

Capacitores

1. Introdução
2. Tipos de Capacitores
3. Capacitores e suas marcações
4. Capacitores de cerâmica multicamadas
5. Capacitores de poliéster metalizado
6. Capacitores de tântalo
7. Capacitores variáveis
8. Capacitores eletrolíticos
9. Associação de capacitores
10. Exercícios
11. Referências

1. Introdução

Capacitores são dispositivos cuja função é armazenar carga em forma de energia elétrica.

Consiste de duas placas condutoras, colocadas lado a lado, separados por um material ou meio isolante chamado dielétrico.

A propriedade que estes dispositivos têm de armazenar energia elétrica sob a forma de um campo eletrostático é chamado de capacitância **C**.

A capacitância é medida pelo quociente da quantidade de carga **Q** armazenada pela diferença de potencial ou voltagem **V** que existe entre as placas:

$$C = Q / V$$

Pelo sistema internacional (**si**), um capacitor tem a capacitância de um Farad (**F**) quando um Coulomb de carga causa uma diferença de potencial de um volt entre as placas.

O Farad é uma unidade de medida considerada muito grande para circuitos práticos, por isso, são utilizados os submúltiplos: " **microfarad (μF)**, **nanofarad (nF)** ou **picofarad (pF)**.

- **Microfarad (μF)** = 0,0000001 Farad ou $1 \cdot 10^{-6}$ **F**.
- **Nanofarad (nF)** = 0,000000001 Farad ou $1 \cdot 10^{-9}$ **F**.
- **Picofarad (pf)** = 0,000000000001 Farad ou 10^{-12} **F**.



Figura 1 - Esquema básico de um capacitor de placas planas paralelas

2. Tipo de Capacitores

Capacitores são frequentemente classificados de acordo com o material usado como **dielétrico**. Os seguintes tipos de dielétricos são usados:

- **Cerâmica** (valores de **4,7 pf** até **2,2 μF**)
- **Poliestireno** (geralmente na escala de picofarads)
- **Poliéster** (de aproximadamente **1 nF** até **1 μF**)
- **Polipropileno** (baixa perda, alta voltagem, resistente a avarias)
- **Tântalo** (compacto, baixa voltagem, capacitância aproximada até **100 μF**)
- **Eletrolítico** (de alta potência, muita perda, valores de **1 μF** até **10.000 μF**)
- **Ar** (muito utilizados em sintonizadores de rádio e outros aparelhos de rádio frequência (baixos valores, até algumas dezenas de **pf**))

3. Capacitores e suas marcações

Alguns capacitores apresentam uma codificação um pouco estranha para os técnicos experientes e para os técnicos novatos, difícil de compreender. A seguir marcações que aparecem em diversos formatos e tipos de capacitores:

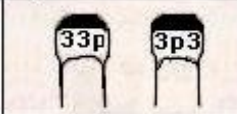
Marcação	Valor	Aparência física
3p3 33p	3,3pF 33pF	

Figura 2 - Capacitores cerâmicos tipo plate

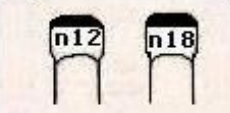
Marcação	Valor	ou	Valor	Aparência física
n10	0,1nF	--	100pF	
n12	0,12nF	--	120pF	
n18	0,18nF	--	180pF	
N56	0,56nF	--	560pF	

Figura 3 - Capacitores acima de 100pF

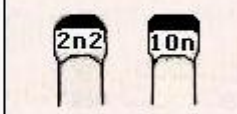
Marcação	Valor	ou	Valor	Aparência física
1n10	1nF	--	1000pF	
1n2	1,2nF	--	1200pF	
4n7	4,7nF	--	4700pF	
10n	10nF	--	10KpF	
22n	22nF	--	22KpF	

Figura 4 - Capacitores acima de 1000pF

Marcação	Valor	Aparência física	Leitura
8,2	8,2pF		12 = 12pF
10	10pF		J = Tolerância 5%
220	220pF		x5 = Faixa de temperatura de -55°C a + 85°C

Figura 5 - Capacitores cerâmicos tipo disco

Código	Tolerância - até 10pF	Tolerância - acima de 10pF
B	±0,1pF	
C	±0,25pF	
D	±0,5pF	
F	±1,0pF	±1%
G		±2%
H		±3%
J		±5%
K		±10%
M		±20%
S		-50% -20%
Z		+80% -20% ou +100% -20%
P		+100% -0%

