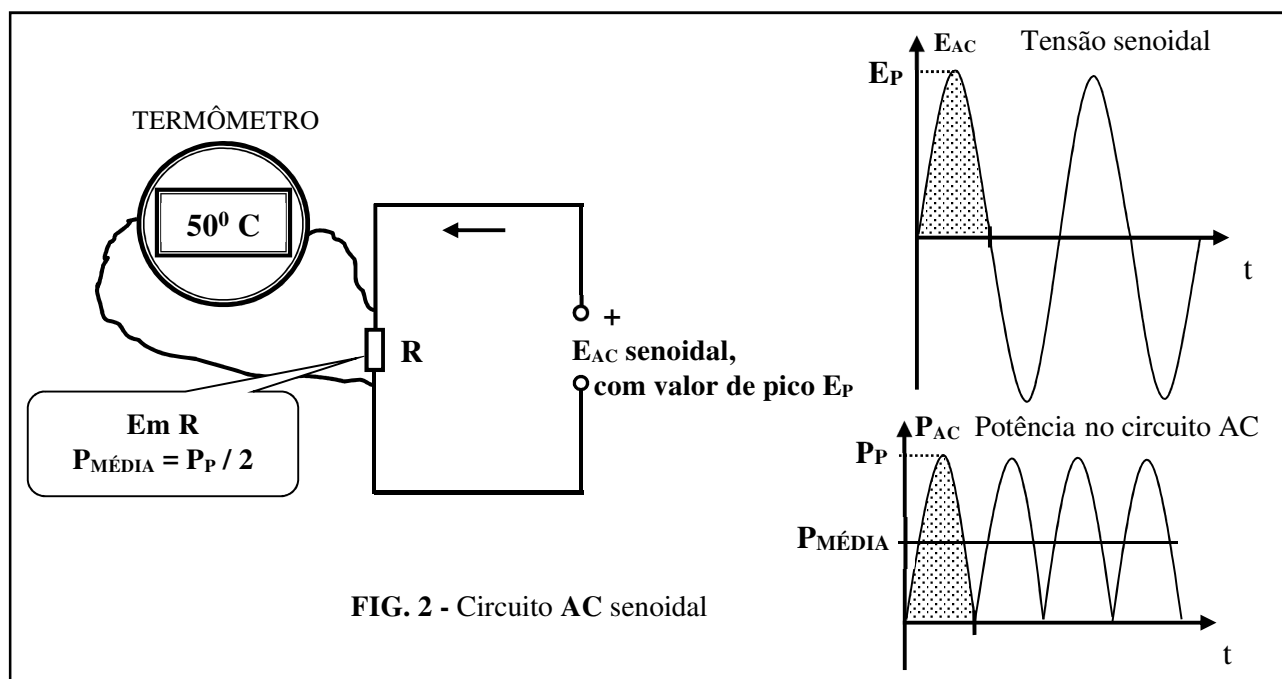
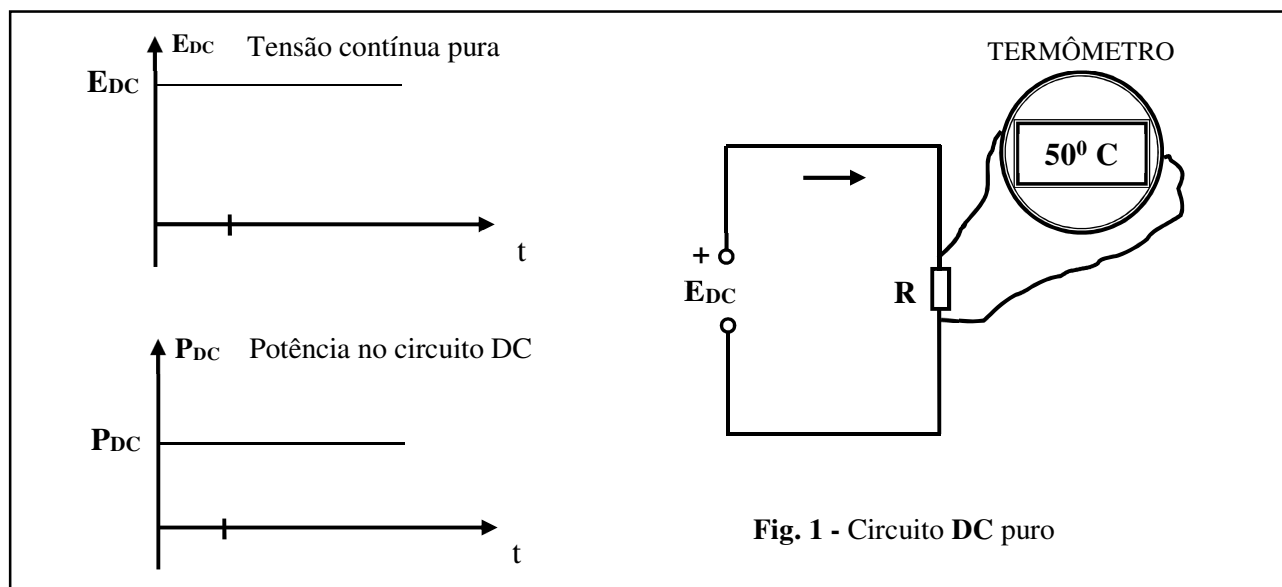
### OBSERVAÇÕES

