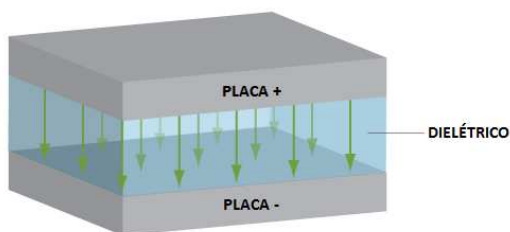


CAPACITORES

Um **capacitor**, de maneira simplificada, pode ser entendido como um par de condutores (placas) separados por um material isolante (dielétrico).

Quando uma **diferença de potencial** (tensão) é aplicada a esse par de condutores, um campo elétrico é gerado no dielétrico.

Esse campo é capaz de armazenar energia, de onde vem o nome "**condensador**" para esse componente.



Na prática, o material dielétrico possui uma corrente de fuga e uma tensão máxima de isolamento. Essa corrente de fuga é uma das causas da perda de carga de um capacitor com o passar do tempo. Além disso, os terminais condutores possuem uma resistência elétrica, que também pode ocasionar perdas.

Na prática quando o capacitor é submetido a um campo elétrico circula uma pequena corrente pelo dielétrico, conhecido como **corrente de fuga**. Esta corrente é geralmente muito pequena, que pode ser considerada desprezível. No modelo, este efeito pode ser representado por um resistor de valor muito elevado (cerca de 10 MW) em paralelo com o capacitor.

Os capacitores são amplamente utilizados em circuitos eletrônicos para bloquear a passagem de corrente contínua e permitir a passagem de corrente alternada, filtrar interferências, suavizar a saída de fontes de alimentação, sintonia de circuitos ressonantes, dentre outras aplicações.

Professor João Luiz Cesarino Ferreira

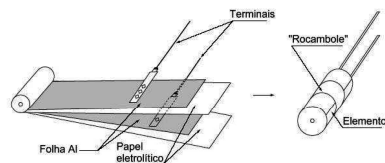
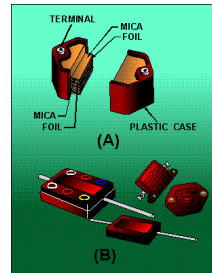
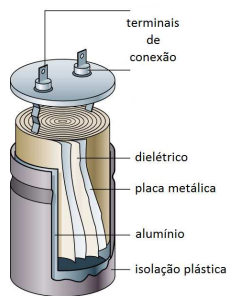


Fig. 11 – Arranjo interno do capacitor eletrolítico de alumínio.

Tipos de capacitores:

1- Capacitores cerâmicos de uso geral



Estes capacitores são fabricados para aplicações em rádios, auto-rádios, televisores, telefones, antenas, etc.

São projetados para operar sob condições climáticas compreendidas entre -30 e +85°C respondendo também aos testes de 21 dias sob calor.

Dividem-se em 3 classes de temperatura (ou tipos)

Classe I - Coeficiente linear de variação da capacidade em função da temperatura;

Professor João Luiz Cesarino Ferreira

Classe II - Coeficiente não-linear de variação da capacidade em função da temperatura;

Classe III - Capacitores de barreira de potencial - alta capacidade em baixos volumes.

2- Capacitores cerâmicos de uso profissional



Estes capacitores são fabricados para aplicações em telecomunicações, informática, equipamentos médicos e demais aparelhos que operam em condições extremas de temperatura umidade, sendo impregnados em resina epoxy UL 94-VO.

São componentes que atendem a condições climáticas compreendidas entre - 55 e 125°C, testes de calor de 56 dias - conforme norma MIL-STD-202F. Todos estes capacitores estão aprovados pelo CPQD da Telebrás, para uso nos equipamentos telefônicos.

Dividem-se em 3 classes de temperatura (ou tipos):

Classe I - Coeficiente linear de variação da capacidade em função da temperatura;

Classe II - Coeficiente não-linear de variação da capacidade em função da temperatura;

Professor João Luiz Cesarino Ferreira

Classe III - Capacitores de barreira de potencial - alta capacidade em baixos volumes.

3- Capacitores cerâmicos de alta tensão

Capacitores cerâmicos de alta tensão são capacitores cerâmicos construídos para operarem sob regimes de tensão contínua de até 5.000V. São encapsulados em resina epoxy, garantindo a operação sob regimes de temperatura de até 85°C.