Figura 6 - Faixa de tolerância

Símbolo	Faixa de Temperatura
X5	-55°C a +85°C
Y5	-30°C a +85°C
Z5	+10°C a +85°C

Figura 7 - Faixa de temperatura de operação

Marcação	Leitura	Valor	ou	ou	Aparência física
104	$10 \times 10^4 \text{ pF}$	100000pF	100nF	0,1 μ F	
332	$33 \times 10^2 \text{ pF}$	3300pf	3,3nF	0,033 μ F	

Figura 8 - Simbologia menos usada

Código	Coefficiente de temperatura
NPO	$-0 \pm 30 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
N075	$-75 \pm 30 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
N150	$-159 \pm 30 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
N220	$-220 \pm 60 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
N330	$-330 \pm 60 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
N470	$-470 \pm 60 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
N750	$-750 \pm 120 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
N1500	$-1500 \pm 250 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
N2200	$-2200 \pm 500 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
N3300	$-3300 \pm 500 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
N4700	$-5250 \pm 1000 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
P100	$+100 \pm 30 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$

Figura 9 - Capacitores de coeficiente de temperatura (TC) linear

Aparência física	
	<p>Iniciais do fabricante</p> <p>Valor capacitivo</p> <p>Coefficiente de temperatura "TC"</p>

Figura 10 - Aparência física do capacitor de "TC" linear

4. Capacitores de cerâmica multicamadas

São capacitores destinados a uso em altas frequências, normalmente com o dielétrico cerâmico. Reduz a indutância parasita, elevada, no caso dos capacitores de folhas de alumínio enroladas e separadas por filme dielétrico.



Figura 11 - Capacitor de cerâmica multicamadas

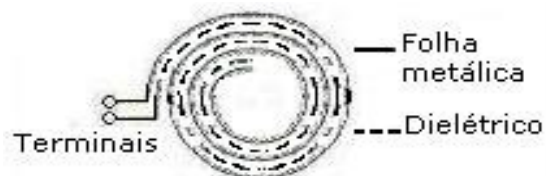


Figura 12 - Capacitor construído com folhas de alumínio e filme dielétrico

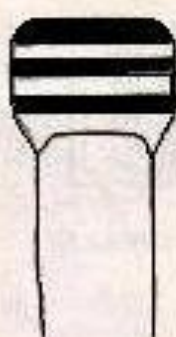
5. Capacitores de poliéster metalizado

A utilização do poliéster metalizado na fabricação de capacitores tem a função de formar o dielétrico, após ser impregnado com uma camada de metal. Trabalha em altas frequências e como desacoplador em baixa frequência.

Cores	1º Algarismo	2º Algarismo	Nº de zeros	Tolerância	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%	-

Leitura

Capacitor de poliéster metalizado



1º algarismo

2º algarismo

número de zeros

tolerância

tensão nominal

Capacitância em pF

Preto ± 20%

Branco ± 10%

Vermelho = 250 V

Amarelo = 400 V

Azul = 630 V

Figura 13 - Código de cores no capacitor de poliéster metalizado

6. Capacitores de tântalo

Nestes capacitores o óxido de tântalo é usado como dielétrico. Possuem uma capacitância muito elevada em relação ao seu tamanho reduzido.



Figura 14 - Capacitores de tântalo

7. Capacitores variáveis

Os componentes descritos anteriormente são capacitores fixos, uma vez que, visivelmente, seus valores não se podem variar com facilidade.

Freqüentemente, há necessidade de variar a capacitância sem retirar o capacitor do circuito como nos aparelhos sintonizadores de estações de rádio.

O capacitor variável comum é acoplado a um eixo, girando-se o eixo, varia-se a área efetiva das placas, alterando-se assim a capacitância.

Em virtude de o dielétrico ser o ar, a separação entre as placas devem ser relativamente grandes a fim de evitar que elas se toquem.

Os valores máximos de capacitância são limitados a cerca de 500 pF, estes capacitores podem ter uma capacitância mínima de mais ou menos 10 pF.

Capacitores de mica (trimmer - ajustável) usam a mica como dielétrico. A separação entre as placas é ajustada com uma chave de fenda.

Esses capacitores são, de modo geral, utilizados onde a variação de capacitância é ocasionalmente necessária. Seus valores situam-se na mesma faixa dos capacitores de dielétricos a ar.