- 1) Usa-se também:  $E_{EFICAZ}$  ou  $E_{EF}$  ou  $E_{RMS}$  ou, simplesmente, **E** (neste caso deve-se usar na unidade o sub-índice EF ou RMS para se informar que se trata do valor eficaz). Por exemplo:  $E_{RMS} = 20 \text{ [V]}$  ou  $E = 20 \text{ [V}_{EF}]$  ou  $E = 20 \text{ [V}_{RMS}]$ .
- 2) **Esta relação  $E/\sqrt{2}$  para o valor eficaz só é válida para grandeza senoidal**. Para outras formas de variação a relação será outra. Por exemplo: para uma variação na forma de “dente de serra” o valor eficaz é o “valor máximo / raiz de três”.
- 3) **Root Mean Square**, traduzido como **Valor Eficaz ou Valor Médio Quadrático**, é o nome em inglês derivado do aspecto da expressão matemática que permite o cálculo teórico deste valor.

## VALOR EFICAZ DE UMA TENSÃO ALTERNADA SENOIDAL

### COMO ENCONTRÁ-LO E O QUE SIGNIFICA: PROCEDIMENTO 2

Em uma experiência de laboratório foram montados dois circuitos contendo resistores de **resistência  $R$  iguais** entre si, sendo um alimentado por uma **tensão contínua pura de valor constante  $E_{DC}$**  (FIG. 1) e outro alimentado por uma **tensão alternada senoidal de valor máximo ou de pico igual a  $E_P$**  (FIG. 2). Os valores de  $E_{DC}$  e de  $E_P$  foram ajustados de tal forma que os dois resistores recebessem quantidades iguais de energia elétrica. Como esta energia será transformada em calor nos resistores, os dois atingiram exatamente a mesma temperatura ( $50^{\circ} \text{C}$ ). São mostrados também os gráficos representativos das tensões ( $E_{DC}$  e  $E_{AC}$ ) e potências ( $P_{DC}$  e  $P_{AC}$ ) nos dois circuitos.



Observou-se nessa experiência que a potência média ( $P_{MÉDIA}$ ) no circuito de corrente alternada era igual à metade da potência de pico ( $P_{PICO} = P_P$ ), ou seja:

$$P_{MÉDIA} = P_{PICO} / 2 \quad \text{ou} \quad P_{MÉDIA} = P_P / 2 \quad \text{de onde sai que:} \quad P_P = 2 \times P_{MÉDIA} \quad \dots\dots\dots (1)$$

A expressão geral que permite o cálculo de uma potência é  $P = E \times I$ . Assim, em um resistor ela pode ser calculada por  $P = E \times I$ . Mas, no caso do resistor ela também pode ser calculada por  $P = R \times I^2$  e ainda por  $P = E^2 / R$ , equações que podem ser encontradas com a manipulação da expressão geral  $P = E \times I$  e da 1ª lei de Ohm ( $V = R \times I$  ou  $I = V / R$  ou  $R = V / I$ ).

Assim, **para o circuito alimentado com corrente alternada senoidal**, podemos escrever que a potência no resistor  $R$ , que é variável no tempo, tem um **valor de pico ( $P_P$ )** igual a:

$$P_P = (E_P)^2 / R \quad \dots\dots\dots (2)$$

nos valendo da expressão  $P = E^2 / R$ .