4- Capacitores cerâmicos de segurança

Definições (IEC 384-14 1993)

Função X: são aplicações cuja falha do capacitor não resulta em risco de choque elétrico.

Há três subclasses de acordo com o pico de tensão dos impulsos sobrepostos a tensão de rede: **Subclasse X1: impulsos até 4000Vdc Subclasse X2: impulsos até 2500Vdc Subclasse X3: impulsos até 1200Vdc**

Função Y: são aplicações cuja falha do capacitor pode resultar em risco de choque elétrico.

Há quatro subclasses de acordo com o pico de tensão dos impulsos sobrepostos a tensão de rede: **Subclasse Y1: sobreimpulsos até 8000Vdc em 250Vac Subclasse Y2: sobreimpulsos até 5000Vdc em 250Vac Subclasse Y3: 250Vac nominais sem sobreimpulsos Subclasse Y4: sobreimpulsos até 2500Vdc em 150Vac**

Antena: são capacitores usados para desacoplar os terminais de antena de equipamentos de áudio e vídeo, cuja falha pode resultar em risco de choque elétrico.

Há duas classes relacionadas com a tensão de teste: **4000Vac durante 2 seg (GZO), 2500Vac durante 2 seg (GKO)**, Capacitores de segurança Thomson

Professor João Luiz Cesarino Ferreira

**Família 61V (GZO): atendem subclasse X1, Y1 Família 62O (GKO):
atendem subclasse X2, Y2 Família 65N (GAY): atendem subclasse X3, Y3**

5- Capacitores para regime AC pulsado ou chaveado



Estes capacitores utilizam um novo dielétrico especialmente desenvolvido para aplicações em circuitos, chaveados, pulsados ou alternados, que podem gerar aquecimento dielétrico, fator limitante em outros capacitores cerâmicos.

Esta família combina as vantagens dos capacitores classe I (baixo fator de perdas), com as vantagens dos capacitores classe II (dimensões reduzidas e menor custo).

Os capacitores são revestidos com epoxy flame retardant classe UL94-VO. Atendem especificações da indústria de telecomunicações e informática. São particularmente indicados para uso em fontes de alimentação e circuitos de deflexão em TV.

Professor João Luiz Cesarino Ferreira

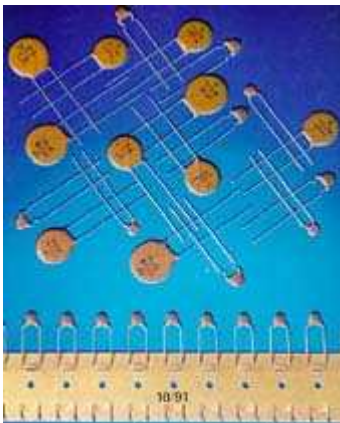
6- Capacitores cerâmicos multicamada



Capacitores cerâmicos multicamadas são capacitores de dielétricos empilhados, o que aumenta a área de capacitância, propiciando a obtenção de valores elevados de capacidade.

Operam sob regime de temperatura de -55 a +125°C, suportando teste de até 56 dias de calor.

7- Capacitores de tântalo



Capacitores de tântalo são produzidos a partir de óxidos sintetizados de pó de tântalo, obtendo-se altas capacidades em volumes reduzidos, aliados a tolerâncias estreitas. Trabalham sob condições de temperatura de -55°C a +85°C.

Professor João Luiz Cesarino Ferreira

Cada tipo de capacitor apresenta suas peculiaridades, vantagens e desvantagens:

Cerâmicos: Capacitores pequenos, de baixo custo, adequados para altas frequências. São fabricados com valores de capacitância de picofarads (pF) até 1 microfarad (μF). Sua capacitância pode variar dependendo da tensão aplicada.



Poliéster: Muito utilizados para sinais AC de baixa frequência, mas inapropriados para altas frequências. Seu valor típico de capacitância reside na ordem dos nanofarads (nF).



Tântalo: Alta capacitância, tamanho reduzido, ótima estabilidade. Existem modelos polarizados e não-polarizados. Possuem maior custo de produção em relação aos capacitores eletrolíticos e tensão máxima de isolamento em torno de 50V.



Mica: São inertes, ou seja, não sofrem variação com o tempo e são muito estáveis, porém, de alto custo de produção.

