

<p>EXPERIÊNCIA</p> <p><b>07</b></p>	<p><b>CAPACITOR INDUTOR E RELÉ</b></p>
<p><b>OBJETIVOS:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Observar experimentalmente o Relé eletromecânico;</li> <li>- Aprender a identificar os contatos do Relé.</li> <li>- Verificar experimentalmente o processo de carga e descarga de um capacitor.</li> </ul>

## CONCEITOS TEORICOS ESSENCIAIS

### **Indutor ou Bobina**

O indutor ou bobina é um dispositivo formado por um fio esmaltado enrolado em torno de um núcleo.

O símbolo do indutor depende do material utilizado no núcleo, conforme as figuras a seguir.

### **Funcionamento**

Ao passar uma corrente elétrica pelas espiras, cada uma delas cria ao seu redor um campo magnético, cujo sentido é dado pela regra da mão direita. No interior do indutor, as linhas de campo se somam, criando uma concentração de fluxo magnético.

Os núcleos de ferro e ferrite têm como objetivo reduzir a dispersão do campo, pois esses materiais apresentam baixa resistência à passagem do fluxo magnético.

Pelo sentido das linhas de campo, o indutor fica polarizado magneticamente, isto é, cria um pólo norte por onde sai o fluxo magnético e um pólo sul por onde entra o fluxo, comportando-se como um ímã artificial, denominado eletroímã.

### **Relé Eletromecânico**

O relé eletromecânico, como o próprio nome diz, é um dispositivo formado por uma parte elétrica e outra mecânica.

### **Funcionamento**

A parte mecânica é formada por uma chave, cujo terminal móvel encontra desconectado do terminal fixo.

A parte elétrica é formada por um eletroímã, isto é, uma bobina com núcleo de ferro que, uma vez alimentada por uma tensão ou corrente, fica polarizada magneticamente, atraindo o terminal móvel, fechando o contato.

Quando a alimentação da bobina deixa de existir, esta se desmagnetiza, fazendo com que o terminal móvel retorne à sua posição de repouso.

No teste de identificação dos pinos do Relé para determinamos a bobina com o multímetro serão os únicos terminais que possuem resistência elétrica, pois os terminais de contatos por serem chaves apresentaram um curto ou aberto conforme a sua construção.

A grande vantagem do Relé é poder acionar um circuito elétrico de potência por meio de um outro circuito elétrico, muitas vezes de menor potência, estando ambos isolados eletricamente entre si, já que o acoplamento entre eles é apenas magnético.

Veremos a seguir algumas características importantes dos Relés comerciais:

## Tipos de Contatos

- **Normalmente aberto (NA) ou Normal open (NO):** o seu estado de repouso é aberto, fechando quando a bobina é alimentada.
- **Normalmente Fechado (NF) ou Normal close (NC):** o seu estado de repouso é fechado, abrindo quando a bobina é alimentada.
- **Reversível:** o seu estado de repouso é fechado com um dos dois pólos da chave, comutando quando a bobina é alimentada.

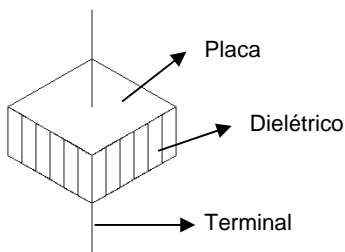
## Tempos de Fechamento e de Abertura dos Contatos

- **Normal:** os tempos de fechamento e de abertura são quase instantâneos, impostos apenas pelas limitações elétricas e mecânicas do Relé.
- **Retardo na Energização:** o tempo de fechamento é controlado por um ajuste externo.
- **Retardo na Desenergização:** o tempo de abertura é controlado por um ajuste externo.

## Condição de acionamento

- **Normal** o acionamento ocorre quando é satisfeita a sua condição de operação (tensão, corrente ou potência).
- **Subtensão** O acionamento ocorre quando ele detecta uma variação de tensão abaixo de um valor de referência preestabelecido.
- **Sobretensão** O acionamento ocorre quando ele detecta uma variação de tensão acima de um valor de referência preestabelecido.

## CAPACITOR



Capacitor é um componente, que tem como finalidade, armazenar energia elétrica. É formado por duas placas condutoras, também denominadas de armaduras, separadas por um material isolante ou dielétrico, ligados a estas placas condutoras, estão os terminais para conexão nos circuitos com outros componentes, conforme a figura ao lado.