Substituindo (1) em (2) vem:

$$2 \times P_{MÉDIA} = (E_P)^2 / R \quad \text{portanto} \quad P_{MÉDIA} = [(E_P)^2 / R] / 2 \quad \text{ou} \quad P_{MÉDIA} = (E_P)^2 / 2.R \quad \dots\dots\dots (3)$$

Para o **circuito alimentado com tensão contínua pura  $E_{DC}$** , podemos escrever que a **potência constante ( $P_{DC}$ )** no resistor  $R$  é:

$$P_{DC} = (E_{DC})^2 / R \quad \dots\dots\dots (4)$$

outra vez nos valendo da expressão  $P = E^2 / R$ .

Como os dois resistores atingiram a mesma temperatura (**50<sup>o</sup> C**), conclui-se que ambos receberam a mesma quantidade de energia elétrica dentro do mesmo intervalo de tempo, já que produziram a mesma quantidade de calor.

Isto nos leva a concluir então que:  $P_{DC} = P_{MÉDIA} \quad \dots\dots\dots (5)$

ou seja, que temos (4) = (3). Logo, substituindo (4) e (3) em (5):

$$(E_{DC})^2 / R = (E_P)^2 / 2.R \quad \text{portanto} \quad (E_{DC})^2 = (E_P)^2 / 2 \quad \dots\dots\dots (6)$$

De (6) sai:

$$\sqrt{(E_{DC})^2} = \sqrt{(E_P)^2 / 2} \quad \text{e}$$

$E_{DC} = E_P / \sqrt{2}$
---------------------------

Isto quer dizer que, para um mesmo intervalo de tempo, a tensão contínua pura  $E_{DC}$  que produz em um resistor  $R$  uma potência de valor igual ao valor médio da potência que é produzida no mesmo resistor  $R$  por uma tensão alternada senoidal, é igual ao **valor de pico da tensão senoidal dividido por raiz de dois**.

Esta relação “**valor de pico / raiz de dois**” é o que foi chamado de **VALOR EFICAZ** da tensão (ou corrente) alternada senoidal. Na língua inglesa é chamado **valor RMS**, letras iniciais de **R**oot **M**ean **S**quare, derivado do aspecto da expressão matemática que permite o cálculo teórico deste valor

Notações mais comuns:

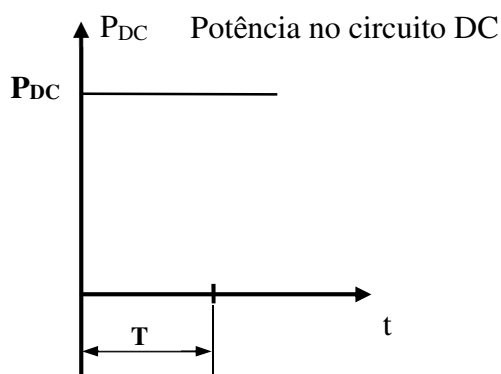
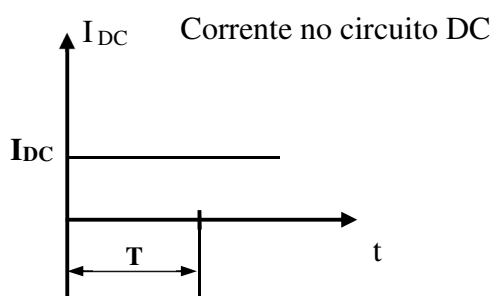
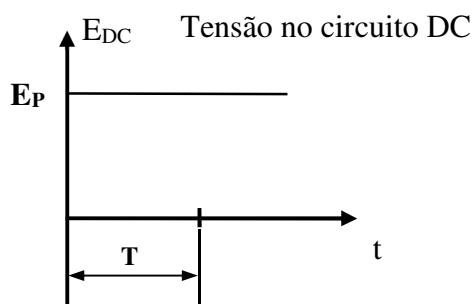
$$E_{EFICAZ} = E_P / \sqrt{2} \text{ [V]} \quad \text{ou} \quad E_{RMS} = \hat{E} / \sqrt{2} \text{ [V]} \quad \text{ou} \quad E = \hat{E} / \sqrt{2} \text{ [V}_{EF} \text{ ou } V_{RMS}]$$