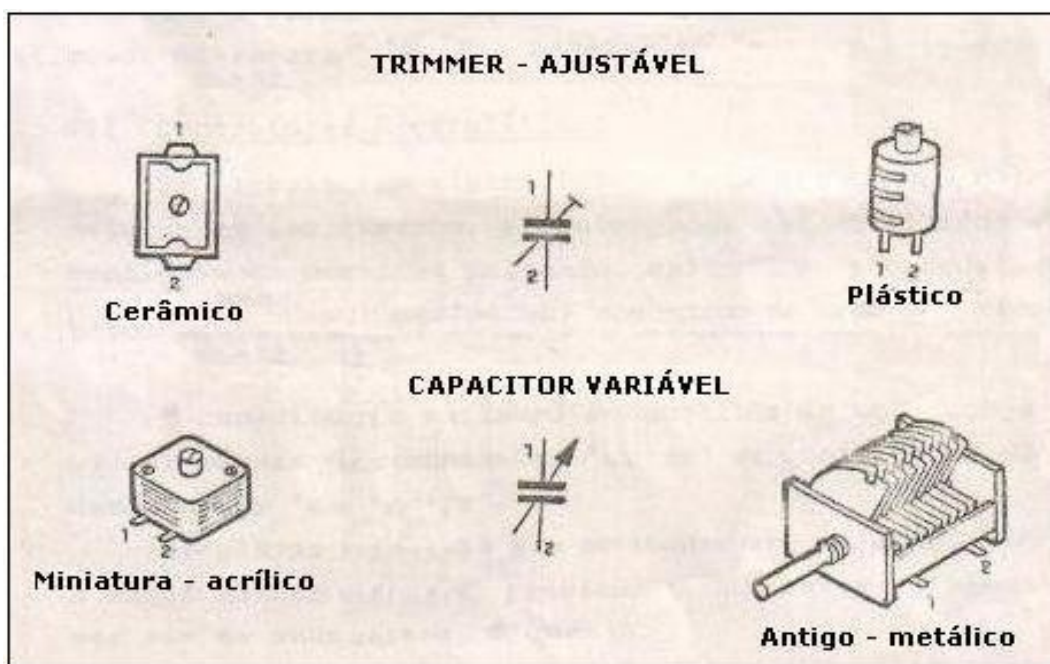


Figura 15 - Alguns tipos capacitores variáveis

Atualmente estes capacitores, representados na figura acima, vem sendo substituídos pelos varicaps - **Varicap, diodo varicap**, é um tipo de **diodo** que possui uma **capacitância** variável que é função da tensão à qual ele é submetido.

Quando reversamente polarizados os diodos apresentam em sua junção uma capacitância que é devida à presença de portadores de carga separados por uma camada isolante (formada pela recombinação dos portadores) ao

submetermos este diodo a uma determinada tensão variamos a separação destes portares que funcionam assim como um capacitor de placas variáveis.

Os **varicaps**, são construídos de forma a se utilizar desse efeito para conseguir, desse modo, uma capacitância controlada pela tensão.

Aparelhos de **televisão** possuem um seletor de canais automático que contém "**diodos varicap's**" com a função de sintonizar as frequências dos canais recebidos em consequência da variação de tensão em seus catodos (polarização reversa), acarretando mudança de capacitância internamente nestes diodos.



Figura 16 - Símbolo do Varicap - Origem: Wikipédia, a enciclopédia livre.

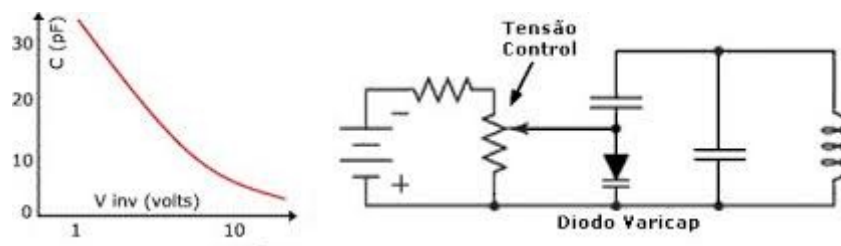


Figura 17 - Circuito de sintonia com diodo Varicap

8. Capacitores eletrolíticos

Os capacitores mostrados até então, mesmo utilizando-se filmes dielétricos de pequena espessura, suas dimensões crescem em proporções gigantescas para obter capacitâncias maiores que **1 μF** ou **2 μF** . Os eletrolíticos então surgem como alternativa para se ter capacitâncias elevadas em volumes reduzidos.

O método de construção dos capacitores eletrolíticos é diferente dos demais capacitores. Nestes capacitores, têm-se os seguintes elementos:

Primeira armadura: é uma folha de alumínio, a qual consiste no terminal positivo do capacitor.

Dielétrico: é uma finíssima camada de óxido de alumínio, depositada sobre a primeira armadura. Esta camada de óxido é criada por um tratamento eletroquímico chamado de "oxidação anódica".