**Capacitância (C)** é a característica que o capacitor apresenta de armazenar mais ou menos cargas elétricas por unidade de

tensão.

Portanto, podemos escrever a relação:

$$C = \frac{Q}{V}$$

<b>C =</b>	Capacitância
<b>Q =</b>	Carga Elétrica
<b>V =</b>	Tensão

Quando aplicamos uma tensão igual a 1 volt(V) e o capacitor armazena 1 Coulomb(C), teremos então uma capacitância igual a 1 Farad (F). A unidade Farad é uma homenagem ao cientista Michael Faraday (1791 – 1867).

Devido às dificuldades construtivas, os capacitores encontram-se situados em faixa de valores submúltiplos do Farad como o micro Farad ( $\mu\text{F}$ ), nano Farad (nF) e o pico Farad (pF).

**$1\mu\text{F} = 10^{-6}\text{F}$ ;  $1\text{nF} = 10^{-9}\text{F}$ ;  $1\text{pF} = 10^{-12}\text{F}$**

Além do valor da capacitância, é preciso especificar o valor limite da tensão a ser aplicada entre seus terminais. Esse valor é denominado **tensão de isolamento** e varia conforme o tipo de capacitor.

Na prática, encontramos vários tipos de capacitores, com aplicações específicas, dependendo de aspectos construtivos, tais como, material utilizado como dielétrico tipo de armaduras e encapsulamentos. Dentro dos diversos tipos, destacamos: Capacitores Plásticos (poliéster), Capacitores Eletrolíticos de Alumínio, Capacitores Cerâmicos, Capacitores de Tântalo.

Neste experimento vamos tratar exclusivamente dos capacitores eletrolíticos.

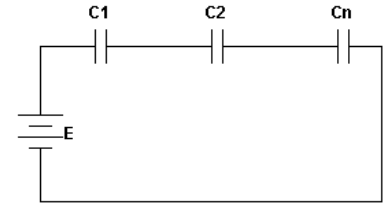
**Capacitores Eletrolíticos** consistem em uma folha de alumínio anodizada como armadura positiva, onde por um processo eletrolítico, forma-se uma camada de óxido de alumínio que serve como dielétrico, e um fluido condutor, o eletrolítico que impregnado em um papel

poroso, é colocado em contato com outra folha de alumínio de maneira a formar a armadura negativa. O conjunto é bobinado, sendo a folha de alumínio anodizada, ligado ao terminal positivo e a outra ligada a uma caneca tubular, encapsulamento do conjunto, e ao terminal negativo.

## Associação de Capacitores

### Associação em Série

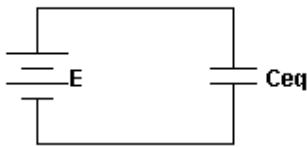
Na associação série, os capacitores estão ligados de forma que a carga  $Q$  armazenada em cada um deles seja a mesma, e a tensão  $E$  total aplicada aos capacitores se subdivide entre eles de forma inversamente proporcional aos seus valores. Pela lei de Kirchhoff para as tensões, a soma das tensões nos capacitores é igual à tensão total  $E$  aplicada:  $e = V_1 + V_2 + \dots + V_n$ .



$$V_i \frac{Q}{C_i}, \text{ tem-se: } E = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_N} \Rightarrow \frac{E}{Q} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_N}$$

O termo  $E/Q$  corresponde ao inverso da capacitância equivalente vista pela fonte de alimentação. Assim:

$$\frac{1}{C_{EQ}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_N}$$



Isso significa que, se todos os capacitores dessa associação forem substituídos por uma única capacitância de valor  $C_{EQ}$ , a fonte de alimentação  $E$  fornecerá a mesma carga  $Q$  ao circuito.

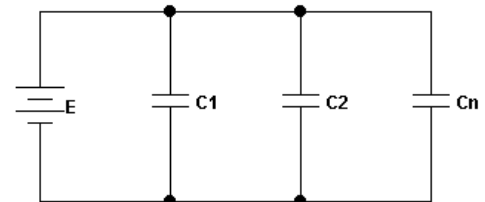
No caso de vários ( $n$ ) capacitores iguais a  $C$  em série, tem-se:

$$C_{EQ} = \frac{C}{n}$$

Para dois capacitores em série, tem-se –  $C_{EQ} = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$  se:

### Associação Paralela

Na associação paralela, os capacitores estão ligados de forma que a tensão total  $E$  aplicada ao circuito seja a mesma em todos os capacitores, e a carga total do circuito se subdivide entre eles proporcionalmente aos seus valores.