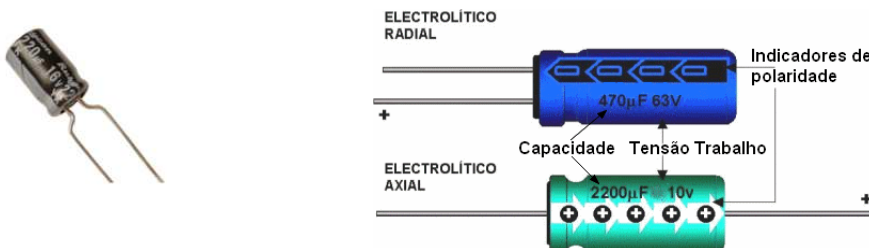


Professor João Luiz Cesarino Ferreira

Óleo: Possuem alta capacitância e são indicados para aplicações industriais, pois suportam altas correntes e picos de tensão elevados. Possuem tamanho superior em relação a outros tipos de capacitores e seu uso é limitado a baixas frequências.

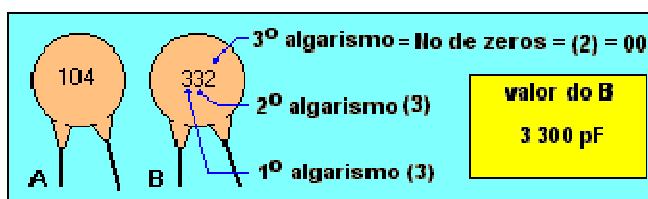


Eletrolíticos: Nome comumente empregado aos capacitores cujo dielétrico é o óxido de alumínio imerso em uma solução eletrolítica. São capacitores polarizados de alto valor de capacitância, muito utilizados em fontes de alimentação. Possuem custo reduzido em relação o valor da capacitância, porém, proporcionam grandes perdas e seu uso é limitado a baixas frequências.



Código de capacitores

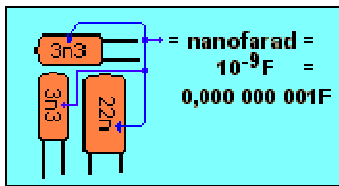
Alguns capacitores apresentam uma codificação que é um tanto estranha, mesmo para os técnicos experientes, e muito difícil de compreender para o técnico novato. Observemos o exemplo abaixo:



Professor João Luiz Cesarino Ferreira

O valor do capacitor, "**B**", é de 3300 pF (picofarad = 10^{-12} F) ou 3,3 nF (nanofarad = 10^{-9} F) ou 0,033 μ F (microfarad = 10^{-6} F). No capacitor "**A**", devemos acrescentar mais 4 zeros após os dois primeiros algarismos. O valor do capacitor, que se lê 104, é de 100000 pF ou 100 nF ou 0,1 μ F.

Capacitores usando letras em seus valores

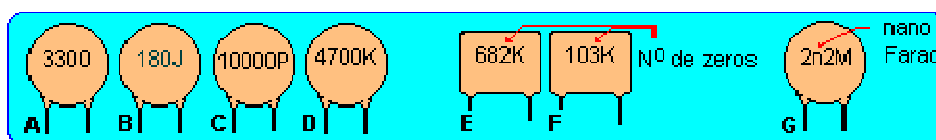


O desenho acima, mostra capacitores que tem os seus valores, impressos em nanofarad (nF) = 10^{-9} F. Quando aparece no capacitor uma letra "n" minúscula, como um dos tipos apresentados ao lado por exemplo: 3n3, significa que este capacitor é de 3,3nF. No exemplo, o "n" minúsculo é colocado ao meio dos números, apenas para economizar uma vírgula e evitar erro de interpretação de seu valor.

Multiplicando-se 3,3 por 10^{-9} = (0,000.000.001), teremos 0,000.000.003.3 F. Para se transformar este valor em microfarad, devemos dividir por 10^{-6} = (0,000.001), que será igual a 0,0033 μ F. Para voltarmos ao valor em nF, devemos pegar 0,000.000.003.3F e dividir por 10^{-9} = (0,000.000.001), o resultado é 3,3nF ou 3n3F.