## FORMAS DE VARIAÇÃO DA TENSÃO, CORRENTE E

### POTÊNCIA EM CADA UM DOS DOIS CIRCUITOS

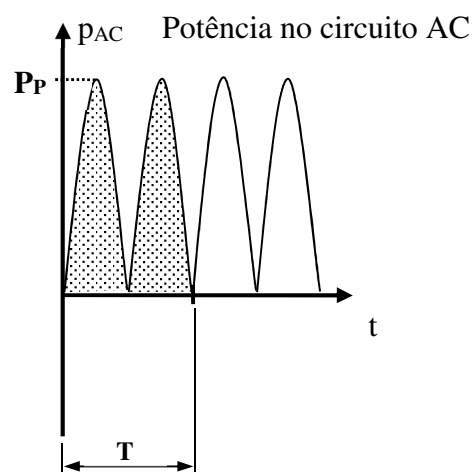
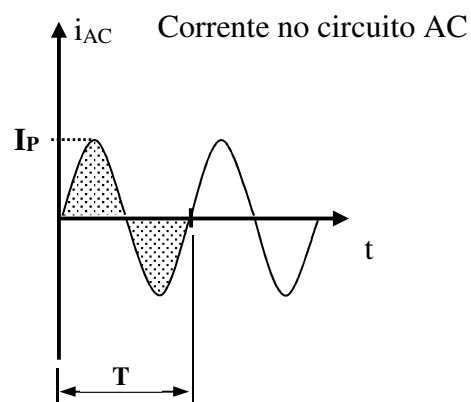
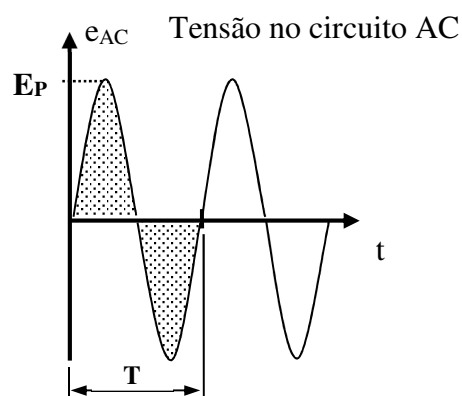
**FIG. 1 - CIRCUITO DC**

A potência é, em cada instante de tempo, o produto entre o valor  $E_{DC}$  da tensão e o valor  $I_{DC}$  da corrente no mesmo instante. Como  $E_{DC}$  e  $I_{DC}$  são sempre constantes, durante todo o tempo a potência  $P_{DC}$  terá também valor sempre constante.



**FIG. 2 - CIRCUITO AC**

A potência é, em cada instante de tempo, o produto entre o valor  $E$  da tensão e o valor  $I$  da corrente no mesmo instante. Como  $E$  e  $I$  são variáveis no tempo, durante todo o tempo a potência  $P_{AC}$  terá também valor variável.



1

INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES

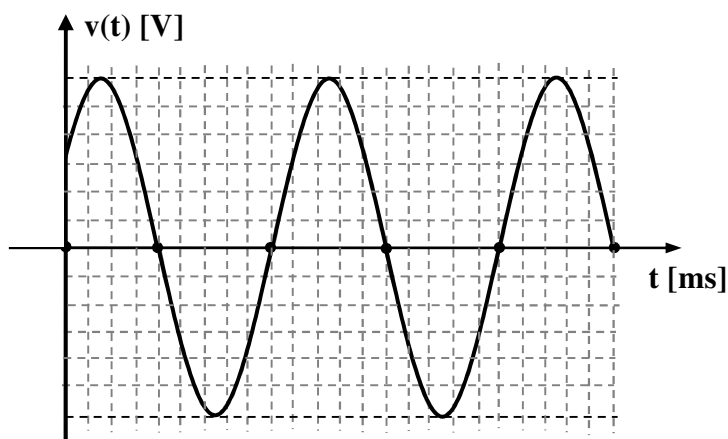
INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES

LABORATÓRIO DE E202

PRIMEIRA ATIVIDADE EXTRACLASSE

**1ª ATIVIDADE EXTRACLASSE** - Fazer uma análise da forma de onda do sinal senoidal dado abaixo, com identificação/cálculos de seus valores típicos: pico ( $V_p$ ), pico a pico ( $V_{pp}$ ), fase ( $\phi$ ), período ( $T$ ) e, a partir daí, determinar a frequência ( $f$ ), a velocidade angular ( $\omega$ ), o valor médio para meio ciclo ( $V_{med}$ ) e o seu valor eficaz ( $V_{ef}$ ).