De acordo com a lei de Kirchhoff para distribuição de cargas, a soma das mesmas nos capacitores é igual à carga total  $Q$  fornecida pela fonte  $Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$ .

Substituindo as cargas dos capacitores dos capacitores por  $Q_i = E \times C_i$ , tem-se:

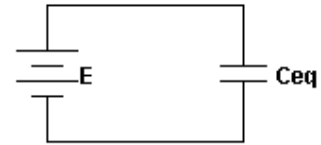
$$Q = C_1 \times E + C_2 \times E + \dots + C_n \times E \Rightarrow Q = E(C_1 + C_2 + \dots + C_n)$$

Dividindo a carga  $Q$  pela tensão  $E$ , chega-se a:  $\frac{Q}{E} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$

O resultado  $Q/E$  corresponde a **capacitância equivalente**  $C_{EQ}$  da associação paralela, isto é, a capacitância que a fonte de alimentação entende como sendo a sua carga. Assim:

$$C_{EQ} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

Isso significa que, se todos os capacitores dessa associação forem substituídos por uma única capacitância de valor  $C_{EQ}$ , a fonte de alimentação  $E$  fornecerá a mesma carga  $Q$  ao circuito.



No caso de vários ( $n$ ) capacitores iguais a  $C$  em paralelo, tem-se:

$$C_{EQ} = n \times C$$

Obs.: Podemos representar textualmente dois capacitores em paralelo por  $C_1//C_2$

### Associação Mista

A associação mista é formada por capacitores ligados em série e em paralelo, não existindo uma equação geral para desenvolvimento do cálculo da capacitância equivalente, assim o cálculo deve ser feito em etapas, conforme as ligações entre os capacitores.

### Circuito RC de Temporização

Um circuito temporizador é aquele que executa uma ação após um intervalo de tempo preestabelecido.

Agora vamos analisar o comportamento de um circuito formado por um resistor e um capacitor ligados em série, no qual veremos a relação entre os níveis de tensão e um intervalo de tempo definido pelos mesmos.

### Constante de Tempo

Ligando um resistor em série com um capacitor é possível retardar o tempo de carga, fazendo com que a tensão nos terminais do capacitor aumente gradativamente de acordo com o valor da resistência ligada ao capacitor.

O produto entre resistência e capacitância denomina-se constante de tempo e é representado pela letra grega  $\tau$  (tau).

$$\tau = R \times C$$

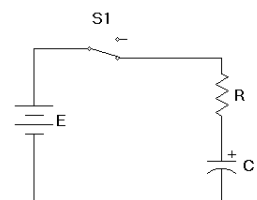
Num circuito RC, quanto maior a constante de tempo, maior é o tempo necessário para que o capacitor se carregue.

Agora iremos analisar o comportamento do capacitor no circuito de acordo com a constante de tempo. Para isso deveremos ter que recorrer as leis básicas da eletricidade Kirchhoff e Ohm.

### Comportamento da Carga do Capacitor

Consideremos a figura ao lado de um circuito temporizador, com um capacitor totalmente descarregado.

Agora vamos conhecer como o capacitor se comporta em corrente



continua. Ao aplicarmos uma tensão contínua nos terminais de um capacitor através de um resistor, esse se carrega com uma tensão, cujo valor depende do intervalo de tempo em que desenvolverá o processo, a figura ao lado representa um circuito de carga de um capacitor. Estando o capacitor inicialmente descarregado ( $V_C = 0$ ), em  $t = 0$  fechamos a chave S1 do circuito. A corrente neste instante é a máxima do circuito, ou seja,  $I_{m\acute{a}x} = E / R$ . A partir daí, o capacitor inicia um processo de carga com aumento gradativo da tensão entre seus terminais ( $V_C$ ) e, conseqüentemente, teremos uma diminuição da corrente, obedecendo a uma função exponencial, até atingir o valor zero, quando este estiver totalmente carregado. A equação exponencial para estimar e levantar a curva característica do capacitor, ou seja, a tensão em seus terminais em função do tempo é:

$$V_C = E(1 - e^{-t/\tau})$$

### Comportamento da Descarga do Capacitor

Na descarga do capacitor temos o processo inverso a carga onde no instante  $t=0$   $V_C = E$ . Onde após um intervalo de tempo, ou seja, quando a corrente for totalmente consumida por algum componente ou enviada para terra. A equação exponencial para estimar e levantar a curva característica do capacitor, ou seja, a tensão em seus terminais em função do tempo é:

$$V_C = E \times e^{-t/\tau}$$

### Leitura de capacitores

Os capacitores de poliéster ou cerâmicos não possuem descritos em seu corpo, por serem muito pequeno os valores de sua capacitância descrita como a de um capacitor eletrolítico, estes capacitores possuem códigos que determinam os valores de suas respectivas capacitâncias.

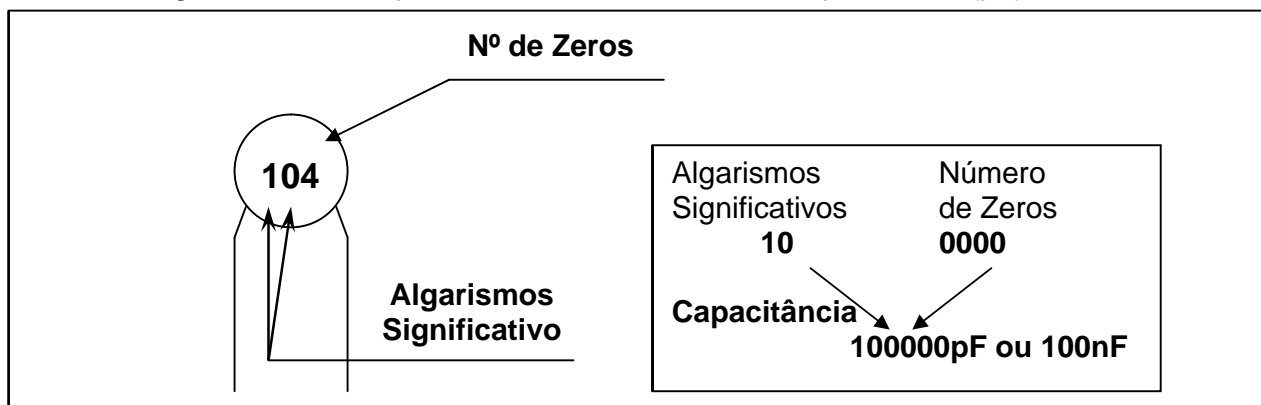
Ex.

104, 330K, 223 etc.

O grande problema encontrado nestes capacitores é que poucos eletrônicos conhecem com fazer a leitura do mesmo por não compreender os valores descritos nestes componentes e então não conseguindo efetuar a leitura da capacitância que é muito simples, vejamos a seguir:

### Capacitor Cerâmico

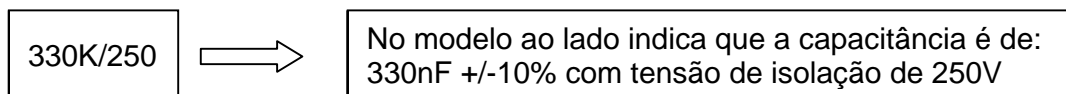
A ordem de grandeza dos capacitores cerâmicos é dada em picofarads (pF).



### Capacitor Poliéster

Capacitores de poliéster podem ter como ordem de grandeza de nF à  $\mu$ F onde normalmente os valores já estão descritos em nF, quando a capacitância é em  $\mu$ F é descrito no corpo do componente

Exemplo:



O K encontrado no valor do componente indica a tolerância da capacitância. Esta possui seus valores tabelados da seguinte forma:

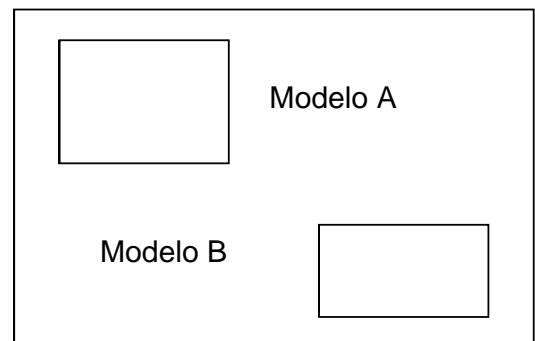
Código Literal para Tolerância de Capacitores						
C	D	F	G	J	K	M
+/-0,25pF	+/-0,5pF	+/-1%/+/-1pF	+/- 2%	+/- 5%	+/- 10%	+/- 20%