Para transformar em picofarad, pegamos 0,000.000.003.3F e dividimos por 10^{-12} , resultando 3300pF. Alguns fabricantes fazem capacitores com formatos e valores impressos como os apresentados abaixo. O nosso exemplo, de 3300pF, é o primeiro da fila.

Professor João Luiz Cesarino Ferreira



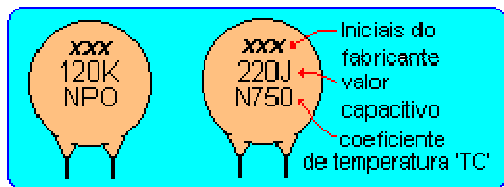
Note nos capacitores seguintes, envolvidos com um círculo azul, o aparecimento de uma letra maiúscula ao lado dos números. Esta letra refere-se a tolerância do capacitor, ou seja, o quanto que o capacitor pode variar de seu valor em uma temperatura padrão de 25°C. A letra "J" significa que este capacitor pode variar até $\pm 5\%$ de seu valor, a letra "K" = $\pm 10\%$ ou "M" = $\pm 20\%$. Segue na tabela abaixo, os códigos de tolerâncias de capacitância.

Até 10pF	Código	Acima de 10pF
$\pm 0,1\text{pF}$	B	
$\pm 0,25\text{pF}$	C	
$\pm 0,5\text{pF}$	D	
$\pm 1,0\text{pF}$	F	$\pm 1\%$
	G	$\pm 2\%$
	H	$\pm 3\%$
	J	$\pm 5\%$
	K	$\pm 10\%$
	M	$\pm 20\%$
	S	-50% -20%
	Z	+80% -20% ou +100% -20%
	P	+100% -0%

Agora, um pouco sobre coeficiente de temperatura "TC", que define a variação da capacitância dentro de uma determinada faixa de temperatura. O "TC" é normalmente expresso em % ou ppm/°C (partes por milhão / °C). É

Professor João Luiz Cesarino Ferreira

usado uma sequência de letras ou letras e números para representar os coeficientes. Observe o desenho abaixo.



Os capacitores acima são de coeficiente de temperatura linear e definido, com alta estabilidade de capacitância e perdas mínimas, sendo recomendados para aplicação em circuitos ressonantes, filtros, compensação de temperatura e acoplamento e filtragem em circuitos de RF.

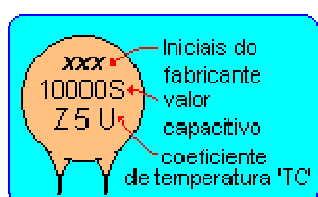
Na tabela abaixo estão mais alguns coeficientes de temperatura e as tolerâncias que são muito utilizadas por diversos fabricantes de capacitores.

Código	Coeficiente de temperatura
NPO	-0± 30ppm/°C
N075	-75± 30ppm/°C
N150	-150± 30ppm/°C
N220	-220± 60ppm/°C
N330	-330± 60ppm/°C
N470	-470± 60ppm/°C
N750	-750± 120ppm/°C
N1500	-1500± 250ppm/°C
N2200	-2200± 500ppm/°C
N3300	-3300± 500ppm/°C
N4700	-4700± 1000ppm/°C

Professor João Luiz Cesarino Ferreira

N5250	-5250± 1000ppm/°C
P100	+100± 30ppm/°C

Outra forma de representar coeficientes de temperatura é mostrado abaixo. É usada em capacitores que se caracterizam pela alta capacitância por unidade de volume (dimensões reduzidas) devido a alta constante dielétrica sendo recomendados para aplicação em desacoplamentos, acoplamentos e supressão de interferências em baixas tensões.



Os coeficientes são também representados com seqüências de letras e números como por exemplo: X7R, Y5F e Z5U. Para um capacitor Z5U, a faixa de operação é de +10°C que significa "Temperatura Mínima" e +85°C que significa "Temperatura Máxima" e uma variação de "Máxima de capacitância", dentro desses limites de temperatura, que não ultrapassa -56%, +22%.

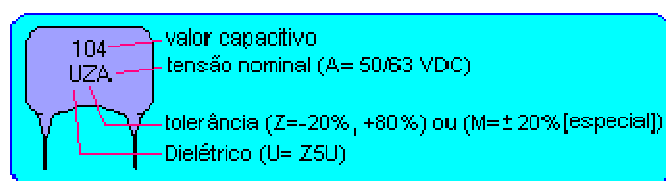
Veja as três tabelas abaixo para compreender este exemplo e entender outros coeficientes.