**DADOS:** 2,5 V / div e 0,2 ms / div



**RESPOSTAS:**

- a) Valor de pico ( $V_p$ ) = \_\_\_\_\_ [      ]    b) Valor de pico a pico ( $V_{pp}$ ) = \_\_\_\_\_ [      ]  
 c) Fase ( $\phi$ ) = \_\_\_\_\_    d) Período ( $T$ ) = \_\_\_\_\_ [      ]  
 e) Frequência ( $f$ ) = \_\_\_\_\_ [      ]    f) Velocidade angular ( $\omega$ ) = \_\_\_\_\_ [      ]  
 g) Valor médio de meio ciclo ( $V_{med}$ ) = \_\_\_\_\_ [      ]    h) Valor eficaz ( $V_{ef}$ ) = \_\_\_\_\_ [      ]

**CÁLCULOS:**

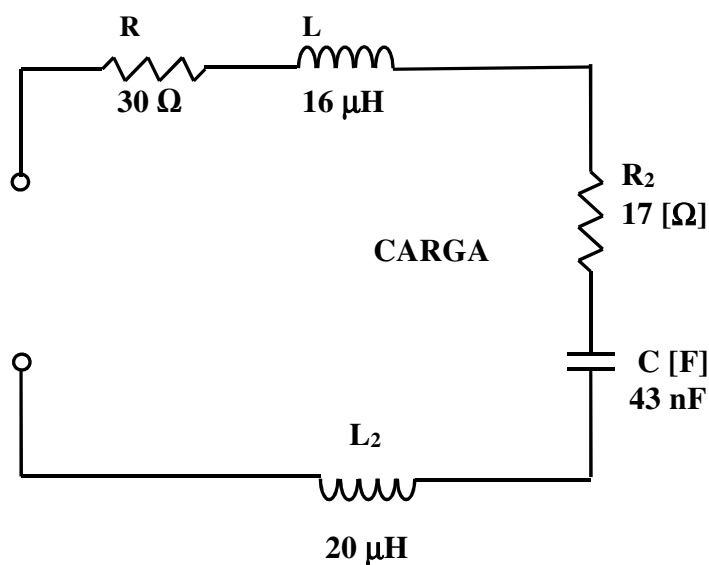


2

## LABORATÓRIO DE E202

SEGUNDA ATIVIDADE EXTRACLASSE**2ª ATIVIDADE EXTRACLASSE – Rever conceitos de impedância.**

Calcular a impedância complexa  $\dot{Z}$  do circuito abaixo nas situações pedidas.



2.1 - Na sua frequência de ressonância  $f_0$ .

$$\dot{Z} = \underline{\hspace{2cm}} \quad [ \quad \quad ]$$

**Justifique:**

2.2 – Na frequência  $f = 0,5 \cdot f_0$ .

$$\dot{Z} = \underline{\hspace{2cm}} \quad [ \quad \quad ]$$

**Cálculos:**

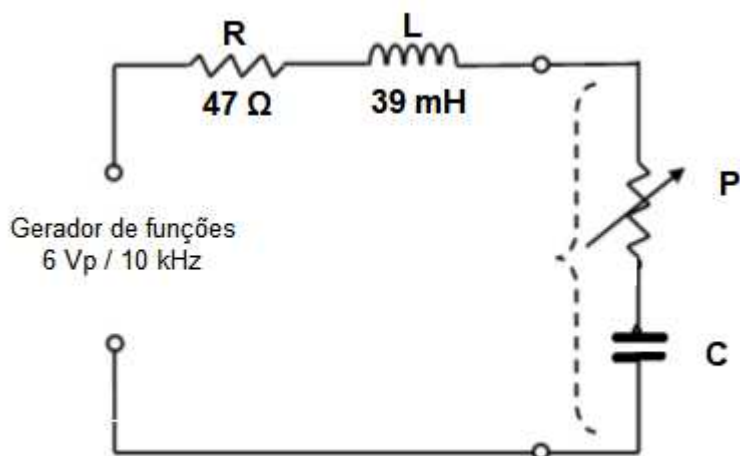
2.3 – Na frequência  $f = 2 \cdot f_0$ .

$$\dot{Z} = \underline{\hspace{2cm}} \quad [ \quad \quad ]$$

**Cálculos:**

**INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES****3****LABORATÓRIO DE E202****TERCEIRA ATIVIDADE EXTRACLASSE**

Monte o circuito abaixo fazendo com que ocorra a MTP (máxima transferência de potência) e responda as questões a seguir:



**Cálculos:**

**C** = \_\_\_\_\_

**P** = \_\_\_\_\_

**a)** Com o uso do multímetro, meça a tensão  $V$  eficaz na CARGA.

**V** = \_\_\_\_\_ [      ]

**b)** Determine a Impedância  $Z$  total do circuito. Justifique:

**Z** = \_\_\_\_\_ [      ]

**c)** CALCULE a corrente do circuito:

**I** = \_\_\_\_\_ [      ]