Segunda armadura: é um líquido condutor de corrente elétrica (eletrólito), que entra em contato com a superfície oxidada da primeira armadura. Para melhorar o contato, é usada uma folha de papel poroso embebida com o eletrólito e uma segunda folha de alumínio, sem tratamento eletroquímico, chamada de "folha de catodo", dando origem ao "terminal negativo" do capacitor eletrolítico.

Os capacitores eletrolíticos são certamente os componentes de um circuito eletrônico com menor tempo de vida operacional.

Enquanto que para os semicondutores, resistores e capacitores não eletrolíticos podem-se estimar um tempo de operação superior a 50 anos, os capacitores eletrolíticos provavelmente se deteriorarão muito antes desse prazo.

Mesmo assim, devido a possibilidade de elevada capacitância em pequeno volume, os capacitores eletrolíticos tradicionais continuarão a ser usados por muito tempo, principalmente para filtragem em fontes de alimentação.

Assim, é importante conhecer suas limitações, de modo que seu uso nos circuitos eletrônicos seja feito com segurança.

Existem desenvolvimentos importantes nesta área, com utilização de eletrólitos orgânicos de baixa reatividade, no sentido de aumentar a vida útil e confiabilidade destes componentes.

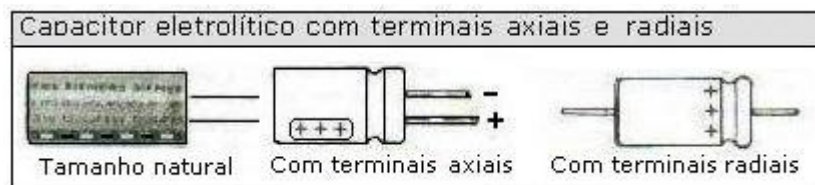


Figura 18 - Capacitores eletrolíticos

9. Associação de capacitores

Capacitores não são fabricados com todos os valores imagináveis. Entretanto, há o recurso da associação destes componentes, estes podem ser associados em três modos:

- Em série
- Em paralelo
- Em associação mista

9.1 Características da ligação em série - destacamos a seguir as principais características de uma associação (ligação) série de capacitores, veja figura



Figura 19 - Capacitores em série

1. A capacitância do conjunto é menor do que qualquer um dos valores usados na ligação e pode ser calculada com a equação

$$1/C_t = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + \dots + 1/C_n$$

C_t = capacitância total ou equivalente do circuito.

C₁, C₂, C₃, etc = capacitâncias parciais.

2. Se todos os capacitores forem iguais, basta dividir o valor de um deles pela quantidade de capacitores da associação

$$C_t = C / n$$

C_t = capacitância total da associação.

C = valor de um dos capacitores da associação.

n = quantidade de capacitores utilizados na associação série.

3. Trabalhando com dois capacitores de cada vez, basta multiplicar seus valores e dividir o resultado pela soma dos mesmos

$$C_t = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

C₁ = capacitor da posição 1 no circuito.

C2 = capacitor da posição 2 no circuito.

4. Quando um conjunto de capacitores em série é ligado a uma fonte de corrente contínua, todos os capacitores apresentam cargas iguais (de acordo com o processo de carga por indução), sejam quais forem suas capacitâncias

$$Q_t = Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q_n$$

de acordo com a definição de capacitância, a tensão no capacitor é tanto maior quanto menor for a sua capacitância

$$C = Q / V \quad \text{donde } Q = C \cdot V \quad \text{e } V = Q / C$$

C = capacitância em FARADS (**F**).

Q = carga adquirida pelo capacitor, em COULOMBS (**C**).

v = tensão entre as placas do capacitor, em Volts (**V**).

5. A tensão entre os terminais do conjunto é igual à soma das tensões parciais

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

9.2 Características da ligação em paralelo - as principais características de uma associação (ligação) paralela de capacitores, são:

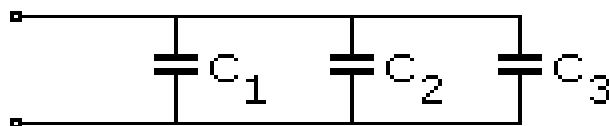


Figura 20 - Capacitores em paralelo

1. Quando os capacitores são ligados em paralelo, a capacitância total é a soma das capacitancias parciais

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

Neste caso a tensão entre os terminais do conjunto é a mesma que existe entre os terminais de cada capacitor.

$$V_t = V_1 = V_2 = V_3 = \dots$$

2. Da definição de capacitância conclui-se que cada capacitor adquire cargas diferentes (exerção quando todos tenham a mesma capacitância), diretamente proporcional à sua capacitância, e a carga total é a soma das cargas parciais, formula a seguir:

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots$$

9.3 Características da ligação mista - Nas associações mistas, os resultados são combinações dos obtidos com as outras ligações estudadas, veja figura abaixo:

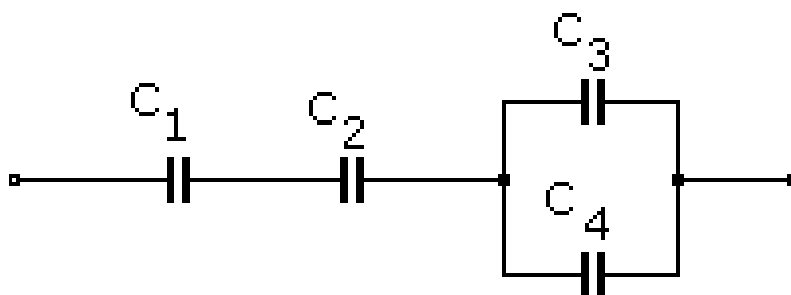


Figura 21 - Capacitores em série e paralelo - Associação mista

10. Exercícios

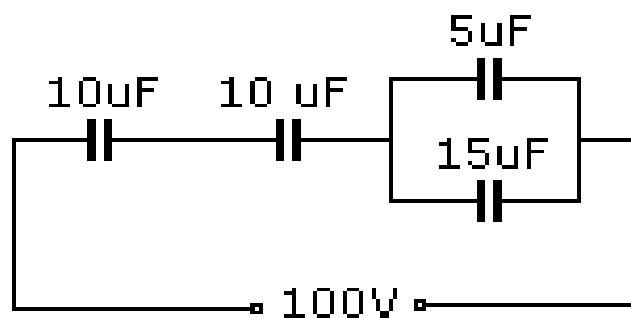
Questão 1. Vinte capacitores de $8\mu\text{F}$ foram ligados em série. Qual a capacitância total da associação?

Questão 2. Qual a carga acumulada em cada capacitor do conjunto anterior (questão 1), considerando que o grupo foi ligado a uma fonte de 200V.

Questão 3. Um capacitor de $0,01\mu\text{F}$ e um de $0,04\mu\text{F}$ foram ligados primeiro em paralelo e em seguida em série, a uma fonte de 500V.

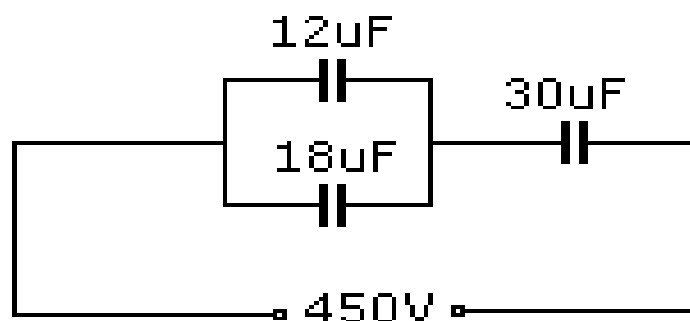
- qual a capacitância total " C_t " em cada associação?
- qual a carga total " Q_t " em cada associação?
- qual a carga de cada capacitor nas duas ligações?
- qual a ddp em cada capacitor nos dois casos?

Questão 4. Com base no circuito abaixo, determine:



- a capacitância total " C_t " em cada associação.
- a carga total " Q_t " da associação.
- a tensão entre as placas do capacitor de $15\mu\text{F}$.

Questão 5. Com base no circuito abaixo, determine:



- a capacitância total " C_t " do circuito.
- a carga adquirida pelo capacitor de $30\mu\text{F}$.

11. Referências

ALMEIDA, Antônio Carlos de. **Caderno de Anotações**. Salvador: SENAI/CEFET, 1978/2008.

CAVALCANTI, P. J. Mendes. **Fundamentos de Eletrotécnica - Para Técnicos em Eletrônica**. Rio de Janeiro - São Paulo - Brasil: Livraria Freitas Bastos S.A.

ELETRÔNICA, Revista **Saber Eletrônica** - N°83 - Julho de 1979.

SANTOS, C. A. dos. **Eletricidade, Magnetismo & Física Moderna**. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/>. Acesso em: 01/06/2007

VIEIRA, Juvenal A; FERNANDES, Sergio L. **Rádio Sem Segredos - Fundamentos Reparos**. Rio de Janeiro - Brasil: Editora Técnica Electra LTDA.

Internet: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Varicap>