Temperatura Mínima		Temperatura Máxima		Variação Máxima de Capacitância	
X	-55°C	2	+45°C	A	±1.0%
Y	-30°C	4	+65°C	B	±1.5%

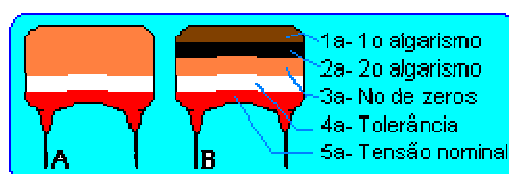
Professor João Luiz Cesarino Ferreira

Z	+10°C	5	+85°C	C	±2.2%
		6	+105°C	D	±3.3%
		7	+125°C	E	±4.7%
				F	±7.5%
				P	±10%
				R	±15%
				S	±22%
				T	-33%, +22%
				U	-56%, +22%
				V	-82%, +22%

Capacitores de Cerâmica Multicamada



Capacitores de Poliéster Metalizado usando código de cores



A tabela abaixo, mostra como interpretar o código de cores dos capacitores abaixo. No capacitor "A", as 3 primeiras cores são, laranja, laranja e laranja, correspondem a 33000, equivalendo a 3,3 nF. A cor branca, logo adiante, é referente a $\pm 10\%$ de tolerância. E o vermelho, representa a tensão nominal, que é de 250 volts.

Professor João Luiz Cesarino Ferreira

	1ª Algarismo	2ª Algarismo	3ª N° de zeros	4ª Tolerância	5ª Tensão
PRETO	0	0	-	± 20%	-
MARROM	1	1	0	-	-
VERMELHO	2	2	00	-	250V
LARANJA	3	3	000	-	-
AMARELO	4	4	0000	-	400V
VERDE	5	5	00000	-	-
AZUL	6	6	-	-	630V
VIOLETA	7	7	-	-	-
CINZA	8	8	-	-	-
BRANCO	9	9	-	± 10%	-

Código de cores de capacitância

O valor da capacitância e a tensão nominal da maioria dos capacitores são gravados no corpo dos mesmos, assim como a polaridade, no caso dos eletrolíticos. A tensão nominal gravada no corpo do capacitor geralmente se refere à tensão máxima de CC que pode ser aplicada aos terminais, sem o perigo de rutura do dielétrico. Muitos capacitores são marcados com um código de cores semelhante ao usado para os resistores. As cores e os números correspondentes são iguais para ambos os casos. Façamos uma recordação das cores e números usados.

Cor	Nº	Tolerância	Tensão Nominal	Cor	Nº	Tolerância	Tensão Nominal
Preto	0	-		Violeta	7	7%	700
Marrom	1	1%	100	Cinza	8	8%	800
Vermelho	2	2%	200	Branco	9	9%	900
Laranja	3	3%	300	Dourado	-	5%	1000
Amarelo	4	4%	400	Prateado	-	10%	2000
Verde	5	5%	500	Sem cor	-	20%	-

Capacitância elétrica:

Um capacitor ideal é caracterizado por uma única constante chamada **capacitância**, a qual é medida em Farads (F) e pode ser definida como a razão entre a carga elétrica armazenada no capacitor e a diferença de potencial aplicada em suas placas:

$$q = CV$$

Onde: q representa o módulo da carga armazenada em uma das placas do capacitor e V é a diferença de potencial aplicada entre as placas.

1 Farad é igual a 1 Coulomb por Volt.

Professor João Luiz Cesarino Ferreira

A capacitância é uma quantidade escalar que expressa a capacidade que um material de armazenar energia elétrica na forma de carga e é definida pela relação.

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

Podemos calcular a capacitância:

- (1) supondo que uma carga q foi colocada nas placas;
- (2) calculando o campo elétrico E produzido por essa carga;
- (3) calculando a ddp V entre as placas e;
- (4) calculando o valor de C com a equação $q = CV$.