## EQUIPAMENTOS E MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS

Qtde.	Descrição	Especificação
1	Fonte de Alimentação	FCC 3005 D
1	Multímetro	Analógico/Digital
1	Cronômetro	Aluno
1	Resistor	330Ω
1	Resistor	22KΩ
1	Capacitor	220μF / 25V
1	Relé Eletromecânico	Reversível 12V
1	LED	Qualquer Cor

## CIRCUITOS PROCEDIMENTOS, MEDIDAS E ANÁLISES.

CPMA1 – Identificar a bobina do relé sendo o único dos contatos que apresenta uma resistência ôhmica. E desenha-los ao lado de acordo com o modelo do relé usado em sua bancada:

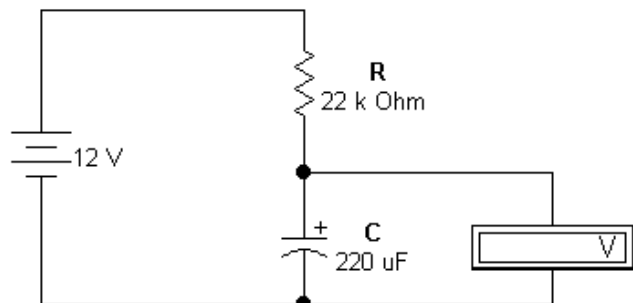


CPMA2 – Identificar os contatos NA (Normal Aberto) e o NF (Normal Fechado) medindo os contatos do relé e encontrando o terminal que fecha curto com o comum do componente este será o NF logo o que restou será NA. Desenha-los no quadro ao lado de acordo com o modelo do seu relé

CPMA3 - Quando a bobina do Relé é energizada o contato fechado do relé se \_\_\_\_\_ e o contato aberto do relé se \_\_\_\_\_. Completar a frase com a alternativa correta:

- Abrem / Fecham  
 Fecham / Abrem

CPMA4 – Montar o circuito ao lado e mantenha a fonte de alimentação desligada



CPMA5 – Ligar a fonte e acionar o cronômetro simultaneamente. Determinar e anotar o instante em que cada tensão for atingida na tabela abaixo:

V <sub>C</sub> (V)	0	3	6	9	12
t (s)					

CPMA6 – Zerar o cronômetro e mantenha o circuito conectado a fonte de alimentação

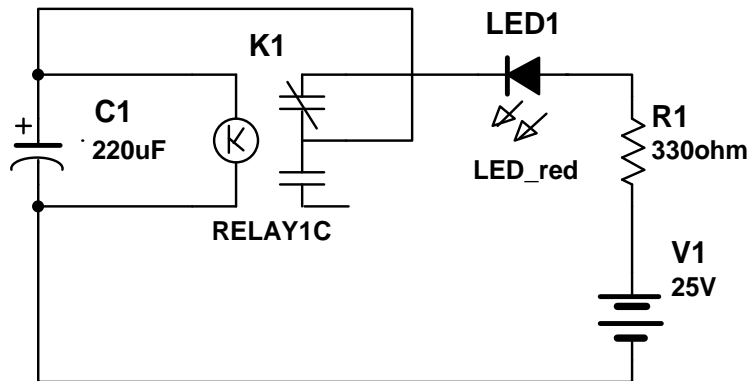
CPMA7 – Acionar o cronômetro e desligar a fonte simultaneamente. Determinar o instante que cada tensão foi atingida na tabela abaixo:

V <sub>C</sub> (V)	12	9	6	3	0
t (s)					

CPMA8 – Responda as afirmações abaixo com (V) para Verdadeiro e (F) Falso.

- a)  Capacitor componente que armazena energia
- b)  Capacitor Eletrolítico pode ser usado diretamente na rede elétrica
- c)  O resistor em série com o capacitor retarda a carga do capacitor
- d)  Quanto maior a resistência de descarga menor o tempo de descarga do capacitor

CPMA9 – Montar o circuito abaixo e observe seu funcionamento



CPMA10 - Descreva o funcionamento do circuito enfatizando o capacitor e o relé

---



---



---



---