No final a equação que descreve a capacitância **só depende das características físicas do capacitor.**

- A capacitância de um capacitor de placas paralelas de área A separadas por uma distância d é dada por:

$$C = \frac{\epsilon_o A}{d}$$

- A capacitância de um capacitor cilíndrico formado por dois cilindros longos coaxiais de comprimento L e raios a e b é dado por:

$$C = 2\pi\epsilon_o \frac{L}{\ln\left|\frac{a}{b}\right|}$$

- A capacitância de um capacitor esférico formado por duas cascas esféricas concêntricas de raios a e b :

$$C = 4\pi\epsilon_o \frac{ab}{b-a}$$

- Se tomarmos $b \rightarrow \infty$ e $a = R$ obtemos a capacitância de uma esfera :

$$C = 4\pi\epsilon_o R$$

Associação de Capacitores

- A capacitância equivalente C_{eq} de combinações de capacitores ligados em paralelo e em série podem ser calculadas usando as expressões:

$$C_{eq} = \sum_i C_i \quad (\text{capacitores em paralelo})$$
$$\frac{1}{C_{eq}} = \sum_i \frac{1}{C_i} \quad (\text{capacitores em série})$$

- As capacitâncias equivalentes podem ser usadas para calcular as capacitâncias de combinações mais complicadas de capacitores em série e em paralelo.

Energia Potencial e Densidade de Energia

- A energia potencial elétrica U de um capacitor carregado:

-

$$U = \frac{q^2}{2C} = \frac{1}{2} CV^2$$

- É igual ao trabalho necessário para carregar o capacitor. Essa energia pode ser associada ao campo elétrico E criado pelo capacitor no espaço entre as placas.
- Por extensão, podemos associar qualquer campo elétrico a uma energia armazenada.
- No vácuo a densidade de energia u , ou energia potencial por unidade de volume, associada a um campo elétrico de módulo E é dada por :

$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

Capacitores com um Dielétrico

Professor João Luiz Cesarino Ferreira

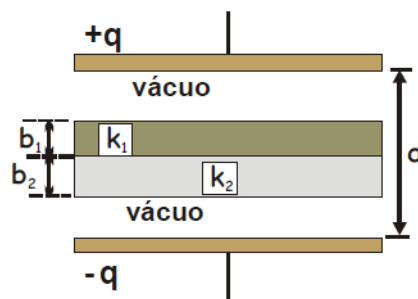
- Se o espaço entre as placas de um capacitor é totalmente preenchido por um material dielétrico a capacitância C é multiplicada por um fator k , conhecido como constante dielétrica, que varia de material para material.
- Em uma região totalmente preenchida por um material dielétrico de constante k a permissividade do vácuo ϵ_0 deve ser substituída por:

$$\epsilon = k\epsilon_0$$

- Denomina-se dielétricos ou isolantes as substâncias que não conduzem corrente elétrica, por não existirem cargas elétricas livres em seu interior.

Rigidez Dielétrica de um Isolante

- Aumentando-se a ddp em um capacitor, aumenta-se a intensidade do campo entre suas placas. Um campo elétrico intenso pode arrancar elétrons dos átomos, ocasionando a ionização do meio.
- O valor máximo do campo elétrico que um isolante suporta sem se ionizar recebe o nome de rigidez dielétrica do isolante. Superada a rigidez do isolante que preenche o espaço entre as placas, tem-se uma faísca entre as placas o que danifica o capacitor.



Propriedades de Alguns Dielétricos^a

Material	Constante Dielétrica κ	Rigidez Dielétrica (kV/mm)
Ar (1 atm)	1,00054	3
Poliestireno	2,6	24
Papel	3,5	16
Óleo de transformador	4,5	
Pirex	4,7	14
Mica rubi	5,4	
Porcelana	6,5	
Silício	12	
Germânio	16	
Etanol	25	
Água (20°C)	80,4	
Água (25°C)	78,5	
Titânia	130	
Titanato de estrôncio	310	8

Para o vácuo, $\kappa = 1$.

^aMedidas à temperatura ambiente, exceto no caso da água.

Carga e descarga de capacitores

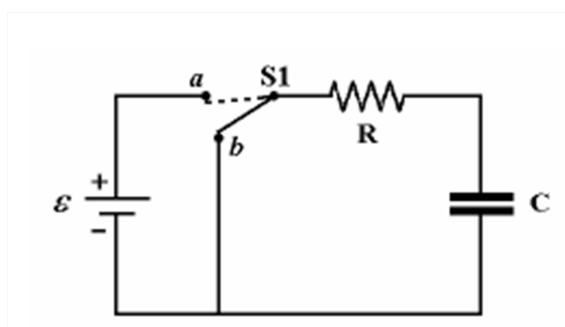


Figura 1 - Circuito RC para carga e descarga de um capacitor

Professor João Luiz Cesarino Ferreira

Aplicando a lei das malhas para qualquer instante t , temos:

$$\varepsilon = R \cdot i + \frac{Q}{C} \quad (1)$$

Sendo ε a d.d.p. da fonte de tensão, R a resistência do resistor, i a corrente elétrica que circula no circuito, Q a carga elétrica acumulada no capacitor, C a capacitância do capacitor, Q/C a tensão entre as placas do capacitor devido o acúmulo de carga, e $R \cdot i$ a queda de potencial provocada pelo resistor.

Considerando a definição de corrente elétrica,

$$i = \frac{dQ}{dt}$$

a expressão (1) é reescrita como:

$$\varepsilon = R \cdot \frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C} \Rightarrow \frac{dQ}{dt} + \frac{1}{RC}Q - \frac{\varepsilon}{R} = 0$$

A equação anterior é uma equação diferencial cuja solução é:

$$Q = C \cdot \varepsilon (1 - e^{-t/RC}) \quad (2)$$

Reescrevendo a equação anterior e aplicando novamente a definição de capacitância, a diferença de potencial entre as armaduras do capacitor no processo de carga é escrita na forma:

$$V = \frac{Q}{C} = \varepsilon (1 - e^{-t/RC}) \quad (3)$$

A dependência da quantidade da carga elétrica $Q(t)$ entre as placas do capacitor e da corrente elétrica $i(t)$ que flui através do circuito, em função do

Professor João Luiz Cesarino Ferreira

tempo é apresentada na Figura 2. O aumento do potencial entre as placas do capacitor acompanha o aumento da carga elétrica.

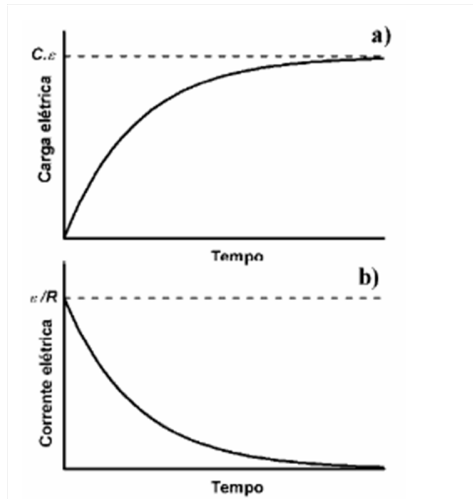


Figura 2 - Comportamento de $V(t)$ e $i(t)$ durante o processo de carga do capacitor.

A quantidade RC tem dimensão de tempo e é chamada de constante de tempo capacitiva do circuito. Esta constante é igual ao tempo necessário para que a carga do capacitor cresça até uma fração $(1-e^{-1})$, ou seja, 63 % do seu valor de equilíbrio. Sendo a unidade do R o Ohm e a unidade C o Farad, a unidade da constante de tempo capacitiva RC é o segundo.

Descarga do capacitor

Consideremos novamente o circuito RC apresentado no diagrama da Figura 1, com o capacitor C carregado inicialmente com a carga Q e o potencial inicial ε entre as placas. O instante inicial do processo de descarga, definido como $t = 0$, é o instante em que a chave $S1$ passa para a posição **b**. A partir deste instante, a carga elétrica Q acumulada nas placas do capacitor flui na forma de corrente elétrica i através do circuito, passando pelo resistor R , até a descarga completa do capacitor. O circuito pode ser resolvido novamente com a aplicação da lei das malhas, de acordo com a equação (1), mas com o potencial externo $\varepsilon = 0$:

Professor João Luiz Cesarino Ferreira

$$0 = R \cdot i + \frac{Q}{C} \quad (4)$$

Considerando novamente a definição de corrente elétrica,

$$i = \frac{dQ}{dt}$$

a expressão (4) é reescrita como:

$$R \cdot i = -\frac{Q}{C} \Rightarrow R \frac{dQ}{dt} = -\frac{Q}{C}$$

$$\frac{dQ}{Q} = -\frac{dt}{R \cdot C}$$

Integrando os dois lados da equação, temos:

$$\ln(Q) = \frac{-t}{R \cdot C} + A$$

Sendo A uma constante. Outra forma da equação acima é obtida elevando os dois termos à argumento de uma exponencial:

$$Q(t) = B \cdot e^{-t/RC}$$

Sendo, B outra constante. Considerando como condição de contorno, o fato de que em $t = 0$ o potencial entre as placas do capacitor é $V = \varepsilon$ e que a carga inicial é Q_0 :

$$Q(0) = C \cdot \varepsilon \Rightarrow B = C \cdot \varepsilon \Rightarrow B = Q_0$$

Assim, a dependência da quantidade de carga acumulada nas placas do capacitor no processo de descarga é:

$$Q = C \cdot \varepsilon \cdot e^{-t/RC} \quad (5)$$

Professor João Luiz Cesarino Ferreira

Portanto:

$$V(t) = \frac{Q}{C} = \varepsilon e^{-t/RC} \quad (6)$$

$$i = \frac{dQ}{dt} = -\frac{\varepsilon}{R} e^{-t/RC} \quad (7)$$

A constante de tempo RC tem o mesmo significado observado no processo de carga. Tanto Q quanto i diminuem exponencialmente com o início do processo de descarga. Este comportamento é ilustrado no diagrama da Figura 3. A redução do potencial entre as placas do capacitor acompanha a redução da carga elétrica.

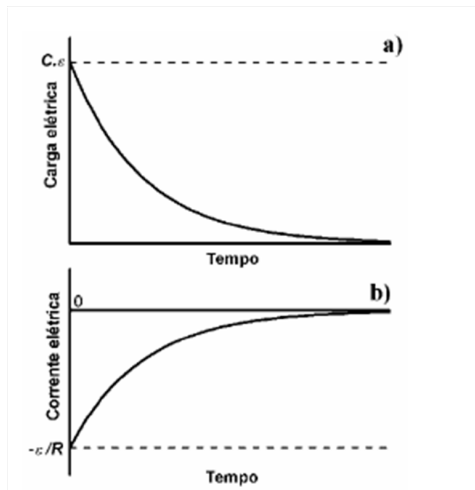


Figura 3 - Quantidade de carga acumulada no capacitor em a) e a corrente elétrica no circuito em b), durante o processo de descarga.

Ajuste de uma função exponencial

Consideremos uma grandeza que dependa de uma variável, de acordo com uma função exponencial do tipo:

$$y(x) = A - B \cdot e^{C \cdot x} \quad (8)$$

Professor João Luiz Cesarino Ferreira

Reescrevendo a equação anterior, temos:

$$\frac{A - y(x)}{B} = e^{C.x}$$

Aplicando o logaritmo nos dois lados da igualdade:

$$\begin{aligned}\ln\left(\frac{A - y(x)}{B}\right) &= \ln(e^{C.x}) \\ \ln\left(\frac{A - y(x)}{B}\right) &= C.x\end{aligned}\quad (9)$$

A constante C no expoente da equação (8) pode ser obtida a partir da inclinação da reta da função (9). O mesmo procedimento é utilizado para um parâmetro com a dependência na forma:

$$y(x) = B' e^{-C.x}$$

Sendo a função linear dada por:

$$\ln\left(\frac{y(x)}{B'}\right) = C.x\quad (10)$$

Referências Bibliográficas

Duarte, J.L., Appoloni, C.R., Toginho Filho, D.O., Zapparoli, F.V.D., Roteiros de Laboratório– Laboratório de Física Geral II – 1a Parte (Apostila), Londrina, 2002.

Toginho Filho, D. O., Zapparoli, F. V. D., Pantoja, J. C. S., Catálogo de Experimentos do Laboratório Integrado de Física Geral, “Uso do multímetro”, Universidade Estadual de Londrina, 2007.

Halliday, D., Resnick, R., Walker, J. – “Fundamentos de Física 3” - São Paulo: Livros Técnicos e Científicos Editora, 4a Edição, 1996.

Professor João Luiz Cesarino Ferreira

Vassallo, F. R., "Manual de Instrumentos de Medidas Eletrônicas", São Paulo: Hemus Editora Ltda, 1978.

Vuolo, J. H., "Fundamentos da Teoria de Erros", Ed Edgard Blúcher, São Paulo, 1992.